



YAZAN : JOHN R. DUFF **ALTERNATİF AKIMIN ESASLARI.**

35 TL

KAPAK BASKISI

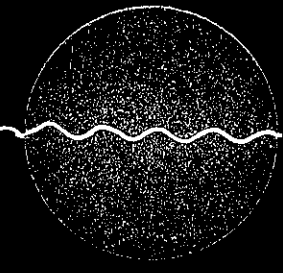
Baylan Matbaası Tel : 17 75 34 - 25 07 85
Ankara - 1976



MESLEKİ VE TEKNİK ÖĞRETİM KİTAPLARI

ALTERNATİF AKIMIN ESASLARI

YAZAN : JOHN R. DUFF



ÇEVİRENLER : Ş. YEŞİLDORUK / A. ÖZERDAL
M. TAPLAMACIOĞLU / İ. DİNÇEL / H. TEKÖZGEN



MESLEKİ VE TEKNİK ÖĞRETİM KİTAPLARI 13

23 3 77
günü aldım
Baltan

ALTERNATİF AKIMIN ESASLARI

YAZAN: JOHN R. DUFF

(Bu eser adı geçen Yayınevinin özel müsaadesiyle yayınlanmıştır.)

Bu kitap Millî Eğitim Bakanlığı ile Amerika Milletlerarası Kalkınma Teşkilâtı (U.S.A.I.D.) arasında varılan anlaşmaya göre American Vocational Association (A.V.A.) Projesi Ekibi ve Mektupla Öğretim ve Teknik Yayınlar Genel Müdürlüğünün işbirliğiyle yayınlanmıştır.

Edtör
Nejat Aygün

Türkçe Telif Hakkı

Türkiye Cumhuriyeti
Millî Eğitim Bakanlığı
Meslekî ve Teknik Öğretim Müsteşarlığı
Mektupla Öğretim ve Teknik Yayınlar
Genel Müdürlüğüne aittir.

Önsöz

Elektrik çağındayız. Elektrik ve elektronik teknolojisi büyük ilerlemeler kaydetti. Bazı alanlarda ilerlemeler o kadar hızlı oldu ki, projelerin bir kısmı, daha imalât resimleri çizilirken bir kenara atıldı. Çünkü projeler yeni buluşların ışığında yapımları tamamlanmadan eskidi.

Dünyanın etrafındaki yörüngelerinde dolaşan suni peyklerin vericilerinin güneş bataryaları ile çalışması, birkaç saniyede matematiksel hârikalar gösteren elektronik hesap makineleri, nükleer enerjinin başarılı olarak doğrudan doğruya-buhar türbinlerini kullanmadan elektrik enerjisine çevrilmesi gibi yeni buluşlar birkaç yıl önceye kadar «hayalî hikâyeler» olarak okunuyordu. Bu ilerleme ve değişmeler, elektrik öğretiminde de bazı değişimleri gerektirdi.

Yakın zamanlara kadar elektrik akımının yönü, Franklin'e göre, pozitiften negatife doğrudur, diye öğretiliyordu (halen birçok kitaplarda böyledir). Elli yıl önce öğretmenler bunu daha doğru olan elektron teorisine dayanarak değiştirdiler. Elekttron akışı fikri, doğruluğu temel deneylerle anlaşılmış ve buna göre yapılmış olan pratik cihazlardan elde edilen başarılı sonuçlarla da doğruluğu teyid edilmiştir. Bu elekttron akışı, elektronik cihazların tam ve açık anlatılmasında esastır.

Bütün elektrik ve elektronik çalışmalarının temeli elektron teorisidir. O. E. Loper'in «Doğru Akımın Esasları» adlı eserinde olduğu gibi «Alternatif Akımın Esasları» nda da elektron teorisi esas olarak alınmıştır. Alternatif akımın iyi anlaşılabilmesi için D.A. devreleri

IV. ALTERNATİF AKIMIN ESASLARI

nin, ölçü aletlerinin, D.A. makinalarının ve kontrol cihazlarının iyice bilinmesi gereklidir. Öğrencilerin daha karışık alternatif akım prensiplerini öğrenebilmeleri için gerekli temel bilgileri aldıkları kabul edilmiştir. Bu eser öğrencileri elektronik derslerine de hazırlar ve ileri çalışmalarında başarılı olmaları için temel bilgileri verir.

Bu eser doğru akımın, alternatif akımın ve elektroniğin esaslarını öğretmek için hazırlanan üç ciltlik serinin ikincisini teşkil ediyor. Her eser için bir laboratuvar deney kitabı hazırlanmıştır. Elektrik ve elektronik alanında sağlam bir bilgiye sahip olmak isteyenler için bu kitaplar değerli birer kaynak olacaktır.

Eylül 1961

Albany, New York.

WILLIAM G. DICKSON

Editör

Öğretmene

ÖĞRETMENE Elektrik ve elektronik alanlarında öğretimin temelini teşkil edecek olan üç ciltlik bu seri eserlerden birincisi «Doğru Akımın Esasları», ikincisi «Alternatif Akımın Esasları», üçüncüsü ise «Elektroniğin Esasları»dır.

AMAÇ Bu eserler ileri çalışmaların yapılabilmesi için gerekli temel bilgileri vermek amacı ile hazırlanmıştır. Orta dereceli teknik okulların programları dikkatle incelemeye tabi tutularak, bu çeşit programlarda müşterek olan ve ileri kursların üzerine bina edileceği esas prensipler meydana çıkarılmıştır. Elektrik teknolojisinde ilerliyebilmek için esas olan doğru akım prensipleri de açıklanmıştır. Bu eser alternatif akımın esaslarını tam olarak kapsamakla birlikte elektronik konularına hazırlayıcı olması da gözönünde tutularak yazılmıştır.

TERTİP Bu ders kitabında konular kolaydan zora doğru bir sıra izleyerek düzenlenmiştir. Temel prensipler verildikten sonra ileri uygulamalar ele alınmış, bu uygulamalar anlatılırken dayandığı prensipler tekrar edilmiştir. Böylece her yeni prensibin, öğrencilerin önceki bilgileri üzerine bina edilmesine itina edilmiştir. Her bölümün sonuna önemli konuların özeti elde edilen bilgilerin uygulaması ve tekrarı için sorular ilâve edilmiştir.

İÇİNDEKİLER Eser alternatif akımın tanımı ve doğru akımla A.A. akımın mukayesesi ile başlar. A.A. gerilimi, saykıl, frekans, geometri ve elektrik dereceleri, dalga şekilleri anlatılıyor ve

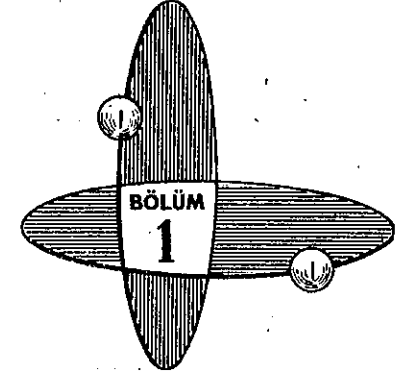
direnç, özindükleme bobini ihtiva eden A.A. devreleri, direnç ve empedanslı seri devrelerle devam ediyor. Kondansatör ve kapasitif reaktans sonra direnç, endüktif reaktans ve kapasitif reaktans ihtiva eden seri devreler incelenmiştir. Seri devrelerden daha fazla kullanılan paralel ve seri-paralel devreler geniş olarak verilmiştir. A.A. ölçü aletlerinin ayrıntılı olarak incelenmesini, generatör, transformator ve bağlantıları, özel transformator uygulamaları gerilim ve akım ölçü transformatorleri ve sabit akım transformatorleri takip ediyor. Üç fazlı motorların otomatik kontrolundan önce üç fazlı asenkron motorlar, senkron motorlar ve son bölümde de bir fazlı asenkron motorlar, repülsiyon motorları, repülsiyon-endüksiyon motorları, seri motorlar ve gölge kutuplu motorlar anlatılmıştır.

DENEYLER Bu ders kitabı ile birlikte öğrenciler için bir seri laboratuvar deneyleri hazırlanmıştır. Bu deneyler tam olarak kontrol edilmiş ve okullarda uygulanarak derslere çok yardımcı olduğu anlaşılmıştır. «Laboratuvar Deneyleri II» isimli bu kitapta A.A. la ilgili 36 deney vardır.

İçindekiler

BÖLÜM	SAYFA
1. Alternatif Akıma Giriş	1
2. Dirençli Alternatif Akım Devreleri	15
3. Alternatif Devrelerinde İndüktans	30
4. Seri Devreler - Direnç ve Empedans	52
5. Kondansatörler ve Kapasitif Direnç	73
6. Alternatif Akım Devrelerinde Kondansatör	101
7. Seri Devreler - Direnç, Endüktif Reaktans ve Kapasitif Reaktans	115
8. Alternatif Akımda Paralel Devreler	139
9. Seri - Paralel Devreler	167
10. Üç Fazlı Sistemler	177
11. A - A Ölçü Aletleri	209
12. Alternatif Akım Generatörleri	246
13. Transformatorler	295
14. Üç Fazlı Devrelerde Transformator Bağlantıları	333
15. Özel Transformator Uygulamaları	363
16. Üç Fazlı Endüksiyon Motorları	386
17. Senkron Motor	425
18. Üç Fazlı Motorlar İçin Kumanda Aygıtları	446
19. Tek Fazlı Motorlar	463

Alternatif Akıma Giriş



Dünyada kullanılan elektrik enerjisinin büyük bir kısmı alternatif akım generatörleri ile elde edilir. Bunun için, bir elektrik öğrencisinin elektriğin ve manyetizmanın alternatif akım devrelerine, devre elemanlarına, aletlere, transformatlara, alternatörlere, motorlara ve kontrol cihazlarına uygulanış esaslarını iyice anlaması gerekir.

Alternatif akımın fazlaca kullanılması doğru akımın kullanılmasına mani olamamıştır. Öyle uygulama yerleri vardır ki, burada doğru akımın kullanılması gerekir veya doğru akım alternatif akıma nazaran daha iyi iş görür. Meselâ aşağıdaki uygulamalarda özellikle doğru akım enerjisi kullanılır :

1. Galvanoplasti, bakırın artırılması, alüminyumun artırılması, galvanoplasti usulü ile yazı yazılması, elektroliz usulü ile endüstri gazlarının elde edilmesi ve

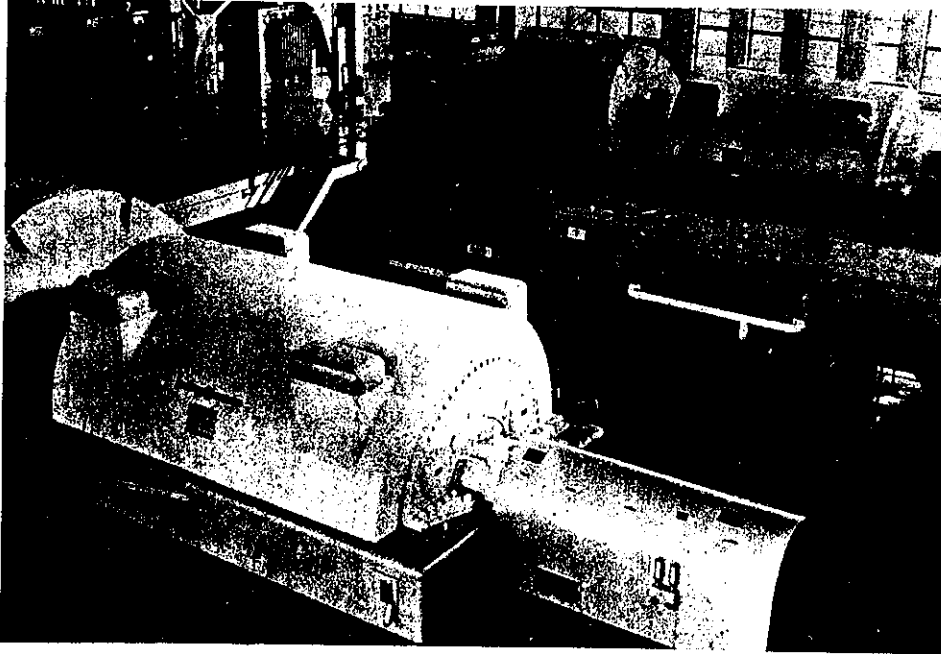
akülerin doldurulması gibi elektrokimyasal işlemlerde.

2. Alternatif akım generatörlerinin alan sargılarının uyarılmasında.
3. Kademesiz ve hassas hız ayarını gerektiren hız ayarlı motorlarda, hadde makinaları, kâğıt yapma makinaları, yüksek hızlı dişli tertibatsız asansörler, otomatik takım tezgâhları ve yüksek hızlı baskı makinalarının motorlarında olduğu gibi.
4. Lokomotif cer motorlarında, yeraltı trenlerinde, trolleybüslerde ve büyük yol makinalarında. Doğru akım motoru kullanılan bu araçların çoğunda, şanzıman dişli değiştirme mili, hareket mili, üniversal bağlama ve diferansiyel dişli tertibatı kullanılmaz. Bunun için, büyük lokomotiflerde dizel motoru kullanılır. Dizel motoru bir doğru akım generatörünü çevirir ve bu generatör lokomotifi hareket ettiren cer motorunu besler.

Dizel elektrik lokomotifleri, otomobiller ve benzeri taşıtlar hariç, dünyada elde edilen elektrik enerjisinin çoğu alternatif akım generatörleri ile elde edilir ve kullanma yerine iletilir. Burada elektrik enerjisi alternatif akım yüklerinde kullanılır. Eğer doğru akım isteniyorsa alternatif akım redresör veya motor generatör grupları ile doğru akıma çevrilir. Alternatif akım, ısıtıcılarda, aydınlatmada ve sabit hızlı motorlarda kullanılır. Elektrik alıcılarının çoğu alternatif akımla çalışır. Alternatif akımın doğru akıma çevrilmesi pahalı bir işlemdir. Bu işlem sadece, doğru akımla çalışan abçılar için yapılır.

Büyük üretim, iletim ve dağıtım sistemlerinde doğru akım yerine alternatif akım kullanılmasının bazı sebepleri şunlardır :

1. Alternatif akım generatörleri, doğru akım generatörlerine nazaran daha yüksek güç ve gerilimde imal edilebilirler. Alternatif akım generatöründe kollektör yoktur. Endüvi, stator denilen hareketsiz kısım üzerine yerleştirilebilir. Çıkış kablosu veya çubukları, endüvi uçlarına doğrudan doğruya civata ile tesbit edilir. Endüvi gerilimi 13800 volt kadardır. Uygun dizayn ile istenen her akım elde edilebilir. Alternatörün dönen kısmı üzerine 100-250 voltluk doğru akım kaynağı ile beslenen alan sargısı



Şekil 1 - 1: 44000 KW. lık Bir Elektrik Santralının İç Görünüşü

yerleştirilir. Sargı ile akım kaynağının bağlantısı bilezikler aracılığı ile yapılır.

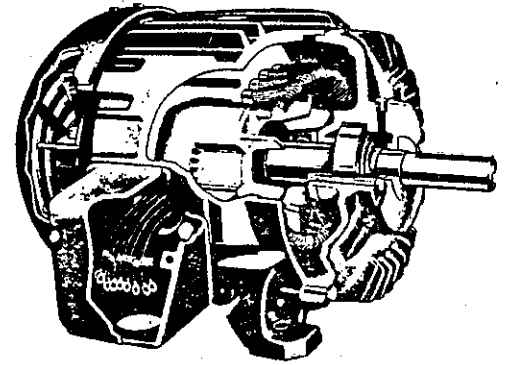
Doğru akım generatörünün endüvi sargısı rotor üzerindedir. Endüvinin çıkış bağlantısı fırça ve kollektör aracılığı ile yapılır. Kollektörün kullanılması ve endüvinin dönmesi doğru akım generatörlerinin maksimum akım ve gerilim değerlerini sınırlar. 600-750 voltluk büyük doğru akım generatörleri çok kullanılır. Bazan 1500 voltluk doğru akım generatörlerine de rastlanır. Doğru akım generatörlerinin maksimum kollektör akımı 8000 amperdir. Yüksek akımlı doğru akım generatörlerinin hızları, genellikle, düşüktür. Kollektörü ve dönen endüvisi bulunan doğru akım generatörünün gerilimi ve gücü, kollektörü olmayan alternatif akım generatörüne nazaran düşüktür.

2. Alternatif akımda, transformatör aracılığı ile, gerilim kolayca yükseltilir veya düşürülür. Transformatörün değiştirilecek, ayar edilecek dönen kısmı yoktur ve kayıpları nisbeten azdır. Birçok transformatörlerin tam yükteki verimleri % 95 ile % 99 arasındadır.

Doğru akımda transformatör kullanılmaz. Doğru akımda gerilimin yükseltilmesi veya düşürülmesi I^2R güç kaybına sebep olan seridirenç aracılığı ile veya toplam verimi nisbeten düşük olan motor

generatör grubu aracılığı ile sağlanır. Böylece, doğru akım devrelerinde gerilim değiştirmek nisbeten düşük verimli ve zordur.

3. Çok yüksek güçlü alternatif akım generatörleri ve yüksek verimli yükseltici, düşürücü transformatörlerle alternatif akım enerjisi, yüksek gerilim altında uzak mesafelere ekonomik olarak iletir. Böylece tek üretim merkezinde çok büyük elektrik enerjisi elde edilir. Meselâ, bir büyük hidroelektrik santral kilovat-saat enerji üretim fiyatı nisbeten ucuz olan bir şelale yakınına kurulur. Aynı şekilde, büyük buhar santralleri kömür ve suyu bol olan yerlere kurulur. Bu santrallerde gücü çok yüksek ve verimi % 97'ye kadar çıkan alternatörler kullanılır. Alternatif akım generatörlerini döndürmek için, yüksek basınçlı buharla çalışan yüksek hızlı türbinler kul-



Şekil 1 - 2. Sineap kafesli Endüksiyon motorunun Asenkron kesiti.

lanılır. Bu buhar türbinleri 1500 ve 3000 devirlidir. Verimleri küçük santrallarda kullanılan buhar türbinlerine nazaran çok yüksektir.

Bugün otomasyon devridir, ocaclarda, buhar kazanlarında ve kızdırıcılarda hassas ölçme ve kontrol metotları kullanılarak toplam verim daha da artırılır. Sonuç olarak, büyük termik ve hidrolik santrallar yüksek verimle çalışarak

ALTERNATİF GERİLİM

Tek bobini düzgün bir manyetik alan içinde dönen, basit bir alternatif akım generatörü Şekil 1-3 de görülmektedir.

Fleming'in Generatör Kaidesine göre bobin uçlarında bir alternatif gerilimin indüklendiği görülür. Eğer bobin uçları iki bileziğe bağlanırsa, alternatif gerilim osilograf denen elektronik bir aletin ekranında görülür. Bu gerilimin şekli sinüs eğrisine benzer Şekil 1-4.

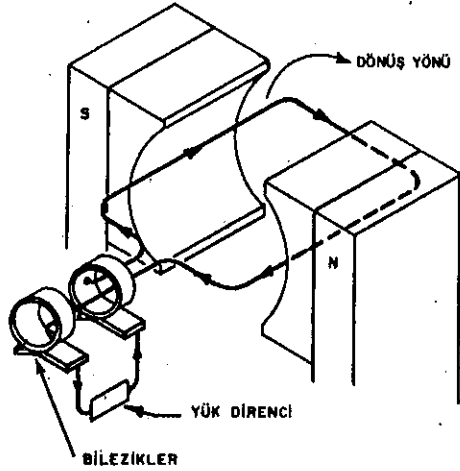
Bir endüvi ileteninde indüklenen e.m.k. şu formülle hesaplanır:

$$E = \frac{BLv}{10^8} \text{ veya } BLv \times 10^{-8}$$

Formülde: E endüvi ileteninde indüklenen gerilim volt cinsinden; L endüvi ileteninin metre cinsinden boyu; v manyetik alana dik olarak hareket eden iletenin saniyede metre cinsinden hızı;

kilovat-saat enerji üretim fiyatı düşer.

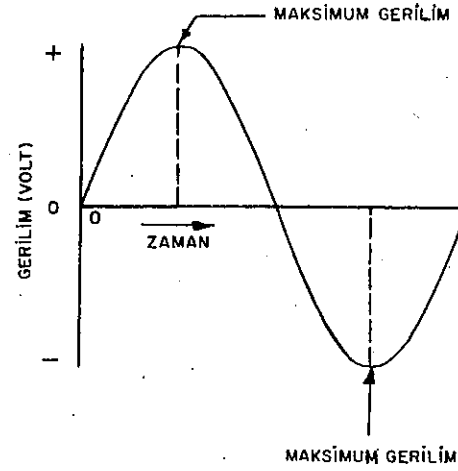
4. Alternatif akım endüksiyon motoru sabit hızlıdır, kollektör ve fırçası yoktur. Endüksiyon motoru sağlam ve yapılışı basit olduğundan, aynı güç, gerilim ve hızdaki doğru akım motoruna nazaran alış fiyatı, bakımı ve tamir masrafı azdır. Ayrıca, endüksiyon motorunun yolvericisinin fiyatı aynı güçteki doğru akım motorunun yolvericisinin fiyatından azdır.



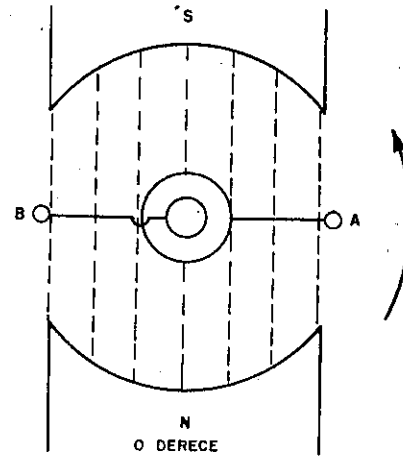
Şekil 1-3. Basit A.A. generatörü

B, gaus olarak olarak alan şiddeti; 10^8 , e.m.k.nin volt cinsinden çıkması için sabit bir sayı

Alternatif akım generatörlerinde daha ziyade, endüvi sargısı sabittir, alan sargısı döner. Şekil 1-3 deki basit alternatif akım generatöründe alan sabittir, bobin döner. Her iki halde bobinde indük-



Şekil 1-4. Sinüs eğrisi şeklindeki gerilim.



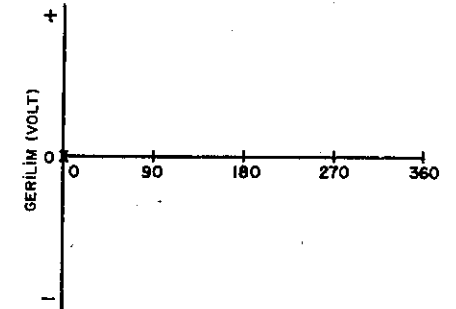
Şekil 1-5. Saykılın hesaplanması

lenen e.m.k. saniyede kesilen alan kuvvet hattı sayısına bağlıdır.

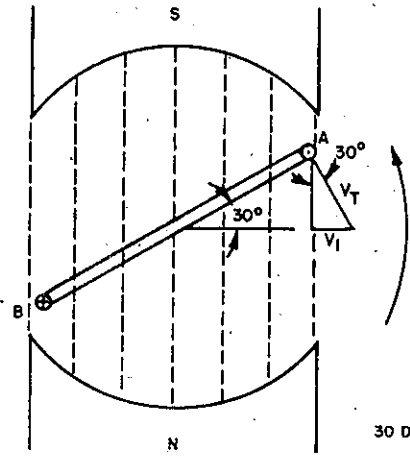
Şekil 1-4 deki sinüsoidal alternatif gerilimin indüklenmesini kolayca izah için en uygun basit generatör tipi kullanılacaktır.

Şekil 1-5 bobin iletenleri kuvvet hatlarına paralel olarak hareket eden basit bir alternatif akım generatörünü göstermektedir. Bu durumda iletenler kuvvet çizgilerini kesmez ve indüklenen gerilim sıfırdır.

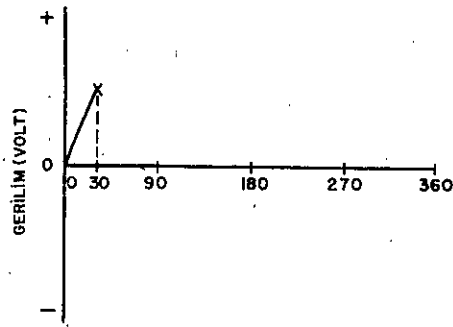
Şekil 1-6 saat ibresinin ters yönünde dönen ve başlangıç noktasına göre 30° ileride olan bir bobinin iletenlerini göstermektedir. Şimdi iletenler alan çizgilerini eğik olarak kesmektedir ve bobinde bir gerilim indüklenir. Bu vaziyetteki anı gerilim aşağıdaki denklemle elde edilir: $e = E_{\max}$ çarpı başlangıç eksenini ile bobin arasındaki açının sinüsü. Maksimum ge-



İLETKENLER MANYETİK KUVVET ÇİZGİLERİNE PARALEL HAREKET ETTİKLERİNDEN KUVVET HATLARINI KESMEZLER, DOLAYI İLETKENLERDE HİÇBİR GERİLİM İNDÜKLENMEZ.



30 DERECE



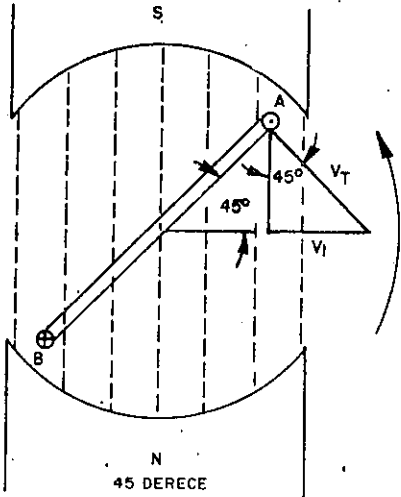
İNDÜKLENEN E.M.K. MAKSİMUM GERİLİMİN 0,50 Sİ DİR.
İLETKENLER MANYETİK KUVVET HATLARINI DAR AÇI İLE KESİYOR.
GERİLİM POZİTİF OLDUĞU KABUL EDİLMİŞTİR.

Şekil 1-6.

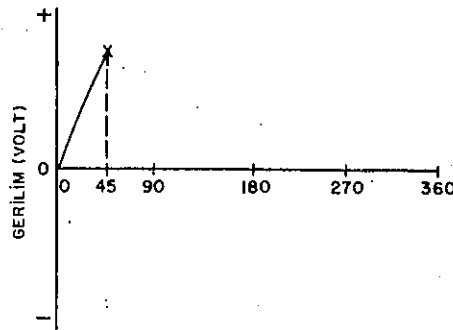
Gerilim 141,4 volt kabul edilirse 30° deki ani gerilim, $e = E_m \sin 30^\circ = 141,4 \times 0,5 = 70,7$ volt eder.

Bu andaki gerilimin hesaplanmasında, 30° nin sinüsünün niçin kullanıldığı sorulabilir. Alan çizgilerini kesen herhangi bir bobinin alan çizgilerine dik olan bir hız bileşiminin olması gerekir. Eğer

Şekil 1-6 tetkik edilirse, toplam hız V_t alan çizgilerine eğiktir ve bu hızın alan çizgilerine dik olan bir bileşeni vardır. Alan çizgilerine dik olan hız bileşeni, hipotenüsü toplam hız olan üçgenin karşı kenarıdır. Bu kenarın hipotenüse oranı açının sinüsüdür. İndüklenen e.m.k. alan hatlarına dik olan



45 DERECE



İLETKENLER MANYETİK KUVVET ÇİZGİLERİNİ DAR AÇI İLE KESİYOR.
İNDÜKLENEN E.M.K. MAKSİMUM GERİLİMİN 0,707 SİDİR.

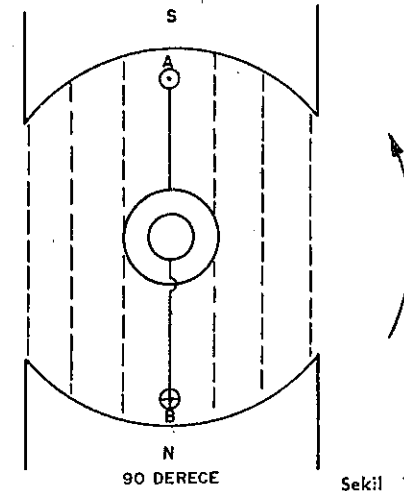
Şekil 1-7. Sekizde Bir Devir

hız bileşeni ile orantılıdır. Bunun için, indüklenen e.m.k. açının sinüsü ile orantılıdır ve hız sabit ise, gerilim sinüs eğrisi biçimindedir.

Şekil 1-7 de bobin ilk hareket noktasından itibaren 45° lik bir

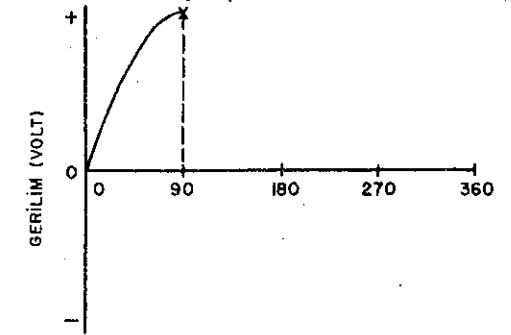
noktaya hareket etmiştir. Şekil 1-7 deki küçük dik üçgenin açılal hız bileşeni 30° lik şekilde bileşene göre biraz artmıştır. Ani e.m.k. orantılı olarak 100 volta yükselir :

$$e = E_m \sin (45^\circ) = 141,4 \times 0,7071 = 100 \text{ volt}$$



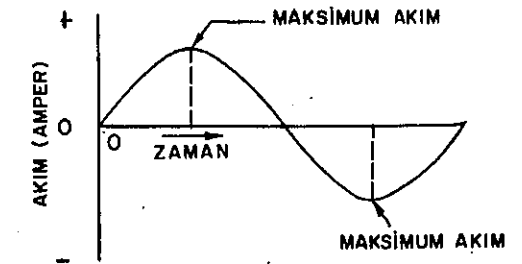
90 DERECE

Şekil 1-8. Dörtte Bir Devir.



İLETKENLER MANYETİK KUVVET ÇİZGİLERİNİ DİK AÇI İLE KESİYOR
İNDÜKLENEN E.M.K. MAKSİMUMDUR.

Şekil 1-8 de açı 90°, $\sin 90^\circ$ ise 1 ve bobin iletkenlerinin kuvvet çizgilerine dik olarak dönmesi ile indüklenen e.m.k. maksimum değerinde, 141,4 voltur. Bu durumda, verilen zaman aralığında kesilen kuvvet çizgilerinin sayısı maksimum ve dolayısıyla indüklenen e.m.k. maksimumdur. Eğer endüvi bobini aynı yönde dönmeye devam ederse, ani gerilimin 0° ile 360° arasındaki değer ve yönleri tayin edilebilir. Endüvi dönerek 360° lik bir açı kateder. Eşit açı aralıklarında ani değerler hesapla-



Şekil 1-9. Sinüs eğrisi şeklindeki akım.

nırsa indüklenen gerilimin sinüs eğrisi elde edilir. Alan içindeki bobinin her durumu için, indüklenen gerilimin yönü Fleming kaidesi ile elde edilir. Aynı şekilde, bobinin her durumu için indüklenen ani gerilim açının sinüsü ile E_{max} çarpılarak elde edilir.

Alternatif akım generatörleri, çıkış gerilimi sinüs eğrisine mümkün olduğu kadar yakın olacak şekilde dizayn edilir. Motorların, transformatörlerin ve diğer elektrik cihazlarının çalışma karakteristikleri sinüsoidal alternatif gerilimlerle beslendiklerinde daha iyidir.

Alternatif gerilim, zamana bağlı olarak değişen, sıfırdan başlayarak maksimum değeri alan, sıfıra düşen ve ters

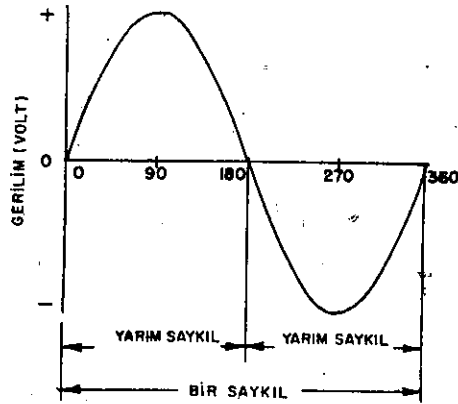
SAYKILIN TARİFİ

Alternatif gerilim veya akım sıfırdan başlar, maksimum değerini alır ve sıfıra döner, ters yönde maksimum değerini aldıktan sonra tekrar başlangıç noktası sıfıra döner. Akım veya gerilimin her iki yöndeki bütün değerleri alınmasına saykıl denir. Şekil 1-10 bir saykıl esnasındaki gerilim değişimini gösteriyor. Şekilden görüleceği üzere, bobinin 360° lik bir elektrik açısı katedişi esnasında, e.m.k. her iki yöndeki bütün değerleri alır. Bir saykıl iki yarım saykıldan meydana gelir. Bu yarım saykılın herbirine alternans denir. Bir alternans 180 elektrik derecesine eşittir.

yönde maksimum değeri aldıktan sonra tekrar sıfıra düşen ve bu değerleri eşit zaman aralıkları ile tekrar eden bir elektromotor kuvveti olarak tarif edilebilir.

Şekil 1-3 de izah edilen alternatör bir dirence bağlanmıştır. Generatörün alternatif gerilimi yük direncine alternatif bir akım verir. Alternatif gerilimin değeri ve yönü değiştikçe akım şiddeti orantılı olarak değişir. Bu alternatif akım, önce tarif edilen, alternatif gerilim gibi tarif edilir.

Alternatif akım, zamana bağlı olarak değişen, sıfırdan başlayarak maksimum değeri alan, sıfıra düşen ve ters yönde maksimum değeri aldıktan sonra tekrar sıfıra düşen ve bu değerleri eşit zaman aralıkları ile tekrar eden bir akımdır.



Şekil 1-10. Gerilimin Bir Saykılı.

FREKANS

Saniyedeki saykıl sayısına frekans denir. Türkiyede frekans 50, Birleşik Amerika ve Kanadada 60 dır. Bazı yerlerde 25 frekanslı alternatif gerilimler kullanılır. Yüksek frekansın en büyük faydası, transformatörde kullanılan demir ve bakırın daha az olmasıdır. Böylece, ağırlık azalır ve fiyat ucuzlar. Ayrıca, 50-60 frekanslı aydınlatma devrelerinde ışık titremesi olmaz, halbuki 25 frekanslı aydınlatma devrelerinde ışık titrer ve gözler rahatsız olur.

Alternatif akım generatörünün frekansı hız ile kutup sayısına bağlıdır. Eğer generatörün kutup sayısı iki (Kuzey ve Güney) ve bobinin dönme hızı saniyede bir devir ise, frekans birdir. Eğer generatörün çift kutup sayısı iki ise yarım devirde bir saykıl elde edilir.

Önce izah edilen basit alternatörde, bobin iki kutup arasında saniyede bir devir yaparsa bir frekanslı bir gerilim elde edilir. Eğer bobin saniyede 60 devir yaparsa indüklenen alternatif gerilimin frekansı 60 olur. Alternatif akım generatörünün frekansı aşağıdaki basit formül ile hesaplanır :

$$F = \frac{P \times n}{60}$$

Burada F = Frekans, saniyedeki saykıl sayısı
P = Çift kutup sayısı
n = Hız, dakikadaki devir cinsinden
60 = Dakikadaki saniye sayısı

Meselâ, 2 kutuplu bir alternatif akım generatörü dakikada 3600 devir ile dönerse, frekans :

$$F = \frac{P \times n}{60} = \frac{1 \times 3600}{60} = 60$$

saykıl/saniye

Eğer 4 kutuplu bir alternatif akım generatörü, bir su türbini ile dakikada 750 devirle döndürülürse, generatörün frekansı :

$$F = \frac{P \times S}{60} = \frac{2 \times 750}{60} = 25$$

saykıl/saniye

Frekans formülünde çift kutup sayısının kullanılması bir parça karışıklığa sebep olduğundan, pratikte, daha ziyade alternatörün toplam kutup sayısı kullanılır. Formülde 60 yerine bunun iki katı 120 kullanılır. Meselâ, 4 kutuplu alternatör dakikada 1800 devirle dönerse çıkış geriliminin frekansı :

$$F = \frac{P \times S}{120} = \frac{4 \times 1800}{120} = 60$$

saykıl/saniye.

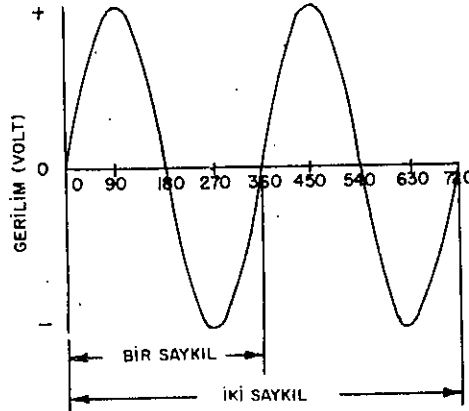
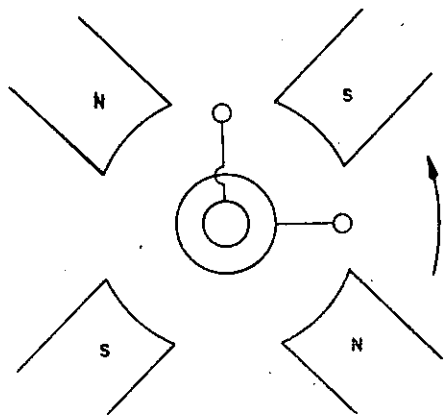
ELEKTRİK AÇI VE MEKANİK AÇI

İki kutuplu bir generatörde, bobin bir devir yapınca indüklenen gerilimin bir saykıl elde edilir. Halbuki, bobin dört kutuplu bir generatörde bir devir yapınca, Şekil 1-11, indüklenen gerilimin iki saykıl elde edilir. Bunun için elektrik açısı ile mekanik açı arasındaki fark belirtilir.

Mekanik Açı: Bir bobin tam bir devir yapınca 360° lik mekanik açı kateder.

Elektrik Açı: Bir elektromotor kuvvet veya alternatif akım, bir saykıl esnasında 360° lik elektrik açısı kateder.

Bir alternatif akım generatörünün kutup sayısı artarsa, dakikadaki hız verilen frekansla orantılı olarak azalır. Daha önce hız, kutup sayısı ve frekans arasındaki bağıntı, birkaç örnek ile gösterildi. Frekans, aşağıdaki formülde



Şekil 1-11. Dört Kutuplu Generatör (Alternatör). Bir Devirde İki Saykıl.

P ve S yerine kutup ve dakikadaki devir sayısı konarak hesaplanır :

$$F = \frac{P \times S}{120}$$

KUTUP SAYISI	DEVİR / DAK.	
	60 SAYKIL	25 SAYKIL
2	3600	1500
4	1800	750
6	1200	500
8	900	375

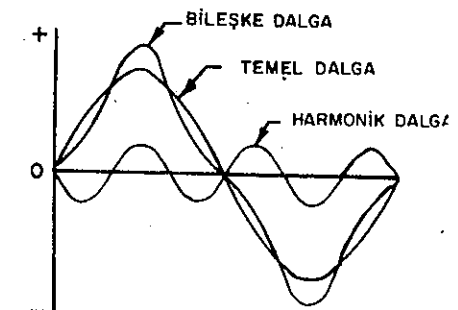
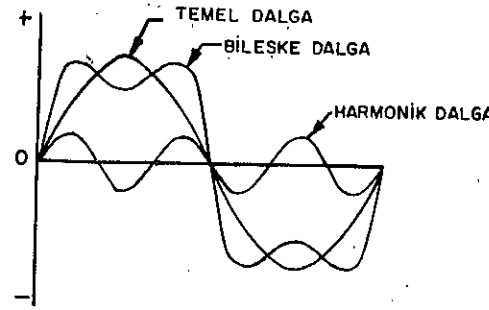
DİĞER DALGA ŞEKİLLERİ

Her alternatif gerilimin dalga şekli sinüsoidal değildir. Meselâ, bir sinyal generatörü ile kare veya dikdörtgen gerilim dalgası elde edilebilir. Başka tip bir elektronik osilatör ile testere ağzına benzeyen çıkış gerilimi elde edilir.

25-50 ve 60 frekanslı kuvvetli akım devrelerinde, bazan, gerilim dalgası tam sinüsoidal değildir. Buna sebep devrede alternatif akım generatörlerinin, transformatörlerin ve diğer cihazların bulunmasıdır. Sinüsoidal olmıyan bir dalga, aynı frekanslı bir ana

dalga ile yüksek frekanslı ve harmonik denen dalgaların bileşimidir. Sinüsoidal olmıyan bir dalga'nın şekli, frekansa ve harmoniklerin genliklerine bağlıdır. Meselâ, ana dalga ile frekansı bunun üç katı olan üçüncü harmonik üst üste getirilirse, elde edilen dalga'nın şekli bu iki dalga arasındaki faz farkına tabi olarak değişir.

Şekil 1-12 de harmonik ile ana dalga ve bunların bileşkesi görülmektedir. İki diagramdaki bileşmeler farklıdır, çünkü iki diagramdaki harmonik faz münasebetleri farklıdır.



Şekil 1-12. Sinüs Dalgası Şekilleri ile Üç Kat Frekanslı Harmonikler.

Bu kitap çeşitli gerilim dalgalarına ait devre problemlerini kapsamıyacaktır. Bunun için, aksi

söylenmedikçe, akım ve gerilimler sinusoidal olarak kabul edilecektir.

YÜKSEK FREKANSLAR

Kuvvetli akım devrelerinde en fazla 50-60 frekans kullanılır. Ekseriya, uçak ve benzeri nakil vasıtalarında 400 frekans kullanılır.

Elektronik devrelerinde frekans sınırı daha geniştir. Meselâ, amplifikatör ve radyo hoparlör devrelerinde frekans 20 ile 16000 arasında

dadır. 15000 in üstündeki frekanslar radyo frekansı olarak kabul edilir. Bu yüksek frekansları belirtmek için kilosaykıl ve megasaykıl birimleri kullanılır.

$$\begin{aligned} \text{Kilosaykıl (Kc)} &= 1000 \text{ saykıl} \\ \text{Megasaykıl (Mc)} &= 1000 \text{ Kc.} \end{aligned}$$

HATIRDA TUTULMASI GEREKEN NOKTALAR

- Alternatif akım generatörü, nisbeten yüksek gerilim ve akımlarda ekonomik olarak enerji üretir.
- Elektrik enerjisini yüksek gerilim altında, uzak mesafelere iletmek için alternatif gerilim transformatörlerle yükseltilir veya düşürülür.
- Elektrik enerjisi büyük santrallerde ekonomik olarak üretilir ve neticede verim artar.
- Alternatif akım endüksiyon motoru, basit, sağlam ve iyi vasıflı olduğu için doğru akım motoruna nazaran bakım ve fiat bakımından daha ekonomiktir.

- Endüvi iletkeninde indüklenen e.m.k.

$$E = BLv \times 10^{-8}$$

- İndüklenen gerilim, hızın manyetik alana dik olan bileşeni ile doğru orantılıdır.
- Alternatif gerilimin ani değeri aşağıdaki formül ile tayin edilir.

$$e = E_{\max} \times \sin \alpha$$

- Alternatif gerilim, zamana bağlı olarak değişen, sıfırdan başlayarak maksimum değeri alan, sıfıra düşen ve ters yönde maksimum değeri aldıktan sonra tekrar sıfıra düşen ve bu de-

ğerleri eşit zaman aralıkları ile tekrar eden bir elektromotör kuvvet olarak tarif edilebilir.

- Alternatif akım, zamana bağlı olarak değişen, sıfırdan başlayarak maksimum değeri alan, sıfıra düşen ve ters yönde maksimum değeri aldıktan sonra tekrar sıfıra düşen ve bu değerleri eşit zaman aralıkları ile tekrar eden bir akımdır.
- Alternatif akım veya gerilimin saykılı, akım veya gerilimin sıfırdan başlayarak pozitif maksimum değeri olarak sıfıra dönmesi ve negatif maksimum

değeri olarak tekrar sıfıra dönmektedir. Akım veya gerilim eşit aralıklarla bu değerleri alır.

- Frekans alternatif akım veya gerilimin saniyedeki saykıl sayısını gösterir.
- Bir saykıl her biri 180 elektrik derecesine eşit iki alternanstan ibarettir.
- Frekans, kutup sayısı ve hız arasındaki bağıntı aşağıdaki formül ile ifade edilir :

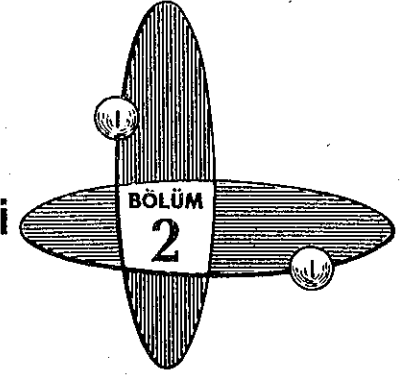
$$F = \frac{P \times S}{120}$$

TEKRARLAMA SORULARI

1. Elektrik enerjisinin doğru akım generatörü yerine alernatörle elde edimesinin dört sebebini söyleyiniz.
2. Alternatif akım yerine tercihan doğru akım kullanılan beş yer söyleyiniz.
3. Alternatif akımı doğru akıma çevirme usullerini söyleyiniz.
4. Bir alternatif akım generatörünün maksimum gerilimi 170 voltur. 45° lik elektrik açısındaki ani gerilimi hesaplayınız.
5. Dördüncü sorudaki generatörün 240° deki ani gerilimini hesaplayınız.
6. 6 kutuplu bir alternatörün hızı dakikada 1200 devirdir. Generatör geriliminin frekansını hesaplayınız.
7. İki kutuplu bir alternatörün frekansı saniyede 25 saykıldır. Hızı dakikadaki devir cinsinden hesaplayınız.
8. İki alternatif akım generatörü aynı frekansta paralel olarak çalışacaktır. Birinci alternatör 4 kutuplu ve hızı dakikada 1800 devirdir. İkinci alternatör 10 kutupludur.
 - a. Birinci alternatörün frekansı kaçtır ?
 - b. İkinci alternatörün birinci alternatörle paralel çalışması için hızı ne olmalıdır ?
9. Elektrik ve mekanik açılar arasındaki farkı izah ediniz.
10. a) Saykıl, b. Alternans, c) ve frekansı tarif ediniz.
11. Türkiye'de 25 saykıl yerine 50 saykıl kullanılmasının sebeplerini izah ediniz.

12. Maksimum değeri 300 volt olan bir gerilimin 360° için sinüs eğrisini çiziniz.
13. Ana harmonik ile üçüncü harmoniği izah ediniz.
14. Uçak elektrik sistemlerinde 50 den yüksek frekansların kullanılmasının faydaları nelerdir?
15. a) 1500 kilosaykıl kaç saykıldır?
b) 15000 saykıl kaç kilosaykıldır?
c) 18 Megasaykıl kaç saykıldır?
d) 18 Megasaykıl kaç kilosaykıldır?
16. Megasaykıl nedir? Kilomegasaykıl nedir?

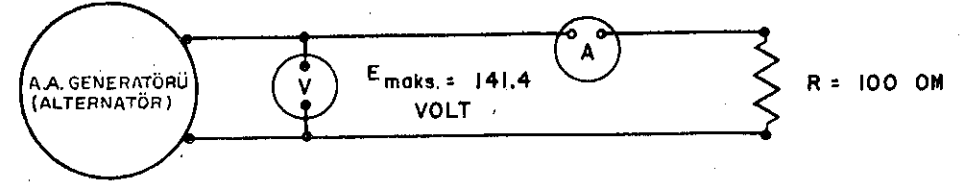
Dirençli Alternatif Devreleri



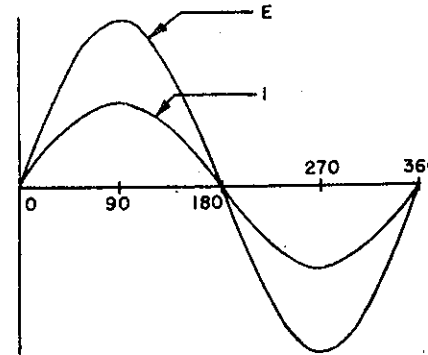
AYNI FAZLI AKIM VE GERİLİM

Dirençli devre en basit elektrik devresidir. Bir aydınlatma lambası veya ısıtıcı, endüktif olmayan yük direnci olarak kabul edilir.

Şekil 2-1 de bir alternatif akım generatörü 100 ohmluk bir ısıtıcıyı besler. Generatörün çıkış gerilimi sinüsoidal ve maksimum de-



Şekil 2 - 1. Omik Dirençli yükü olan Alternatif Akım Devresi.



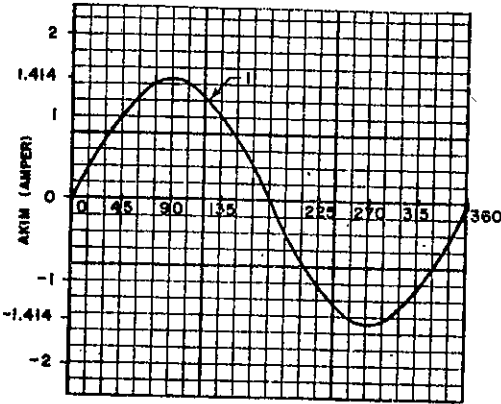
Şekil 2 - 2. Akım ve Gerilim Aynı fazda

ğeri 141,4 voltuttur. Dirençli devrede gerilim sıfır iken akım sıfır ve gerilim maksimum iken akım maksimumdur. Gerilim yön değiştirince akım da yön değiştirir. Bir devrede akım ve gerilim eğrileri, aynı yön ve zamanda sıfır ve maksimum değerlerini alırlarsa, akım ve gerilim aynı fazdadır denir.

Şekil 2-2, önce izah edilen aynı fazdaki akım ve gerilimin sinüs eğrilerini gösterir. Om kanununa göre bir dirençteki akım, gerilimle doğru orantılı ve direnci ile ters orantılıdır. Şekil 2-2 de görüldüğü üzere, gerilim sıfırdan itibaren herhangi bir yönde arttıkça, akım aynı yönde Om kanununa bağlı olarak orantılı bir şekilde artar. Alternatif akım direnç devresinde Om kanunu kullanılır.

ALTERNATİF AKIMIN ISITMA ETKİSİ

Şekil 2-3 deki, 1,414 amper maksimum değerli sinüs eğrisi bu devredeki akımı gösterir. Şekil 2-3 deki bir saykılık akım eğrisinin ortalaması sıfırdır. Çünkü pozitif yarım saykıl negatif yarım saykıla eşittir. Bu devrenin akımını ölç-



Şekil 2-3. Sinüs Eğrisi Şeklindeki Akım.

$$I = \frac{E}{R}$$

Gerilim maksimum değeri 141,4 voltta iken akım da maksimum değerindedir :

$$I_m = \frac{E_m}{R} = \frac{141,4}{100} = 1,414$$

amper

mek için bir doğru akım ampermetresi kullanılırsa alet sıfırı gösterir. Alternatif akımı ölçmek için akımın etkin değerini ölçen alternatif akım ampermetresi kullanılır.

Alternatif akımın etkin değeri, onun ortalama değerine değil ısıtma etkisine bağlıdır. Bir amperlik etkin alternatif akımın belli bir dirençte, belli bir zaman süresinde meydana getirdiği ısı aynı şartlar altında bir amperlik doğru akımın meydana getirdiği ısıya eşittir.

1. Kitapta ısıtma etkisinin akımın karesi ile orantılı olduğu gösterilmişti. $Vat = I^2 R$. Maksimum değeri 1.414 amper olan bir alternatif akımın bir saykılı çizilirse, aynı akımın ani değerlerinin karesini gösteren bir eğri çizilebilir.

DERECE	AKIMIN ANİ DEĞERİ	AKIMIN ETKİN DEĞERİ
0	0	0
15	0.366	0.134
30	0.707	0.500
45	1.000	1.000
60	1.225	1.500
75	1.366	1.866
90	1.414	2.000
105	1.366	1.866
120	1.225	1.500
135	1.000	1.000
150	0.707	0.500
165	0.366	0.134
180	0	0
195	-0.366	0.134
210	-0.707	0.500
225	-1.000	1.000
240	-1.225	1.500
255	-1.366	1.866
270	-1.414	2.000
285	-1.366	1.866
300	-1.225	1.500
315	-1.000	1.000
330	-0.707	0.500
345	-0.366	0.134
360	0	0

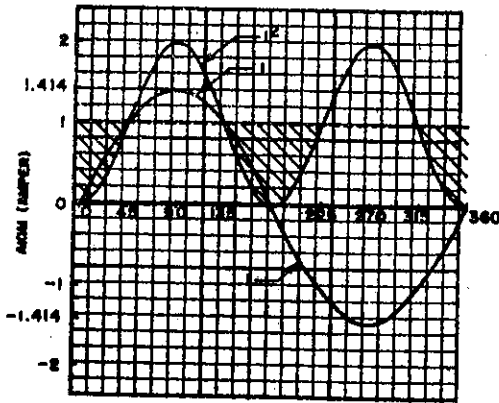
Eğrinin yatay eksenini elektrik açısı olarak işaretlenmişse, eşit açı aralıklarındaki, meselâ her 15° lik artışlardaki ani akım değerleri kolaylıkla elde edilir. Bu ani akımların karesi alınarak bir sayıklık akım karesinin eğrisi elde edilir. 30° deki ani akımı hesaplamak için aşağıdaki formül kullanılır :

$$\begin{aligned} i &= I_{\max} \times \sin \alpha \\ &= 1,414 \times \sin 30^\circ \\ &= 1,414 \times 0,5 \\ &= 0,707 \text{ amper} \end{aligned}$$

30° deki akımın karesini bulmak için, ani akımın karesi alınır :

$$i^2 = 0,707^2 = 0,5 \text{ amper}$$

Aşağıdaki tabloda 0° ile 360° arasında, her 15° deki ani akım ile ani akım karesinin değerleri veril-



Şekil 2-4. Sinüsoidal Alternatif Akımın Etkin Değeri.

miştir. İkinci yarım sayıkladaki ani akımların değerleri negatiftir. Tablodaki akım karelerinin tamamı pozitifdir. Çünkü iki negatif sayının çarpımı pozitif bir sayıdır.

Tablodaki ani akımların sinüs eğrisi Şekil 2-4 de görülmektedir. Aynı şekilde, ani akım karelerinin eğrisi görülmektedir.

Şekil 2-4 deki akım eğrisinin maksimum değeri 1,414 ün karesi yani 2 amperdir. Önce belirtildiği gibi akım karesi eğrisinin tamamı yatay eksenin üstündedir. Çünkü akım karelerinin tamamı pozitifdir. Akım karesi eğrisinin frekansı akım eğrisinin frekansının iki katıdır. Noktalı çizgi ile gösterildiği üzere, akım karesinin eğrisinin ortalama değeri bir amperdir. Noktalı çizginin üstünde ve akım karesinin eğrisinin arasındaki iki alan, çizginin altındaki taraflı alanların toplamına eşittir. Bu, bir sayıklı esnasındaki ortalama akım değeri 1 amper, 1 amperlik doğru akımın ısı etkisini gösterir. Sıfır referans hattı ile noktalı çizgi arasındaki dikdörtgen alan, bu alternatif akım ile 1 amperlik doğru akımın bir sayıklı esnasındaki ısı etkisini gösterir. Maksimum değeri 1,414 amper olan bir alternatif akım ile 1 amperlik doğru akım aynı dirençte bir sayıklı esnasında eşit ortalama ısı etkisi gösterir ve iki akımın karelerinin ortalaması aynıdır. Bu değere, akımın etkin değeri veya ani akımla-

rın karelerinin toplamının ortalamasının kare kökü denir. Etkin akım alternatif akım ampermetresi ile ölçülür. Etkin akım ile maksimum akım arasındaki bağıntı :

$$I = \frac{I_{\max}}{\sqrt{2}} = 0,707 I_{\max}$$

veya

$$I = I_{\max} \times 0,707 = 20 \times 0,707 = 14,1 \text{ amper}$$

$$I = \frac{I_{\max}}{1,414} = \frac{20}{1,414} = 14,1 \text{ amper}$$

Bu iki münasebet, etkin akım verince maksimum akımı bulmak için kullanılabilir. Meselâ, bir

O halde alternatif akım ampermetresi maksimum akımın 0,707 sini gösterir. Ekseriya bu münasebet maksimum akımın etkin akıma oranı olarak yani $\sqrt{2}$ veya 1,414 olarak verilir. Meselâ, maksimum akım 20 amper ise ampermetrenin göstereceği akımı hesaplayalım :

veya

alternatif akım ampermetresi 15 amperi gösterirse maksimum akımı hesaplayalım :

$$I_{\max} = 1,414 \times I = 1,414 \times 15 = 21,2 \text{ Amper}$$

veya

$$I_{\max} = \frac{I}{0,707} = \frac{15}{0,707} = 21,2 \text{ amper}$$

Alternatif akım devrelerinin hesabında daha çok etkin akım kul-

lanılır ve I harfi ile gösterilir. Maksimum akım I_{\max} ile gösterilir.

ETKİN GERİLİM

Bir omluk bir dirençten bir amperlik alternatif etkin akım geçerse, direncin uçlarındaki gerilim bir etkin voltur. Bunun için, maksimum gerilimin 0,707 ile çarpımına etkin gerilim denir. Alternatif akım voltmetresi etkin gerilimi

gösterir. Etkin gerilim ile maksimum gerilim arasındaki bağıntı, etkin akım ile maksimum akım arasındaki bağıntının aynıdır.

Genellikle, bütün alternatif akım hesaplarında etkin gerilim kullanılır ve E harfi ile gösterilir. Mak-

simum gerilim E_{max} ile gösterilir.

Meselâ, bir aydınlatma devresinin uçlarındaki alternatif akım

$$E_{max} = E \times 1,414 = 120 \times 1,414 = 169,7 \text{ volt}$$

veya

$$E_{max} = \frac{E}{0,707} = \frac{120}{0,707} = 169,7 \text{ Volt}$$

Alternatif akım devrelerinde, aksi belirtilmedikçe, akım ve gerilimlerin etkin değerleri verilir.

DİRENÇ

Aydınlatma devreleri ile bazı ısıtıcıların alternatif ve doğru akım dirençleri aynıdır. Bu devrelerin endüktansı ile histerezis ve fuko akım etkileri ihmal edilebilir. Son-

VAT CİNSİNDEN GÜÇ

Doğru akımda vat cinsinden güç, volt ile amperin çarpımına eşittir. Alternatif akımda vat cinsinden ani güç, aynı andaki ani akım ile ani gerilimin çarpımına eşittir. Alternatif akımda ortalama güç her zaman etkin akım ile etkin gerilimin çarpımına eşit değildir. Meselâ, alternatif akım ile beslenen motor, transformatör ve benzeri cihazlarda devrenin endüktif etkisi ile akım ve gerilimin fazları aynı değildir. Bu tip devrelerde vat cinsinden güç amper ile voltun çarpımından küçüktür.

voltmetresi 120 voltu göstermektedir. Gerilimin maksimum değerini hesaplayalım :

Standart alternatif akım ampermetre ve voltmetreleri etkin değerleri gösterirler.

raki bir bölümde, çeşitli devrelerin alternatif dirençlerini değiştiren faktörler hakkında bilgi verilecektir.

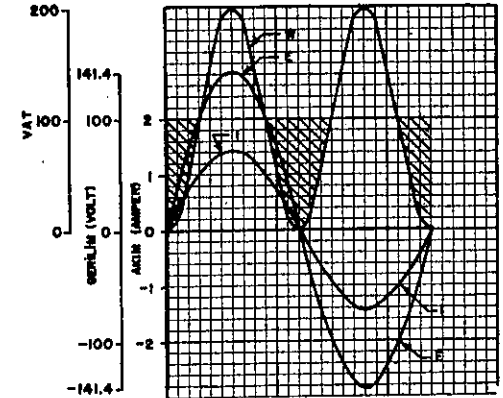
Bir alternatif akım devresinde, akım ile gerilimin fazları aynı ise bir sayıldaki ortalama güç etkin akım ile etkin gerilimin çarpımına eşittir. Şekil 2-1 maksimum gerilimi 1,414 volt olan sinüoidal gerilimli bir alternatörün 100 omluk bir ısıtıcıyı besleyişini göstermektedir. Isıtıcı endüktif değildir. Bu devrenin sinüoidal akımı sinüoidal gerilimle aynı fazdadır ve maksimum değeri 1,414 amperdir.

Önce izah edildiği gibi her hangi bir andaki güç, o andaki akım ile gerilimin çarpımına eşittir.

DERECE	ANI DEĞERLER VOLT	ANI AKIM DEĞERLERİ VOLT	VAT
0	0.0	0.0	0
15	36.6	0.366	13.4
30	70.7	0.707	50.0
45	100.0	1.000	100.0
60	122.5	1.225	150.0
75	136.6	1.366	186.6
90	141.4	1.414	200.0
105	136.6	1.366	186.6
120	122.5	1.225	150.0
135	100.0	1.000	100.0
150	70.7	0.707	50.0
165	36.6	0.366	13.4
180	0.0	0.0	0
195	-36.6	-0.366	13.4
210	-70.7	-0.707	50.0
225	-100.0	-1.000	100.0
240	-122.5	-1.225	150.0
255	-136.6	-1.366	186.6
270	-141.4	-1.414	200.0
285	-136.6	-1.366	186.6
300	-122.5	-1.225	150.0
315	-100.0	-1.000	100.0
330	-70.7	-0.707	50.0
345	-36.6	-0.366	13.4
360	0.0	0.0	0

Eşit açı aralıklarında akım ve gerilimler çarpılırsa güç eğrisi elde edilir. Aşağıdaki tabloda, 0° ile 360° arasında 15° lik aralıklardaki ani gerilim, ani akım ve ani güç değerleri verilmiştir.

Şekil 2-5, tablodaki değerler kullanılarak çizilen sinüoidal akım ve gerilim eğrileri ile güç eğrisini göstermektedir. W güç eğrisi, devrenin 0° ile 360° arasındaki ani güçlerini gösterir.



Şekil 2-5. Akım ve Gerilim Aynı Fazda Olduğuna Göre Güç Eğrisi.

Bu devrenin Şekil 2-5 deki güç eğrisi, gücün her yerde pozitif olduğunu gösterir. İlk yarım saykıl da akım ve gerilim pozitif çarpımları da pozitifdir. İkinci yarım saykıl da hem akım ve hem gerilim negatifdir. Negatif sayıların çarpımı pozitif olduğu için yine güç pozitifdir. Güç eğrisinin daima pozitif

$$W = 1.414 \times E \times 1.414 \times I = \sqrt{2 \times E} \times \sqrt{2 \times I} = 2 EI$$

Dik eksenin 100 vatlık noktasından yatay eksene paralel bir noktalı çizgi çizilirse, noktalı çizginin üstünde ve güç eğrisinin arasındaki alanlar toplamının noktalı çizginin altındaki taralı alanların

$$\text{Ortalama güç} = W = E \times I = 100 \times 1 = 100 \text{ vat}$$

ELEKTRİK ENERJİSİ

Endüktif olmıyan ve akımı ile gerilimi aynı fazda olan bir alternatif akım direnç devresinin gücü, etkin akım ile etkin gerilimin çarpımına eşittir. Vat-saat cinsinden elektrik enerjisini elde etmek için, ortalama güç vat ile saat cinsinden zaman çarpılır. Enerjiyi Kilo-vat-saat cinsinden elde etmek için vat-saat enerji 1000'e bölünür. Bu usul, vat-saat ve kilovat-saat ener-

tif oluşu, devrenin daima güç çektiğini gösterir. Bu devrede gerilim ve akımlar daima aynı fazdadır. Sonuç olarak bir saykıl esnasındaki güçler daima pozitifdir.

Güç eğrisinin maksimum değeri akım ile gerilimin maksimum değerlerinin çarpımına eşittir.

toplamına eşit olduğu görülür. Diğer bir ifade ile 100 vat, bir saykıl esnasındaki güç ortalamasına veya Etkin akım ile etkin gerilimin çarpımına eşittir.

jiyi hesaplamak için 1. Kitapta verilen usulün aynıdır.

Bu formüller :

$$\text{Vat-saat} = E \times I \times \text{Saat}$$

$$\text{Kilovat-saat} = \frac{E \times I \times \text{Saat}}{1000}$$

Yukarıdaki formüller dirençten başka elemanı bulunan alternatif akım devreleri için farklıdır.

ENERJİNİN ÖLÇÜLMESİ

1. Kitapta belirtildiği üzere birim enerji Juldür. Bir volt ve bir amperlik bir devrenin bir saniyedeki enerjisi bir juldür. Bilgin Joule, bir omluk bir dirençten bir amperlik akım geçince bir saniyede, 0,2389, yaklaşık olarak 0,24 kalorilik bir ısı elde edildiğini deneyleri ile göstermiştir. Bir gram suyun sıcaklığını bir derece yükselten ısı miktarı 4,186 juldür. Enerji birimi jul bir vat-saniyedir. Doğru ve alternatif akım ısıtıcı devrelerinde ısıyı kalori cinsinden hesaplamak için aşağıdaki formül kullanılır.

$$Q = \frac{1}{4,186} I^2 RT$$

Burada Q = Kalori cinsinden ısı enerjisi

I = Amper cinsinden akım

R = Om cinsinden direnç

T = Saniye cinsinden zaman

Yukardaki formülde I²R vata ve I²RT jul veya vat-saniye cinsinden toplam enerjiye eşittir. Bir jul 0,24 kaloriye eşit olduğundan, formül aşağıdaki şekli alır :

$$Q = 0,24 I^2 RT$$

Her ne kadar metrik sistemdeki gram-kalori kullanılırsa da çok kullanılan İngiliz Isı Biriminin (B.t.u.) bilinmesi faydalıdır. İngiliz ısı birimi bir paund ağırlığındaki suyun sıcaklığını bir Fahrenheit derece yükseltmek için gerekli ısı miktarıdır. 1050 jul bir B.t.u. ya eşittir. Bir paund 0,4536 kilogramdır. Bir alternatif akım veya doğru akım ısıtıcısının B.t.u. cinsinden ısı miktarını hesaplamak için aşağıdaki formül kullanılır :

$$Q = \frac{I^2 RT}{1050} = 0,000948 I^2 RT$$

Burada Q = B.t.u. cinsinden ısı enerjisi

I = Amper cinsinden akım

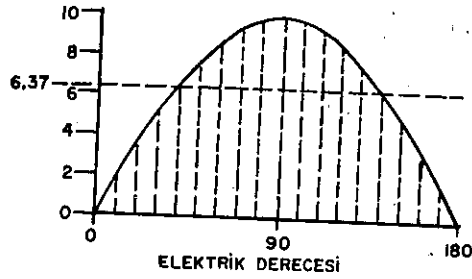
R = Om cinsinden direnç

T = Saniye cinsinden zaman

Yukarıdaki formülde, jul veya vat-saniye cinsinden çarpım 1050 ile bölünürse B.t.u. cinsinden ısı enerjisi bulunur. 0,000948 ile vat-saniyenin çarpıldığı ikinci formül de kullanılır. Bu sayı bir julun B.t.u. cinsinden değeridir.

ORTALAMA AKIM VE GERİLİM

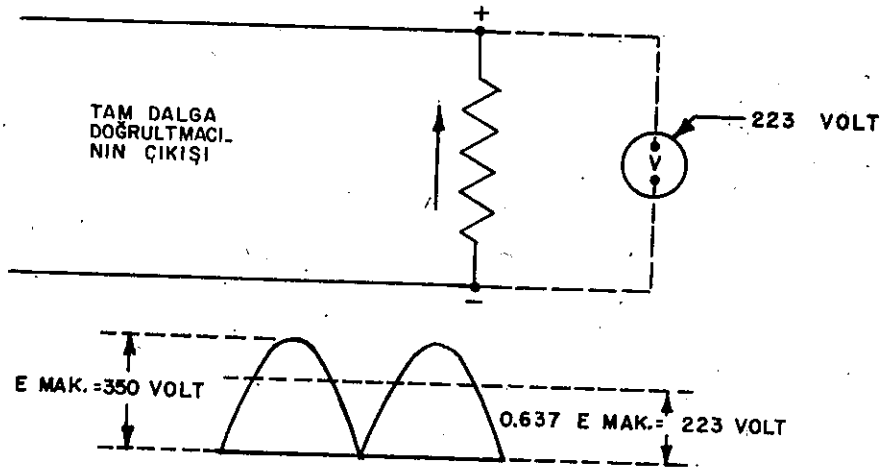
Hemen bütün alternatif akım devrelerinde akım ve gerilimin etkin değerleri kullanılır. Alternatif akım ampermetre ve voltmetreleri maksimum değer $0,707$ si olan etkin değerleri gösterirler. Hemen bütün alternatif akım devre hesaplarında akım ve gerilimin etkin değerleri kullanılır.



Şekil 2-6. Akımın Ortalama Değerinin Bulunması.

Bazı alternatif akım devrelerinde akım ve gerilimin ortalama değerleri önemlidir. Bu devreler vakum tüplü veya madeni elemanlı redresörlerle alternatif akım devrelerinde kullanılan doğru akım ölçü aletlerinden ibarettir.

Bu bölümde daha önce belirtildiği üzere, sinüsoidal akım veya gerilimin ortalamasını bulmak için yarı sayıklık sinüs eğrisinin ortalaması bulunur. Diğer bir ifade ile yarı sayıklık eşit aralıklara bölünür ve bu aralıklara ait ordinatların ortalaması alınır. Şekil 2-6, 180° lik bir yarı sayıklığın 10° lik aralıklarla ordinatlarını göstermektedir.



Şekil 2-7. Tam Dalga Doğrultmacı İçin Ortalama Gerilim.

Ortalama değeri bulmak için ikinci metot, bir alternanslık eğri ile sıfır eksenindeki alanı panimetre denen bir alet ile ölçmekten ibarettir. Eğer bu alan taban uzunluğuna bölünür ve ordinat ölçüğü ile çarpılırsa sonuç ortalama değeri verir.

Sinüs eğrisinin ortalama değeri maksimum değeri ile $0,637$ nin çarpımına eşittir. Etkin değer ortalama değere oranı $0,707$ nin $0,637$ ye bölümüne yani $1,11$ e eşittir. Bu değere form faktörü denir.

Şekil 2-7 tam dalgalı bir redresör uçlarına bağlı bir direnç devresini göstermektedir. Tam dalga redresör, sayıklığın negatif kısmını sıfır ekseninin pozitif kısmına geçirir. Direnç devresinin akım ve gerilimi sıfır ile maksimum arasında değişir, fakat yön sabittir. Şekil 2-7 de görüldüğü gibi, direnç uçlarına bir doğru akım voltmetri bağlanırsa alet maksimum gerilimin $0,637$ sini gösterir. Doğru akım voltmetresinin çalışma

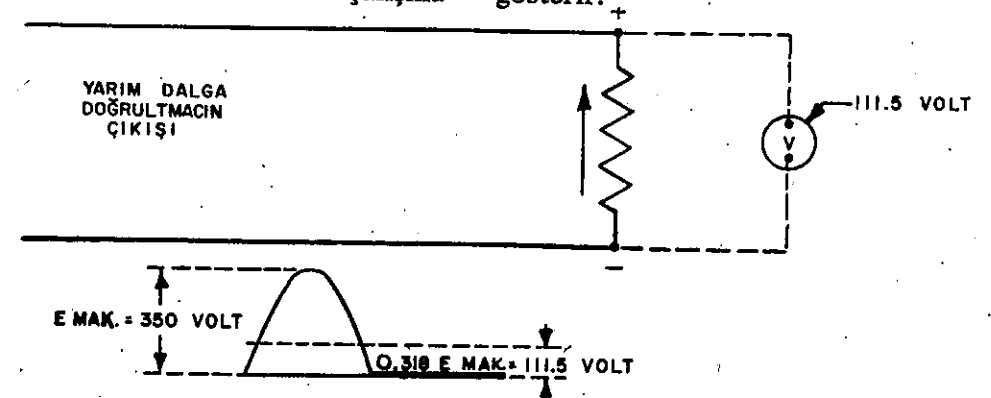
prensibi doğru akım motorunun çalışma prensibinin aynıdır. İbrenin sapması, bir sayıklık esnasında ibreye tesir eden döndürme momentlerinin ortalaması ile orantılıdır. Bu sapma aynı yönlü iki yarı sayıklığın ortalamasını verir.

Şekil 2-7 deki, iki yarı sayıklığın maksimum değerleri aynı ve 350 volt ise, voltmetrenin gösterdiği ortalama değer :

$$E_{or} = E_m \times 0,637 = 350 \times 0,637 = 223 \text{ voltur.}$$

Yarı dalga redresörleri sayıklığın negatif kısmını atar ve çıkış, sayıklığın pozitif kısmından ibarettir. Tam dalga redresörlerde ise çıkış sayıklı pozitif yönlü iki yarı sayıklıktan ibarettir.

Şekil 2-8 de direnç yarı dalga redresörün uçlarına bağlanmıştır. Her sayıklığın yarısında devredeki akım ve gerilim sıfırdır. Voltmetre tam dalganın ortalama değerini gösterir.



Şekil 2-8. Yarı Dalga Doğrultmacının Ortalama Gerilimi.

$$\text{Bu değer : } E_m \times \frac{0,637}{2} = 0,318 \times E_m \text{ dir.}$$

Şekil 2-8 deki devrenin maksimum gerilimi 350 volt ise, voltmetrenin gösterdiği değer :

$$E_{or} = E_m \times 0,318 = 111,5 \text{ voltur.}$$

Bazı fabrikalar, ıskalası alternatif akım ve gerilimleri ölçmek üzere işaretlenmiş ve iç devreleri ona göre düzenlenmiş doğru akım ölçü aletinin, ıskala taksimatı baştan sona kadar eşit aralıktır. Alternatif akım ölçü aletlerinde ıskala taksimatı eşit aralıktır değildir. ıskala başlangıcında taksimat sıkıdır. Bu kısımda değerleri doğru olarak okumak zordur.

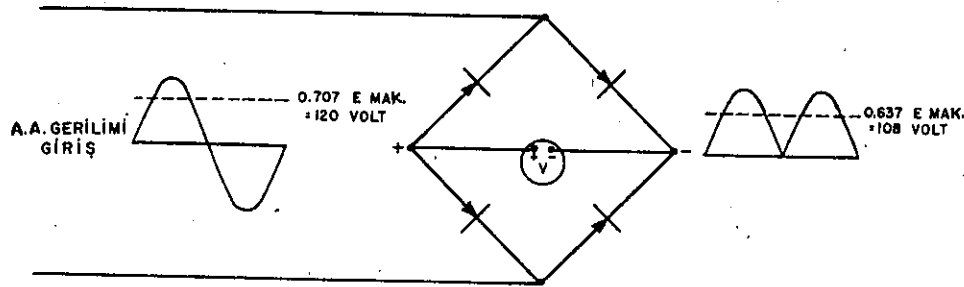
Şekil 2-9 da bir alternatif gerilimin, tam dalga redresörlü bir doğru akım voltmetresi ile nasıl ölçüldüğü görülmektedir. Küçük maddenin redresör aletinin içine yerleştirilir. Önceleri bakır oksitli redresörler kullanılmakta idi. Yeni

ölçü aletlerinde silisyum redresörleri kullanılmaktadır. Redresör, elektronları bir yönde geçirir. Redresörün tam dalga çıkışı doğru akım voltmetresinin uçlarına şekildeki oklarla gösterildiği gibi doğrudan doğruya bağlanır.

Şekil 2-9 daki tam dalga redresörlü doğru akım voltmetresi bir alternatif gerilimin uçlarına bağlanmıştır. Alet 108 voltu gösterir. Bu 108 volt maksimum gerilimin 0,637 sidir. Redresördeki gerilim düşümü ihmal edilirse, alternatif gerilimin etkin değeri :

$$\begin{aligned} E &= E_{or} \times \text{Form faktörü} \\ &= 108 \times 1,11 \\ &= 120 \text{ voltur.} \end{aligned}$$

Alternatif gerilimi ölçmek için doğru akım voltmetresi kullanılırsa, okunan gerilim ile 1,11 in çarpımı alternatif gerilimin etkin değerini verir. Çarpma işleminden



Şekil 2-9. D.A. Voltmetresinin Tam Dalga Doğrultmacı ile Kullanılması.

kurtulmak için aletin ıskalası ortalamaya gerilim ile form faktörünün çarpımı, etkin gerilimi verecek şekilde taksimatlandırılır. Bu

taksimatlandırma, önce okunan sapmaları 1,11 ile çarparak elde edilir.

HATIRDA TUTULMASI GEREKEN NOKTALAR

- Aydınlatma lâmbası ile endüktif olmıyan ısıtıcı devrelerinde akım ile gerilim aynı fazdadır.
- Akım ile gerilim aynı fazda ise, akım ve gerilim aynı anda sıfır ve aynı yönde maksimum değerlerini alırlar.
- Bir etkin amperlik alternatif akım ile bir amperlik doğru akım aynı dirençte bir saykıl esnasında aynı ısı etkisini gösterirler.
- Alternatif akımda etkin akım maksimum 0,707 katıdır. Alternatif akım ampermetresi etkin akımı gösterir.
- Histerezis ve fuko etkileri yoksa, bir omluk bir altentarif akım devresinin direnci doğru akımda da bir omdur.
- Bir omluk bir dirençten geçen elektrik akımı bir amper ise devrenin uçlarındaki gerilim bir voltur.
- Alternatif akım devrelerinde, etkin gerilim maksimum gerilimin 0,707 katıdır. Alternatif akım voltmetresi etkin gerilimi gösterir.
- Bir alternatif akım devresinde, akım ile gerilim aynı fazda ise devrenin vat cinsinden gücü

etkin akım ile etkin gerilimin çarpımına eşittir.

- Bir alternatif akım devresi endüktif olmıyan bir dirençten ibaretse, vat-saat ve kilovat-saat cinsinden enerji, doğru akım devrelerinde olduğu gibi hesaplanır.
- B.t.u. nun kalori cinsinden değeri nedir ?
- Aşağıdaki formüllerin elde edilmesini öğreniniz.

$$\text{Kalori} = 0,24 I^2RT$$

$$\text{B.t.u.} = 0,000948 I^2RT$$

- Akımın ortalama değeri maksimum değerinin 0,637 katıdır.
- Gerilimin ortalama değeri maksimum değerinin 0,637 katıdır.
- Form faktörü etkin değerin ortalama değere oranıdır.

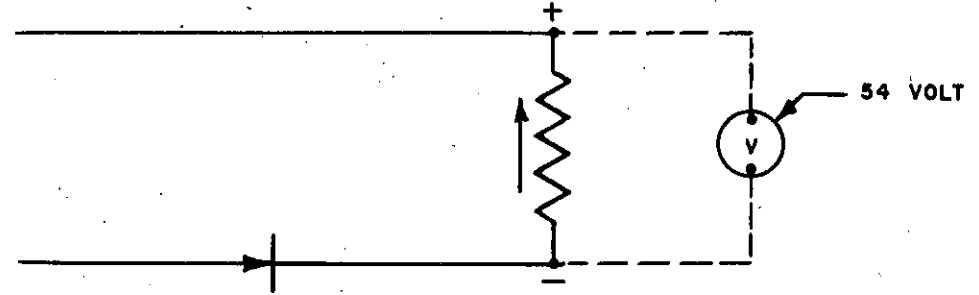
$$1,11 = \frac{0,707}{0,637}$$

- Çeşitli redresör devrelerinde, ortalama ve etkin değerlerle form faktörünün nasıl kullanıldığını iyice öğreniniz.

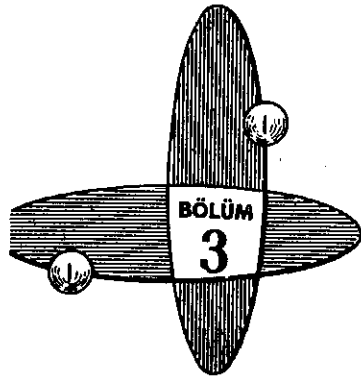
TEKRARLAMA SORULARI

1. Etkin akımı tarif ediniz.
2. Akımların karelerinin ortalamalarının kare kökü terimini izah ediniz.
3. Bir ısıtıcının uçlarındaki alternatif akım voltmetresi 240 voltu göstermektedir. Isıtıcının uçlarındaki gerilimin maksimum değerini hesaplayınız.
4. Bir alternatif akımın maksimum değeri 7 amperdir. Bu akım bir alternatif akım ampermetresinden geçerse aletin gösterdiği akım kaç amperdir
5. Direnci 60 om olan bir ısıtıcı, maksimum gerilimi 120 volt olan bir sinüsoidal gerilim kaynağının uçlarına bağlanmıştır.
 - a. Gerilimin pozitif 30° deki ani değeri nedir?
 - b. Akımın etkin değeri nedir?
 - c. Gerilim ve akım eğrileri arasındaki bir sayıklık münasebeti gösteriniz.
6. 5 inci sorudaki ısıtıcının vat cinsinden gücü nedir?
7. Aynı fazda olma ile ne kastedilir?
8. 5 inci soruda 270° deki akımın ani değeri nedir?
9. 120 volt ve 50 frekanslı bir kaynağın uçlarına, 24 aydınlatma lambası birbirine paralel olarak bağlanmıştır. 20 lambadan beherinin gücü 10 vat, gerilimi 120 volt ve direnci 240 ohmdur. Geri kalan 4 lambadan herbirinin gücü 300 vat, gerilimi 120 volt ve direnci 48 ohmdur.
 - a. Toplam akımı, b. Toplam gücü hesaplayınız.
10. a. Dokuzuncu sorudaki lambalar günde 5 saat devrede kalırsa 30 gündeki toplam enerjiyi kilovat-saat cinsinden hesaplayınız.
 - b. Kilovat-saati 30 kuruştan 30 günlük elektrik sarfiyatını hesaplayınız.
11. 5 omluk bir ısıtıcı 50 frekanslı bir kaynağın uçlarına bağlanmıştır. Gerilim sinüsoidaldir ve maksimum değeri 141,1 voltur.
 - a. Isıtıcının gücünü vat cinsinden hesaplayınız.
 - b. Isıtıcı günde 5 saat devrede kalırsa, 20 günlük elektrik enerjisini kilovat-saat cinsinden hesaplayınız.
12. Bir elektrik ütüsünün gerilimi 120 volt ve akımı 10 amperdir. Ütü direnci endüktif değildir.
 - a. Vat cinsinden ütünün gücünü
 - b. Om cinsinden ütünün direncini hesaplayınız.
13. a) Kaloriyi, b) B.t.u. yu tarif ediniz.
14. Bir litre suyun 9 dakikada sıcaklığı 18°C den 100°C ye yükseltilecektir. Gerilim 120 voltur.
 - a. Isıtıcının gücünü vat cinsinden hesaplayınız.
 - b. Isıtıcının direncini hesaplayınız.
 - c. Isıtıcının akımını hesaplayınız.
15. 20 litre suyun bir su ısıtıcısı ile, 40 dakikada sıcaklığı 15°C den 60°C yükseltilmiştir.
 - a. Isıtıcının gücünü hesaplayınız.
 - b. Isıtıcının çalışma gerilimi 220 volt ve frekans 50 ise;
 1. Isıtıcının çektiği akımı
 2. Isıtıcının direncini hesaplayınız.

16. Alternatif akım devrelerinde ne zaman güç, akım ile gerilimin etkin değerlerinin çarpımına eşittir?
17. Tam dalgalı bir redresörün çıkış gerilimi Şekil 2-7 deki gibidir. Direnç uçlarındaki voltmetre 250 voltu gösterir. Direnç uçlarındaki gerilimin maksimum değeri nedir?
18. Form faktörünü izah ediniz.
19. Şekil 2-10 da, direnci ihmal edilebilen bir yarım dalga bakır oksit redresörü endüktif olmayan bir yük direncini beslemektedir. Direnç uçlarındaki doğru akım voltmetresi 54 voltu gösterir.
 - a. Gerilimin maksimum değerini
 - b. Redresör girişindeki alternatif akım geriliminin etkin değerini hesaplayınız.
20. Ondokuzuncu soruda direnç uçlarına tatbik edilen doğru gerilimin eğrisini çiziniz.
21. Tam dalga bakır oksit redresörlü bir doğru akım voltmetresi ile 50 frekanslı bir alternatif akım kaynağının gerilimi ölçülmektedir. Redresör gerilim düşümünü ihmal ediniz. Kaynağın etkin gerilimi 440 voltur. Doğru akım voltmetresi kaç voltu gösterir?



Şekil 2-10



Alternatif Akım Devrelerinde Endüktans

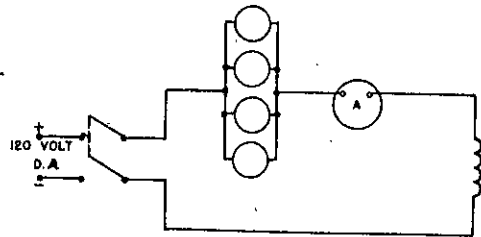
Anlatılan elektromanyetizmanın iki esas prensibi burada tekrar edilmelidir. Birincisi içinden akım geçen her iletken ya da bobinin etrafında bir manyetik alan meydana gelir. İkincisi, akımın artması ya da azalması bu manyetik alandaki kuvvet hatlarının çoğalması ya da azalmasına sebep olur.

Bobin ya da devrede, değişken bir manyetik alan ya da bunları kesen manyetik akının değişme oranı ile orantılı olarak bir gerilim indüklenir. Bir doğru akım devresinde akım Om kanununa

göre belli bir değere erişip sabit kaldıktan sonra herhangi bir endüktif etki olmayacaktır. Başkaca, eğer akım değeri değişirse, endüktansta ani bir etki meydana gelir. Misal olarak eğer akım artarsa bobin sargılarını daha fazla akı kesecek ve bunun sonucu olarak akı değişmesi, artmaya karşı ani ve zıt yönde bir E.M.K. indüklenmesine sebep olacaktır. Eğer akım azalırsa bobini kesen akı da azalır, bu da akımı aynı değerde tutmaya (yükseltmeye) çalışan ani bir E.M.K. indüklenmesine sebep olur. Bu endüktif etkiler LENZ Kanunu ile belirtilmiştir. Lenz Kanunu tarifi şöyledir.

Bütün elektromanyetik endüksiyonlar sebebi ile indüklenen E.M.K. ve meydana gelen akımın yönü, kendini meydana getiren sebebin zıt yönündedir.

Bir doğru akım devresinde endüktansın etkisini deney ile göstermek için Şekil 3-1 deki devre kullanılabilir.



Şekil 3-1. D.A. Kaynağına Bir Özindükleme Bobini Bağlıdır.

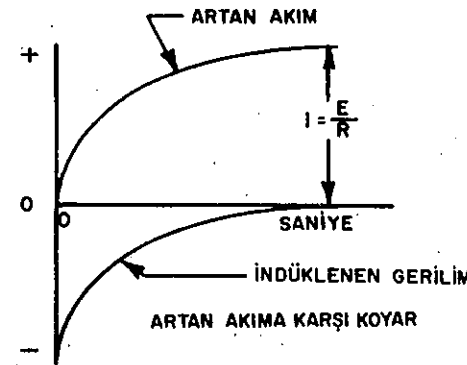
Bu devre, bir lâmba grubu ile seri bağlı, omik direnci nisbeten küçük ve demir saç çekirdek üzerine sarılmış bir bobinden ibarettir. Devre 120 voltluk D.A. kaynağından enerjilendiği zaman dikkat edilirse, lâmbaların ilk önce kısa bir an için çok parlak yandığı görülecektir. Ayrıca doğru akım ampermetre ibresi, om kanununa göre göstermesi gereken değere devrede yalnız omik direnç olduğu zamana göre daha geç ulaşır. Akım kendi Om kanunu değerine yükselirken, bobinde sargıları kesen bir manyetik alanın doğmasına sebep olur. Bobin sargılarını artan bir manyetik akının kesmesi ile bunda, devre gerilimini azaltacak yönde zıt bir E.M.K. indükleyerek akımı sınırlamaya sebep olur. Devrenin bu durumunda Lenz Kanunu'nun bir uygulaması olduğuna dikkat ediniz.

Şekil 3-2 de, bu devre için akımın Om kanunu değerine yükselene kadar, ani olarak indüklenen gerilimi temsil eden bir grafik gösterilmektedir. Anahtar kapandığı anda akım hızla yükselir.

Burada akım Om kanunu değerine erişip artma oranı sıfır oluncaya kadar akımın artış hızı zamanla azalır. Devre enerjilendiği anda bobini kesen kuvvet çizgilerinin artış hızı maksimum olduğundan en büyük gerilim indüklenir. Akımın artış hızının zamanla azalması ile indüklenen gerilim de azalır. Sonuç olarak akım, Om kanunu ile bulunan sabit değere eriştiği zaman bobinin manyetik alanını da en büyük değerine ulaşacaktır. Akım sabit değere vardığı zaman indüklenen E.M.K. de azalarak sıfır olacaktır.

Devre anahtarı açıldığında anahtar kontakları arasında gözle görülebilen bir ark meydana gelir. Akım azalarak sıfıra düşerken manyetik alan da manyetik kuvvet hatlarının azalıp çökmesinin, sargıları kesme etkisi ters yönde olması sebebi ile indüklenen gerilim de akım gibi aynı yönde olacak ve akımın, anahtar kontakları arasında görülen ark gibi azalmasına mani olup aynı değerde tutmaya çalışacaktır.

Şekil 3-3 de bir endüktif devrede akım azalışını temsil eden bir grafik görülmektedir. Gerçi bir



Şekil 3-2

endüktif devrede akımın azalmasına ait gerçek eğri şekilde gösterilen eğriden çok değişik olabilir. Bu, hat üzerindeki anahtarın açılma hızına bağlı olacaktır.

Akım ve gerilimin azalışını görmek için seri devreye bir anahtar düzeni koymak gerekir. Eğer Şekil 3-1 deki seri devrenin şebeke hatları arasına bağlanmış ve kapalı olan tek kutuplu anahtarın kontaktları bir anda açılırsa, akımın azalarak sıfır olması için geçen zaman uzunluğu, devre enerjilendiği zamanki akımın Ohm kanunu değerine erişmesi için gerekli zamana eşittir. 1. Kitapta gösterildiği gibi endüktans gerçek bir elektriksel eylemsizlik (atalet) dir. Endüktans, elektromanyetik alan içinde enerji depo eden bobin gibi özelliği olan bir devre elemanıdır. Endüktansın birim «hen-

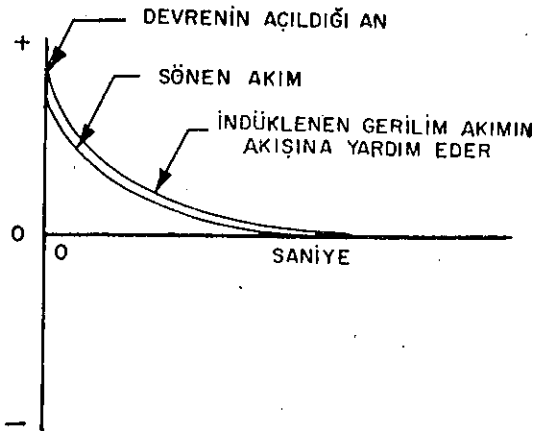
ri» dir ve «L» harfi ile gösterilir. Bir henri aşağıdaki gibi tarif edilebilir :

Bir saniyede bir amperlik akım değişmesi ile üzerinde bir voltluk gerilim indüklenen devre elemanın endüktansı bir henridir.

Eğer Şekil 3-1 de gösterilen, bir bobin ve lâmba grubundan ibaret aynı seri devre 120 volt ve 60 saykılık bir alternatif akım kaynağına bağlansa, lâmbalar çok sönük yanacaktır. Ayrıca, etkin değer gösteren bir ampermetre, D.A. devresine göre oldukça küçük değer gösterir. Alternatif gerilimin etkin değeri doğru gerilim değeri ile eşit olduğu durumda bile bu doğrudur ve pratik olarak lâmba grubu her iki akım içinde aynı direnci gösterir. Ampermetrenin gösterdiği değer ve lâmbaların sönük yanması gibi, akımdaki bu düşmenin sebebi endüktansın şok etkisidir.

Devreyi besleyen alternatif akım kaynağının frekansı 60 saykıl ise, buna göre akımın değeri ve yönü muntazam bir şekilde devamlı değişecektir. Bunun sonucu olarak bobinde, devre gerilimine zıt yönde karşıt bir gerilim indüklenecek ve böylece seri devreden geçen akım sınırlanmış olacaktır.

Bu endüktif etki ile akımın azaldığını gösterme deneyi, demir çekirdeği bobinden yavaşça dışarı çıkarmakla yapılabilir. Demir çekirdeğin bobinden tamamen dışa-



Şekil 3-3

rı çıkması ile lâmbalar daha parlak yanacak ve ampermetrede okunan akım yükselecektir. Demir çekirdeğin dışarı çıkarılması ile bobin manyetik devresinin relüktansı artacaktır. Böylece bobin sargıları etrafında meydana gelen manyetik akı azalarak düşer ve indüklenen gerilim de azalır. Eğer demir çekirdek bobin içine sokulursa lâmbalar tekrar sönük yanacak ve ampermetrede okunan akım değeri de düşecektir. Eğer şebeke geriliminin etkin değeri aynı kalarak frekansı 60 saykıldan 25 saykıla düşürülürse akım artacaktır.

Bu, ampermetrede okunan değerlerin yükselmesi ve lâmbaların daha parlak yanması ile görülebilir. Frekansın yani saniyedeki saykılın azaltılması sonucu akım ve kuvvet çizgilerinde de buna göre azalan değişimler olacaktır. Sonuç olarak bobinde indüklenen karşıt E.M.K. azalacak ve bundan dolayı akımda artmış olacaktır.

Yukardaki deney, bir alternatif akım devresinde endüktansın, direnç gibi aynı etkiyi yaparak akımı sınırladığını göstermektedir. Bundan dolayı alternatif akım devrelerinde direnç kadar endüktansın da hesaplanması gerekir.

ENDÜKTİF REAKTANS

Alternatif akımın sabit olarak yön ve değerinin değişmesi, bir endüktif devrede, akımı sınırlayan devamlı bir gerilim indükleyecektir. Endüktans ile yapılan bu karşıt etkiye, endüktif reaktans denir. Endüktif reaktans X_L ile gösterilir ve değeri om olarak ölçülür.

Endüktif reaktans değerini om olarak bulmak için aşağıdaki formül kullanılır.

$$X_L = 2\pi FL$$

Burada, X_L = Om olarak endüktif reaktans

$$\pi = 3,14$$

$$F = \text{Saniyede saykıl olarak frekans}$$

L = Henri olarak endüktans

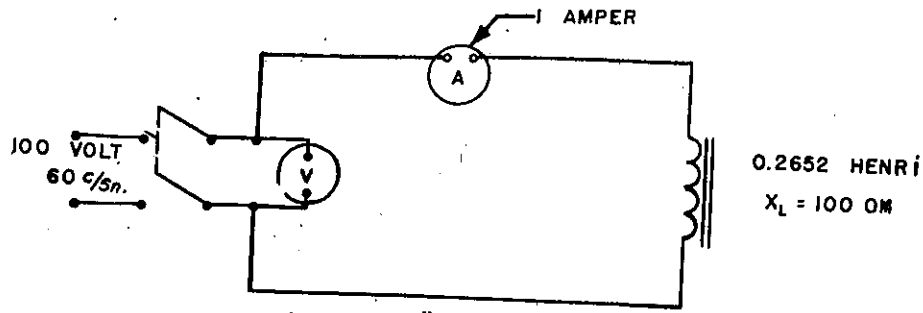
Misâl olarak omik direnci ihmal edilebilir ve endüktansı 0,2652 henri olan bir bobin, etkin değeri 100 voltluk ve 60 saykılık bir gerilime bağlanmıştır. Bobinin : (a) om olarak endüktif reaktansını ve (b) içinden geçen akımı bulunuz.

Şekil 3-4 deki bobinin endüktif reaktansı şöyle bulunacaktır.

$$X_L = 2\pi FL$$

$$= 2 \times 3,14 \times 60 \times 0,2652$$

$$= 100 \text{ om.}$$



Şekil 3-4. Saf Özindüklemeli A-A Devresi.

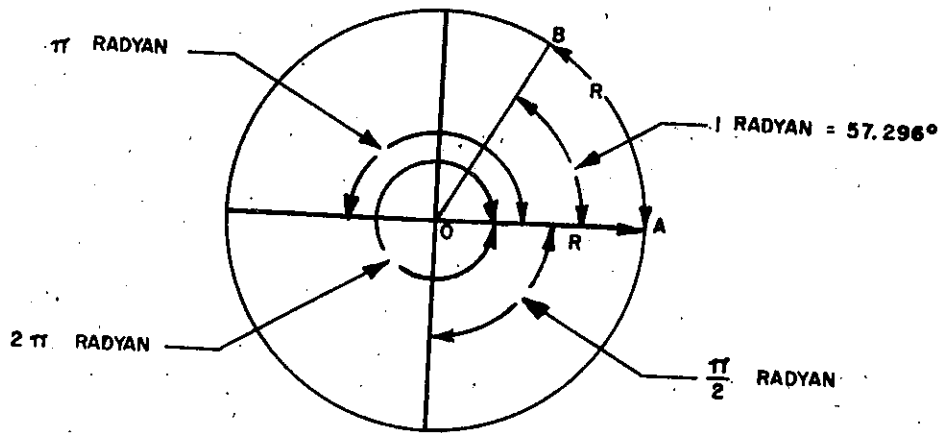
60 sayıklık frekans için $2\pi F$ çarpımı sonucu, pratik olarak 376,8 yerine 377 kabul edilmiştir. 25 sayıklık frekans için $2\pi F$ çarpımı 157 ye eşittir. Endüktif reaktans formülünde bu sabit değerleri kullanmak kolaylık sağlar.

Aynı misal için endüktif reaktans formülü aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$X_L = \omega L$$

Yukardaki formülde yunan harfi küçük omega açısız hızı temsil eder. Açısız hızın gördüğü işi anlatmadan önce, radyan teriminin anlamını gözden geçirmek önemlidir.

Radyan, açısız ölçülerin bir birimidir. Bazen açısız ölçü birimi olarak elektriksel zaman derecelerini göstermede kullanılır. Radyan aşağıdaki gibi tarif edilebilir.



Şekil 3-5. Açıların Radyanla Ölçülmesi.

Bir daire çemberi üzerinde yarıçap uzunluğundaki bir yayın daire merkezi ile yaptığı açı değeri bir radyandır.

$$I = \frac{E}{X_L} = \frac{100}{100} = 1 \text{ amper}$$

Şekil 3-5 de A-B yayının uzunluğu R yarıçapına ya da O-A ya eşittir. A-O-B açısı bir radyana eşittir. Bir dairenin çapı ile π sayısının çarpımı, o dairenin çevresini verir. Bu sebepten dairenin çevresi, daire yarıçapının 2π ile çarpılması ile de bulunabilir. Böylece bir radyanın temsil ettiği açı değeri $360 \div 2\pi = 57,296$ derece olacaktır.

Bir sayıklık 360 elektrik derecesine eşittir. Şekil 3-5 deki daire, radyan olarak açısız ölçüleri göstermektedir ve bu 360 dereceyi de temsil eder. Aynı şekilde saniyedeki sayıklık sayısı F frekansını verir. Bu sebepten 2π radyan, bir sayıklıkta açısız hız iken $2\pi F$ ise bir saniyedeki açısız hızı temsil eder. Eğer omega (ω) saniyede açısız hızı temsil ederse endüktif reaktans, aşağıdaki her iki formül ile de gösterilebilir.

$$X_L = 2\pi FL \text{ ya da } X_L = \omega L$$

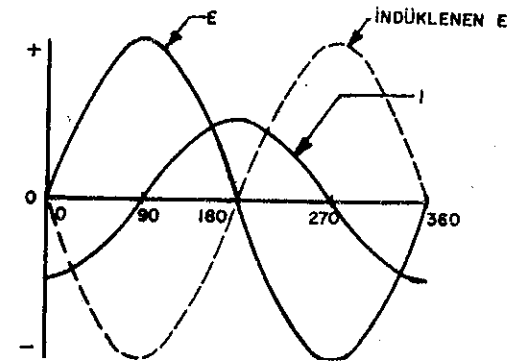
Şekil 3-4 de, bobindeki akımı bulmak için aşağıdaki formül kullanılabilir.

$$I = E \div X_L$$

Bu formül aslında Ohm kanunu formülüdür; yalnız om olarak (R) direnci yerine, gene om olarak endüktif reaktans (X_L) geçmiştir. Bobindeki etkin akım şöyle bulunabilir :

Eğer Şekil 3-4 de omik direnci ihmal edilen ve reaktansı 100 om olan bobin, 100 voltluk bir alternatif gerilime bağlanırsa içinden geçen akım 1 amper olacaktır. Bu 1 amperlik akım, gerilime göre 90 elektrik derecesi geridedir. İlk bakışta bu ifade imkânsız gibi görülebilir. Fakat daha önceki bir konuya geri dönüp Şekil 3-2 de gösterilen D.A. kaynağına bağlı bir bobinde indüklenen gerilim ile akımın artışı, Lenz Kanununa göre incelenirse, akımın gerilime göre geri kalmasının mümkün ve akla yakın olduğu anlaşılabilir.

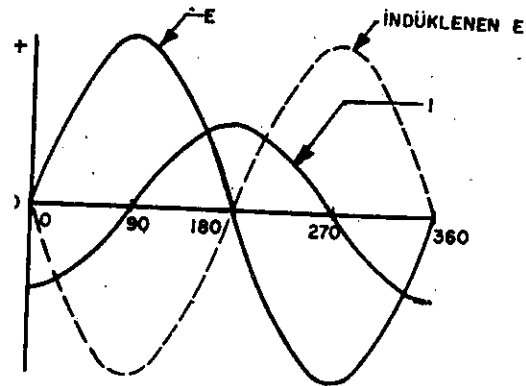
Eğer bir A.A. devresinde yalnız endüktans varsa, uygulanan gerilim altında akım, indüklenen zıt gerilim ya da karşıt elektromotor kuvvet dolayısıyla birden bire yükselmez. Şekil 3-6 da alternatif akım ile, indüklenen gerilim ara-



Şekil 3-6. Bir Özindüklemeli Devrede Akımı vs. İndüklenen Gerilim.

sındaki ilişkileri daha açık ve kolay görmek için hat gerilimi bilinenerek unutulmuştur. Saykılın başlangıç noktasında akımın negatif maksimum değerinde olduğu görülmektedir. Bu noktada çok küçük bir an için akımda değişme olmadığından indüklenen gerilim de yoktur. Böylece akım sıfıra doğru azalırken akımdaki değişme oranı artar ve kesik hatlar ile gösterilmiş indüklenen gerilim de yükselir.

Verilen zaman periyodu içinde akımdaki en büyük değişme, sıfıra düşerken olur. Bundan dolayı bu zamanda indüklenen E.M.K. in değeri maksimumdur. Akım 90° de sıfır olduktan sonra kendi pozitif maksimum değerine erişirken verilen zaman periyodu içinde akımın değişme oranı tekrar azalır ve böylece bununla orantılı olarak kuvvet çizgilerindeki değişme de azalır. Bunun sonucu olarak indüklenen gerilim küçülür.



Şekil 3-7. Akım, İndüklenen Gerilim ve Tatbik Edilen Gerilim.

Dikkat edilirse 180 derecede akım maksimum değerine eriştiğinde bu noktada çok küçük bir zaman için akımda bir değişme yoktur ve bu sebeple indüklenen gerilim tekrar sıfırdır. Akım azalarak 270 derecede sıfır olarak negatif yöne geçerken, indüklenen gerilimin değeri de maksimum olacaktır. Eğer bir saykılın dalga şekli incelenirse, indüklenen E.M.K. sinüs eğrisi şeklindedir ve sinüs eğrisi şeklindeki akıma göre bu indüklenen E.M.K. 90 elektrik derecesi geridir. Bu bobindeki akımın devamlı ve sabit olması için buna, indüklenen gerilime zıt ve eşit bir hat gerilimi uygulamak şarttır. Eğer hat gerilimi, indüklenen E.M.K. e tam olarak zıt yönde ise bu iki gerilimin birbiri ile 180 derece faz farklı olacağı aşıkardır.

Şekil 3-7 deki dalga dalga şekli, eklenen hat gerilimi dışında Şekil 3-6 ile benzeridir. Hat gerilimi ile indüklenen E.M.K. bir birine tam olarak zıt ve 180 derece faz farklıdır. Akım da hat gerilimine göre 90 derece geridir.

Akım ve gerilimin ikisi birden pozitif oldukları zaman bobinin manyetik alanı içinde geçici olarak enerji birikir. Akım ve gerilimin ikisi birden negatif oldukları zamanda da manyetik alan içinde enerji birikir. Böylece akım pozitif ve hat gerilimi negatif oldukla-

rı zaman, gerilim ve akım zıt etki yaptıkları için enerji bobinden akım kaynağına geri gider. Buna benzer olarak saykılın bir kısmında gerilim pozitif ve akım negatif olduğunda, enerji gene bobin manyetik alanından bırakılarak akım kaynağına geri gider. Böylece gerilim ve akım zıt oldukları zaman bobinin manyetik alanından bırakılan enerji, akımı devamlı tutar.

Şekil 3-4 deki bobin devresinde 100 omluk bir endüktif reaktansın 100 voltluk hat gerilimi ve 1 amperlik akımı olduğu görülmektedir. Sinüs dalgası şeklinde çizilen hat geriliminin maksimum değeri 141,4 volt olur. Hat akımı, hat gerilimine göre 90 elektrik derecesi geri ve akımın etkin değeri 1 amper olduğundan maksimum değeri 1,414 amper olur.

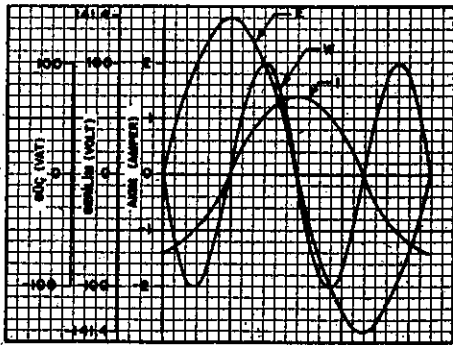
DERECE	GERİLİMİN ANİ DEĞERİ	AKIMIN ANİ DEĞERİ	GÜCÜN ANİ DEĞERİ
0	0.0	-1.414	0
15	36.8	-1.366	-50.0
30	70.7	-1.225	-86.6
45	100.0	-1.000	-100.0
60	122.5	-0.707	-86.6
75	136.6	-0.366	-50.0
90	141.4	0.0	0
105	136.6	0.366	50.0
120	122.5	0.707	86.6
135	100.0	1.000	100.0
150	70.7	1.225	86.6
165	36.8	1.366	50.0
180	0.0	1.414	0
195	-36.8	1.366	-50.0
210	-70.7	1.225	-86.6
225	-100.0	1.000	-100.0
240	-122.5	0.707	-86.6
255	-136.6	0.366	-50.0
270	-141.4	0.0	0
285	-136.6	-0.366	50.0
300	-122.5	-0.707	86.6
315	-100.0	-1.000	100.0
330	-70.7	-1.225	86.6
345	-36.6	-1.366	50.0
360	0.0	-1.414	0

Herhangi bir andaki vat olarak güç bu andaki gerilim ve akımın çarpımına eşittir. Aşağıdaki tablo bu endüktif devre gerilimi (volt), akımı (amper) ve gücünün (vat) 15 derece aralıklar ile ani değerlerini vermektedir.

Şekil 3-8 de yukardaki tabloda verilen değerler kullanılarak gerilim, akım ve güç için çizilmiş dalga şekilleri görülmektedir. Bobinin emik direncini yok farzederek, akım hat gerilimine göre 90 elektirik derecesi geridir. Sıfır ile 90 derece arasında akım negatif gerilim ise pozitifdir. Bu sebepten saykılın bu bölümünde gerilim ve akımın bileşkesi negatif güç verir.

90 ile 180 dereceler arasında akım ve gerilimin her ikisi de pozitif olduğundan, sıfır referans hattının yukarısında bir güç vardır. Bu, akım kaynağından bobinin manyetik alanına enerji besleyen bir pozitif güç anlamındadır.

Peryodun 180 ile 270 dereceleri arasında gerilim negatif ve akım



Şekil 3-8. Saf Bir Özindüklemlili Bobinde Güç.

pozitif olduğu için ikinci bir negatif güç pulsı vardır. Bu negatif güç pulsı, bobinin manyetik alanından enerjinin akım kaynağına geri verildiğini gösterir. Bobin içinde geçici olarak depo edilmiş bu enerji hat gerilimine karşı olarak akımı devam ettirir.

Peryodun 270 ile 360 dereceleri arasında akım ve gerilimin her ikisi de negatiftir; böylece aynı işaretli akım ve gerilimin çarpımı, sonuçta pozitif güç verecektir. Bu, akım kaynağından bobine enerji uygulayan ve saykıl için son pozitif güç pulsını göstermektedir.

Şekil 3-8 de, iki pozitif güç dalgası alanı ile, iki negatif güç dalgası alanının birbirine tamamen eşit olduğu görülmektedir. Şunu aklımızda tutalım ki, sıfırı gösteren referans hattı yukarıdaki güç eğrileri kaynaktan yükü besleyen pozitif güçlerdir. Referans hattının aşağısındaki güç eğrilerine negatif güç denir ve yükten akım kaynağına geri verilen güçtür. Eğer iki pozitif güç eğrisinin alanı ile iki negatif güç eğrisinin alanı eşit ise o zaman tamamlanan tüm bir saykıl ya da her hangi sayıdaki saykılın sonunda bobin tarafından çekilen net güç sıfırdır.

Bu devre tarafından çekilen gerçek güç sıfırdır. Bu sebepten şuna dikkat ediniz ki endüktif reaktanslı bir devrede akım ve gerilimin çarpımı gücü vermez.

DİRENÇ VE ENDÜKTİF REAKTANSIN SERİ BAĞLANMASI

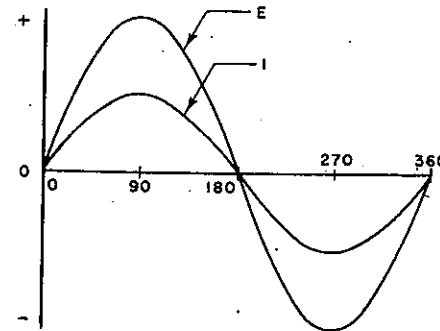
Bölüm 2, yalnız dirençten ibaret devreleri kapsamaktadır. Bu bölümün ilk kısmında yalnız endüktanstan ibaret bir A.A. devresinde endüktans, endüktif reaktans ve aynı zamanda çekirdek üzerinde, gerilim ve akımın ilişkileri hakkında bilgi verilmişti. Önce aldığımız bu bilgilerden sonra şimdi, direnç ve endüktif reaktansın seri bağlanmasından meydana gelen daha gerçek ve pratik bir devreye geçebiliriz.

Seri devrelere girmeden önce vektör diyagramlarının esas prensiplerini anlamak çok önemlidir. Birinci olarak bunların, devre durumlarının analizini yapmada ve devre problemlerinin çözümünde nasıl yardımcı olup fayda sağladığını bilmek gerekir. Bir vektör, her hangi bir çokluğun haiz oldu-

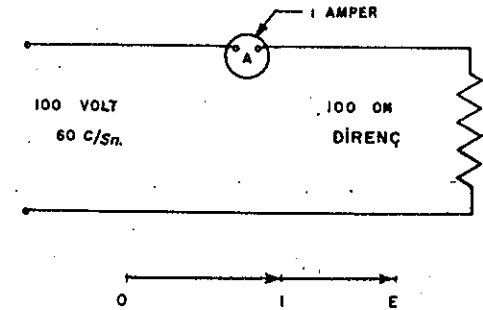
ğu hem büyüklüğü hem de yönünü grafik olarak temsil eden bir hatırdır. Elektrik işlerinde vektörler, akım ve gerilimin birbiri ile açısall ilişkilerinde bunların etkin değerlerini temsil etmek için kullanılır. Bu vektörlerin saat yelkovanı tersine döndüğü farzedilmiştir.

Vektör diyagramlarının iki basit şekli bunların A.A. devrelerinde uygulanmasını göstermek için kullanılacaktır. Birincisi, akım ve gerilimin aynı fazda olduğu, yükü yalnız omik dirençten ibaret bir A.A. devresinde kullanılacaktır. İkinci uygulama, akımın uygulanan gerilime göre 90 derece geride bulunduğu yalnız endüktanstan ibaret bir devrede olacaktır.

Şekil 3-9 daki devre daha önce bölüm 2 de kullanılmıştı. Bu devre, etkin değeri 100 voltluk hat

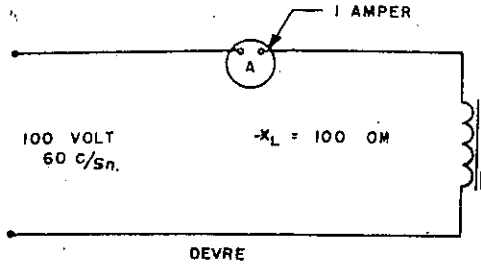


SİNÜSOİDAL DALGA ŞEKİLLERİ



VEKTÖR DİYAGRAMI

Şekil 3-9. Akım ile Gerilim Aynı Fazda.

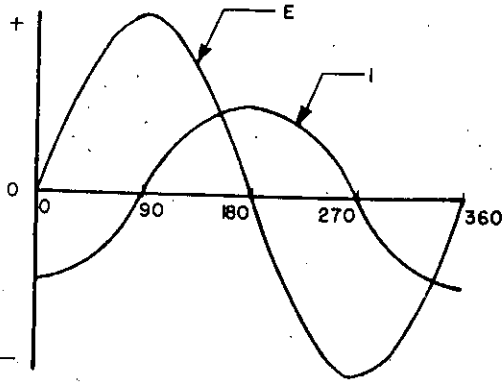


gerilimi ile endüktif olmayan 100 omluk ısıtıcı bir cihaz ya da yükten ibarettir. Etkin değeri 1 amper olan akım, gerilim ile aynı fazdadır. Sinüs dalgası şeklindeki gerilim ve akım için bu devre bölüm 2 de açıklanmıştır. Akım ve gerilimin eşit elektrik derece aralıklarındaki âni değerleri bulunup çizildiğinde sinüsoidal eğriler elde edilmiştir. Fakat bu, çok zaman alan uzun bir iştir.

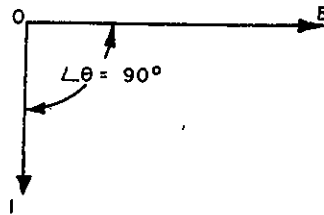
Şekil 3-9 da endüktif olmayan bu ısıtıcı devre için sinüs dalga şekilleri ve aynı devreye ait vektör diyagramları gösterilmektedir.

Vektör diyagramının başlangıç noktası «O» ile gösterilmiştir. E ve I vektörlerinin O noktası etrafında saat yelkovanının tersine döndüğü düşünülmüştür. E hattı, etkin değeri 100 voltluk hat gerilimini temsil etmektedir ve ona uygun bir değerde çizilmiştir. I hattı 1 amperi gösteren bir vektördür. Akımın doğrudan doğruya gerilim vektörü üzerinde yer alması, bunun gerilim ile aynı fazda olduğunu göstermek içindir. Elektrik diyagramlarında vektörlerin uzunluğu akım ve gerilimin etkin değerlerini temsil eder.

Bu bölümün başlarında endüktif reaktansın akım üzerinde etkisini göstermek için, etkin değeri 100 voltluk bir gerilim arasına endüktif reaktansı 100 om olan bir bobin bağlanmıştı. Bu devre için akımın etkin değeri 1 amper ve



SİNÜSOİDAL DALGA ŞEKİLLERİ



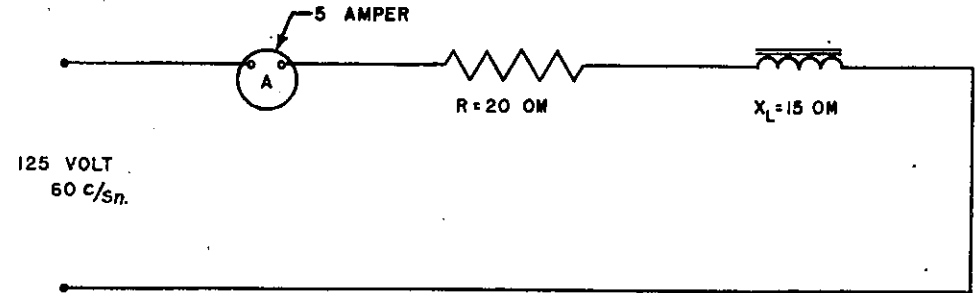
VEKTÖR DİYAGRAMI

Şekil 3-10. Akım Gerilimden 90° Geride.

akım gerilimine göre 90 derece geri idi. Şekil 3-10 da endüktif bir devrede gerilim ve akım için sinüsoidal dalga şekilleri ve bunlara ait vektör diyagramları gösterilmektedir.

Vektör diyagramında 100 voltluk hat gerilimi için O noktasından itibaren uygun uzunlukta yatay bir hat çizilmiştir. Akımın gerilimden 90 elektrik derecesi geri olması sebebiyle akım vektörü, E ye göre 90 derece geri durumda çizilmelidir. Böylece E ve I ye ait iki vektörün saat yelkovanı ters yönüne döndüğü farzedildiğinden akım hattı, gerilim vektörü ile aralarında 90 derecelik açı bulunacak şekilde O noktasından aşağı çizilmelidir.

Akımın hat gerilimi ile yaptığı geri bir açığa, faz farkı-faz açısı ya da teta açısı denir; kısaca θ ile gösterilir. Bu vektör diyagramlarının hazırlanması, dikkat ve zaman isteyen sinüsoidal dalga şekilleri çizimine göre çok daha kolaydır.



Şekil 3-11. Direnç ve Endüktif Reaktans Seri Bağlı.

Şekil 3-11 deki seri bağlı devre 125 voltluk ve frekansı 60 saykıl olan hat gerilimi uçları arasına bağlanmış endüktif etkisi olmayan 20 omluk bir ısıtıcı cihaz ile endüktif reaktansı 15 omluk bir bobinden ibarettir.

Şekil 3-11 de gösterilen devrede dikkat edilecek olursa akım değeri, om olarak omik direnç ve gene om olarak endüktif reaktansın gösterdiği direnç ile sınırlanmış olacaktır. Hatırlanacak olursa omik dirençte gerilim ile akım aynı fazda ve endüktif reaktansda ise akım gerilime göre 90 derece geri idi. Bu seri bağlı devrede omik direnç ve endüktif reaktans ikisi birden vardır.

Şekil 3-11 de gösterilen devrede aşağıda soruların bulunması istenmektedir.

1. Omik direnç uçlarında düşen gerilim.
2. Bobin uçlarında düşen gerilim.
3. Hat gerilimi.
4. Om olarak empedans.

5. Vat olarak gerçek güç.
6. Var (reaktif volt-amper) olarak reaktif güç.
7. Volt-amper olarak görünüşlü güç.
8. Güç katsayısı.

Şekil 3-11 deki seri devrede akım 5 amperdir ve bu 5 amperin seri devrenin bütün noktalarında bulunması gerekir. Omik dirençte düşen gerilim ile akım aynı fazdadır ve akım om kanunu kullanarak şöyle bulunur.

$$E_R = I \times R$$

$$= 5 \times 20$$

$$= 100 \text{ volt, omik direnç uçlarında düşmüştür.}$$

Bobin uçları arasında düşen gerilim akımdan 90° ileride ya da başka bir deyimle akım, bobin uçları arasındaki gerilime göre 90° geridir. Bobin uçları arasında düşen gerilimi bulmak için gene Om kanunu kullanılır :

$$E_L = I \times X_L$$

$$= 5 \times 15$$

$$= 75 \text{ volt, bobin uçları arasında düşer.}$$

Eğer seri bağlı devrede devre elemanları R ve X_L uçları arasında düşen iki gerilim aritmetik olarak

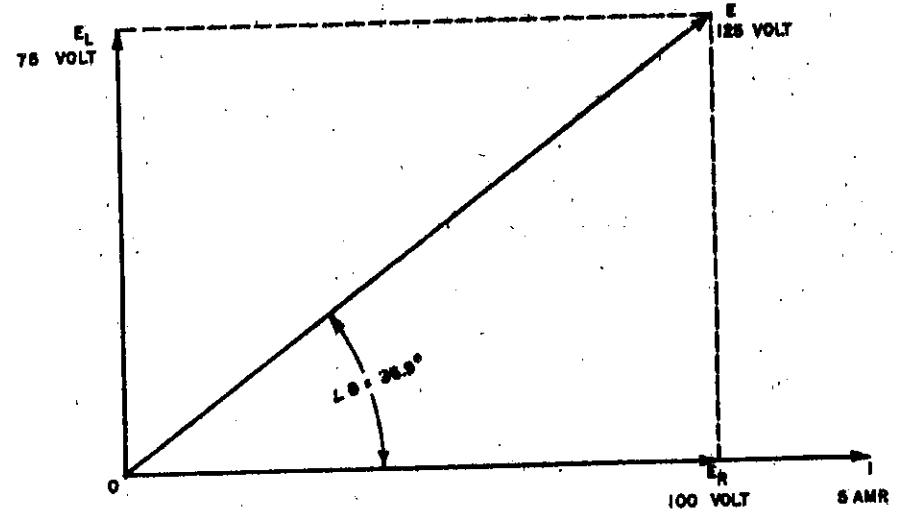
$$E = \sqrt{E_R^2 + E_L^2} = \sqrt{100^2 + 75^2} = 125 \text{ volt}$$

toplanırsa sonuç 175 volt gibi yanlış bir değer çıkar. Bu yanlışlığa sebep, düşen bu iki gerilim arasında da 90 elektrik derecesi faz farkı bulunmasındandır. Hat gerilimi, iki gerilim düşümünün vektör toplamıdır.

Bir seri devre için vektör diyagramı incelenirken bu devrenin her yerinde akımın aynı olduğu hatırlanmalıdır. Bundan dolayı akım bir referans hattı olarak kullanılır. Şekil 3-12 de 5 amperlik akım, uygun ölçek kullanılarak yatay bir referans vektörü olarak çizilmiştir.

Şekil 3-12 de gerilim ile akım aynı fazda olduğu için omik dirençte düşen gerilim, doğrudan doğruya akım vektörü üzerinde yer almıştır. Bundan sonra bobin uçlarında düşen gerilim O noktasından yukarı, dikey yönde çizilmiştir. Bobinde düşen gerilime E_L denir ve akıma göre 90 derece ileridir. Şimdi devre gerilimi, bir biri ile 90 derece faz farklı bu iki gerilim düşümünün vektör toplamına eşittir.

Vektör diyagramında görüldüğü gibi hat gerilimi bir dik açılı üçgenin hipotenüsüdür. Bir dik açılı üçgende ise hipotenüs karesi, diğer iki dik kenar kareleri toplamına eşittir. Bu sebepten seri devreler için hat gerilimi şöyle bulunur :



Şekil 3-12. R ve X_L li Seri Devrenin Vektör Diyagramı.

Bu değeri Şekil 3-11 de seri devre için verilen hat gerilimi ile karşılaştırıp kontrol ediniz. 125 voltluk hat gerilimi, bir biri ile seri bağlı direnç ve endüktif reaktans ibaret bir devreden 5 amperlik akım geçmesine sebep olur. Om olarak bu her iki direnç değeri de akımı sınırlar. Omik Direnç ve endüktif reaktansın birlikte gösterdikleri ortak etkiye empedans denir ve Z harfi ile gösterilir.

Empedans, değerleri om olarak, direnç ve endüktif reaktansın bileşiminden meydana gelir, diye tarif edilebilir.

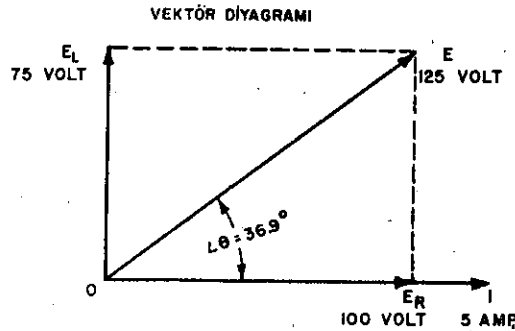
Omik direnç ve endüktif reaktans bir birine 90 derece açı farkı ile etki yaparlar. Bu sebeple bir dik üçgenin dik kenarlarından yatay olanı om olarak R direncini, dik olanı om olarak X_L yi, hipotenüs ise gene om olarak Z empedansını gösterir. Bunun gibi teşkil edilmiş bir dik üçgene empedans üçgeni adı verilir.

Empedans üçgeni dik bir üçgen olduğundan, om olarak empedansın karesi, gene om olarak direnç ve endüktif reaktans değerlerinin kareleri toplamıdır. Böylece empedans formülü,

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} \text{ dir.}$$

Şekil 3-13, seri bir devre için halen etüd etmekte olduğumuz bir empedans üçgeni ile vektör diyagramını kapsamaktadır. Em-pedans üçgeni ile vektör diyagramı arasında bir benzerlik göze çarpmaktadır. Direnç uçlarındaki gerilim, vektör diyagramında yatay durumda bulunurken, om olarak direnç empedans üçgeninin yatay tabanı üzerinde yer almaktadır. Vektör diyagramında endüktif reaktans uçları arasında düşen gerilim, dirençte düşen gerilime dik iken; om olarak endüktif reaktans, empedans üçgeninin yüksekliğini teşkil eden dik kenarıdır. Hat gerilimi, iki gerilim düşümünün vektör toplamı ve vektör diyagramında hipotenüs olduğu gibi, aynı zamanda seri devrenin uçları arasına uygulanan gerilimdir. Dirençler üçgeninde empedans hipotenüsüdür.

A.A. devrelerinde om kanunu çok az değişiklik ile aşağıdaki gibi söylenebilir.



Bir A.A. devresinde akım, hat gerilimi ile doğru ve empedans ile ters orantılıdır.

Vektör diyagramında hat gerilimi, birbirine dikey olan iki gerilim düşümünün vektör toplamıdır. Bundan dolayı hat gerilimi için formül,

$$E = \sqrt{E_R^2 + E_L^2} \text{ dir.}$$

Direnç ve endüktif reaktanstan geçen akım aynı olduğundan hat gerilimi aşağıdaki gibi olabilir.

$$E = \sqrt{(IR)^2 + (IX_L)^2}$$

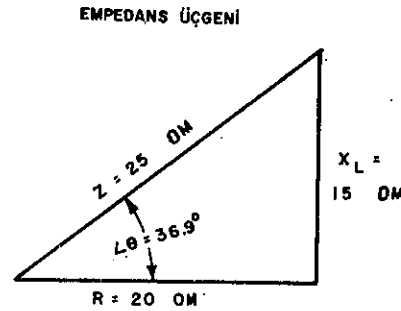
$$E = \sqrt{I^2 (R^2 + X_L^2)}$$

$$E = I \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

$$\text{Böylece } I = \frac{E}{\sqrt{R^2 + X_L^2}}$$

olduğundan

$$I = \frac{E}{Z} \text{ dir.}$$



Şekil 3-13. Vektör Diyagramı ve Empedans Üçgeni.

Bu, A.A. devresi için om kanunun en basit yazılış şeklidir ve aşağıdaki şekillerde de gösterilebilir.

$$Z = \frac{E}{I}$$

$$E = IZ$$

Şekil 3-11 deki seri devrenin empedansını bulmak için aşağı-

daki formüllerden her ikisi de kullanılabilir ve alınan sonuç her ikisinde de aynı olacaktır.

$$Z = \frac{E}{I} = \frac{125}{5} = 25 \text{ om}$$

$$\text{veya } Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} = \sqrt{20^2 + 15^2} = \sqrt{625} = 25 \text{ om}$$

GÜÇ ve GÜÇ FAKTÖRÜ

Bölüm 2 de verilen ve endüktif etkisi olmayan devrede gerilim ve akım aynı fazda idi ve bunların etkin değerlerinin çarpımı vat olarak devre tarafından çekilen gücü vermişti. Bu bölümün başlarında saf endüktif reaktanstan ibaret bir devre kullanılmıştı ve burada akım gerilime göre 90 derece geri idi. Bu saf endüktif reaktans devresinde vat olarak gerçek güç sıfırdı ve akım ile gerilimin çarpımı değildi. Şekil 3-11 de gösterildiği gibi seri bağlı endüktif reaktans ve direncin her ikisini birden kapsayan bir devrede akım, hat gerilimi ile ne aynı fazda ve ne de hat geriliminden 90 derece geri değildir. R ve X_L in ikisinden ibaret bir devre için geri faz açısı, sıfır ile 90 derece arasında her hangi bir yerde olacak ve devre tarafından çekilen güçde buna göre değişecektir.

Fakat devre tarafından çekilen vat olarak bu gerçek güç nasıl bulunacaktır? Bunun için bir yol $W = I^2 R$ formülünü kullanmak olabilir. Her hangi bir A.A. devresinde dirençte sarfedilen gerçek güç, akımın etkin değeri karesi ile om olarak direncin çarpımına eşittir.

Gerçek güç, $Vat = I^2 \times R = 5^2 \times 20 = 500 \text{ vat}$, devre direncinde sarfedilen güçtür.

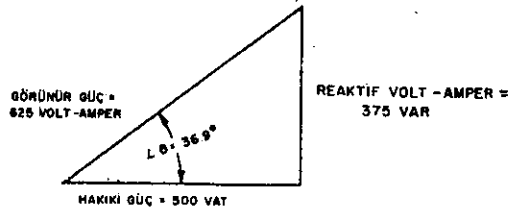
Bu devre tarafından çekilen vat olarak gücü bulmak için ikinci yol devrenin direnç kısmı uçları arasında düşen gerilim ile akımın çarpımıdır. Akım ve gerilim aynı fazda olduklarından gerçek ortalama güç bunların çarpımı ile bulunur. Dikkat edilecek olursa vat olarak gerçek güç iki yol için de aynı olacaktır.

$Vat = E_R \times I = 100 \times 5 = 500$
Vat, devre direncinde sarfedilen güçtür.

Vat olarak dirençte sarfedilen gücün yanında düşünülmesi gereken başka bir güç bileşeni olarak reaktif güç vardır. Reaktif güç kendi bölümünde reaktif volt-ampere diye adlandırılır, ayrıca genellikle kısaltılmış terim olarak buna «var» denir. Bu, birbirinden 90° faz farklı bulunan volt olarak gerilim ile ampere olarak akımın çarpımını temsil eder.

Şekil 3-8 de bu tip reaktif gücün bir saykıl üzerinde grafik olarak temsil edilişi görülmektedir. Gücün iki negatif güç palsı iki pozitif güç palsını götürdüğünden bir saykıl için vat olarak gerçek net güç sıfırdır. Sonuç olarak, bir A.A. devresinde bu güç bölümünü daha iyi tarif için «kör güç» ya da «vatsız güç» tabiri kullanılmaktadır. Bu tip gücü tanıtmak için ona «gücün kör bileşeni» ya da «reaktif güç» demek daha doğru olur. Bu seri devrenin saf endüktif reaktif

$$\text{Volt-ampere} = E \times I = 125 \times 5 = 625 \text{ Volt-ampere}$$



Şekil 3-14. A.A. Devresi için Güç Üçgeni.

tif bileşeni uçları arasında düşen gerilim 75 voltur. Bu sebepten «var» olarak gücün kör bileşeni, birbiri ile 90° faz farklı bulunan reaktans uçları arasındaki gerilim ile akımın çarpımıdır. Bu, gücün kör bileşeni, kör güç ya da vatsız güç şuna eşittir :

$$\text{Var} = E_L \times I = 75 \times 5 = 375 \text{ var, ya da kör güçtür}$$

Devrenin direncinde vat olarak sarfedilen güç gerçek güç, reaktansdaki ise kör güç ya da vatsız güç olarak tanınır. Bu iki güç elemanının bileşkesine volt-ampere olarak görünür güç denir. Volt-ampere, Şekil 3-14 de gösterildiği güç üçgeninin hipotenüsüdür.

Dikkat edildiğinde Şekil 3-14 deki güç üçgeninin, empedans üçgeni ve gerilim diyagramı ile geometrik bir benzerliği vardır. Hat gerilimi ile akımın çarpımı, devre empedansı tarafından çekilen volt-ampere olarak toplam zahiri gücü verir. Bu devrede volt-ampere olarak görünür güç şudur :

A.A. devrelerinde bundan sonra bilinmesi ve öğrenilmesi gereken bir terim, güç katsayısıdır. Güç katsayısı, vat olarak gerçek güç ile volt-ampere olarak görünür gücün bir birine oranı diye tarif edilir. Örnek olarak incelemekte olduğumuz devrenin güç katsayısı şöyle bulunur.

$$\text{Güç katsayısı} = \frac{\text{Vat}}{\text{V.A}} = \frac{500}{625} =$$

0,80 ya da % 80 geri güç katsayısı.

Güç üçgeninde güç katsayısı gerçek gücü (VAT) gösteren komşu kenarın, volt-ampere gösteren hipotenüse oranıdır. Bir güç üçgeni için bu oran aralarındaki θ açısının Kosinüsünü verir. Şekil 3-14 de bu açı 36,9° dir. Şekil 3-13 deki empedans üçgeni güç üçgenine benzerdir ve burada, (R) komşu kenarın, (Z) hipotenüsüne oranı, güç üçgeninde bulunan aynı kosinüs değerini verir. Böylece bir A.A. devresinde güç katsayısı aşağıdaki formül ile de ifade edilebilir.

$$\text{Güç katsayısı} = \frac{R}{Z} = \frac{20}{25} =$$

0,80 yada % 80 geri güç katsayısı

Güç katsayısı, çok zaman kendi hesaplarında $\text{Cos } \theta$ diye adlandırılır.

$$\text{Cos } \theta = \frac{\text{Vat}}{\text{Volt-ampere}}$$

$$\text{ya da } \text{Cos } \theta = \frac{R}{Z} \text{ dir.}$$

Karşılaştırma yapılarak, güç üçgeni ile empedans üçgeninin benzer iki üçgen oldukları görülmüştü. Geçmiş konu olarak bu devrenin Şekil 3-13 deki vektör diyagramına bakarsak, gerilim vektörlerinin teşkil ettiği üçgen de bunlara benzer bir başka üçgendir. Direnç uçları arasında düşen gerilim ile bütün seri devre uçları arasına uygulanan toplam gerilimin bir birine oranı aynı kosinüs değerini ya da güç katsayısını verir :

$$\text{Cos } \theta = \frac{E_R}{E} = \frac{100}{125}$$

= 0,80 geri güç katsayısı.

Seri devrenin hat gerilimi ile direnç kısmı uçlarındaki gerilim arasında bulunan açı 36,9° dir. Yukarıdaki hesaplarda devrenin akımı, hat gerilimine göre geri bulunmasından dolayı, 0,80 sayısı için «geri» güç katsayısı denmiştir.

Bütün bunların sonucu olarak bir seri devrenin güç katsayısı aşağıdaki formüllerin her hangi birisini kullanarak bulunabilir.

$$\text{Cos } \theta = \frac{W}{\text{V.A}} = \frac{E_R}{E} = \frac{R}{Z}$$

veya güç katsayısı

$$= \frac{W}{\text{V.A}} = \frac{W}{E \times I} \text{ olduğundan}$$

aşağıdaki formülü kullanıp vat olarak gerçek gücü bulmak mümkündür.

$$W = E \times I \times \text{Güç katsayısı}$$

veya $W = E \times I \times \cos \theta$

Bundan sonraki bölümde (4. Bölüm) daha uygun olarak, etkin

HATIRDA TUTULMASI GEREKEN NOKTALAR

- Elektromanyetizmanın aklımızda kalması gereken iki esas prensibi şunlardır.
 - Akım geçen her iletken ya da bobin sargıları etrafında bir manyetik alan vardır.
 - Akımın artması ya da azalması, meydana gelen manyetik alanda kuvvet çizgileri sayısının artması ya da azalmasına sebep olur.
 - Lenz Kanununun şöyle ifade edildiğini biliniz. Bütün Elektromanyetik alanlar sebebi ile indüklenen E.M.K. ve bunun sonucu meydana gelen akımın yönü, kendini meydana getiren sebebin zıt yönündedir.
 - Henri diye adlandırılan endüktif ölçü biriminin anlamını biliniz.
 - Bir saniyede bir amperlik akım değişmesi ile üzerinde bir voltluk gerilim indüklenen devre ya da devre elemanının endüktansı bir henri'dir.
 - Bir D.R. devresinde endüktansın etkilerini izah edebilmelisiniz.
 - Om olarak endüktif reaktansın ne olduğunu anlayınız ve aşağıdaki formül ile bulunduğunu biliniz.
- $$X_L = 2\pi FL$$
- Radyan ya da açısal hızın (ω) ne olduğunu anlayınız ve alternatif akım devre hesaplarında kullandığınızı biliniz.
 - Saf endüktif reaktansta, akımın uygulanan gerilime göre niçin 90 elektrik derecesi geri ve gene saf bir endüktans devresinde gerçek gücün niçin sıfır olduğunu anlayınız.
 - Alternatif akım devre çalışmalarında vektör diyagramlarının anlamını ve harflerle gösterilmiş doğru bir vektör diyagramının nasıl yapıldığını anlatabilmelisiniz.
 - Om olarak empedans, gene om olarak direnç ve endüktif reaktansın bileşiminden meydana gel-

direnç denen alternatif akım direncini etraflıca inceleyeceğiz. Ayrıca, direnç ve empedans elemanlarını kapsayan daha gerçek bir seri devre problemleri de etüt edilecektir.

miştir. Empedans aşağıdaki formüller ile hesap edilebilir.

$$Z = \frac{E}{I}$$

$$\text{veya } Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

- Empedans üçgenlerinin anlamını ve bunların alternatif akım devrelerinde nasıl kullanıldığını anlatabilmelisiniz.
- Alternatif akım devrelerinde kullanılan aşağıdaki değişik güç deyimleri anlamı ile bunların birimlerini kullanarak doğru bir hesap ve işlem yapmasını biliniz.

Vat olarak gerçek güç
Var olarak gücün kör bileşeni
ya da reaktif bileşeni
Volt-amper olarak görünür güç

- Güç katsayısının anlamını ve bunun hesaplarının aşağıdaki formüllerden her hangi birisi ile yapıldığını biliniz.

$$\text{Güç katsayısı} = \frac{W}{VA} = \frac{R}{Z}$$

$$= \frac{E_L}{E}$$

- Güç katsayısı bir kosinüs fonksiyonudur ve ondalık kesir veya yüzde değer ile ifade edilir.

- Güç katsayısı için açı ya da kosinüs değeri aşağıdaki üç ifadeden birisi ile gösterilir.

Güç katsayısı açısı

Teta açısı

Faz açısı

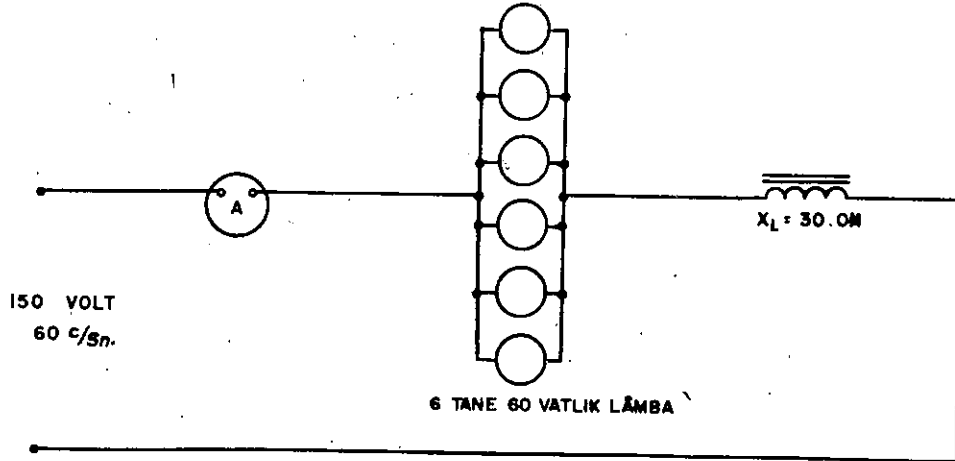
- Seri bağlı A.A. devreleri için; vektör diyagramı, empedans üçgeni ve güç üçgeni arasındaki ilişkileri biliniz.

- R ve X_L elemanlarını kapsayan bir seri A.A. devresinde akım ve gerilim ilişkilerini biliniz. Bu ilişkiler aşağıda olduğu gibi özetlenebilir.

- Amper olarak akım ve bir A.A. devresinin her yerinde aynıdır. Bir seri A.A. devresinde toplam uygulanan gerilim, devrenin çeşitli elemanları uçları arasında düşen gerilimlerin vektör toplamıdır.

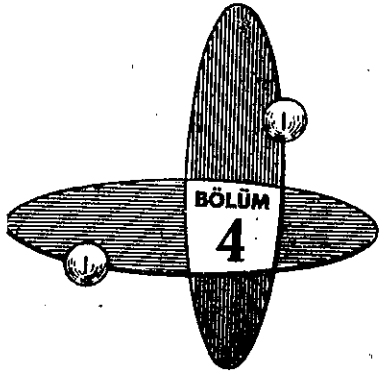
TEKRARLAMA SORULARI

1. Lenz kanununu söyleyiniz.
2. Standart endüktans ölçü birimini tarif ediniz.
3. Endüktif reaktans deyimi ile neyi anlıyorsunuz.
4. Omik direnci ihmal edilebilir ve endüktansı 0,5 henri olan bir bobin 230 volt ve 60 sayıklık bir akım kaynağı uçları arasına bağlanmıştır.
 - a. Bobin tarafından çekilen akımı bulunuz.
 - b. Eğer akım, uygulanan gerilime göre 90 elektrik derecesi geri ise bu bobin tarafından çekilen güç ne kadardır?
5. a. 4. sorudaki bobin 230 volt ve 25 sayıklık bir akım kaynağı uçları arasına bağlandığında bundan geçen akım kaç amper olur?
b. Frekans değişmesi ile akımda meydana gelen değişimin sebebini anlatınız.
6. 120 volt ve 60 sayıklık bir akım kaynağı uçları arasına bağlanan bir bobin 10 amper çekmektedir. Bobinin omik direnci hesaba katılmıyacaktır. Şunları bulunuz :
 - a. Bobinin İndüktif reaktansı
 - b. Bobinin endüktansı.
7. Bir A.A. motoru 240 voltluk ve 60 sayıklık bir akım kaynağı uçları arasına bağlandığında 10 amper çekmektedir. Devreye bağlanan bir vatmetre 1500 vat göstermektedir.
 - a. Motorun güç katsayısını
 - b. Motor devresi için, akımın gerilime göre kaç derece geri olduğunu bulunuz.
8. 440 voltluk ve 60 sayıklık gerilim uçları arasına bağlanan bir yük 50 amper çekmektedir. Akım gerilime göre 30 elektrik derecesi geridir.
 - a. Bu devrenin güç katsayısı nedir?
 - b. Şunları bulunuz.
Volt-amper olarak görünür güçü
Vat olarak gerçek gücü.



Şekil 3-15

9. Şekil 3-15 de 150 volt ve 60 sayıklık bir akım kaynağı uçları arasına seri bağlanmış direnç ve endüktif reaktanstan ibaret bir seri devre görülmektedir. Seri devrenin direnç elemanı, birbiri ile paralel bağlanmış 60 vat ve 120 voltluk 6 lâmbadan ibarettir. Her lâmbanın sıcak durumda 240 omluk direnci vardır. Seri devrenin endüktif reaktif kısmı, omik direnci ihmal edilebilir ve endüktif reaktansı 30 om olan bir bobinden ibarettir. Şunları bulunuz.
 - a. Seri devrenin empedansını,
 - b. Amper olarak akımı,
 - c. Henri olarak bobinin endüktansını.
9. sorudaki devre için şunları bulunuz.
 - a. Lâmba grubu uçları arasında düşen gerilimi,
 - b. Bobin uçları arasında düşen gerilimi,
 - c. Devre tarafından çekilen vat olarak gerçek gücü,
 - d. Devre tarafından çekilen vat olarak gerçek gücü,
11. a. 9. sorudaki devre için güç katsayısını bulunuz.
b. Geri faz açısı ya da güç katsayısı kaç derecedir?
12. 9. sorudaki devre için ölçekli olarak aşağıdaki diyagramları çizin.
 - a. Bir vektör diyagramı,
 - b. Bir empedans üçgeni,
 - c. Güç üçgeni.
13. 30 omluk bir direnç ile omik direnci ihmal edilebilir ve endüktansı 0,2 henrilik bir bobin, 120 voltluk ve 25 sayıklık bir akım kaynağı uçları arasına seri olarak bağlanmıştır. Şunları bulunuz.
 - a. Devrenin empedansını,
 - b. Devrenin akımını,
 - c. Devrenin çektiği vat olarak gerçek gücü,
 - d. Güç katsayısını,
 - e. Faz açısını.
14. 13. sorudaki devre için bir vektör diyagramı çizin. Vektörlerin doğru ve uygun bir ölçek altında çizilmiş olduğundan emin olunuz, aynı zamanda her vektörü, onu tanıtan bir harf ile gösteriniz.
15. Omik direnci ihmal edilebilir bir bobin, birbirine paralel bağlı lâmbalar grubu ile seri bağlanmıştır. Bobinin gayesi lâmba uçları arasında bulunan gerilimi azaltmaktır. Devre 120 volt ve 60 sayıklık akım kaynağından enerjilendiği zaman lâmba uçları arasındaki gerilim 30 volt iken bobinden geçen akım 25 amperdir. Şunları bulunuz :
 - a. Om olarak devre empedansını,
 - b. Bobin uçları arasında düşen gerilimi,
 - c. Bobinin om olarak endüktif reaktansını,
 - d. Bobinin henri olarak endüktansını,
 - e. Güç katsayısını ve geri faz açısını.
16. 15. soruda verilen devreyi kullanarak aşağıda istenenleri bulunuz.
 - a. Vat olarak devrede sarfedilen gücü,
 - b. Var olarak gücün reaktif bileşenini,
 - c. Volt-amper olarak görünür gücü,
 - d. Bir ölçek altında empedans üçgenini ve güç üçgenini çizin.
 - e. Bir ölçek altında vektör diyagramı çizin.



Seri Devreler - Direnç ve Empedans

ETKİN DİRENÇ

Bazan A.A. direnci adı verilen etkin direnç, alternatif akıma karşı gösterilen bir dirençtir. Değeri devrenin frekansı, akımı ve geri-

limi ile değişebilir. Bu etkin direnci, reaktans ile etkin direncin birlikte meydana getirdikleri empedans ile karıştırmamalıdır.

DERİ (SKİN) ETKİSİ

Doğru akım kullanıldığı zaman akım, iletkenin bütün alanının her tarafına eşit olarak dağıldığı halde, alternatif akımda akımın, iletken merkezinden kaçıp çevresinden geçme eğilimi vardır. A.A. da

akımın, iletken çevresine doğru bu itilme eğilimine «deri etkisi» denir. Bu sebeple A.A. da, bakırın işe yarar faydalı iletkenlik yapan kesiti azalır ve bunun sonucu direnç de artmış olur.

FUKO (EDDY) AKIM KAYIPLARI

Alternatif akım bir alternatif manyetik alan meydana getirir ve devre ile ilgili her hangi bir metalde Fuko akımları indükler. Örnek olarak bobinlerin, transformatörlerin, A.A. generatör ve motorların stator sargılarında bulunan demir çekirdek içinde meydana

gelen fuko kayıplarını gösterebiliriz. A.A. cihazlarında kullanılan çekirdeklerde fuko akımlarını azaltmak için paket edilmiş demir saçlar kullanılır. Fakat gene de her saçta küçük bir I^2R kaybı vardır.

DİELEKTRİK KAYBI

Akım yönünün devamlı değişmesi sebebi ile manyetik alanın kuvvet çizgileri yönü de devamlı değişir. Bunun anlamı, her hangi bir demir çekirdek ya da bir A.A. devresinin iletkenlerine yakın başka manyetik malzeme bünyelerinde, mıknatıslanma, mıknatıslanmanın giderilmesi ve tekrar mıknatıslanma işlemleri ile milyonlarca molekül, buldukları yönden zıt yöne geçeceklerdir. Bu değişmeler dolayısıyla milyonlarca molekülün kendi yönlerinden zıt yöne geçmeleri, kendi aralarında sürtünmelerine sebep olur ve bu sürtünmeler ile meydana gelen kaybı karşıla-

mak için ayrı bir güç harcamak gerekir. Metal bünye içinde ısı şeklinde meydana çıkan bu kayıba histerezis kaybı denir. A.A. devre yakınındaki metal malzemelerde bu histerezis kaybını karşılamak için vat olarak ek bir güç vermek gerekecektir. Bütün A.A. generatörleri, A.A. motorları, transformatörler ve başka A.A. cihazlarında histerezis kaybı bulunur. Çekirdek olarak, bünyesinde molekül sürtünme kaybı nisbeten düşük olan silisli saç gibi özel malzeme kullanarak bu kayıpları azaltmak mümkündür.

HİSTEREZİS KAYBI

Uygulanan gerilim, bir saykılada iki kere maksimum değere yükselirken önce bir yönde, sonra öteki yönde olarak telin yalıtkanı üzerinde bir gerilim basıncı meydana gelir. Bunun sonucu yalıtıkanda «dielektrik kaybı» denen küçük bir ısı kaybı olur. Genel olarak bu kayıp öteki kayıplara göre çok küçük olduğundan ihmal edilebilir.

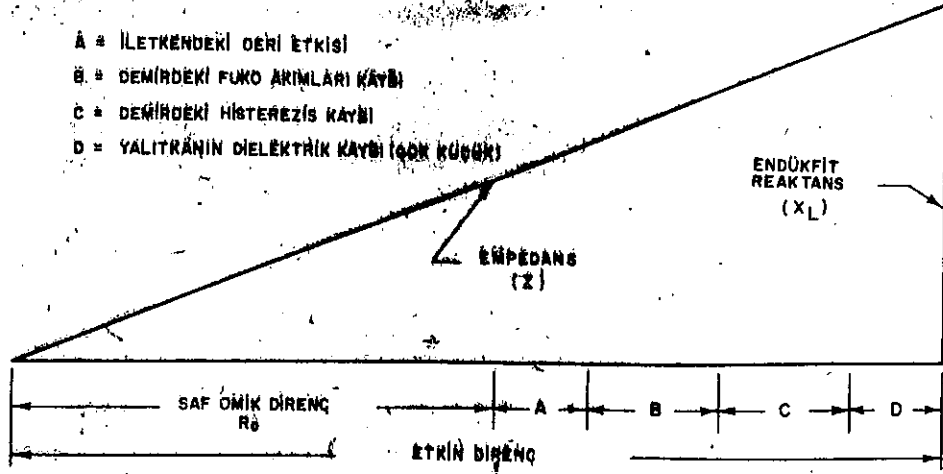
Bütün bu kayıplar elektrik devresi tarafından beslenmesi gerekli bir güç kaybını temsil ederler. Vat olarak güç $W = I^2R$ formülü ile ifade edilmişti. Bu formülden direnci bulmak istersek $R = W / I^2$

olacaktır. Eğer vat büyür, akım aynı kalırsa, etkin direnç artar.

Alternatif akımda «R», A.A. direncini gösterir. D.A. direncini ya da bir A.A. işleminin bir bölümünde gerçek omik direnci göstermek gerektiği zaman bunlar «R_o» ile gösterilebilir.

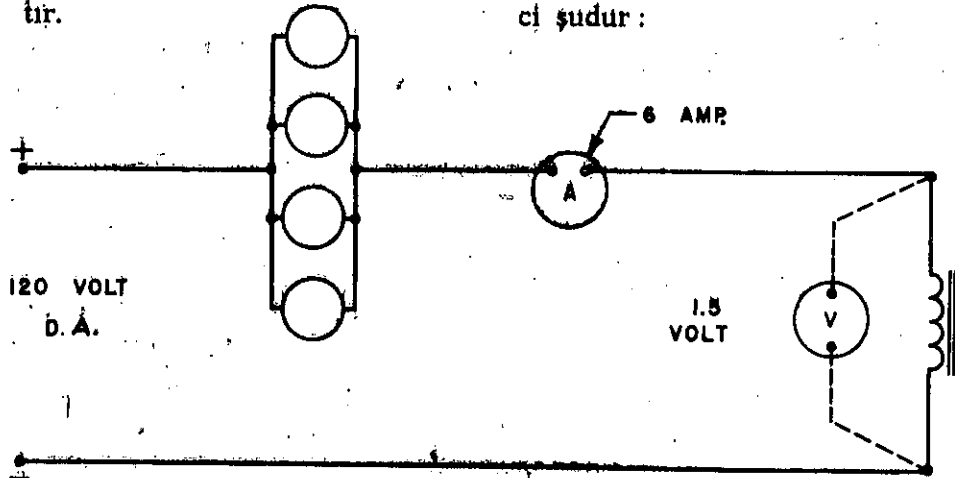
Şekil 4-1, bir empedans üçgenini göstermektedir. Yatay taban hattı, gerçek D.A. direncine ek olarak daha önce anlatılmış dört A.A. kayıplarını da içine alarak beş kısma bölünmüş olan etkin direnci temsil eder.

- A = İLETKENDEKİ ÖERİ ETKİSİ
- B = DEMİRDEKİ FUKO AKIMLARI KAYBI
- C = DEMİRDEKİ HİSTEREZİS KAYBI
- D = YALITRANIN DIELEKTRİK KAYBI (ÇOK KÜÇÜK)



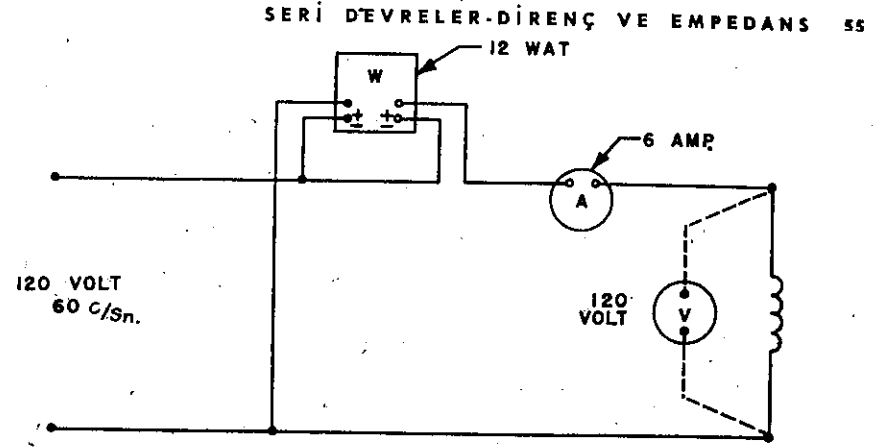
Şekil 4-1. İmpedans Üçgeni.

Gerçek ömik direnç ya da D.A. direnci ile etkin ya da A.A. direnci anlamlarını mukayese için pratik bir devre problemi düşünelim. Silisli saç çekirdek üzerine sarılmış bir bobin Şekil 4-2 de gösterildiği gibi bir D.A. kaynağına bağlanmıştır.



Şekil 4-2. Çekirdekli Bobini D.A. Kaynağına Bağlanmıştır.

Şekil 4-2 deki bobinin saf ömik direnci, ampermetre-voltmetre metodu ile ölçülmüştür. Akımı sınırlamak ve emniyetli bir değerde tutmak için bir lâmba grubu bobin ile seri olarak devreye sokulmuştur. Şekildeki devre için kullanılan bobinin gerçek ömik direnci şudur:



Şekil 4-3. Hava Çekirdekli Özindükleme Bobini A.A. Kaynağına Bağlanmıştır.

$$R_0 = \frac{E}{I} = \frac{1,5}{6} = 0,25 \text{ om,}$$

gerçek ömik dirençtir.

Bundan sonra, içinden çekirdek çıkarılmış olan bobin Şekil 4-3 de gösterilen 120 volt ve 60 sayıklık bir kaynağına bağlanmıştır. Uygun endüktif reaktansı olan bir bobin A.A. kaynağından enerjilendiği zaman akımı sınırlamak ve emniyetli bir değerde tutmak için bobin ile seri giren akım sınırlayıcı bir dirence ihtiyaç yoktur.

Şekil 4-3-deki devrede hava çekirdekli bir bobinin ölçü aletlerinde okunan değerlere göre direnci:

$$R = \frac{W}{I^2} = \frac{12}{6^2} = \frac{12}{36} = 0,33 \text{ om, etkin dirençtir.}$$

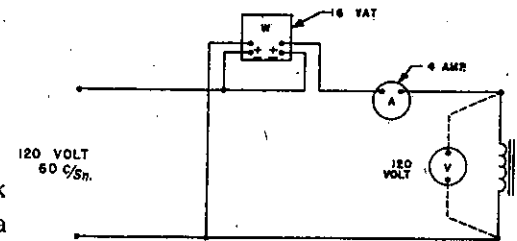
D.A. direnci ya da gerçek ömik direnç 0,25 om idi. Etkin ya da A.A. direnci 0,33 omdur. Dirençteki bu küçük artma, deri etkisi ve

dielektrik kayıpları dolayısıyla olmuştur.

Şekil 4-4 de güç 12 wattan 16 vata çıktığı gibi akım da 6 amperden 4 ampere düşmüştür. Aşağıdaki hesapta görüldüğü gibi etkin direnç şimdi 1 omdur.

$$R = \frac{W}{I^2} = \frac{16}{4^2} = \frac{16}{16} = 1 \text{ om}$$

Etkin direncin 0,33 omdan 1 oma yükselmesi, çekirdek içindeki fuko ve histerezis kayıpları dolayı-



Şekil 4-4. Saç Çekirdekli Özindükleme Bobini A.A. Kaynağına Bağlanmıştır.

sıyla olmuştur. Bobin içindeki saç çekirdek ile, deri etkisi, dielektrik kayıpları, fuko kayıpları ve histerezis kayıpları, bobindeki güç kayıplarının artmasına sebep olur ve böylece etkin dirençte bir artma meydana gelir. Bu durumdaki etkin direnç 1 om iken aynı bobinin gerçek omik direnci 0,25 om idi.

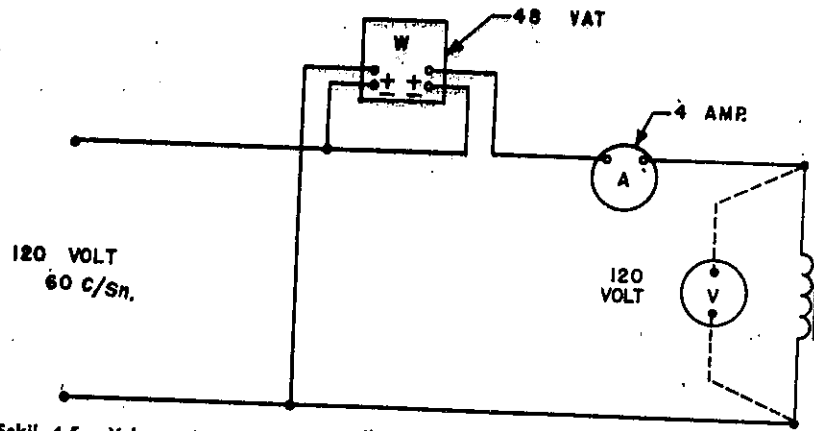
Silisli demir saçlardan yapılmış çekirdek yerine bütün bir dökme demir çekirdek konduğu zaman (Şekil 4-5), gerilim 120 volt ve akım 4 amperde aynı kaldığı halde vatmetre, bobinin sarfettiği güç olarak 48 vatı gösterir. Dökme demir çekirdek sebebi ile güçte, niçin bir yükselme olmuştur?

Manyetik alanın devamlı değişmesi döküm çekirdek içinde gerilim indükler ve sonuç olarak fuko akımları bu tüm çekirdekde oldukça düşük dirençli bir devre yolu bulurlar. Böylece fuko akımları değeri yükseldiğinden meydana gelen I^2R kayıpları da artar. Aynı

ca histerezis kaybı ya da molekül sürtünme kaybı silisli saç çekirdeğe göre döküm demir çekirdekte daha büyüktür. Fuko ve histerezis kayıplarının ikisinin birden artması ile bobine verilen gerçek güç de artmış olur. Böylece bu durumdaki devre için bobinin etkin direnci de artar.

$$R = \frac{W}{I^2} = \frac{48}{4^2} = \frac{48}{16} = 3 \text{ om, etkin direnç}$$

60 sayıkl gibi düşük frekanslarda, alternatif akım cihazlarının etkin direnci gerçek omik direncinden bir kaç kere büyük olabilir. Yüksek frekanslarda ise deri etkisi, dielektrik kayıpları, fuko ve histerezis kayıplarının hepsinin birden frekansın yükselmesi ile artması sonucu etkin direnç, D.A. direncine göre çok fazla büyümüş olabilir.



Şekil 4-5. Yekpare Demir Çekirdekli Özindükleme Bobini A.A. Kaynağına Bağlanmıştır.

DİRENÇ VE ENDÜKTANSIN SERİ BAĞLANMASI

3. Bölümde yalnız direnç ve saf endüktanstan ibaret seri bir devre incelenmişti. Endüktif cihazların bobinlerinin hepsinde mutlaka bir direnç vardır ve dolayısıyla saf ya da dirençsiz bir endüktans olamaz. Yüksek bir endüktans istendiği durumlarda genel olarak demir çekirdek kullanmak gerekir. Demir çekirdek içindeki fuko ve histerezis kayıplarının ikisi de A.A. direncini artırdığından, bu etkin direnç, endüktans bulunan devre hesaplamalarında dikkate alınmalıdır. Bu bölümde direnç ve endüktansın seri bağlanmasına ait bu kısmının incelenmesi burada bitecek ve nisbeten büyük endüktif reaktansa göre küçük etkin dirençli bobinden ibaret her devrenin empedans kısmı etüt edilecektir.

R ve Z elemanlarını kapsayan seri bağlı devrelerin çözümü için

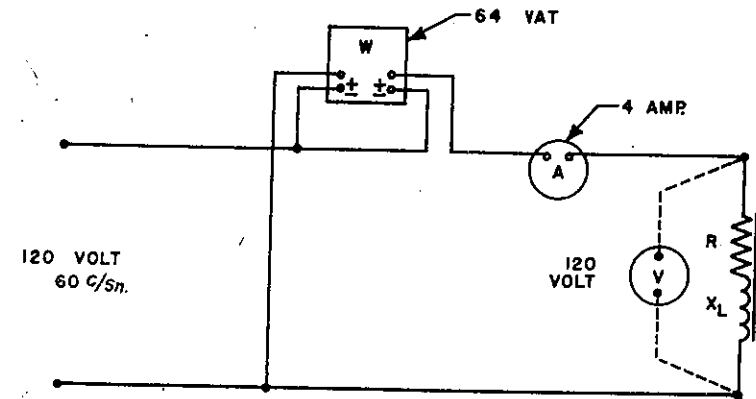
çeşitli ve farklı işlemler kullanılır.

Örnek Problem 1

Şekil 4-6, 120 volt ve 60 sayıklık bir kaynağa doğrudan doğruya bağlanmış bir bobini göstermektedir. Devre diyagramında, ölçü aletlerinde okunan hat gerilimi, amper ve vat değerleri gösterilmektedir. Bobinin empedansı (etkin direnç ve endüktif reaktans) bobinin direnç elemanı ve endüktif reaktans elemanının seri bağlanması gibi düşünülerek kolayca bulunabilir.

Bobinin empedansı :

$$Z = \frac{E}{I} = \frac{120}{4} = 30 \text{ om}$$



Şekil 4-6. İndükleme Bobini

Bobinin etkin direnci :

$$R = \frac{W}{I^2} = \frac{64}{4^2} = 4 \text{ om}$$

Bobinin endüktif reaktansı :

$$\begin{aligned} X_L &= \sqrt{Z^2 - R^2} \\ &= \sqrt{30^2 - 4^2} \\ &= 29,8 \text{ om.} \end{aligned}$$

Bobinin özet olarak om değerleri :

$$Z = 30 \text{ om } R = 4 \text{ om } X_L = 29,8 \text{ om}$$

Şimdi, bu bobin Şekil 4-7 de gösterildiği gibi 36 ohmlük bir direnç ile seri olarak 250 volt ve 60 saykılık bir kaynak uçları arasına bağlanmıştır. Frekans 60 saykıl olduğundan, bobinin om değerleri bundan önce bulunan değerlerin tam aynıdır. Aşağıda sıralanan değerlerin bulunması istenmektedir.

1. Devrenin toplam direnci
2. Bütün seri devrenin empedansı
3. Amper olarak devre akımı

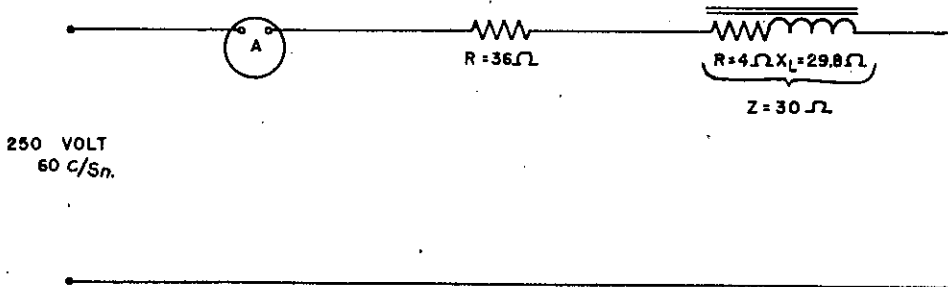
4. Aşağıdaki elemanların çektiği gerçek güç
 - a. Direnç
 - b. Bobin
 - c. Bütün seri devre
5. Bütün seri devre tarafından çekilen volt-amper olarak zahiri güç
6. Aşağıdakilerin güç katsayısı,
 - a. Bobinin
 - b. Bütün seri devrenin
7. Seri devre için bir vektör diyagram çiziniz.

1. Örnek Problemin Çözümü

1. Seri devrenin toplam direncini bulmak için direnç değerleri birbirine eklenir. Devreye bağlanan direncin değeri 36 ohmdur. Daha önce bulunduğu gibi etkin direnç 4 ohmdur. Böylece

$$R = 36 + 4 = 40 \text{ om, toplam direnç}$$

2. Seri devrenin endüktif reaktansının hepsini bobin kapsamaktadır. Bobin 60 saykılık kaynak



Şekil 4-7. Direnç ve Empedans, Seri Bağlı.

uçlarına bağlandığı zaman endüktif reaktansı 29,8 om bulunmuştur. Böylece, seri devrenin toplam direnci 40 om ve endüktif reaktansı 29,8 om olduğundan bu seri devrenin toplam empedansı :

$$\begin{aligned} Z &= \sqrt{R^2 + X_L^2} \\ &= \sqrt{40^2 + 29,8^2} \\ &= 49,88 \text{ om'dur.} \end{aligned}$$

3. 250 voltluk ve 60 saykılık hat gerilimi devrenin toplam empedansı uçları arasına uygulanmıştır. Bu seri devreden geçen akım,

$$I = \frac{E}{Z} = \frac{250}{49,88} = 5,02$$

amperdir. (Yuvarlak olarak 5 amper)

4. a. 36 ohmlük direnç tarafından çekilen gerçek güç :

$$\begin{aligned} W &= I^2 R = 5^2 \times 36 \\ &= 25 \times 36 = 900 \text{ Vattır.} \end{aligned}$$

- b. Bobin içinde sarfedilen gerçek güç :

$$\begin{aligned} W &= I^2 R = 5^2 \times 4 \\ &= 25 \times 4 = 100 \text{ Vattır.} \end{aligned}$$

- c. Bütün seri devre için toplam gerçek güç, dirençte ve bobinde sarfedilen güçlerin toplanması ile bulunabilir. Bu

toplam gerçek güç aynı zamanda seri devrenin toplam etkin direnci olan R ile ve $I^2 R$ formülünü kullanarak da bulunabilir.

W toplam = W direnç + W bobin
veya W toplam = $I^2 R$ toplam

$$\begin{aligned} &= 900 + 100 \\ &= 1000 \text{ vat} \\ &= 5^2 \times 40 \\ &= 1000 \text{ vat} \end{aligned}$$

5. Bütün seri devrenin volt-amper olarak toplam görünür gücü hat gerilimi ve seri devre akımının çarpımı ile bulunur.

$$V.A. = E \times I = 250 \times 5 = 1250 \text{ volt-amper.}$$

6. a. Empedans için bobinin omik bileşeni daha önce bulunmuştu. Bobinin güç katsayısı R ve Z değerlerini kullanarak hesap edilebilir.

$$\text{Güç katsayısı} = \frac{R}{Z} = \frac{4}{30} =$$

0,133 geri güç katsayısı

Kosinüs değeri 0,133 olan açı

82,3° dir. Bunun anlamı, bobin akımı bobin uçlarına uygulanan gerilime göre 82,3° geridir.

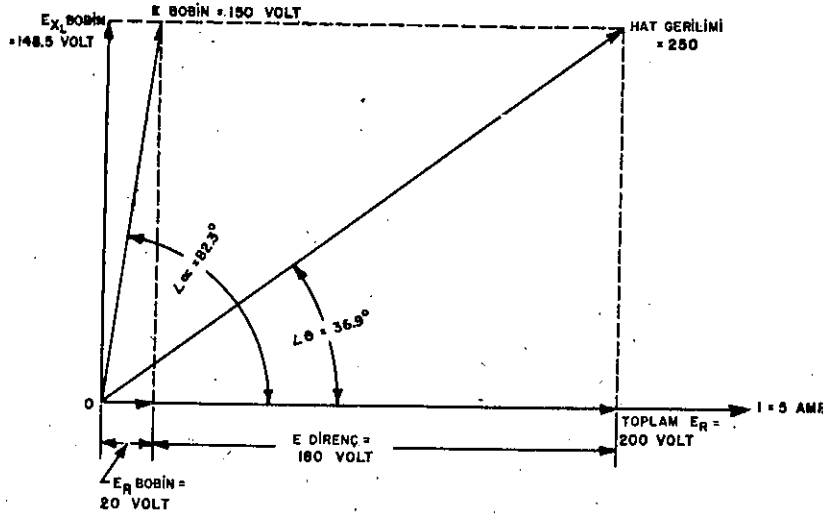
b. Bütün seri devrenin güç katsayısı vat olarak toplam gerçek gücün, volt amper olarak toplam görünür güce oranıdır. Bu seri devrenin toplam direncinin toplam empedansa da oranıdır. Her iki durumda da güç katsayısı şöyle olacaktır.

$$\begin{aligned} &= \frac{40}{49,88} \\ &= 0,80 \text{ geri güç katsayısı} \end{aligned}$$

Kosinüs değeri 0,800 olan açı 36,9 derecedir. Bunun anlamı hat akımı hat gerilimine göre 36,9 derece geridir.

7. Şekil 4-8, bu seri devre için vektör diyagramı teşkil etmenin bir metodunu göstermektedir. 5 amperlik hat akımı uygun ölçekte yatay hat olarak çizilmiştir. Bobinin bir bileşeni olan ve bobinin etkin direnci ile meydana gelen gerilim, doğrudan doğruya hat akımı üzerinde yer almıştır. Büyüklüğü 20 volt olan bu gerilim, O noktasından başlayarak hat akımı üzerine çizilmiştir. 36 omluk direnç uç-

$$\begin{aligned} \text{Güç katsayısı} &= \frac{W}{V.A} \quad \text{veya} \\ &= \frac{1000}{1250} \\ &= 0,80 \text{ geri güç katsayısı} \\ \text{güç katsayısı} &= \frac{R}{Z} \end{aligned}$$



Şekil 4-8. R ve Z Seri Bağlı Devrenin Vektör Diyagramı

ları arasında düşen gerilim 180 voltur ve doğrudan doğruya 20 voltluk gerilim düşümüne eklenerek akım vektörü üzerine çizilmiştir. Bu, seri devredeki dirençler sebebi ile akıma göre aynı fazda meydana gelen gerilim düşümünü 200 volt yapar.

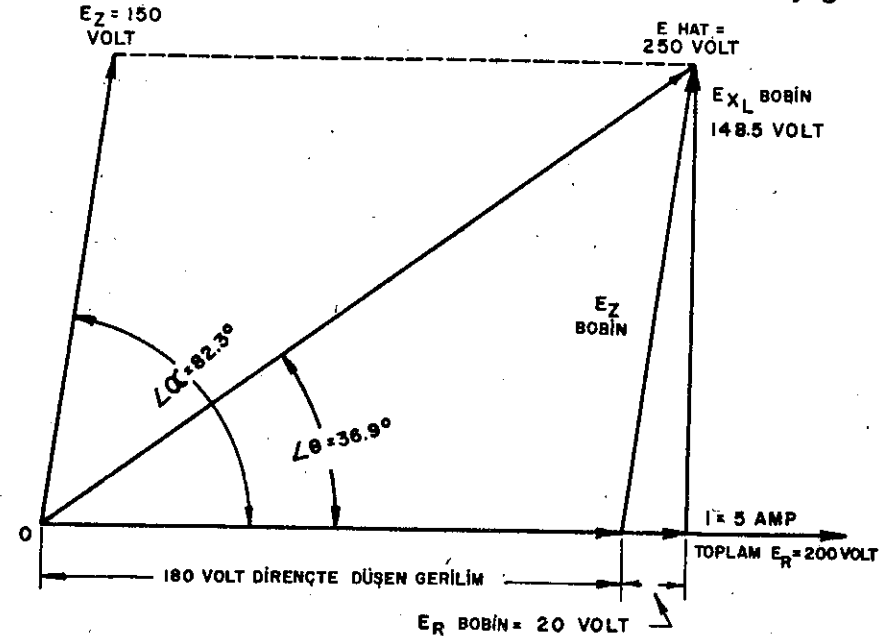
Bobin geriliminin bir bileşeni olan ve endüktif reaktans ile meydana çıkan gerilim, akım ile 90° açı yapacak şekilde O noktasından yukarı çizilmiştir. Akım, endüktif reaktansın sebep olduğu gerilim düşümüne göre 90° geridir. Bobinin iki gerilim bileşeninin vektörel olarak toplanması ile bobin gerilimi çizilebilir.

Şekil 4-8, etkin direnç ve endüktif reaktans ile meydana gelen ve

bobinin iki gerilim bileşeninin vektör toplanması olan bobin uçları arasındaki gerilimi göstermektedir. Bobin uçlarındaki gerilim ile akım arasındaki faz açısı 82,3° dir. Bu açı yunan harfi küçük alfa (α) ile gösterilmiştir.

Eğer, devre direncinde meydana gelen gerilim düşümü ile endüktif reaktansla meydana gelen gerilim düşümü vektör olarak toplanırsa hat gerilimini verir. Hat gerilimi ile akım arasındaki açı θ açısıdır ve akım 26,9° geridir.

Aynı seri devre için bir vektör diyagramı teşkil etmenin ikinci metodu Şekil 4-9 da gösterilmektedir. Seri devrenin iki direnç elemanı ile meydana gelen gerilim düşümü sırası birinci diyagramda-



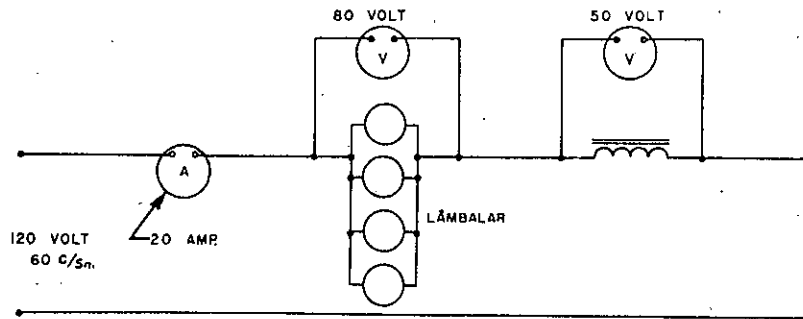
Şekil 4-9. R ve Z Seri Bağlı Devrenin Vektör Diyagramı.

kinden farklı şekildedir. Akım vektörü üzerinde, iki dirence ait gerilim düşümlerinin değişik düzende yer alması, bobine ait gerilim bileşenlerinin de birinci diyagramdan farklı olarak yerleştirildiklerini göstermektedir.

Bütün gerilim ve akım değerleri ile gerilimlerin akımlara göre faz ilişkileri tıpa tıp aynı olduğu durumlarda, bunlara ait iki vektör diyagramının anlamında ve esasta hiç bir değişiklik yoktur. Bu sebepten iki tip vektör diyagramdan her hangi birisi R ve Z elemanlarını içine alan bir seri devrenin analizinde kullanılabilir.

Örnek Problem 2

Şekil 4-10 da bir grup lâmbanın bir bobinin reaktansı ile kontrolü görülüyor. Endüktif etkisi olmayan aydınlatma yükü bobin ile seri olarak 120 volt ve 60 sayıklık bir kaynağın uçları arasına bağlanmıştır. Lâmbaların uçlarındaki gerilim 80 volt ve bobin uçları arasındaki gerilim 50 voltur.



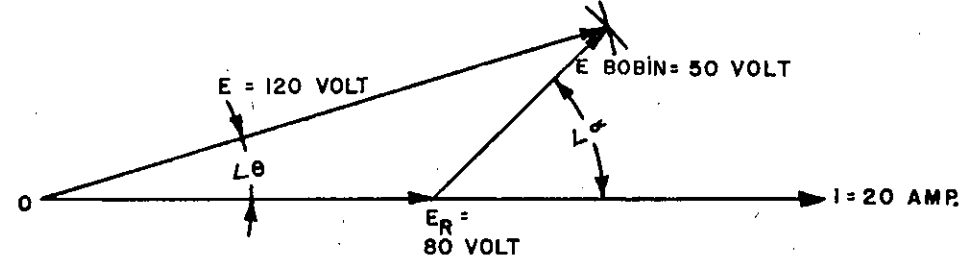
Şekil 4-10. R ve Z li Seri Devre.

Seri devredeki akım ise 20 amperdir.

1. Seri devre için bir vektör diyagramı çiziniz.
2. Bütün devre için güç katsayısı ve faz açısını bulunuz.
3. Bobin için güç katsayısı ve faz açısını bulunuz.
4. (a) bobinin empedansını (b) bobinin etkin direncini (c) bobinin endüktif reaktansını bulunuz.
5. (a) lâmbalar tarafından çekilen vat olarak gücü (b) bobinde vat olarak kaybolan gücü (c) bütün devre tarafından çekilen vat olarak toplam gücü bulunuz.

Çözüm

1. Şekil 4-11 de, 20 amperlik akım vektörünün yatay referans hattı olarak çizildiği görülmektedir. Endüktif etkisiz aydınlatma yükü uçlarında düşen 80 voltluk gerilim aynı fazda olarak akım vektörü üzerine çizilmiştir.



Şekil 4-11. R ve Z li Seri Devre Vektör Diyagramı.

Şekil 4-11 de bobin uçları arasında düşen 50 voltluk gerilim pergel kullanarak bir yay parçası ile işaretlenmiştir. Bu yay parçası pergelin bir ucu ER gerilim vektörü son ucuna konarak çizilir. 120 voltluk hat gerilimine eşit öteki yay, ER son ucundan çizilen yayı kesecek şekilde pergel ucu O noktasına konarak çizilir. Böylece hat gerilimini ve lâmbalar uçları ile bobin uçları arasındaki gerilimleri temsil eden ve akıma göre bu gerilimler arasındaki faz ilişkisini gösteren bir gerilim üçgeni teşkil edilmiş olur.

2. Gerilim üçgeni ölçekli olarak çizilmiştir ve dik üçgenden başka bir üçgendir. Bu sebepten, toplam seri devrenin güç katsayısını bulmak için kosinüs teoremi gibi özel bir formül kullanmak gerekir. Kosinüs teoremi şudur :

Her hangi bir üçgende, her hangi bir kenarın karesi, öteki iki kenarın kareleri toplamı ile bu iki kenarın ve bunlar arasındaki açının kosinüsünün çar-

pımlarının iki katının çıkarılmasına eşittir Yani :

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cos A \text{ dir.}$$

Şekil 4-12, vektör diyagramını temsil eden üçgene benzer bir üçgendir. Bu üçgen matematikte kullanılması adet olan harflerle işaretlenmiştir.

Bütün seri devrenin güç katsayısı, Şekil 4-12 deki üçgende, A açısı kosinüs fonksiyonu (değeri) ile aynıdır. Şekil 4-11 ile 4-12 yi karşılaştırınız:

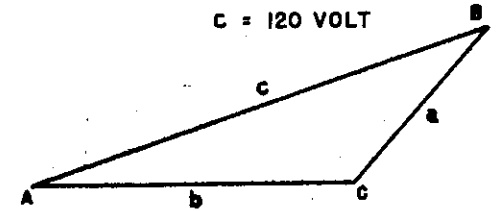
Kosinüs teoreminden A açısının kosinüsü bulunabilir. Bunun için formül şu şekli alır.

$$\cos A = \frac{b^2 + c^2 - a^2}{2bc}$$

$$a = 50 \text{ VOLT}$$

$$b = 80 \text{ VOLT}$$

$$c = 120 \text{ VOLT}$$



Şekil 4-12

Yukardaki formülü kullanarak bütün seri devrenin güç katsayısı şöyle bulunur.

$$\cos A = \frac{b^2 + c^2 - a^2}{2bc} = \frac{80^2 + 120^2 - 50^2}{2 \times 80 \times 120} = \frac{18300}{19200} = 0,953 \text{ geri güç katsayısı}$$

Hat gerilimi ile hat akımı arasındaki güç katsayısı açısı geri olarak $17,6^\circ$ dir.

3. Bobinin güç katsayısını ve açısı bulmak için Şekil 4-11 e bakınız. Bobinin açısı Şekil 4-11 deki α açısıdır. Ve bu açının kosinüsü, bobinin güç katsayısıdır. Şekil 4-12 deki C geniş açısı, $180^\circ - \alpha$ ya eşittir. Trigonometriden

$\cos \alpha = -\cos(180 - \alpha)$ ya da $\cos \alpha = -C$ dir. Şekil 4-12 de.

$$\cos C = \frac{a^2 + b^2 - c^2}{2ba} = \frac{50^2 + 80^2 - 120^2}{2 \times 50 \times 80} = -0,6875 \text{ dir}$$

Böylece, $\cos \alpha = -(-0,6875)$ dir ve bu sayı bobinin güç katsayısıdır.

$$\alpha = 46,6^\circ$$

4. Bobinin om olarak empedansı şudur :

$$Z = \frac{E \text{ bobin}}{I} = \frac{50}{20} = 2,5 \text{ om}$$

Eğer bobinin güç katsayısı 0,6875 ise bobinin etkin direnci:

$$\cos \alpha = \frac{R}{Z}$$

$$0,6875 = \frac{R}{2,5}$$

$$R = 0,6875 \times 2,5 = 1,72 \text{ om'dur}$$

Şimdi bobinin endüktif reaktansı aşağıdaki iki metotla her ikisi ile de bulunabilir.

$$X_L = \sqrt{Z^2 - R^2} = \sqrt{2,5^2 - 1,72^2} = \sqrt{6,25 - 2,9584} = \sqrt{3,2916} = 1,81 \text{ om}$$

$$\sin 46,6^\circ = \frac{X_L}{Z}$$

$$0,726 = \frac{X_L}{2,5}$$

$$X_L = 1,81 \text{ om.}$$

Bobinin om değerleri özet olarak şöyledir.

$$Z = 2,5 \text{ Om} \quad R = 1,72 \text{ Om} \\ X_L = 1,81 \text{ Om}$$

5. a. Aydınlatma lâmbalarının vat olarak çektiği gücü bulunuz. Lâmbaların uçları arasında düşen gerilim akım ile aynı

fazdadır. Bunun için bu iki değer çarpımı, lâmbaların vat olarak çektiği güce eşit olur.

$$W = E_R I = 80 \times 20 = 1600 \text{ Vat}$$

- b. Bobinde vat olarak sarfedilen gücü bulmak için $I^2 R$ formülü kullanılır.

Güç kaybı

$$W = E_R I = 80 \times 20 = 1600 \text{ Vat}$$

- c. Seri devre tarafından çekilen toplam güç aşağıdaki iki metot ile de bulunabilir. Birinci metotta toplam güç sarfedilen iki gücün aritmetik olarak toplanması ile elde edilir.

Toplam güç,

$$W = 1600 + 688 = 2288 \text{ vat.}$$

İkinci metot olarak, görünür gücün devre güç katsayısı ile çarpımı da vat olarak gerçek toplam gücü verir.

Toplam güç,

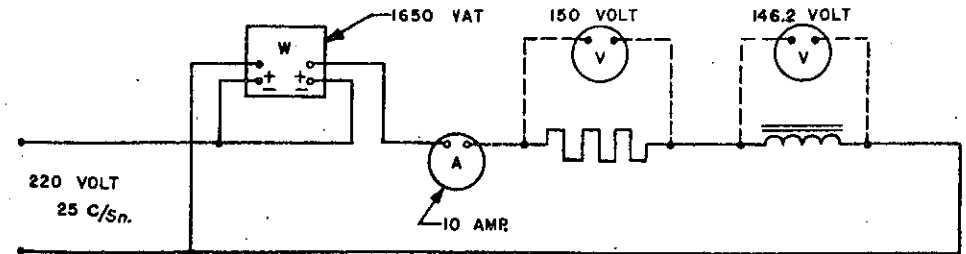
$$W = E \times I \times \text{Güç katsayısı} = 120 \times 20 \times 0,9531 = 2287,4 \text{ vat.}$$

İki metot ile elde edilen sonuçlardaki çok küçük farkın sebebi, açının ondalık değerleri yaklaşık alınıp buna göre kosinüs değeri seçildiğindedir ve bu genel olarak kabul edilir bir doğruluktur.

Örnek Problem 3

Şekil 4-13 de endüktif etkisi olmayan ısıtıcı bir cihaz ile bir bobin seri bağlanmıştır. Bobin, seri devredeki akımı kontrol eder ve dolayısıyla ısıtıcı cihazın sıcaklığını kontrol hizmeti görür. Vatmetrede okunan değer, devre tarafından vat olarak çekilen toplam gücü gösterir.

1. Seri devrenin güç katsayısını ve faz açısını bulunuz.



Şekil 4-13

- Endüktif etkisiz ısıtıcı yük tarafından vat olarak çekilen gerçek güç bulunuz.
- Bobinde vat olarak kaybolan güç bulunuz.
- Bobinin etkin direncini bulunuz.
- Bobin için güç katsayısı ve geri açı ne kadardır?
- Devre frekansı 25 saykıl olduğunda bobinin henri olarak endüktansını bulunuz.
- Bir vektör diyagramı, bir empedans üçgeni ve güç değerlerine göre bir güç üçgeni çiziniz. Her diyagram bir ölçek içinde çizilmeli ve değerler uygun olarak işaretlenmelidir.

Örnek Problem 3 ün Çözümü

- Devre tarafından çekilen toplam gerçek güç 1650 wattır. Güç katsayısı; vat olarak toplam gücün, volt-amper olarak toplam görünür güce oranıdır.

$$\text{Güç Katsayısı} = \frac{W}{E \times I}$$

$$= \frac{1620}{220 \times 10} = 0,75$$

Hat akımı hat gerilimine göre 41,4 derece geridedir.

- Akım ve gerilim değerleri aynı fazda olduklarından ısıtıcı cihaz tarafından vat olarak çekilen gerçek güç, ısıtıcı ci-

haz uçlarındaki gerilim ile akımın çarpımıdır.

$$W = E_R \times I = 150 \times 10 = 1500 \text{ Wattır.}$$

- Etkin direnç sebebi ile bobinde kaybolan gerçek güç şudur:

$$W = 1650 - 1500 = 150 \text{ vat, bobinde kaybolan güç.}$$

- Eğer akım ve güç kaybı bilinirse, bobinin etkin direnci $W = I^2 R$ formülünden bulunabilir.

$$150 = 10^2 R \quad R = 1,5 \text{ om, bobinin etkin direncidir.}$$

- Bobinin güç katsayısını bulmak için önce bobinin empedansı bulunmalıdır.

$$Z = \frac{E}{I} = \frac{146,2}{10}$$

$$= 14,62 \text{ om, bobin empedansıdır.}$$

$$\text{Güç katsayısı} = \frac{R}{Z}$$

$$= \frac{1,5}{14,62}$$

$$= 0,1026 \text{ geri güç kat sayısıdır.}$$

Akımın, empedans gerilimine göre geri kalma açısı $84,1^\circ$ dir.

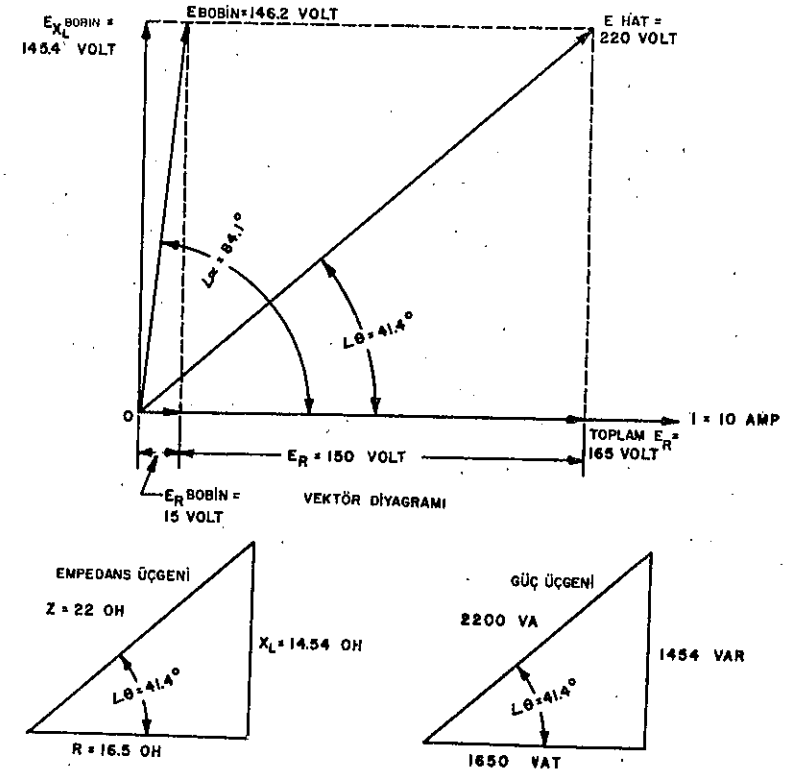
- Bobin için henri olarak endüktansı bulmadan önce, bunun om olarak endüktif reaktansını bulmak gerekecektir. Bobinin etkin direnci ve empedansı zaten bulunmuştur. Endüktif reaktans aşağıdaki formüllerden elde edilebilir.

$$X_L = \sqrt{Z^2 - R^2} = \sqrt{14,62^2 - 1,5^2} = 14,54 \text{ om. endüktif reaktanstır.}$$

$$X_L = 2\pi FL \text{ den } L = \frac{X_L}{2\pi F}$$

$$= \frac{14,54}{157} = 0,093 \text{ henri, bobinin endüktansdır.}$$

- Şekil 4-14, empedans üçgenini, değerlerine göre güç üçgenini ve vektör diyagramını göstermektedir. Üç diyagramın incelenmesi ile bunların benzer dik üçgenler olduğu görülür.



Şekil 4-14. R ve Z li Seri A.A. Devresinin İncelenmesi.

EMPEDANSLARIN SERİ BAĞLANMASI

Bu bölümde verilen her problem endüktif etkisiz bir direnç yükü ile bir bobinin seri bağlanmasından ibaretti. Fakat, A.A. cihazlarında çok defa iki ya da daha fazla bobin seri bağlanmıştır.

Her bobinin etkin direnç ve endüktif reaktans değerleri, bu bölümün birinci örnek probleminde uygulanan işlem sırası ve hesaplamaları kullanılarak bulunabilir. Her bobinin etkin direnç değerleri bir biri ile toplanarak seri devrenin toplam etkin direnci bulunur. Buna benzer olarak, seri devrenin toplam endüktif reaktansı, bobinlerin kendine ait endüktif reaktans değerleri toplanarak bulunabilir. Bundan dolayı devrenin toplam empedansı şu şekilde bulunur.

$$Z = \sqrt{\sum R^2 + \sum X_L^2}$$

Tipik bir örnek, 756 sayıklık kaynak uçları arasına seri bağlanmış iki telefon röle bobininden ibaret bir telefon devresidir. Röle bobinlerinden birisinin direnci 325 om ve endüktansı 0,32 henridir. Ötekinde ise $R = 175$ om luk direnç ve $L = 0,18$ henrilik bir endüktans vardır. Her iki röle de 5 miliamper altında çalışmaktadırlar. Bu seri devrenin toplam empedansını ve akımı 5 m A de sabit tutmak için gerekli kaynak gerilimini bulunuz.

Toplam direnci bulmak için iki röle bobininin etkin direnç değerleri toplanır.

$$R_T = R_1 + R_2 = 325 + 175 = 500 \text{ om.}$$

Eğer bobinler blende edilmiş (üzerleri metal kılıflı) ya da birbirinden manyetik etki almıyacak kadar aralarında mesafe olursa bobinlerin henri olarak endüktansları doğrudan doğruya toplanarak, toplam endüktans bulunabilir.

$$L_T = L_1 + L_2 = 0,32 + 0,18 = 0,50 \text{ henri}$$

Bu sebepten, seri devrenin toplam endüktif reaktansı şudur.

Toplam endüktif reaktans, her bobinin kendi endüktif reaktansları bulunduktan sonra bu iki değeri toplayarak da bulunabilir. Her iki metodun kullanılması ile de aynı sonuç elde edilir.

1. röle bobinin endüktif reaktansı

$$\begin{aligned} X_L &= 2 \pi FL \\ &= 6,28 \times 756 \times 0,5 \\ &= 2374 \text{ om.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_L &= 2 \pi FL \\ &= 6,28 \times 756 \times 0,32 \\ &= 1519 \text{ om} \end{aligned}$$

2. röle bobinin endüktif reaktansı

$$\begin{aligned} X_L &= 2 \pi FL \\ &= 6,28 \times 756 \times 0,18 \\ &= 855 \text{ om} \end{aligned}$$

Seri devrenin toplam endüktif reaktansı şudur :

$$\begin{aligned} \text{Toplam } X_L &= X_{L1} + X_{L2} \\ &= 1519 + 855 = 2374 \text{ om.} \end{aligned}$$

Seri devrenin toplam empedansı :

$$\begin{aligned} Z &= \sqrt{\sum R^2 + \sum X_L^2} \\ &= \sqrt{500^2 + 2374^2} \\ &= 2426 \text{ om.} \end{aligned}$$

BÜYÜTME KATSAYISI-BOBİN KALİTESİ - «Q»

Bu bölümler başlarında bobinlerin belli değerde bir direnci olduğu anlatılmıştı. Ticari bobinlerde endüktif reaktans istenen bir eleman iken, mümkün olduğu kadar küçük olması istenen etkin direnç ise istenmeyen bir elemandır. Endüktif reaktansın etkin dirence oranına büyütme katsayısı denir ve Q harfi ile gösterilir :

$$Q = \frac{X_L}{R} \text{ veya } \frac{2\pi FL}{R} \text{ ya da } \frac{\omega L}{R}$$

Yüksek bir Q değeri arzu edilir, çünkü bunun anlamı endüktif reaktans yüksek iken direnç kü-

Bu seri devrede akımı 5 miliamperde sabit tutmak için gerekli gerilim değeri :

$$E = IZ = 0,005 \times 2426 = 12,1 \text{ voltur.}$$

Elektronik devre hesaplarında henri çok büyük bir birimdir. Bu sebepten mili henri ve mikrohenri gibi daha küçük birimler kullanılır. Henri, kısaltılmış olarak «h» ile ve milihenri ise kısaltılmış olarak «mh» ile gösterilir. Mikrohenri 0,000001 henridir ve bu çok küçük birimin kısaltılmış standart şekli «µh» dir.

çüktür. Bobinde küçük Q değeri, direnç bileşeninin nisbeten yüksek değerde ve bununla orantılı olarak güç kaybının da büyük olduğunu gösterir.

Frekansdaki bir yükselme, endüktif reaktans ve etkin direncin ikisinde de bir yükselmeye sebep olur. Gerçi endüktif reaktans ve etkin direnç, frekansın yükselmesi ile aynı oranda büyümeyizler. Bu sebepten bir bobinin kalitesini gösteren sayı, ya da Q sayısı, bobinde kullanılan frekans ya da frekans bandına göre bulunur.

Misal : Endüktansı 0,2 henri, direnci 100 om olan bir bo-

binin 10000 sayıklık frekansdaki Q değeri nedir.

$$Q = \frac{2\pi FL}{R}$$

$$= \frac{6,28 \times 10000 \times 0,2}{100}$$

$$= 125, \text{ bobinin } 10000 \text{ frekansta büyüme katsayısı}$$

HATIRDA TUTULMASI GEREKEN NOKTALAR

- Deri etkisi, dielektrik kayıpları, fuko kayıpları ve histerezis kayıplarının, niçin etkin direncin omik dirençten daha büyük olmasına sebep olduklarını biliniz.
- Direnç ve empedans elemanlarından meydana gelen seri A.A. devre problemlerini, bu bölümdeki işlem sırası ve ana hatları kullanarak çözebilmelisiniz.
- R ve Z elemanlarından ibaret seri devrenin analizi ve çözümünde vektör diyagramlarını kullanabilmelisiniz.
- Empedans üçgenleri, güç değerlerine ait üçgenler ve vektör diyagramların aralarındaki ilişkileri biliniz.
- İki ya da daha fazla empedans elemanı olan seri bir devrenin toplam empedansı aşağıdaki usuller ile çözülebilir.
 - a. Seri bağlı iki ya da daha fazla empedansın etkin direnç değerleri toplamı, toplam dirence eşittir.
 - b. Üzerleri blende edilmiş (Madeni kılıf ile örtülmüş) ya da manyetik alanları birbi-

rini etkilemeyecek kadar aralarındaki mesafe uzak tutulmuş bobinlerin henri olarak endüktans değerleri doğrudan doğruya toplanarak toplam endüktans bulunabilir.

- Endüktans milihenri ve mikrohenri olarak da ölçülür ve bunların birbiri ile ilişkileri şöyledir.
- Bir milihenri, kısaltılmış olarak mh ile gösterilir ve 0,001 henridir.
- Bir mikrohenri, kısaltılmış olarak µh ile gösterilir ve 0,000001 henridir.
- Bir bobinin Q sü, om olarak endüktif reaktans ile om olarak etkin direncin birbiriine oranıdır ve aşağıdaki formül ile ifade edilir.

$$Q = \frac{X_L}{R}$$

ya da

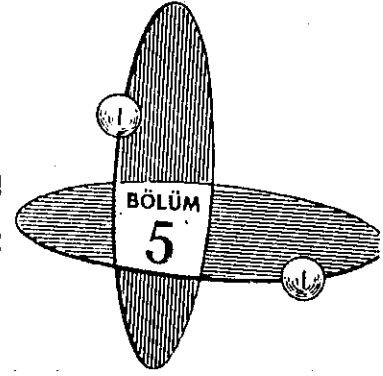
$$Q = \frac{\omega L}{R}$$

TEKRARLAMA SORULARI

1. Şekil 43 de verilen bobin için om olarak endüktif reaktansı ve henri olarak endüktansı bulunuz.
2. Şekil 44 de verilen bobin için om olarak endüktif reaktansı ve henri olarak endüktansı bulunuz.
3. 1. ve 2. soruların ikisinde de kullanılan aynı bobin için om olarak endüktif reaktans ve henri olarak endüktansların hesap sonucunda niçin farklı çıktıklarını anlatınız.
4. Gerçek omik direnç ile etkin direnç arasındaki farkı anlatınız.
5. Demir saç çekirdekli bir bobinden ibaret bir elektromıknatis, 120 voltluk D.A. kaynağına bağlandığında 6 amper çekmektedir. 120 volt ve 60 sayıklık bir A.A. kaynağından enerjilendiğinde ise akım 2 amperdir ve vatmetre 100 vatlık değer göstermektedir.
 - a. Şunları bulunuz.
 - (1) Bobinin gerçek omik direncini
 - (2) Bobinin etkin direncini
 - b. Aynı bobin sargısı için omik direnç ile etkin direnç arasında niçin fark vardır anlatınız.
6. 5. sorudaki elektromıknatis bobini için aşağıda istenenleri bulunuz.
 - a. Empedans
 - b. Endüktif reaktans
 - c. Endüktans
 - d. Güç katsayısı
7. 5. sorudaki elektromıknatis bobini tarafından 120 voltluk doğru gerilim altında çekilen akımın 6 amperden, 120 volt ve 60 sayıklık A.A. kaynağına bağlandığında niçin 2 ampere düştüğünü anlatınız.
8. Endüktif etkisiz 3 omluk bir direnç ile bir bobinin seri bağlanmasından meydana gelen bir devre 120 volt ve 60 sayıklık akım kaynağına bağlanmıştır. Gerçek güç olarak vatmetre 2500 vat gösterirken akım 25 amperdir. Şunları bulunuz.
 - a. Seri devrenin güç katsayısını.
 - b. Bobinin etkin direncini.
 - c. Bobinin empedansını ve endüktif reaktansını.
 - d. Bobinin güç katsayısını.
9. 8. soruda verilen devre için aşağıdaki değerleri bulunuz.
 - a. Toplam devre empedansını.
 - b. Devrenin toplam direncini.
 - c. Endüktif reaktansı.
10. 8. Soruda verilen devre için aşağıdaki değerleri bulunuz.
 - a. Bobin için reaktif güç bileşenini.
 - b. Bütün seri devre için reaktif güç bileşenini.
 - c. Bobin tarafından çekilen vat olarak gerçek gücü.
 - d. Endüktif etkisiz 3 omluk direnç tarafından çekilen vat olarak gerçek gücü.
11. 8. sorudaki devre için bir vektör diyagramı çiziniz. Akım ve gerilim için uygun bir ölçek seçiniz ve bütün vektörleri ait oldukları harf ve değerler ile işaretleyiniz.
12. Endüktif etkisiz bir ısıtıcının sıcaklığı bir bobin ile kontrol edilmektedir. Isıtıcı cihaz ve bobin seri olarak 250 volt ve 60 sayıklık bir A.A. kaynak uçları arasına bağlanmıştır. Bobin uçları arasındaki gerilim 100 volt iken ısıtıcı cihazın uçları arasındaki gerilim 200 voltur. Devredeki akım 10 amperdir.

- a. Seri devre için bir vektör diyagramını teşkil ediniz.
- b. Şunları bulunuz.
- (1) Seri devrenin güç katsayısını,
- (2) Bobinin güç katsayısını,
- (3) Bobinin empedansını,
- (4) Bobinin etkin direncini,
- 5) Bobinin endüktif reaktansını.
13. 12. soruda verilen devre için aşağıda istenenleri bulunuz.
- a. Bütün seri devrenin empedansını.
- b. Isıtıcı cihazda sarfedilen vat olarak gücü.
- c. Bobinde sarfedilen vat olarak gücü.
- d. Bütün seri devrede sarfedilen vat olarak toplam gücü.
- e. Seri devre tarafından çekilen toplam görünür gücü.
- f. Seri devre için «var» olarak reaktif güç bileşenini.
14. Aralarındaki elektromanyetik alanlardan karşılıklı etki almıyacak şekilde bir birinden uzak mesafede tutulan iki bobin 10 volt ve 10 kilosayıklık bir akım kaynağı uçları arasına seri olarak bağlanmıştır. 1. bobinin 200 omluk etkin direnci ve 20 milihenrilik endüktansı, 2. bobinin 300 omluk etkin direnci ve 10 milihenrilik bir endüktansı vardır. Şunları bulunuz.
- a. Toplam direnci
- b. Toplam endüktif reaktansı.
- c. Toplam empedansı.
- d. Miliamper olarak akımı.
- e. Seri devrede sarfedilen toplam gerçek gücü bulunuz.
15. «Q» katsayısının anlamı nedir ?
16. Endüktansı 300 mikrohenri olan bir bobin 1500 kilosayıklık bir frekans üzerinde çalışırken Q sü 90'dır. Bobinin bu frekanstaki etkin direncini bulunuz.

Giriş - Kondansatörler ve Kapasitif Direnç



GİRİŞ

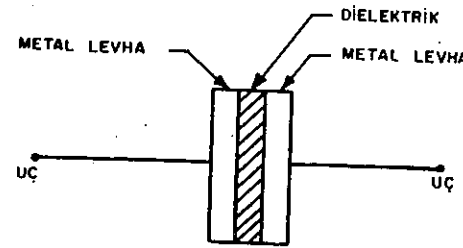
İletkenlerin ve yalıtkanların atom yapıları hakkında, önemli bilgi, 1. Kitapta verilmiştir. Hatırlanacağı üzere, bakır gibi iyi iletkenlerde, her atomun, dış yörüngesindeki elektronlar az bir kuvvetle atom çekirdeğine bağlıdır. Bu elektronlar küçük bir kuvvetle yerlerinden çıkarılabilir. İyi iletkenlerin yapısında çok miktarda serbest elektron vardır. Yalıtkan maddelerde ise, her atomun yörüngesindeki elektronlar büyük

bir kuvvetle atom çekirdeğine bağlıdır. Bu elektronlar çok büyük bir kuvvetle yerlerinden ayrılabilirler. Gerçekten, yalıtkan maddelerin yapısında çok az serbest elektron vardır.

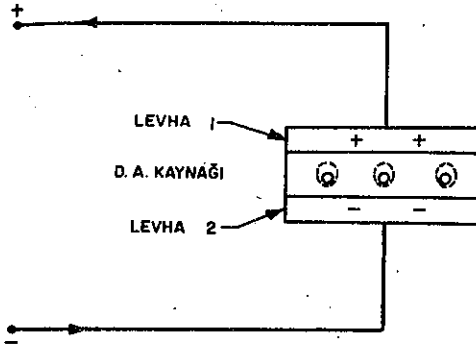
Eğer, yalıtkan madde iki iletken madde arasına konursa, dielektrik olarak adlandırılır. Böylece kondansatörün basit şekli de ortaya çıkmış olur.

Biribirinden, bir dielektrikle ayrılmış iki metal levhanın meydana getirdiği basit bir kondansatör, Şekil 5-1 de gösterilmiştir. Normal şartlar altında, kondansatörde enerji yoktur. Dielektrik içindeki elektronlar dairesel yörüngeler üzerinde atomun pozitif çekirdeği etrafında dönerler.

Şekil 5-2 de, kondansatör bir doğru gerilim kaynağına bağlanmıştır. Elektronlar, kaynağın negatif kutbundan 2. plâğa ve 1. plâktaki elektronlar da, ters ola-



Şekil 5-1. Kondansatör.



Şekil 5-2. Şarj Edilen Kondansatör.

rak, besleme kaynağına akarlar. İki plâk arasındaki potansiyel farkı, gerilim kaynağına eşit olunca kadar, elektron akımı devam eder. Eşit olduğu zaman elektron akımı durur. Elektron akımı iki plak arasındaki dielektrik (yalıtkan) maddesi üzerinden geçmez. 2. plaktaki elektron fazlalığı, 1. plakta ise elektron eksikliği meydana gelir. Dielektrik maddesinin atomlarındaki elektronlar, pozitif plâk tarafından çekilir; negatif plâk tarafından itilir. Fakat elektronlar 1. plaktan 2. plâğa akamazlar. Çünkü, iyi dielektrik maddelerde elektronlar atomlara kuvvetlice bağlıdır. Bu, Şekil 5-3 de resimlerle açıklandığı gibi, dielektrik içinde her atomun elektron yörüngelerinin, eliptik model şeklinde, bozukluğuna sebep olur.

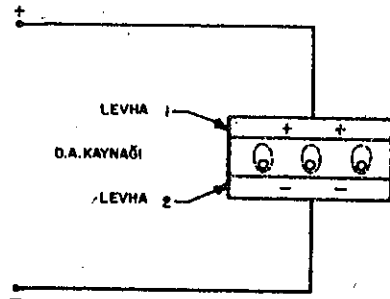
Şekil 5-3 deki kondansatör, uçlarına bağlı doğru gerilim kaynağına eşit gerilimle yüklenmiş (şarj olmuş) dır. Bundan dolayı elektron akışı yoktur. Bu resimlerle açıklamada sadeleştirme amacıyla

A. yalıtıkandaki yörünge bozulması, yavaş yavaş yükü olduğu için kanıtıdır.

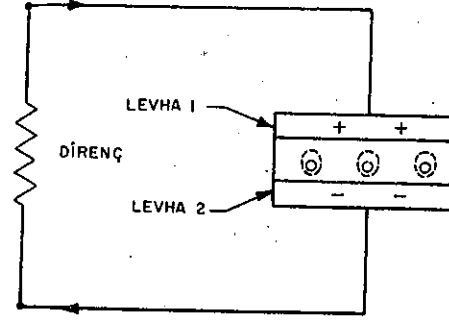
yalnız üç elektron gösterilmiştir. Bir gerçek kondansatörde, dielektrik içindeki atomların yörüngelerinin distorsiyona uğramış modelleri hesapsız sayıda çöktür.

Eğer kondansatör D.A. besleme kaynağına bağlanmazsa, diğer plâğın pozitif elektrik yükünün çekiminden dolayı, negatif plâk üzerinde çok sayıda elektronlar tutulmuş olur. Elektrik yüklü plâklar elektrostatik alan etkisini meydana getirdiği gibi, dielektrik atomlarının distorsiyonlu durumda kalmasına da sebep olur. Dielektrikteki atomik distorsiyon, kondansatörde elektrik yükünün toplandığına işaret eder.

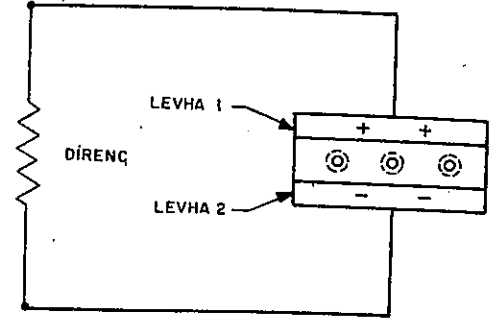
Eğer, kondansatör çok yüksek bir gerilime bağlanırsa, dielektrik atomları içindeki elektronlar yörüngelerinden koparılır. Dielektrik yalıtkan kabiliyetinin bozulması, kondansatörde birikmiş elektrik yükünün ortadan kalkmasına sebep olur. Genellikle, bu katkı



Şekil 5-3. Tam Şarjlı Kondansatör.



Şekil 5-4. Deşarj Olmaya Başlamış Kondansatör



Şekil 5-5. Tamamen Deşarj Edilmiş Kondansatör.

dielektrik maddesi olduğu takdirde kullanılmaz duruma gelir.

Şekil 5-4 de kondansatör uçlarına doğrudan doğruya bir direnç bağlanmıştır. Bu durumda, iletken direnç üzerinden, kondansatör deşarj olur. Negatif elektrik yüklü plâk (2. plâk) direnç üzerinden 1. plâğa doğru akarak deşarj olur. Bu deşarj, elektrik yükü devrede eşit dağılıncaya kadar devam eder. Eşit olduğu zaman

elektron akışı durur. Elektronlar kondansatör plaklarından akınca, elektrostatik alan içinde birikmiş olan elektrik enerjisi de kondansatörden atılmış olur.

Negatif elektrik yüklü plâktan elektronlar akınca, dielektrik atomlarının elektron yörüngeleri Şekil 5-4 de gösterilen bozuk eliptik modelden, yavaş yavaş Şekil 5-5 de gösterilen normal dairesel şekle geçer.

KAPASİTE

Kondansatör, elektrik enerjisini depo edebilir. Aynı zamanda, bu depo ettiği enerjiyi gerisin geriye devreye de verebilir. Gerçekten, kapasite, bir devrenin ya da devre elemanlarının elektrostatik şekilde elektrik enerjisini toplama özelliğidir.

Kondansatörler enerji toplarken, diğer devre elemanları da bir kapasite etkisi meydana getirebi-

ilir. Meselâ, hava ile birbirinden ayrılmış iki iletken, veya bir bobinin sarımları arasında bir kapasite etkisi meydana gelir. Kapasite için standart ölçme birimi farad'dır. Farad aşağıdaki şekilde tarif edilir:

Bir kondansatörün iki plâğı arasında bir kulonluk bir elektrik yükü verildiğinde bir voltluk gerilim değişikliği meydana gelirse o kondansatörün kapasitesi bir farad'ır.

Farad, kondansatör ölçmelerinde büyük bir birimdir. Bunun 1/1,000,000 veya 0,000,001 biri olan mikrofarad kullanılır. Farad, f; mikrofarad, µf, harf sembolleriyle gösterilir.

Elektronik devrelerinde çalışırken, çok defa, pek küçük değerlerde kondansatörler kullanmak lâzımdır. Bundan dolayı, mikrofarad bu devrelerde çok büyük bir değerdir. Kapasitenin daha küçük birimi olan mikromikrofarad kullanılır.

Bir mikromikrofarad, bir mikrofarad'ın 1/1,000,000 veya 0,000 000 000 001 faraddır. Mikromikrofarad için µF sembolü kullanılır.

Bir kondansatörün kapasitesi şöyle yükseltilebilir :

1. Plâk yüzeyini ve böylece dielektrik yüzeyini büyütürük.
2. Plâkları mümkün olduğu kadar birbirine yaklaştırıp dielektrik kalınlığını azaltarak.
3. Dielektrik katsayısı yüksek bir dielektrik kullanmakla.

DİELEKTRİK KARAKTERİSTİKLERİ

Kondansatörün kapasite değerine etki yapan üç faktör daha önce sıralanmıştı. Bu faktörlerden biri, dielektrik olarak kullanılan, yalıtkan maddenin cinsi idi. Pratikte, kondansatör için havanınkinden daha yüksek katsayılı dielek-

Bir kondansatörün plâklarında, meydana gelen elektrik yükü kondansatörün kapasitesiyle doğru orantılıdır. Bu elektrik yükü kulonla ölçülür ve şarj gerilimiyle de doğru orantılıdır. Böylece, plâklardaki elektrik yükü hem gerilimle ve hem de kapasite ile doğru orantılıdır. $Q = E \times C$ dir. Burada $Q =$ Kulon olarak elektrik yükü, $C =$ Farad olarak kapasite ve $E =$ volt olarak şarj gerilimidir.

Bu ifade üç şekilde yazılabilir :

$$Q = E \times C; C = \frac{Q}{E}; E = \frac{Q}{C}$$

Örnek : 100 volt'luk D.A. kaynağı uçları arasına bağlanmış bir kondansatör 0,005 kulonluk elektrik yükü aldığına göre, bunun kapasitesini mikrofarad cinsinden bulunuz.

$$C = \frac{Q}{E} = \frac{0,005}{100} =$$

0,00005 farad = 50 mikrofarad.

trikler kullanılır. Fakat «dielektrik katsayısı» ne demektir.

Yalıtkan maddenin dielektrik katsayısı, kondansatördeki dielektrik etkisi ile ölçülür. Havanın dielektrik katsayısı 1 olarak kabul edilmiştir. Hava dielektrikli

bir kondansatörün, iki plâğı arasına hava yerine, parafinle emdirilmiş kâğıt konursa kondansatörün kapasitesi yükselir. Eğer hava yerine kâğıt kullanıldığı zaman kapasite değeri iki katı olursa, kâğıdın dielektrik katsayısı 2 olur. Verilen besleme gerilime göre, bu dielektrik katsayısı, kullanılan yalıtkan maddenin içindeki elektronların yörüngelerinin bozulma derecesini gösterir. Bazı tipik yalıtkan maddelerin dielektrik katsayıları aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Eğer, kondansatörün plâkları arasındaki gerilim çok yüksek olursa, dielektrik bozulabilir. Yani çok yüksek potansiyel, dielektrik bünyesindeki atomların yörüngelerindeki elektronları da koparır; dielektrik, iletken madde haline geçer. Demek ki yüksek gerilim dielektriği deler veya yakar. Çeşitli dielektriklerin yalıtkanlık özellikleri, dielektriğin bozulmaması şartıyla, kalınlığının santimetre başına volt değeri, yalıtkanlığın korunmasını sağlayan «Dielektrik Dayanımı Oranı» ola-

DİELEKTRİK	DİELEKTRİK KATSAYISI (K)
Air <i>hava</i>	1.0
Bakelite	4.0 to 10.0
Castor Oil	4.3 to 4.7
Cellulose Acetate	7.0
Pyrex Glass	4.1 to 4.9
Lucite	2.4 to 3.0
Mica	6.4 to 7.0
Insulating Oils	2.2 to 4.6
Paper <i>kâğıt</i>	2.0 to 2.6
Paraffin	1.9 to 2.2
Rubber Compounds	3.0 to 7.0
Hard Rubber	2.0 to 4.2

rak verilir. Dielektrik dayanımı oranı, dielektrik katsayısı ile karıştırılmamalıdır. Bu iki terim tamamen birbirinden farklıdır. Me-

KAPASİTE FORMÜLLERİ

İki plâklı bir kondansatörün kapasitesi bir plâğın yüzey alanı ile doğru, plâklar arasındaki uzaklıkla ters orantılıdır.

Bu ifade, bir formülle daha iyi açıklanabilir. Plâğın ölçüleri ve plâklar arasındaki uzaklık inç olarak verildiğine göre, mikromikrofarad olarak kapasite değerini tayin etmek için (1) numaralı formül kullanılır. Plâk ölçüleri ve plâk arasındaki uzaklık santimetre olarak verildiğine göre (2) numaralı formül farklı bir katsayı ile kullanılır.

$$C = \frac{K \times A}{4,45 D} \quad (1)$$

C = μ f olarak kapasite.

K = Dielektrik katsayısı.

A = İnç kare olarak bir plâğın yüzey alanı.

D = İnç olarak iki plâk arasındaki uzaklık.

$$C = \frac{0,0885 \times K \times A}{D} \quad (2)$$

C = μ f olarak kapasite.

K = Dielektrik katsayısı

selâ, kâğıdın dielektrik katsayısı 2, camın ise yaklaşık olarak 4 dür. Oysa kâğıdın dielektrik dayanımı caminkinin 3-4 katı kadardır.

A = Santimetre kare olarak bir plâğın yüzey alanı.

D = Santimetre olarak iki plâk arasındaki uzaklık.

Örnek Problem

Plâkları iki ince kalay yapraktan meydana gelen bir kâğıt kondansatörün her bir plâğının uzunluğu 8 fit ve genişliği de 1 inçdir. İki plâk 0,05 inç kalınlığında yağlı kâğıtla birbirinden ayrılmıştır. Kondansatörün kapasite değerini hesaplayınız. (Yağlı kâğıdın dielektrik katsayısını 2 olarak kabul edin.)

$$C = \frac{K \times A}{4,45 D} = \frac{2 \times 96}{4,45 \times 0,05} = \frac{192}{0,2225} = 863 \text{ mikromikrofarad.}$$

Eğer, plâk ölçüleri ve plâklar arasındaki uzaklık santimetreye çevrilirse, aşağıdaki formülle aynı sonuç bulunur.

$$C = \frac{0,0885 \times K \times A}{D}$$

Kalayla kaplı bir plâğın uzunluğu: $96 \times 2,54 = 243,84 \text{ cm.}$
 Kalayla kaplı bir plâğın genişliği: $1 \times 2,54 = 2,54 \text{ cm.}$
 Kalayla kaplı bir plâğın yüzey alanı: $243,84 \times 2,54 = 619,4 \text{ cm.}$
 Birbirinden ayrılmış iki plâk arasındaki uzaklık: $0,05 \times 2,54 = 0,127 \text{ cm}$ olacaktır.

Böylece,

$$C = \frac{0,0885 \times K \times A}{D} = \frac{109,6238}{0,127} = 863 \mu\text{f. olur.}$$

PARALEL KONDANSATÖRLER

Kondansatörlerin, plâk sayılarını artırmak suretiyle kapasite değeri yükseltilebilir. Bu, plâk yüzey alanının yükselmesi gibidir.

Şekil 5-6, en fazla plâk alanı elde etmek için, çok plâklı bir kondansatörün plâklarının nasıl yerleştirildiğini gösteriyor. Plâklar arasındaki uzaklık aynı olduğuna göre, çok plâklı bir kondansatörün kapasite değeri aşağıdaki formülle hesaplanabilir.

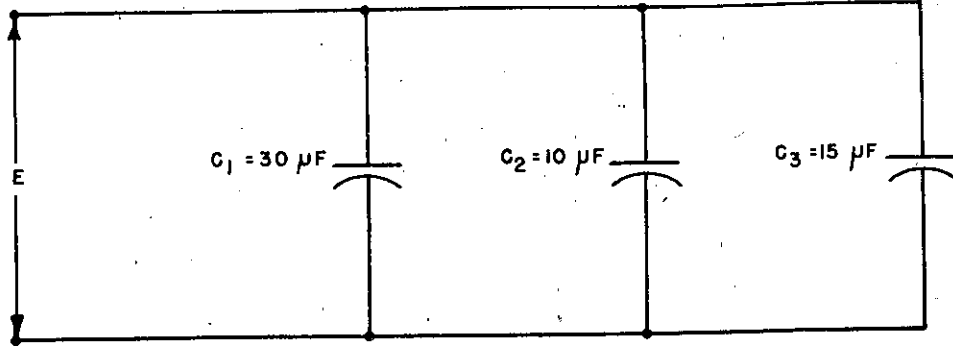
$$C = \frac{0,0885 K.A. (N-1)}{D}$$

Bu formülde,

C = Mikromikrofarad olarak kapasite,



Şekil 5-6. Çok Levhali Kondansatör.



Şekil 5-7. Paralel Bağlı Kondansatörler.

Plâkların sayısını yükseltmekle, kondansatörün paralel bağlanması aynı etkiyi gösterir. Tek tek kondansatörlerin kapasitelerini toplamı, toplam kapasite değerine eşit olur. Meselâ, Şekil 5-7 de, E ile gösterilmiş hat geriliminin uçları arasına, paralel olarak 10, 15 ve 30 mikروفaradlık üç kondansatör paralel bağlanmıştır. Her kondansatörde kulon olarak elektrik yükü :

$$\begin{aligned} Q_1 &= C_1 \times E \\ Q_2 &= C_2 \times E \\ Q_3 &= C_3 \times E \end{aligned}$$

Paralel olarak, üç kondansatörün toplam elektrik yükü :

KONDANSATÖRLERİN SERİ BAĞLANMASI

Kondansatörlerin seri bağlanması, her bir kondansatörün dielektrik kalınlığının birbirine eklenmesine benzer. Bu, bir kondansatörün dielektrik kalınlığının fazlalığına denktir. Bu sebepten,

$$Q_T = C_T \times E = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

veya

$$\begin{aligned} C_T \times E &= C_1 E + C_2 E + C_3 E \\ C_T \times E &= E (C_1 + C_2 + C_3) \end{aligned}$$

olur. Buradan,

$$C_T = C_1 + C_2 + C_3$$

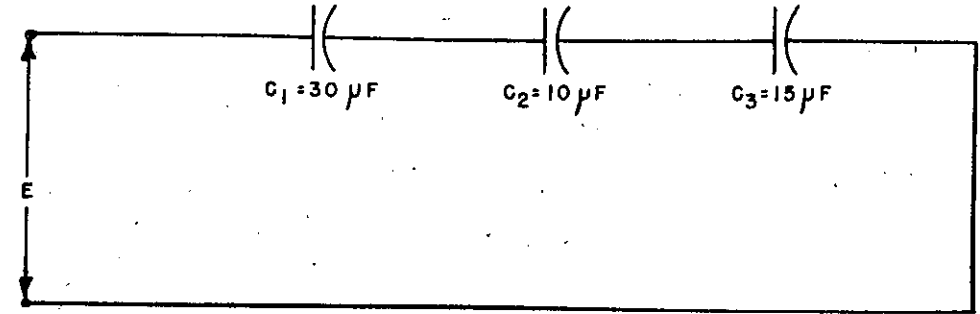
Böylece, paralel üç kondansatörün toplam kapasitesi

$$\begin{aligned} C_T &= C_1 + C_2 + C_3 \\ C_T &= C_1 + C_2 + C_3 \\ &= 10 + 15 + 30 = 55 \mu\text{f} \end{aligned}$$

olur.

devrenin toplam kapasitesi, bir tek kondansatörün kapasitesinden daha küçüktür.

Bir seri devrede, kondansatörler elektrikle yüklenirken, her kondansatöre aynı sayıda elektron



Şekil 5-8. Seri bağlı kondansatörler.

akar. Böylece her kondansatör, kulon olarak aynı elektrik yüküne sahip olur. Yani Q her kondansatörde aynıdır.

Şekil 5-8 de E gerilim uçlarına üç tane seri kondansatör bağlanmıştır. Paralel devre örneğinde olduğu gibi, her kondansatörün mikروفarad olarak değerleri aynen alınmıştır. Aşağıdaki hesaplama, seri devrenin toplam kapasite değerinin, devredeki herhangi bir kapasite değerinden daha az olduğunu gösteriyor.

Seri devre uçlarındaki gerilim :

$$E = E_1 + E_2 + E_3$$

dür.

Her kondansatördeki kulon olarak elektrik yükü aynıdır :

$$Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q$$

ve

$$E = E_1 + E_2 + E_3$$

Bu sebepten,

$$\frac{Q}{C_T} = \frac{Q}{C_1} = \frac{Q}{C_2} = \frac{Q}{C_3}$$

ve

$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

$$C_T = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}}$$

olur.

Şekil 5-8 deki seri bağlı üç kondansatörün mikروفarad olarak toplam kapasitesi :

$$C_T = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}}$$

$$= \frac{1}{\frac{1}{30} + \frac{1}{10} + \frac{1}{15}}$$

$$= \frac{1}{\frac{1}{6}} = \frac{30}{6} = 5 \text{ mikrofa-}$$

raddır.

Bir paralel devrede toplam kapasite:

$$C_T = C_1 + C_2 + C_3 + \text{dir.}$$

Bir seri devrede toplam kapasite:

$$C_T = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}}$$

Bu formüller, bütün kapasite değerleri mikromikrofarad veya bütün kondansatörlerin değerleri mikrofarad olduğu zaman kullanılabilir. Kapasite birimleri aynı olmalı ki bu iki formül kullanılabilir.

bilsin. Eğer kondansatörler mikrofarad ve mikromikrofarad değerlerinde ise toplam kapasiteyi hesaplamadan önce hepsini aynı birim ölçüsüne göre değiştirmelidir.

KONDANSATÖRLERİN ÇEŞİTLİ BAĞLANTILARI

Şekil 5-9 da iki kondansatörlü devre sistemi gösterilmiştir. Şekil 5-9 A devre sisteminde kondansatörün toplam kapasitesi şöyle bulunabilir.

1 nci koldaki toplam kapasite,

$$\frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}} = \frac{1}{\frac{1}{100} + \frac{1}{100}} = \frac{100}{2}$$

= 50 mikrofarad

2 nci koldaki toplam kapasite,

$$\frac{1}{\frac{1}{C_3} + \frac{1}{C_4}} = \frac{1}{\frac{1}{20} + \frac{1}{30}} = \frac{60}{5}$$

dir.

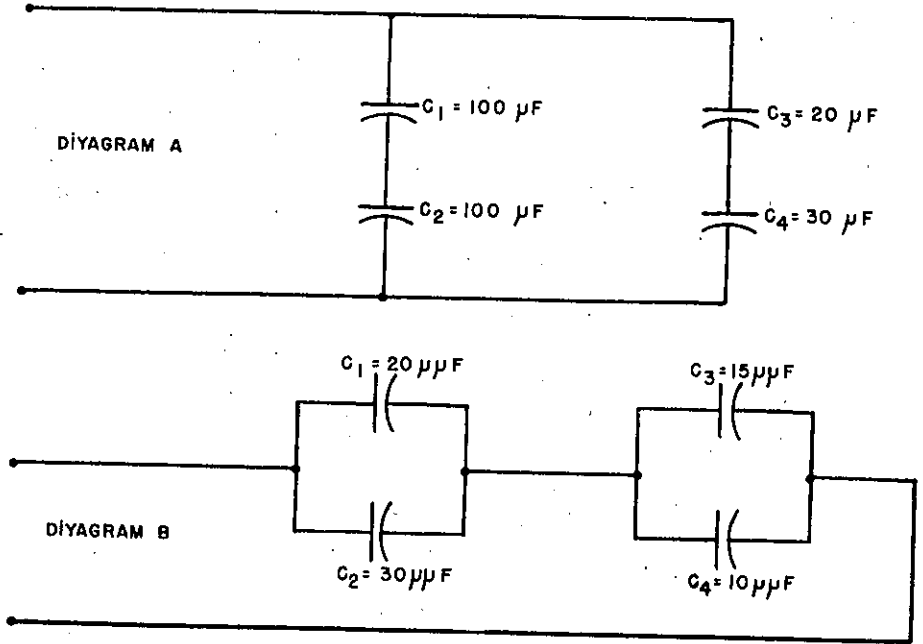
Paralel devrede iki kolun toplam kapasitesi ise,

$$C_T = 50 + 12 = 62 \mu\text{f.}$$

olur.

Şekil 5-9 B deki devrenin toplam kapasitesi şöyle bulunabilir:

Paralel devrede C_1 ve C_2 nin toplam kapasitesi,



Şekil 5-9. Kondansatörlerin Karışık Bağlantıları.

$$C_1 + C_2 = 20 + 30 = 50 \mu\text{f.}$$

diğer paralel devrede C_3 ve C_4 ün toplam kapasitesi,

$$\frac{1}{\frac{1}{50} + \frac{1}{25}} = \frac{1}{\frac{1}{25} + \frac{2}{25}} = \frac{25}{3}$$

$C_3 + C_4 = 15 + 10 = 25 \mu\text{f.}$ dir.

$$\frac{1}{\frac{1}{25} + \frac{1}{25}} = \frac{1}{\frac{2}{25}} = \frac{25}{2} = 12,5 \text{ mikromikro-}$$

Bu iki paralel grup aralarında seri bağlandığından toplam kapasite:

50

farad olur.

KONDANSATÖRDE ENERJİ

Elektrik enerjisini depo eden, bir kondansatörün birimleri daha önce ifade edilmiştir. Bir kondansatörde depo edilen enerji nasıl tayin edilebilir? Bir kondansatörde toplanan enerji jul ya da vat saniyedir. Bunun değeri aşağıdaki formülle hesaplanabilir.

$$\text{Vat-saniye} = \frac{1}{2} QE$$

Kondansatörde jul olarak toplanan enerji, şarj gerilimi ve kulon olarak elektrik şarjı çarpımının yarısına eşittir. $Q = C \times E$ olduğunu biliyoruz. Eğer Q yerine $C \times E$ konursa aşağıdaki formül elde edilir.

$$\begin{aligned} \text{Vat saniye} &= \frac{1}{2} C \times E \times E = \\ &= \frac{1}{2} CE^2 \end{aligned}$$

Yukardaki formül kullanılarak, 300 volt D.A. kaynağı uçları arasına bağlanan 50 mikrofaraad'lık bir kondansatörün, vat-saniye olarak topladığı enerjiyi hesaplayınız.

$$\text{Vat-saniye} = \frac{1}{2} CE^2 = \frac{1}{2}$$

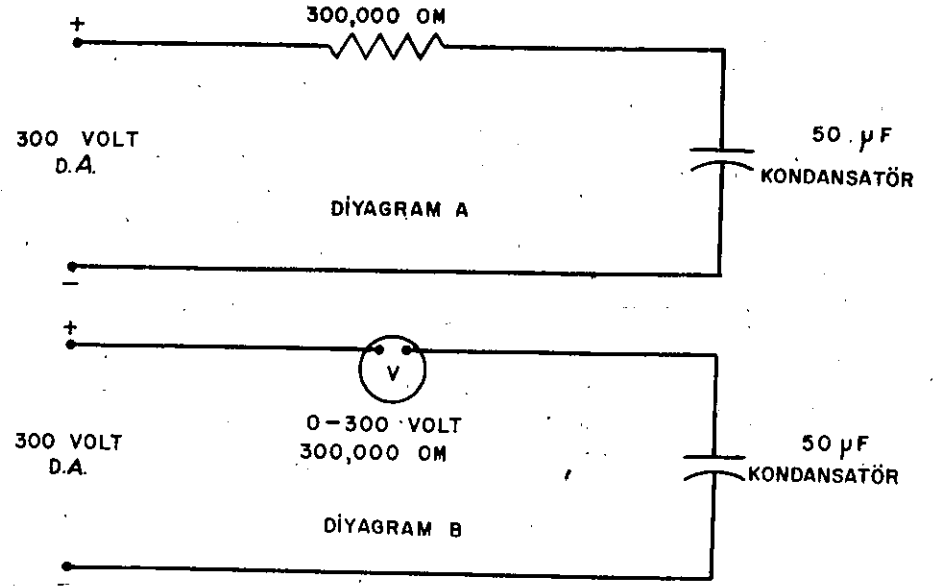
$$0,00005 \times 300 = 2,25 \text{ jul olur.}$$

R - C ZAMAN SABİTELERİ

1. Kitapta, elektron miktarı kulonla, saniyede akan elektron miktarı, amper arasındaki fark açıklanmıştı. Amper = Kulon/saniye $I = Q/t$; ve kulon = Amper \times saniye, $Q = I \cdot t$ dir. Bu formülü kondansatöre uygulayınca plâklardaki elektrik yükünün akım şiddeti ve şarj zamanına bağlı olduğu görülür. Akım ne kadar büyük olursa, kondansatör o kadar kısa zamanda şarj edilebilir. Kondansatörün tam şarjında, plâka-

ların uçlarındaki gerilim, hat gerilimine eşit olur. Bir kondansatörün şarj zamanı, şarj akımının büyüklüğüne bağlı olduğundan kondansatör uçlarında istenen belli bir gerilim için, gerekli zaman, şarj akımını azaltıp çoğaltarak ayarlanabilir. Kondansatöre seri bir direnç bağlanarak şarj akımı ve sonuç olarak şarj zamanı ayarlanabilir.

Şekil 5-10 da, 300 voltluk bir D.A. besleme gerilimi uçları ara-



Şekil 5-10. R-C li Devre Kondansatörün Şarjı.

sına bir dirençle, 50 mikrofaraadlık bir kondansatör seri bağlanmıştır. Eğer, devredeki direnç D.A. voltmetresinin direncinden ibaretse ve aletin de volt başına direnç değeri 1000 om ise, voltmetrenin 300 voltluk ıskala durumunda devredeki direnç değeri 300,000 om olur. İlk anda devreye verilen enerji voltmetre ıskalasını tam saptırır. Voltmetre devrede 300,000 omluk bir direnç gibi iş görür. Devredeki gerilimin hemen hepsi voltmetre uçlarında düşer. Bu anda kondansatör uçlarındaki gerilimin değeri sıfırdır. Kondansatör şarj olmağa başlayınca plâklar arasında gerilim meydana gelir. Bu gerilim, devre gerilimine zıt ol-

duğundan, şarj akımını sınırlar. Şarj akımı azaldıkça, 300,000 om-luk direnç uçlarında meydana gelen gerilim düşümü de azalır ve bu azalış voltmetrede görülebilir. Şarj akımı sıfır olduğu zaman kondansatör de tam şarj olur. Tam şarjda kondansatör plâkları uçlarındaki gerilim de devre gerilimine eşit olur. Bu anda, voltmetre sıfırı gösterir.

Kondansatör plâkları uçlarında artan gerilimin eğrisini çizmek mümkündür. Eğer, Şekil 5-10 da verilen devrenin 15 saniye ara ile voltmetrede okunan değerleri alınır ve kondansatör plâkları uçlarındaki gerilim de hesaplanırsa yukarıda gösterilen tablo elde edi-

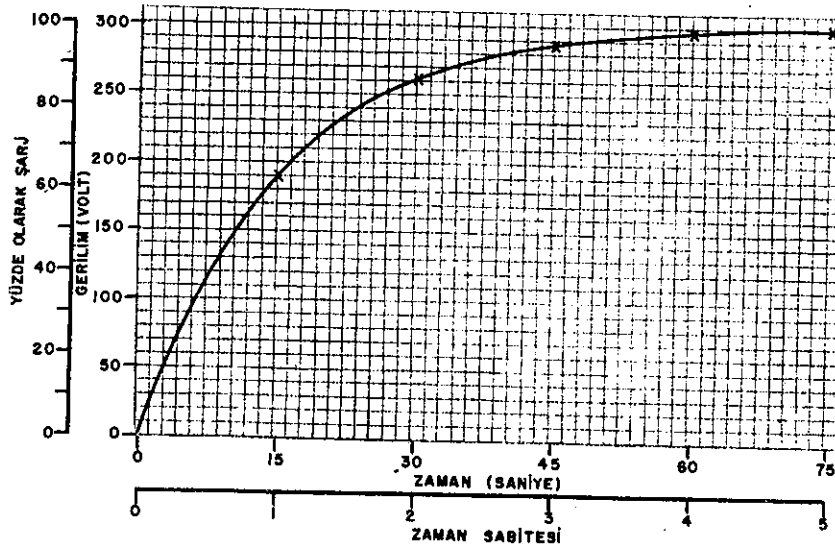
SANİYE OLARAK ZAMAN	VOLTMETREDE OKUNAN DEĞER	KONDANSATÖR UÇLARINDAKİ GERİLİM
0	300	300 - 300 = 0
15	110.4	300 - 110.4 = 189.6
30	40.5	300 - 40.5 = 259.5
45	15.	300 - 15.0 = 285.0
60	5.4	300 - 5.4 = 294.6
75	2.1	300 - 2.1 = 297.9

Herhangi bir anda, kondansatör plâkları uçlarındaki gerilim: Devredeki kaynak geriliminden, voltmetrede okunan değer çıkarılmak suretiyle elde edilir. Bu değerler 15 saniye ara ile 75 saniyeye kadar alınmıştır. (Değerler Şekil 5-10 da verilen devre içindir.)

75 saniyelik zaman aralığında, kondansatör plâkalarındaki geri-

lim sıfır volttan 300 volta kadar yükselir. Bu zaman aralığında, kondansatör plâklarındaki gerilimin yükseliş eğrisi, Şekil 5-11 de gösterilmiştir. Zaman sabitesi, eğrinin yatay ekseninde gösterilmiştir.

Zaman sabitesi, aşağıdaki şekilde tarif edilebilir :



Şekil 5-11. Şarj Edilen Kondansatörün Gerilim Eğrisi.

Tamamıyla deşarj olmuş bir kondansatörün, sarj olması sırasında uçlarına uygulanan kaynak geriliminin en büyük değerinin % 63 üne çıkması için gerekli zamana, zaman sabitesi denir. Saniye olarak bu sarj zamanı, om olarak di-

rençle, farad olarak kondansatörün çarpımına eşittir.

Şekil 5-10 da verilen devrenin zaman sabitesi,

$$T = R \times C = 300,000 \times 0,00005 = 15 \text{ saniye olur.}$$

Şekil 5-11 de verilen gerilim eğrisinin yatay ekseninde 15 saniyelik işaret bir zaman sabitesi olarak gösterilmiştir. Zaman sabitesinin tarifine göre, bir zaman sabitesi R-C seri devresinde kondansatörün uçlarındaki gerilim; uygulanan gerilimin yüzde 63 üne eşit olması gerekir. Gerilim eğrisinde gösterildiği gibi, bir zaman sabitesi sonunda kondansatör uçlarındaki gerilim değeri de $300 \times 0,63 = 189$ volt olur.

Şekil 5-11, bir üslü fonksiyon eğrisini gösterir. Bu eğri için matematik formül çıkarılıp, R-C devresine uygulanırsa, herhangi bir anda kondansatör uçlarındaki gerilim,

$$e_c = E_c (\epsilon^{-T/RC})$$

olur.

$$e_c = E (1 - \epsilon^{-T/RC})$$

Ne zaman $T = R \times C$ olursa $\frac{T}{R \times C} = 1$ ve $e_c = E (1 - 2,718^{-1})$ olur.

$$2,718^{-1} = \frac{1}{2,718} \text{ olduğundan } e_c = E (1 - \frac{1}{2,718}) = E (1 - 0,37) = 0,63 E \text{ olur.}$$

Böylece, «bir» zaman sabitesinde kondansatör uçlarında meydana gelen gerilim, esas gerilimin % 63 ü olur. Şekil 5-10 da gösterilen devrede, bir zaman sabitesinde, kondansatör uçlarındaki gerilim:

$$e_c = E \left(1 - \frac{1}{2,718}\right) = 300 \times 0,63 = 189 \text{ volt olur.}$$

Eğer, «iki» zaman sabitesinde, kondansatör uçlarındaki gerilimin yüzdesi istenirse, bu değer 0,865 veya % 86,5 olarak bulunur:

$$e_c = E \left(1 - \varepsilon^{-2}\right) = E \left(1 - \varepsilon^{-2}\right)$$

$$e_c = E \left(1 - \frac{1}{2,718^2}\right) = E (1 - 0,135)$$

$$= E = 0,865 = 0,865 E$$

olur.

Şekil 5-10 da görülen seri devrede, «iki» zaman sabitesinde, kondansatör uçlarındaki gerilim ise,

$$e_c = 0,865 E = 0,865 \times 300 = 259,5 \text{ voltur.}$$

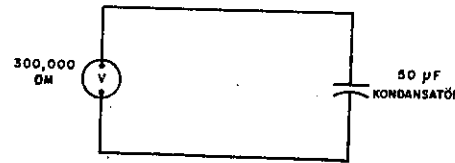
Bu formül, üç, dört ve beş zaman sabiteleri için de kullanılabilir. Bunların eşiti olan değerler de aşağıdaki tabloda verilmiştir.

ZAMAN SABİTİ SAYISI	UYGULANAN GERİLİMİN YÜZDESİ
1	63.2%
2	86.5%
3	95.0%
4	98.2%
5	99.3%

Devre hesaplarında, beş zaman sabitesinin sonunda, kondansatörün tam şarj olduğu kabul edilebilir.

Şarjlı bir kondansatör bir direnç üzerinden deşarj edildiğinde, deşarj zamanı, devrede kullanılan direncin değerine bağlıdır. Meselâ, Şekil 5-12 de 50 µf lık kondansatörün 300 voltla tam şarj edildiğini farzedelim. Sonra bu şarjlı kondansatörü 300,000 om direnci olan bir voltmetre üzerinden deşarj edelim.

Bir kondansatör bir direnç üzerinden deşarj edilirse, «bir» zaman sabitesinin sonunda, kondansatörün baştaki tam şarj gerilimi % 37 ye düşer. Kondansatörün deşarj geriliminin değeri de aşağıdaki üslü formülle hesaplanır.



Şekil 5-12. Şarj Edilen Kondansatör.

$$e_c = E \left(1 - \varepsilon^{-T/RC}\right)$$

Bu formülde,

e_c = Verilen zaman sabitesi sonunda kondansatör gerilimi.

E_c = Tam şarjlı iken kondansatör gerilimi,

ε = Neper logaritma tabanı (2,718)

dır.

T «bir» zaman sabitesine eşit olduğunda, $T = R \times C$ ve

$$e_c = E_c \left(2,718^{-1}\right) = E_c \left(\frac{1}{2,718}\right)$$

$$= E_c \times 0,37 = 0,37 E_c$$

olur.

Eğer, kondansatörün tam şarj gerilimi 300 volt kabul edilirse, «bir» zaman sabitesinin sonunda deşarj olan kondansatörün uçlarındaki gerilim:

$$e_c = 0,37 E_c = 0,37 \times 300 = 111 \text{ volt olur.}$$

Deşarj olan kondansatör plâklarındaki gerilimin yüzde değeri, beş zaman sabitesinin her biri için ayrı ayrı, tabloda verilmiştir. Bu yüzdelerin doğruluğu, daha önce verilen deşarj formülü kullanılarak kontrol edilebilir.

ZAMAN SABİTİ SAYISI	ŞARJ GERİLİMİNİN YÜZDESİ
1	37.0%
2	13.5%
3	5.0%
4	1.8%
5	0.7%

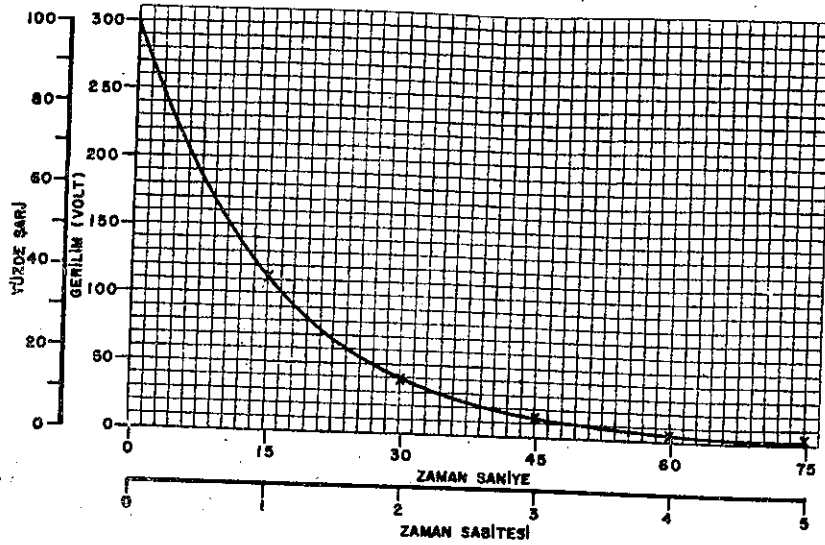
Şekil 5-13, 300,000 omluk voltmetre uçlarına bağlı 50 mikrofaradlık kondansatörün deşarj eğrisini gösteriyor. Voltmetre yalnız deşarj direnci olarak iş görmez; aynı zamanda kondansatör plâkaları uçlarında düşen gerilimi de ölçer. Eğri, aynı zamanda beş zaman sabitesinin sonunda, kondansatör geriliminin 300 volttan sıfır volta düştüğünü de göstermektedir.

Buraya kadar RC devrelerinde zaman sabitesi, üslü eğriler ve formüller yalnız gerilimle ilgisi bakımından incelendi. Şimdi şarj veya deşarj olan bir kondansatörün akım ilişkilerini inceliyelim.

Tam deşarj olmuş bir kondansatörle bir direnç, seri olarak bir D.A. kaynağına bağlandığı andaki

$$\text{akım } I = \frac{E}{R} \text{ olur. Kondansatör}$$

tam deşarj olmuşsa, kondansatörün dielektriği, ilk andaki akıma karşı hiç bir zorluk göstermez. Fakat, kondansatör plâkalarında, zamanla artan şarj, Şekil 5-11 de gösterildiği gibi zıt gerilim olarak meydana gelir. ve belli bir zaman sonunda bu gerilim devre gerili-



Şekil 5-13. Deşarj Edilen Kondansatörün Gerilim Eğrisi.

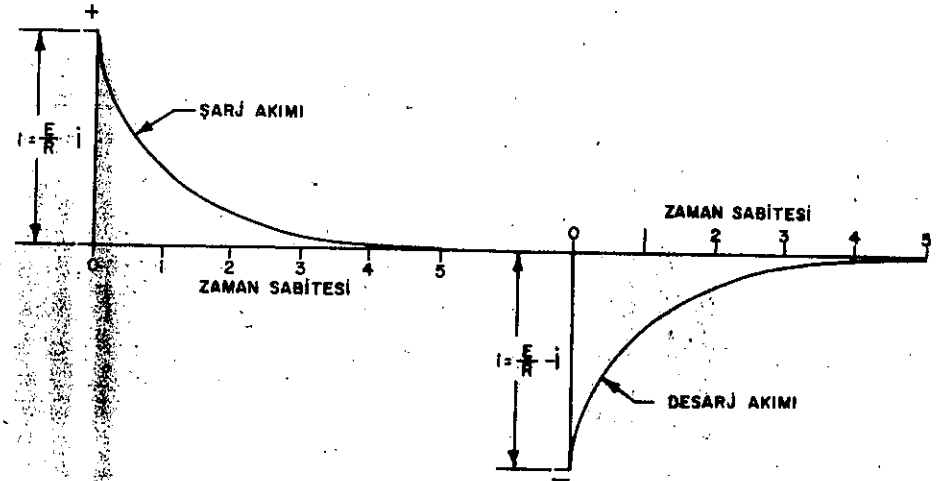
mine eşit olur. Bu gerilim yükseldikçe, akım, üslü bir eğri takip ederek azalır. Kondansatör uçlarındaki gerilim şarj gerilimine eşit olunca, şarj akımı da sıfır olur.

Eğer, bu kondansatör bir direnç üzerinden deşarj edilirse, elektronun akış yönü ters olur. Tam şarjlı kondansatör, direnç devresine bağlandığı andaki akım E/R ye

eşittir. Kondansatör uçlarındaki gerilim düşerken akım da benzer bir eğri takip ederek azalır.

Akımın şarj ve deşarj eğrileri Şekil 5-14 de verilmiştir. Gerilim üslü bir eğri takip ederek yükselirken, şarj akımı azalır. Aynı şekilde, kondansatör deşarj olurken akım Ohm kanunu değerinden sıfıra kadar düşer. Deşarj akımı eğrisi, akım yönünün ters olduğunu

ZAMAN SABİTESİ SAYISI	SARJ GERİLİMİ YÜZDESİ	KONDANSATÖR GERİLİMİ
1	37.0%	111.0
2	13.5%	40.5
3	5.0%	15.0
4	1.8%	5.4
5	0.7%	2.1



Şekil 5-14. R ve C li Seri Devredeki Akım.

göstermek için, apsis ekseninin altında verilmiştir.

Gerek şarj durumunda ve gerekse deşarj durumunda, Ohm Kanunu kullanılarak, başlangıçtaki akım elde edilebilir. Fakat, verilen herhangi bir zaman sabitesinde akımı bulmak için (şarjda ve deşarjda) Ohm Kanunundan biraz değişik olan aşağıdaki formül kullanılabilir:

$$i = \frac{E}{R} (e^{-T/RC})$$

Örnek :

Şekil 5-10 daki devrede

a. D.A. verildiği anda geçen akımı,

b. Bir zaman sabitesi sonundaki akımı

hesaplayınız.

Çözüm :

a. D.A. verildiği anda, devre akımı yalnız voltmetre direncine bağlıdır :

$$i = \frac{E}{R} (e^{-T/RC}) = \frac{300}{300,000} \text{ amper}$$

b. Bir zaman sabitesi sonunda şarj akımının değeri ise,

$$i = \frac{E}{R} (e^{-T/RC}) = \frac{300}{300,000}$$

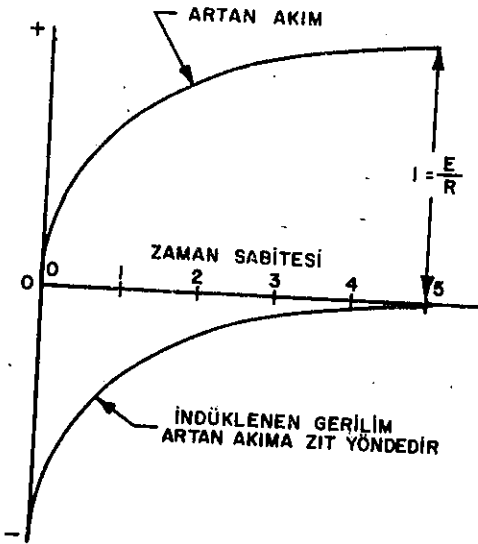
$$\times \frac{1}{2,718} = 0,001 \times 0,37 =$$

$$0,00037 \text{ A} = 0,37 \text{ ma olur.}$$

R-L ZAMAN SABİTESİ

Şimdi R-L seri devrelerinde de zaman sabitesini inceliyeceğiz. Çünkü R-C seri devreleri için verilen eğriler ve hesaplamalar bu devreler için de benzer şekilde kullanılır.

Bir bobin, bir indüktansla bir direncin seri bağlanmasından meydana gelir. Bir bobin D.A. kaynağına bağlanırsa devre akımı belli bir zaman sonra Ohm Kanunu ile bulunan $I = E/R$ değerine ulaşır. Fakat akım ani olarak Ohm kanunu değerine yükselmez. Çünkü indüktans, akımın ani olarak değişmesine karşı koyar.



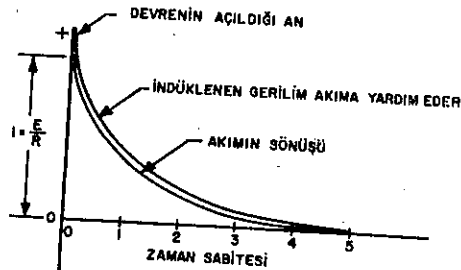
Şekil 5-15. Bir R-L Seri Devrede İndüklenen E.M.K.

Şekil 5-15, R-C devresindeki eğriler gibi, akım eğrisini gösteriyor. Devreye enerji verildiği anda indüklenen emk maksimumdur. Akımın artma hızı azaldıkça indüklenen emk de azalır. Yaklaşık olarak beş zaman sabitesi sonunda akım Ohm kanunu değerine ulaşır ve emk sıfır olur.

Bobin devresi açıldığı zaman akımın azalmasına mani olacak yönde bir emk meydana gelir. Şekil 5-16 da görüldüğü gibi, beş zaman sabitesi sonunda akım ve indüklenme gerilimi sıfır olur.

R-C devrelerinde, om olarak direnç ve farat olarak kapasitenin çarpımı zaman sabitesini verir: $T = RC$

R-L devrelerinde, bir zaman sabitesi sonundaki akım, Ohm Kanununa göre alacağı değer % 63'üne varır; ve henri olarak indüktans değerinin, om olarak direnç değerine bölümü zaman sabitesini



Şekil 5-16. Bir R-L Seri Devrede İndüklenen E.M.K. ve Akımın Sönüşü.

$$\text{verir: } T = \frac{L}{R}$$

Eğer bobinin indüktansı 0,2 henri ve direnci de 10 om ise, bir zaman sabitesi

$$T = \frac{L}{R} = \frac{0,2}{10} = 0,002 \text{ saniye olur.}$$

$$i = \frac{E}{R} \left(1 - e^{-RT/L}\right)$$

$$i = \frac{120}{10} \left(1 - e^{-10 \times 0,04 / 0,2}\right) = \frac{120}{10} \left(1 - \frac{1}{2,718^2}\right) = 12 \times 0,865 = 10,38 \text{ amper olur.}$$

Akım kesildiği zaman, bobin akımı sıfıra doğru azalır. O za-

$$i = \frac{E}{R} e^{-RT/L} \text{ veya } i = \frac{E}{R} \times \frac{1}{e^{RT/L}}$$

$$i = \frac{120}{10} \times \frac{1}{2,718^{10 \times 0,04 / 0,2}} = \frac{120}{10} \times \frac{1}{2,718^2} = 12 \times 0,135 = 1,62 \text{ amper olur.}$$

Elektrik ve elektronik devrelerinde, çeşitli kondansatör tipleri ve tatbikat yerleri vardır. Meselâ elektrikte, güç faktörünü yükseltmek ve tek fazlı motorlarda yol alma momentini yükseltmek için; elektronikte ise, redresör filitrele-

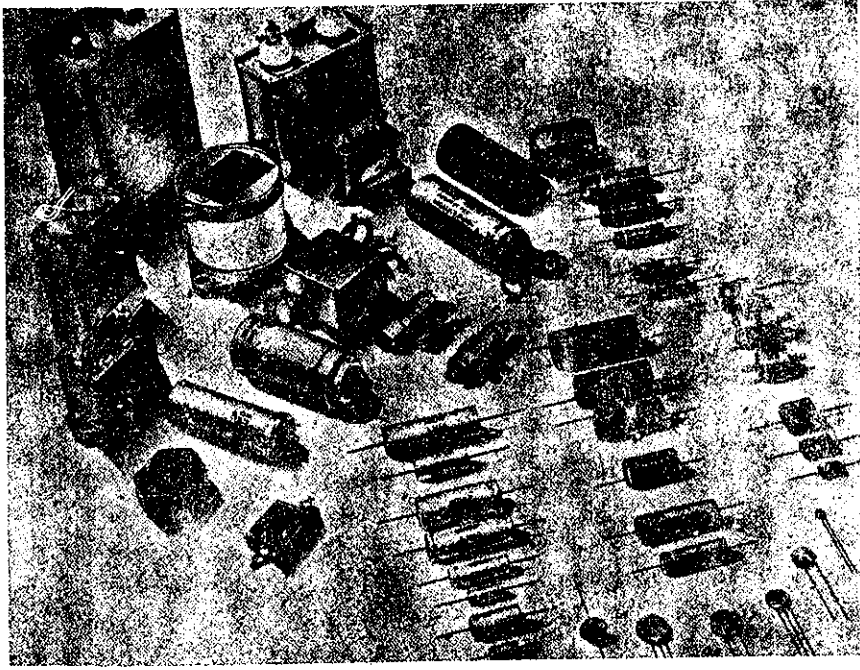
Eğer bu bobin 120 voltluk D.A. besleme kaynağı uçları arasına bağlanırsa, verilen zaman sabitesi sonunda aşağıdaki formül yardımıyla akım tayin edilebilir.

Meselâ, bu bobine enerji verildiği zaman iki zaman sabitesi (0,04 saniye) sonunda akımın değeri,

man şu formül yardımıyla akım bulunabilir.

İki zaman sabitesi sonunda, indüktans bobininde sıfıra doğru azalan akımın değeri,

rinde, radyo, odyo ve video amplifikatör devrelerinde; foto tüp, ignitron ve tayatron gibi kontrol devrelerinde ve çeşitli endüstriyel elektronik uygulamalarında da kullanılır.



Şekil 5-17. Çeşitli Kondansatör tipleri.

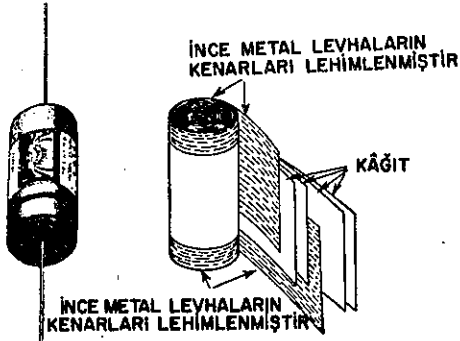
KONDANSATÖR TİPLERİ

Genellikle sabit kondansatörler plastik bir kap içinde seramik veya mika gibi yalıtkan ile ayrılmış iki iletken levhadan meydana gelir. Levhalara bağlı olarak iki uç dışarıya çıkarılır. Çok levhali kondansatörlerde her levha arasında dielektrik maddesi yerleştirilir. Sonra bunlar iki grup halinde birleştirilir. Levha alanı büyültülmekle, kapasite değeri yükseltilir.



Şekil 5-18. Mika Kondansatör

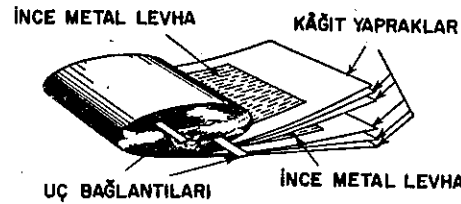
Şekil 5-18 de resmi verilen bu kondansatör tipi, genel olarak mikromikrofarad değerindedir.



Şekil 5-19. Kâğıt Kondansatör.

Şekil 5-19 da kapasite değeri büyük bir silindirik kondansatör görülmektedir. Kalay veya alüminyum yapraklardan yapılmış iki şerit arasına mumlu kâğıttan şeritler koymak suretiyle yapılır. Bunlar, genişliği 2-3 cm, uzunluğu da 2-3 m olarak imal edilir. Yaprak şeritler ve mumlu kâğıt yuvarlatılarak metal silindir veya karton kılıflar içine yerleştirilir. Bu şekilde yapılmasının sebebi, fiziksel boyutları küçük olan kondansatörlerden büyük kapasiteler elde etmektir. Ekseriya kalay veya alüminyum şerit levhalar, yağla veya plastik filim maddesi ile işlem görmüş, ince kâğıt şeritle birbirinden ayrılmıştır. Kâğıt kondansatörlerin yerleştirildiği düz kutu veya yağ fileli teneke, Şekil 5-20 de gösterilmiştir.

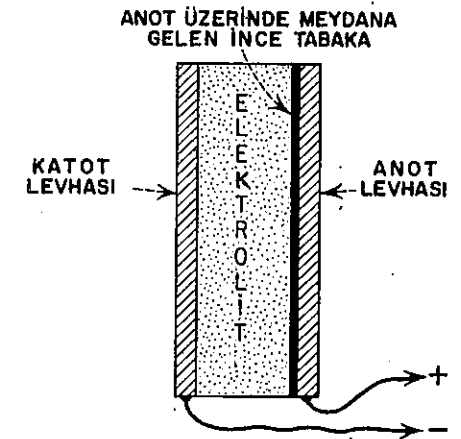
Elektronğin haberleşme alanında da seramik kondansatörler kullanılır. Seramik kondansatörlerde dielektrik maddesi baryum titanat veya titanyum dioksit gibi seramik maddelerdir. Seramik kondansatörler disk şeklinde yapılır. Disk şeklinde gümüş levhalar seramik bir diskle birbirinden ayrıldığı gibi, her iki tarafı ince se-



Şekil 5-20. Kâğıt Kondansatör

ramik diskle emniyete alınır. Seramik kondansatörlerin kapasite değeri 0,02 mikrofarad kadardır. Bundan dolayı oldukça küçük bir yer kaplar.

Şekil 5-21, yalnız doğru akım uygulamalarında kullanılan elektrolitik kondansatördür. Pozitif levha alüminyumdur ve boraks eriyiği içindedir. Eriyik aynı zamanda negatif levhayı teşkil eder. Kondansatörün elektroliti ve negatif terminali arasında ikinci alüminyum levha kontak vazifesi görür. Kondansatöre, bir D.A. kaynağı tarafından enerji verildiği zaman pozitif levha üzerinde yalıtkan bir oksit tabaka meydana gelir. Bu tabaka çok ince bir dielektrik maddesi gibi iş görür. Bu çok ince dielektrik tabaka kondansatörün fiziksel ölçüsü içinde büyük bir kapasite meydana getirir.



Şekil 5-21. Elektrolitik Kondansatör.

Kuru elektrolitik kondansatörlerde sıvı elektrolit yerine boraks eriyiği ile emdirilmiş süzgeçler kullanılır. Kuru elektrolitik kondansatörlerin en büyük avantajı, elektrolitik maddenin kondansatör kabından sızması ihtimali olmamasıdır.

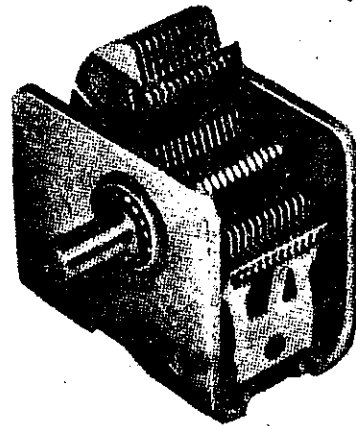
Elektrolitik kondansatör kullanıldığı zaman daima pozitif alüminyum levhanın doğru akım devresinin pozitif tarafına bağlanması lazımdır. Eğer bu kondansatörler yanlışlıkla ters bağlanırsa dielektriği delinir. Fakat yaş elektrolitik kondansatörün ince dielektriği olan okside ve gaz şeridi (tabakası) kondansatör doğru bağlandığında kendi kendini tamir edebilir. Fakat kuru elektrolitik kondansatörler ters bağlanırsa, devamlı bir bozukluk meydana gelebilir.

Elektrolitik kondansatörler alternatif akım devrelerinde kullanılmaz. Buna sebep, kondansatörün dielektrik maddesinin daimi delinmesidir. Fakat elektrolitik kondansatör biraz değişiklikle alternatif akım devresinde kullanılabilir. Bu devrelerde kullanılanlara da A.A. elektrolitik kondansatörü denir. Bu elektrolitik kondansatörler aslında arka arkaya seri bağlı iki elektrolitik kondansatörden ibarettir. Aynı adlı levhalar birbirine bağlanmıştır. Alternatif akım, kondansatörün iki dış tarafına bağlanırsa kondansatörlerden

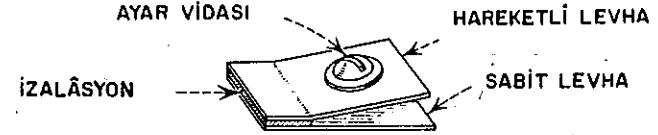
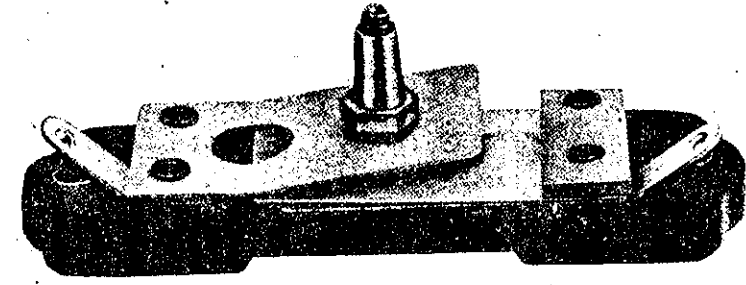
biri uygun şekilde bağlanacak ikincisinin de dielektriği delinmiş olacaktır. Diğer yarım sayıkda ise öbür kondansatörün dielektriği delinecek ve böyle A.A. geriliminin yönü hangi tarafa olursa olsun kondansatörlerden biri daima uygun şekilde devrede kalacaktır.

Şekil 5-22, hava aralıklı değişken bir kondansatörü gösteriyor. Levhalardan bir grup hareketsizdir. Diğer grup ise, hareketsiz levhalar içine girip çıkacak şekilde hareket edebilir. Mikromikrofarad gibi düşük kapasite değerleri icap eden, televizyon alıcı ve akortlu radyolarda bu tip kondansatörler kullanılır. Bu tip kondansatörlerin kapasite değerleri sıfırdan 500 μf a kadar değişir.

Hava dielektrik maddesi ile ayrılmış iki levhadan meydana gelen trimer kondansatör Şekil 5-23 de gösterilmiştir. Levhalar arasındaki uzaklık izole vida ile ayarla-



Şekil 5-22. Değişken Kondansatör.



Şekil 5-23. Trimer Kondansatör

arak kapasite değeri azaltılıp çoğaltılabilir.

Hangi tipten olursa olsun sabit kondansatörün sembolü Şekil 5-24 A da gösterilmiştir. Sematik diyag-

ramlarda, sembolün eğik kısmı toprağa veya devrenin alçak gerilim tarafına bağlanır. Şekil 5-24 de ise, bir değişken kondansatörün sembolü görülmektedir.



(A) SABİT KONDANSATÖR



(B) DEĞİŞKEN (VARIYABL) KONDANSATÖR

Şekil 5-24

HATIRDA TUTULMASI GEREKEN NOKTALAR

- Bir kondansatörün elektrostatik alan içinde elektrik enerjisini nasıl depo edip ve sonradan devreye nasıl geri verdiğini izah edebilmelisiniz.
- Kondansatör ölçüsünün standart birimi farad'dır. Farad (f) sembolü ile gösterilir. Faradın tanımı : Bir voltluk bir gerilim altında bir kulonluk elektrik enerjisi depo eden kondansatörün kapasitesi bir farad'dır.
- Bir mikroyarad 0,000,0001 veya $\frac{1}{10,000,000}$ farad'dır. Harf sembolü de μf dir.
- Bir mikroyarad 0,000,0001 veya $\frac{1}{10,000,000}$ mikroyarad; veya 0,000,000,000,001 farad'dır. Harf sembolü de $\mu\mu\text{f}$ dir.

- Bir kondansatörün kapasitesi aşağıdaki şekilde yükseltilebilir :

1. Levha alanını büyültmekle.
2. Levhaları, mümkün olduğu kadar yaklaştırmakla. Pratikte bu iş ancak ince dielektrik maddesi kullanılmakla yapılır.
3. Mümkün olduğu kadar, dielektrik sabitesi yüksek dielektrik maddesi kullanılmakla.

- Gerilim, kulon ve kapasite arasındaki ilişki, $Q = 5 \times C$ formülü ile bilinir.

- Dielektrik dayanımı teriminin manasını biliniz.

- Levhalar arasındaki uzaklık santimetre ve levha alanı santimetre kare olduğuna göre bir kondansatörün kapasitesi aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanır.

$$C = \frac{0,0885 \times K \times A}{D}$$

- Paralel bağlı kondansatörlerin toplam kapasitesi, her bir kondansatörün kapasitesi değerlerinin toplamına eşittir. Paralel bağlı kondansatörlerin toplam kapasitesi :

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + \dots$$

dır.

- Seri bağlı kondansatörlerin en küçüğünden daha küçüktür. Toplam kapasite değeri de aşağıdaki formülle bulunur.

$$C = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}}$$

- Kondansatör devre sistemlerinin toplam kapasitelerini hesaplamasını biliniz.

- Vat-saniye veya jul olarak kondansatörde toplanan enerji aşağıdaki formülle tayin edilebilir.

$$\text{Vat-saniye} = \frac{1}{2} CE^2$$

- Tamamiyle deşarj olmuş bir kondansatörün şarj olması halinde, uçlarına uygulanan kaynak geriliminin en büyük değerinin yüzde 63 üne çıkması için gerekli zamana bir zaman sabitesi denir. Saniye olarak şarj zamanı aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanabilir.

$$T = RC$$

- Şarj olan bir kondansatörün uçlarındaki gerilim aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$e_c = E (1 - e^{-t/RC})$$

- Deşarj olan kondansatörün uçlarındaki gerilim, aşağıdaki formülle hesaplanabilir.

$$e_c = E_r (e^{-t/RC})$$

$$i = \frac{E}{R} \left(1 - \frac{1}{e^{-RT/L}}\right)$$

- Bir R-C seri devresinde deşarj veya şarj akımı aşağıdaki formülle hesaplanabilir.

$$i = - \frac{E}{R} e^{-t/RC}$$

- R-L seri devrelerinde zaman sabitesinin ne olduğunu biliniz. Bir zaman sabitesi saniye

$$\text{olarak } T = \frac{L}{R} \text{ dir.}$$

- Bir R-L devresine enerji verildiği zaman, verilen zaman sabiteleri sonunda, aşağıdaki formüller kullanılarak akım tayin edilir.

$$i = - (1 - e^{-RT/L})$$

- R-L seri devresinde akım kesildiği zaman, verilen zaman sabiteleri sonunda, aşağıdaki formüller kullanılarak akım tayin edilir.

$$i = - (e^{-RT/L}) \text{ veya}$$

$$i = - \times \frac{1}{e^{-RT/L}}$$

- Aşağıdaki kondansatör tiplerinin yapılarını biliniz.

1. Mika kondansatör
2. Kâğıt kondansatörleri.
3. Seramik kondansatör.
4. Elektrolitik kondansatör.
5. Hava aralıklı varyabl kondansatör.
6. Trimer kondansatör.

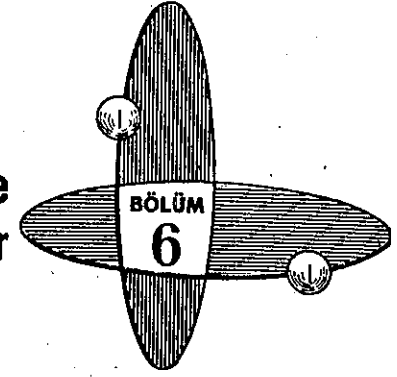
TEKRARLAMA SORULARI

1. Kondansatörün kapasitesine etki yapan üç faktörü açıklayınız.
2. Kapasite ölçü birimini tarif ediniz.
3. 250 voltluk bir gerilim kaynağı uçları arasına bağlanan bir kondansa

- tör 0,05 kulonluk elektrik yükü topladığına göre; kondansatörün kapasite değerini μf olarak hesaplayınız.
4. Dielektrik teriminin manasını açıklayınız.

5. İki alüminyum levhadan ibaret kâğıt kondansatörde her bir levhanın uzunluğu 3 m, genişliği 4 cm dir. İki levha arasında dielektrik maddesi 0,1 mm kalınlığına mumlu kâğıttır. Dielektrik katsayısı 2 dir. Kondansatörün kapasitesini hesaplayınız.
6. 220 voltluk D.A. kaynağı uçları arasında paralel olarak 20, 60 ve 30 mikrofardlık üç kondansatör bağlanmıştır.
 - a. Paralel bağlı üç kondansatörün toplam kapasitesini,
 - b. 220 voltluk D.A. kaynağına paralel bağlı üç kondansatörün kullon olarak aldığı elektrik şarjını, hesaplayınız.
7. Altıncı sorudaki üç kondansatör 220 voltluk D.A. kaynağı uçlarına seri bağlandığına göre,
 - a. Seri bağlı üç kondansatörün toplam kapasitesini,
 - b. 220 voltluk D.A. kaynağına seri bağlı üç kondansatörün kullon olarak aldığı elektrik şarjını hesaplayınız.
8. Dielektrik dayanımı ne demektir?
9. Kondansatörlerin beş pratik uygulama yerini söyleyiniz.
10. 400 voltluk D.A. kaynağına bağlı 100 mikrofardlık kondansatörün depo ettiği enerjiyi vat-saniye olarak hesaplayınız.
11. 400 voltluk D.A. kaynağı uçları arasında seri olarak 100 mikrofardlık bir kondansatörle volt başına 1000 om değerli 0-500 D.A. voltmetresi bağlanmıştır.
 - a. Devrenin zaman sabitesini,
 - b. Kondansatör şarj olurken, bir zaman sabitesi sonunda, kondansatör plâkalarında meydana gelen gerilimi hesaplayınız.
12. Onbirinci sorudaki devreyi kullanarak,
 - a. Kondansatör şarj olurken, iki zaman sabitesi sonunda, kondansatör plâkalarında meydana gelen gerilimi,
 - b. Kondansatör şarj olurken, beş zaman sabitesi sonunda, kondansatör plâkalarında meydana gelen gerilimi hesaplayınız.
13. Onbirinci sorudaki devreyi kullanarak, kondansatördeşarj olurken, bir zaman sabitesi sonunda, kondansatörün plâklarında meydana gelen gerilimi hesaplayınız.
14. Bir zaman sabitesi sonunda, onbirinci soruda verilen R-C seri devresinin şarj akımının değerini hesaplayınız.
15. Bir indüktans bobinin omik direnci 10 om ve indüktans değeri 0,5 henri olduğuna göre, zaman sabitesini hesaplayınız.
16. 15. sorudaki indüktans bobini 120 voltluk bir kaynağına başlandığına göre:
 - a. Devreye enerji verildiği andaki akımı,
 - b. Akım kesildikten bir zaman sabitesi sonra akımı,
 - c. Devreye enerji verildikten iki zaman sabitesi sonra akımı hesaplayınız.
17. Onaltıncı sorudaki indüktans bobininde akım kesildikten;
 - a. Bir zaman sabitesi sonunda,
 - b. Beş zaman sabitesi sonunda, akımı hesaplayınız.
18. a. Kuru ve yaş elektrolitik kondansatörler arasındaki farkı açıklayınız.
 - b. Elektrolitik kondansatörler nelerde kullanılır?
19. Elektrolitik kondansatörlerden başka diğer dört tip kondansatör hangileridir. Herbirinin dielektrik levhalarında kullanılan malzemeleri kısaca açıklayınız.

Alternatif Akım Devrelerinde Kondansatörler



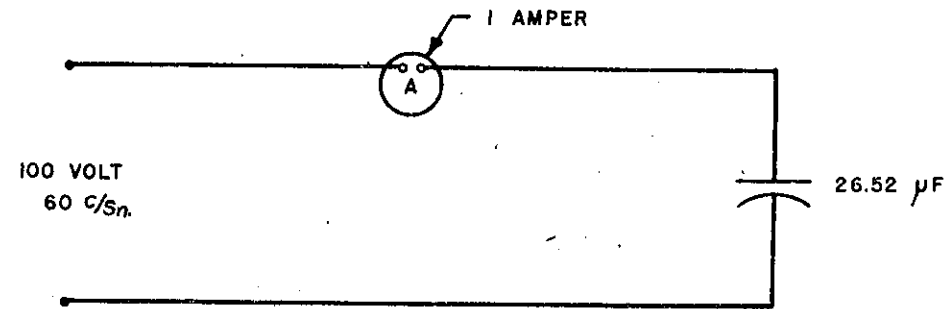
Eğer, bir A.A. besleme kaynağının bir kondansatör bağlanırsa, alternatif akımın değişme yönüne uygun olarak kondansatör devamlı şarj vedeşarj olur. Kondansatörün şarj vedeşarjı gibi akım da yön değiştirir. Şekil 6-1, 100 volt, 60 saykılık bir kaynağına bağlı 26,52 mikrofardlık bir kondansatörü göstermektedir. Devredeki ampermetre 1 amper gösteriyor. Kon-

dansatör levhaları yalıtkan madde ile ayrıldığı için, kondansatör üzerinden elektronlar geçmez. Fakat, her saykıl esnasında kondansatörün şarj vedeşarjına uygun olarak elektron akışı olur. Levhalar arasında elektrostatik alan meydana geldiğinden zıt gerilim yükselir ve akımı sınırlar. Kondansatördeki bu şarj gerilimine zıt EMK diyebiliriz.

KAPASİTİF DİRENÇ

Daha önce, bir D.A. kaynağı uçlarına bağlanan bir kondansatörün,

şarj olduğu ve gerilimi şarj sonunda kaynak gerilimine eşit



Şekil 6-1. Saf Kapasiteli A.A. Devresi.

olduğu açıklanmıştı. Kondansatör şarj olmağa başladığı anda yani henüz şarjsız durumda iken şarj akımı maksimumdur. Şarj sonucu, kondansatör plâklarında kaynak gerilimine eşit, zıt bir gerilim meydana gelir. Kondansatör uçlarındaki gerilim D.A. kaynağı gerilimine eşit olduğu zaman akım sıfıra düşer ve sıfırda kahr.

Alternatif akım devrelerinde, endüktans zıt elektromotor kuvvete sebep olarak, akımın değerini sınırlar. A.A. devrelerinde endüktif reaktans diye adlandırılır

$$X_c = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{377 \times 0,0002652} = \frac{1}{0,010} = 100 \text{ om bulunur.}$$

Derivedeki akım Om kanunu ile hesaplanır. Yalnız R direnci yerine (X_c) kapasitif reaktans konur.

$$I = E / X_c = 100/100 = 1 \text{ amper}$$

$$X_c = \frac{1}{2\pi f C} \text{ formülü, om olarak kapasitif reaktansın, frekans ve kondansatörün kapasitesi ile ters orantılı olduğunu gösterir.}$$

Gerçekten, belli bir gerilimde kondansatörün şarjı kapasitesine bağlıdır. Kapasite artarsa belli bir zaman içindeki şarj ve bunun so-

ve om olarak ölçülür. Aynı şekilde, kondansatörün de A.A. devrelerinde akımı sınırlama etkisi om olarak ölçülür ve kapasitif reaktans olarak adlandırılır.

Kapasitif reaktansın formülü

$$X_c = \frac{1}{2\pi f C} \text{ dir. Burada}$$

$2\pi = 6,28$ f, saniyede sayıkl olarak frekans ve C farad olarak kapasitedir. Şekil 6-1 de ki kondansatörün kapasitif reaktansı,

nucu olarak akım artar. Frekans artarsa, kondansatörün üzerine aldığı şarj değişmez; fakat belli bir zaman içinde kondansatör daha çok şarj ve deşarj olur. Akım birim zamanda geçen elektronların sayısı olduğuna göre, kondansatör devresinden geçen akım frekansla doğru orantılı olur.

Böylece, belli bir gerilim için frekansın veya kapasitenin yükselmesi akımı da yükseltir. Frekansın veya kapasitenin yükselmesi ile om olarak kapasitif reaktans küçülür.

İLERİ AKIM

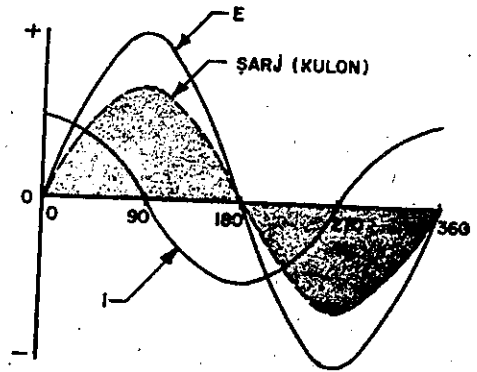
Şekil 6-1 de omik direnci dikkate alınmayan, 100 om luk kapasitif reaktansı olan bir kondansatör görünüyor. Devredeki akım 1 amperdir. Daha önce, omik devrelerde akımın gerilimle aynı fazda, endüktif devrelerde ise akımla gerilimin 90 derece faz farklı olduğu gösterilmişti. Kapasitif reaktanslı devrede akım geriliminden 90 derece ilerdedir.

Beşinci bölümde, bir doğru akım kaynağı uçları arasına bir kondansatör bağlandığında kondansatörün şarj olduğu, şarjlı kondansatör uçları arasına bir direnç bağlandığında kondansatörün deşarj olduğu görülmüştü. Eğer, alternatif bir gerilim kondansatör uçları arasına tatbik edilirse, frekansa uygun olarak kondansatör şarj ve deşarj olur. Bir kondansatörün plâklarına tatbik edilen alternatif gerilim, plâklarındaki şarjla aynı fazda olur. Şekil 6-2 de görüldüğü gibi sıfır gerilimde kulon olarak şarj sıfır; maksimum gerilim değerinde ise kulon olarak şarj maksimumdur.

Şekil 6-2 de, gerilim ve şarj eğrilerinin aynı fazda oldukları gösterilmiştir. Akım ise, E hat geriliminden 90 derece ilerdedir. Kondansatörün uçlarındaki gerilim sıfırdan 90 dereceye yükseldiği esnada, kondansatör şarj olur. 90 derecede gerilimin yükselmesi dur-

duğundan bu noktada akım da sıfır olur. Gerilim düşmeğe başlayınca, kondansatör de deşarj olur. Elektronlar levhalardan kaynağa doğru akar. Gerilim $90^\circ - 180^\circ$ arasında sıfıra doğru azaldıkça, deşarjın veya negatif olarak akımın, yükseldiği görülür.

180° de, hat gerilimi ve kulon olarak şarj sıfırdır. Akım ise, maksimum olur. Tatbik edilen gerilim maksimum negatife doğru yükselmeğe başlayınca, kondansatör de ters yönde şarj olur. 180° den 270° ye kadar akım aynı yöndedir. Fakat tatbik edilen gerilimin genliği yükseldikçe akım da düşer. 270° de, gerilimin yük-



Şekil 6-2. Bir Kondansatör için A.A. Gerilimi, Akımı ve Kulon Olarak Şarj.

selvesi durur ve bu noktada akım da sıfır olur. 270° ile 360° arasında gerilim tekrar sıfıra düşer. Negatif şarj kondansatörden hareket ederek pozitif yönde kondansatör

FAZ AÇISI EKSİKLİĞİ

Endüktans bobinlerinin hesaplanmasında, endüktif reaktans gibi direnci de dikkate almak lâzımdır. Fakat, düşük frekanslarda kondansatörler hesaplanırken, umumiyetle direnç kaybı ihmal edilir ve kondansatör uçlarındaki akımla gerilim arasında 90 elektrik derecesi vardır.

Aslında kondansatörde açı 90 dereceden daha azdır. Faz açısı eksikliği, kondansatörün gerilimi ile akımı arasındaki faz açısının 90 dereceden çıkarılması ile elde edilen açıdır. Mika dielektrikli bazı kondansatörlerin faz açısı eksikliği 3 veya 4 dakikadan daha azdır. Diğer tip dielektrikli kondansatörlerin ise faz açısı noksanlığı 1° den daha büyük olabilir. Eğer faz açısı noksanlığı fazla olursa, kondansatör içinde güç kaybı yükselecek; bunun sonucu kondansatör içinde sıcaklık da yükselecektir. Sıcaklığın yükselmesi dielektriğin ömrünü kısaltacaktır.

Bir kondansatörün güç faktörü çok kullanılan bir terimdir. Güç faktörü, güç kaybının volt-ampere oranıdır. Güç katsayısını düzelt-

akımını yükseltir. 360 de, akım pozitif yönde yükselecek; gerilim de sıfır değerine düşecektir. 360 de kondansatör tamamen deşarj olmuş duruma gelir.

mek için kullanılan kondansatörlerin güç faktörleri 0,01 veya daha azdır.

Haberleşme ile uğraşanlar, kondansatörün kayıplarını ifade eden «Q» terimini kullanırlar. Bunun hesabı:

«R_e» eşdeğer direncinin kullanılmasına dikkat ediniz. İdeal olmayan kondansatörde vat olarak güç kaybına sebep olan bu direnç; ideal bir kondansatörde devreye seri olarak bağlanmış gibi kabul edilir ve direnç kayıpları ile dielektrik kayıplarını ihtiva eder. Bir kondansatörün «Q» sü aynı zamanda Q = var / vat olarak da gösterilebilir.

«Q» büyük bir sayıdır. Güç faktörü ise çok küçük bir sayı olduğundan Q nün kullanılması daha uygundur.

$$Q = \frac{X_c}{R_e} = \frac{1}{2\pi FCR_e}$$

BİR KONDANSATÖRÜN GERİLİM DAĞITIMI

Kondansatöre tatbik edilen alternatif gerilimin maksimum değeri D.A. çalışma gerilimi açısından dolayı kondansatörlerin çalışma gerilimi ekseriya D.A. için verilir. Meselâ çalışma gerilimi D.A.da 600V olan bir kondansatör, 600 voltluk A.A.da çalışabilir mi? Çalışamaz; çünkü 600 voltluk alternatif gerilimin maksimum değeri 600.1,414 = 848 volt dır.

Eğer, kondansatörün dielektriği 600 volta göre hesaplanmışsa A.A. geriliminin bir saykılında iki kere bu değere varacağından dielektrik delinip kondansatör bozulabilir. Her ne kadar maksimum gerilim kısa bir müddet için devam edi-

yorsa da, kondansatör, alternatif gerilimin maksimum değerine dayanabilecek çalışma geriliminde olmalıdır.

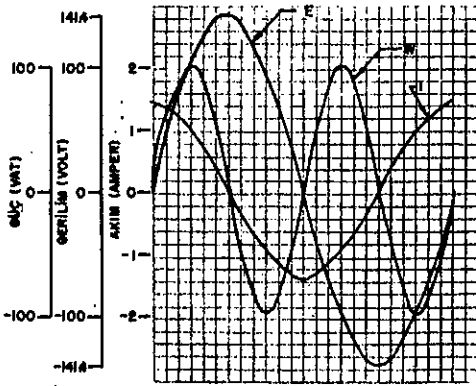
Kondansatöre tatbik edilen alternatif gerilimin maksimum değeri, D.A. çalışma gerilimini aşmasa bile kondansatörün ömrü kısalabilir. Çünkü güç kayıplarının artması sıcaklığı da artırır. Bir D.A. kondansatörü A.A. da çalıştığı zaman bir çok sakıncalar ortaya çıkabilir. Bu sebepten kondansatörler hangi devre için yapılmışlarsa orada kullanılmalıdır.

Derece	Gerilim Ani Değeri	Akımın Ani Değeri	Gücün Ani Değeri
0	0.0	1.414	0.0
15	36.6	1.366	50.0
30	70.7	1.225	86.6
45	100.0	1.000	100.0
60	122.5	0.707	86.6
75	136.6	0.366	50.0
90	141.4	0.0	0.0
105	136.6	-0.366	-50.0
120	122.5	-0.707	-86.6
135	100.0	-1.000	-100.0
150	70.7	-1.225	-86.6
165	36.6	-1.366	-50.0
180	0.0	-1.414	0.0
195	-36.6	-1.366	50.0
210	-70.7	-1.225	86.6
225	-100.0	-1.000	100.0
240	-122.5	-0.707	86.6
255	-136.6	-0.366	50.0
270	-141.4	0.0	0.0
285	-136.6	0.366	-50.0
300	-122.5	0.707	-86.6
315	-100.0	1.000	-100.0
330	-70.7	1.225	-86.6
345	-36.6	1.366	-50.0
360	0.0	1.414	0.0

KONDANSATÖRDEKİ GÜÇ

Şekil 6-1 de gösterilen devrede akımla gerilim arasında 90° olup gerilimin maksimum değeri 141,4 volt, akımın maksimum değeri ise, 1,414 ve etkin değeri de 1 amperdir. Herhangi bir anda vat olarak güç değeri, aynı andaki amper ve voltun çarpımına eşittir. Bu kondansatör devresi için, 15 derece ara ile, volt, amper ve vat olarak ani değerleri cetvelde gösterilmiştir.

Daha önceki tablo kullanılarak, Şekil 6-3 de görüldüğü gibi akım, gerilim ve güç değerlerinin dalga şekilleri çizilebilir. Sıfır derece ile 90° arasında akım ve gerilim pozitifdir. Dolayısıyla, saykılın bu kısmında akım ve gerilim pozitif bir güç verir. Neticede, sıfır dere-



Şekil 6-3. Saf Kapasitede Güç.

ce ile 90° arasında kondansatör besleme devresinden enerji alıyor ve bu enerji elektrostatik enerji olarak kondansatörde toplanıyor.

90° ve 180° arasında akım negatif maksimum değere yükselirken gerilim pozitif değerde olup, sıfıra doğru azalır. Negatif akım ve pozitif gerilim sonucu saykılın bu kısmında negatif bir güç meydana gelir. Neticede, kondansatörde toplanan enerji kaynağa gerisin geriye döner, kondansatör deşarj olur.

180° ve 270° arasında akım ve gerilim birlikte negatif olur. Saykılın bu kısmında güç de pozitif olur. Neticede kondansatör tekrar şarj olur ve enerji toplanır.

270° ve 360° arasında gerilim negatif, akım ise pozitif yönde yükselir. Negatif gerilim ve pozitif akımın sonucu negatif güç elde edilir. Kondansatördeki enerji tekrar devreye döner ve kondansatör deşarj olur.

Şekil 6-3 de görüldüğü gibi, iki pozitif güç dalgası, iki negatif güç dalgasına eşittir. Sıfır referans çizgisinin üstünde kalan pozitif dalgalar pozitif güçtür. Buna kaynaktan yüke beslenen güç de denir. Referans çizgisinin altında kalan güç dalgalarına da negatif güç denir. Bu güç, kondansatör deşarj olurken kondansatörden kaynak gerilimine gerisin geriye dönen

güçtür. Eğer, pozitif güç dalgasının alanı negatif güç dalgasının alanına eşit ise, tam bir saykıl ve-

ya herhangi sayıda tam saykıl sonunda kondansatörün çektiği güç sıfır olur.

SERİ VE PARALEL KONDANSATÖRLER

Seri ve paralel kondansatörlerin toplam kapasitesinin hesaplanması, daha önce kaideler kullanılarak, yapılmıştı. Şekil 6-4 toplam kapasitesi 55 mikrofaraad olan üç adet paralel bağlı kondansatörü gösteriyor. Üç adet paralel bağlı kondansatörün toplam kapasitif reaktansı, bu kondansatörlerden herhangi birinin kapasitif reaktansından daha küçüktür. Çünkü levha alanı, herhangi bir kondansatörün levha alanından daha büyüktür.

Paralel bağlı üç kondansatörün reaktansı :

$$X_c = \frac{1}{2\pi fC} = \frac{1}{377 \times 0,000055}$$

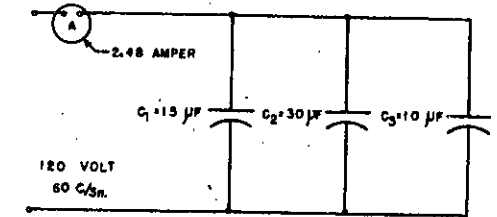
$$= \frac{1}{0,020735} = 48,22 \text{ om.}$$

Toplam akımı :

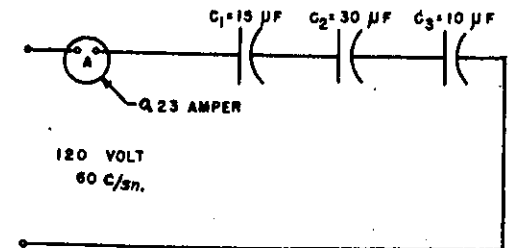
$$I = \frac{E}{X_c} = \frac{120}{48,22} = 2,48 \text{ amper}$$

2,48 amperlik akım devredeki A.A. gerilimi ile 90 derece faz fark-

lıdır : Bundan dolayı da, vat olarak kondansatörün çektiği gerçek güç sıfırdır. Şekil 6-5 aynı üç kondansatörün seri bağlantısını göstermektedir. Toplam kapasite ise 5 mikrofaraad'dır. Bu devre 120 volt 60 saykılıklı bir A.A. kaynağına bağlanırsa, toplam reaktans :



Şekil 6-4. Paralel Bağlı Kondansatör.



Şekil 6-5. Seri Bağlı Kondansatör.

$$X_c = \frac{1}{2\pi fC} = \frac{1}{377 \times 0,000,005} = 530,5 \text{ Om.}$$

Seri bağlantılarda, küçük değerli kapasiteler, omik olarak yüksek değerli kapasitif reaktansın meydana gelmesine sebep olur. Seri devredeki akım :

REAKTİF VOLT-AMPER

Bir a.a. kaynağı uçları arasında saf bir omik direnç bağlanırsa devreden geçen akım tatbik edilen gerilimle aynı fazda olur. Devredeki gerçek güç de aşağıdaki herhangi bir formül yardımıyla hesaplanabilir.

$$W = E \times I \quad W = I^2 \times R \quad W = \frac{E^2}{R}$$

Bir A.A. kaynağı uçları arasında saf bir endüktans bağlanırsa, akım gerilimden 90 derece geri kalır ve güç kaybı olmaz. Tatbik edilen gerilim ve bunun sonucu akım gerçek güç kaybına sebep olmaz. Bu devrede akımla gerilimin çarpımına reaktif güç denir ve var (reaktif volt-amper) ile gösterilir. Bir saf endüktans bobinin reaktansı bir om, tatbik edilen gerilim 1 volt ise akım da gerilime nazaran 90° geri olup, 1 amperdir.

$$I = \frac{E}{X_c} = \frac{120}{530,5} = 0,23 \text{ amper}$$

olur.

Seri devrede ampermetre nereye bağlanırsa bağlansın aynı akım okunur. Akımla gerilim arasında, yine 90° faz farkı vardır.

Bu şartlar altında bobin bir var ister, ya da sarfeder.

Saf bir endüktansın, reaktif gücü aşağıdaki herhangi bir formülle hesaplanabilir.

$$\text{Var} = E \times I \quad \text{Var} = I^2 \times X_L$$

$$\text{Var} = \frac{E^2}{X_L}$$

Saf kapasitif devrede de reaktif güç aşağıdaki formüllerden biri yardımıyla hesaplanabilir :

$$\text{Vars} = -E \times I \quad \text{Vars} = -I^2 \times X_c$$

$$\text{Var} = \frac{E^2}{X_c}$$

Negatif işaretler kondansatör var'ının, endüktans var'ının tersi olduğunu gösterir. Çünkü kapasitif

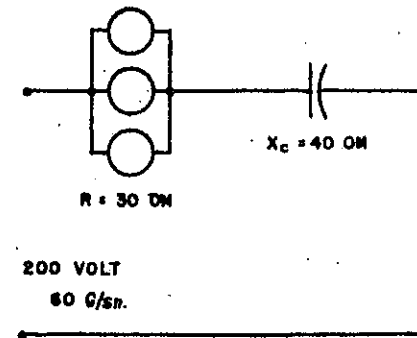
tif ve endüktif akımlar arasında 180° faz farkı vardır.

Endüktans ve kapasitansı olan bir devrede endüktif «var» kapasitif var'a eşitse devre rezonanstadır, denir.

DİRENÇ VE KONDANSATÖRÜN SERİ BAĞLANMASI

Endüktansı olmayan 30 omluk bir dirençle, 40 om kapasitif reaktansı olan bir kondansatör, 200 volt ve 60 saykılık devreye seri bağlanmıştır. Şekil 6-6. Devredeki akım, direnç ve kapasitif reaktansla sınırlıdır. Bu devrede şunları bulunuz :

1. Om olarak empedans
2. Amper olarak akım
3. Vat olarak güç
4. Var olarak reaktif güç
5. Volt-amper olarak görünür güç.
6. Güç faktörü.

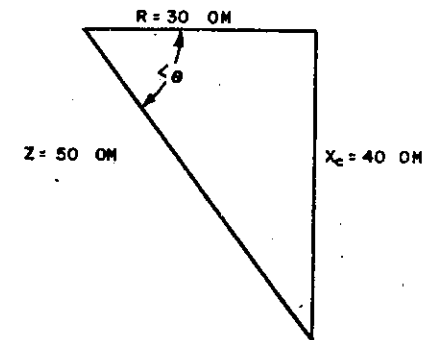


Şekil 6-6. R ve X_c li Seri Devre.

Bazan endüksiyon motoru, flüoresan lâmba gibi endüktif alıcılardan çektiği reaktif gücü karşılamak için devrelerde kondansatör kullanılır.

1. Bir A.A. devresinde om olarak empedans, omik dirençle reaktansın bileşkesidir. Reaktans, ya endüktif reaktans ya da kapasitif reaktans olabilir. Bu devreyi teşkil eden empedans üçgeninde taban kenar 30 om olarak omik direnci, yükseklik 40 om olarak kapasitif reaktansı ve hipotenüs de 50 om olarak empedansı gösterir. Şekil 6-7.

Şekil 6-7 deki üçgenin hipotenüsü, iki kenarın kareleri toplamının kare kökü kadardır :



Şekil 6-7. R ve X_c li Seri Devrede Empedans Üçgeni.

$$Z = \sqrt{R^2 + X_c^2} = \sqrt{30^2 + 40^2} = 50 \text{ om}$$

2. Bu seri devrede, 200 voltluk hat gerilimi,

$$I = \frac{E}{Z} = \frac{200}{40} = 40 \text{ amper}$$

lik akıma sebep olur.

3. Devredeki gerçek güç, devrenin omik direncinde harcanır. Çünkü, kondansatörün omik direnci dikkate alınmamıştır. Gerçek güç $W = I^2 \times R$ formülü ile hesaplanabilir. Aynı zamanda, omik dirençte düşen gerilimle akımı çarpmak suretiyle ya da omik direnç uçlarındaki gerilimin karesini dirence bölmek suretiyle de gerçek güç bulunabilir. Bu metodlar aşağıda gösterilmiştir.

$$\begin{aligned} W &= I^2 \times R \\ &= 4^2 \times 30 \\ &= 16 \times 30 \\ &= 480 \text{ vat} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W &= E_R \times I \\ &= 120 \times 4 \\ &= 480 \text{ vat} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W &= \frac{E_R^2}{R} \\ &= \frac{120 \times 120}{30} \\ &= 480 \text{ vat} \end{aligned}$$

4. Kondansatör akımı ile gerilimin çarpımı reaktif gücü verir. Gerilim, akımdan 90 derece geridedir.

$$E_c = I \times X_c = 4 \times 40 = 160 \text{ volt.}$$

$$\begin{aligned} \text{Var} &= - E_c I \\ &= - 160 \times 4 \\ &= - 640 \end{aligned}$$

Aynı cevap başka yoldan da bulunabilir :

$$\begin{aligned} \text{Var} &= - I^2 \times X_c \\ &= - \frac{E^2}{X^2} \end{aligned}$$

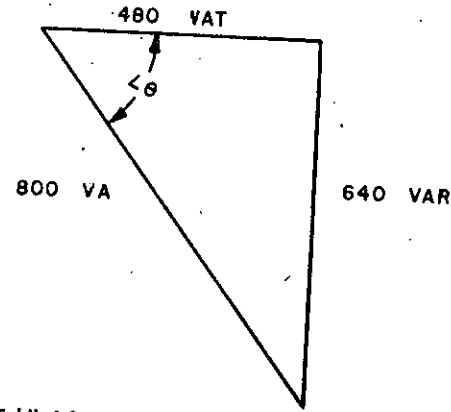
5. Devrenin giriş volt-amperi iki metotla elde edilebilir :

a. Hat-gerilimi \times Hat akımı = Volt-amper

$$E \times I = 200 \times 4 = 800 \text{ volt-amper.}$$

b. Şekil 6-8 de görüldüğü gibi giriş volt-amperi, gerçek güçle reaktif gücün bileşkesi olduğundan, üçgende taban kenarı gerçek gücü, dik kenar reaktif gücü ve hipotenüs ise giriş volt-amperi verir. İki kenarın karelerinin toplamının kare kökü volt-amperi (görünür gücü) verir :

$$\begin{aligned} \text{-Volt-amper} &= \sqrt{W^2 + \text{Var}^2} \\ &= \sqrt{480^2 + 640^2} = 860,2 \text{ Volt-amper} \end{aligned}$$



Şekil 6-8. R ve X_c li Seri Devrede Güç Üçgeni.

6. Bir A.A. devresinde güç faktörü, volt-amperin, vat olarak gerçek güce oranıdır. Güç üçgeninde güç kenarının hipotenüse oranı $\cos \theta$ açısının kosinüsünü verir. Şekil 6-8.

Şekil 6-9, bu devrenin empedans üçgenini, güç üçgenini ve vektör diyagramını gösteriyor. Kondansatör uçlarındaki gerilim akımdan 90° geride olup, vektör diyagramında 0 dan 90 dereceye bir açı alındıktan sonra aşağıya doğru çizilmiştir.

Empedans üçgeninde her kenar akımla çarpıldığında, gerilimler üçgeni elde edilir. Empedans ve gerilim üçgenleri, benzer olup; vektör diyagramındaki teta (θ) açısı her iki diyagramda da aynıdır.

Empedans üçgeni ile güç üçgeni de benzerdir. Kondansatörün reaktif gücü negatif olduğundan diyagramda aşağıya doğru gösterilmiştir. Akım gerilimden 90 derece ilerdedir.

Üç üçgenden herhangi biri kullanılmak suretiyle, bu devrenin güç faktörü hesaplanabilir.

Empedans üçgeninin değerlerini kullanarak :

$$\begin{aligned} \cos \theta &= \frac{R}{Z} \\ &= \frac{30}{40} = 0,60 \end{aligned}$$

$$\theta = 53,1^\circ \text{ ilerde}$$

Güç üçgeni değerlerini kullanarak:

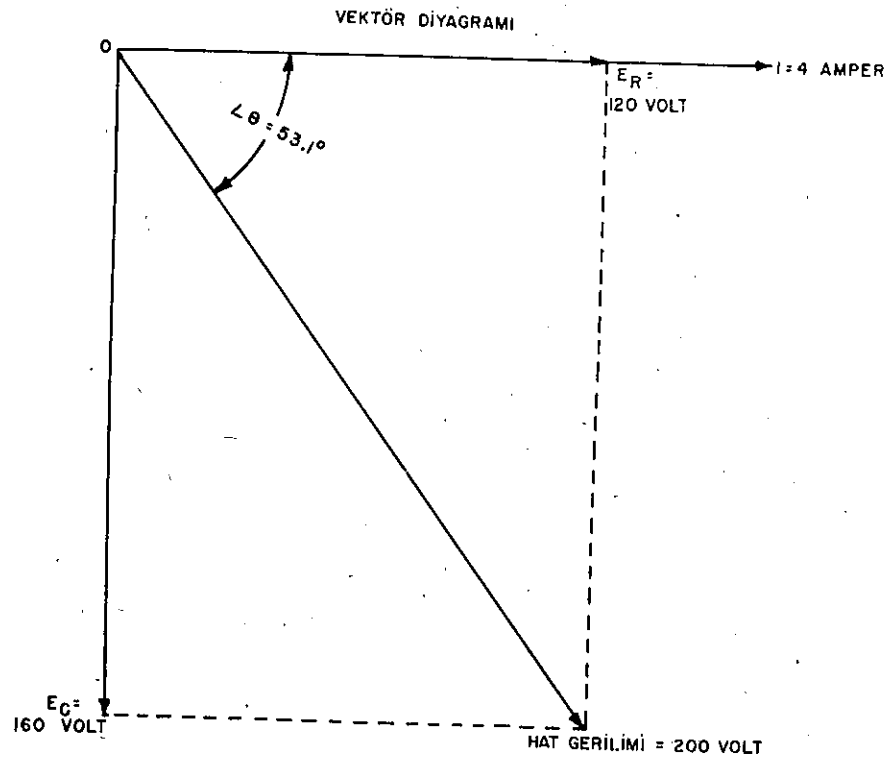
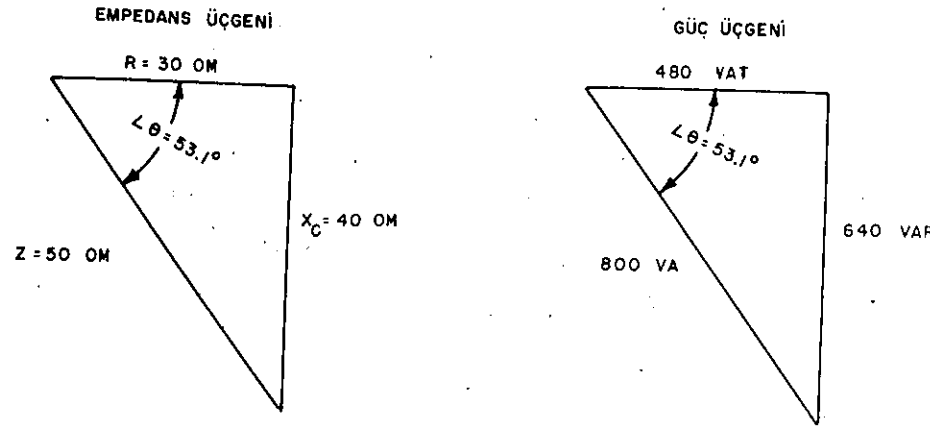
$$\begin{aligned} \cos \theta &= \frac{W}{VA} \\ &= \frac{480}{800} \\ &= 0,60 \end{aligned}$$

$$\theta = 53,1^\circ$$

Gerilim değerlerini kullanarak:

$$\begin{aligned} \cos \theta &= \frac{E}{E_R} \\ &= \frac{120}{200} = 0,60 \end{aligned}$$

$$\theta = 53,1^\circ$$

Şekil 6-9. R ve X_C Seri A.A. Devresinin İncelenmesi.

Bu devrenin teta açısı veya güç hat akımının, gerilimden 53,1 derece faktörü açısı 53,1 derecedir. Bu, rece ilerde olduğunu ifade eder.

HATIRDA TUTULMASI GEREKEN NOKTALAR

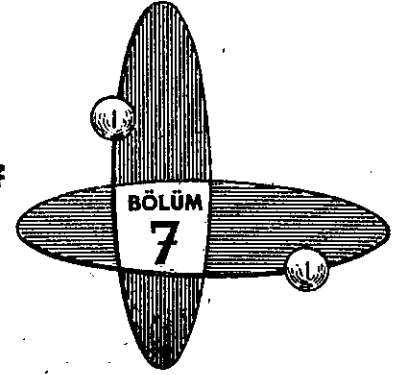
- Bir devrenin kapasitif reaktansı, kapasite ve tatbik edilen alternatif akımın frekansı ile ters orantılıdır.
- $X_C = \frac{-1}{2 \pi f C}$ kapasitif reaktans formülüdür.
- Bir kondansatör devresinde, kondansatör uçlarındaki gerilim, kondansatörden geçen akımdan 90° geridedir.
- Faz açısı eksikliği, güç faktörü ve Q terimlerinin ne olduğunu biliniz.
- Pratik olarak, tam bir saykıl-da elde edilen güç sıfırdır.
- Kondansatörler seri ve paralel bağlandığı zaman ve değerleri de mikroyarad veya mikromikroyarad ise, kapasitif reaktansın om olarak nasıl hesaplanacağını öğreniniz.
- Direnç ve kapasitif reaktansın seri bağlı olduğu devrelerin nasıl çözüleceğini öğreniniz. Direnç ve kapasitif reaktansın seri bağlı olduğu devrelerde empedans üçgeninin ve vektör diyagramlarının nasıl çizildiğini öğreniniz. Aynı zamanda, seri devre problemlerinde bu diyagramları kullanabilmelisiniz.

TEKRARLAMA SORULARI

1. Kapasitif reaktans nedir ?
2. 220 volt, 60 saykallık bir besleme devresi uçları arasına 10,30 ve 60 mikroyaradlık üç kondansatör paralel bağlanmıştır.
 - a. Bu üç kondansatörün yerine kullanılabilecek kondansatörün kapasitesini hesaplayınız.
 - b. Üç kondansatörün çektiği toplam akımı hesaplayınız.
 - c. 10 mikroyaradlık kondansatörden geçen akım ne kadardır ?
3. Soru 2 deki üç kondansatör, aynı A.A. besleme devresine, seri olarak bağlanmıştır.
 - a. 100 mikroyaradlık bir kondansatör 240 volt, 50 saykallık bir kaynağa bağlanmıştır. Kapasitif reaktansı ve akımı bulunuz.
 - a. Seri olarak bağlanmış kondansatör gurubunun mikroyarad olarak kapasite değeri ne kadardır ?
 - b. Seri olarak bağlanmış kondansatör gurubunun kapasitif reaktansı ne kadardır ?
 - c. 10 mikroyaradlık kondansatörden geçen akım ne kadardır ?

- b. Aynı kondansatör 240 volt, 25 sayıklık bir kaynağa bağlandığına göre.
Kapasitif reaktansı ve akımı bulunuz.
- c. Bu sorunun (a) ve (b) kısımlarında akım ve kapasitif reaktans arasında meydana gelen farkın sebeplerini söyleyiniz.
5. «Faz açısı eksikliği» teriminin ne manaya geldiğini açıklayınız.
6. Bir kondansatörün faz açısı eksikliği 1,2 derecedir.
a. Bu kondansatörün uçlarındaki gerilimden ilerde olan akımın açısı ne kadardır?
b. «Q» ve güç faktörü ne kadardır?
7. Endüktif etkisi olmayan 30 omluk bir omik dirençle, direnci ihmal edilebilen 25 omluk kapasitif reaktans seri olarak bağlanmıştır. Bu seri devreye 210 volt, 50 sayıklık bir gerilim verildiğine göre:
a. Seri devrenin empedansını
b. Amper olarak akımı
c. Omik direnç uçlarında düşen gerilimi hesaplayınız.
8. 7. soruda şunları bulunuz:
a. Seri devrede harcanan gücü
b. Seri devrede reaktif güç bileşenini
c. Volt-amper olarak görünür gücü,
d. Devrenin güç faktörü,
e. Güç faktörü açısı.
9. Yedinci sorudaki seri devrenin aşağıdaki diyagramlarını uygun ölçeklerle çiziniz.
a. Empedans üçgeni,
b. Güç üçgenini,
c. Gerilim vektör diyagramını.
10. Yedinci soruda, seri devrede kullanılan kondansatörün mikrofaraad olarak değeri nekadardır?
11. Deney yapılan, bir seri devre 5000 om maksimum değeri olan bir değişken dirençle, 1 mikrofaraadlık bir kondansatörden ibarettir.
a. Akımın gerilimden 45° ilerde olması istenirse, değişken direnç kaç oma ayarlanmalıdır?
b. Devreden geçen akımı bulunuz.
c. Bu devrenin güç faktörünü bulunuz.
d. Görünür gücü bulunuz.
12. 11. soruda şunları bulunuz:
a. Değişken direnç uçlarında düşen gerilimi,
b. Kondansatör uçlarında düşen gerilimi,
c. Kondansatörün reaktif gücünü.
d. Bütün seri devrenin görünür gücünü.
13. 11. sorudaki devrenin vektör diyagramını ve empedans üçgenini uygun bir ölçekle çiziniz.
14. Çalışma gerilimi 500 volt olan bir kâğıt kondansatör hem A.A. hem D.A. da kullanılmaktadır. Bu kondansatör 440 V, 50 sayıklık bir gerilime emniyetle bağlanabilir mi?
15. Bir kondansatör 120 V, 50 sayıklık bir gerilime bağlandığında ampermetre 5 amperi, vatmetre 10 watı göstermektedir. Şunları bulunuz:
a. Kondansatörün omik direnci,
b. Güç faktörü,
c. Faz açısı,
d. Faz açısı eksikliği.

Seri Devreler - Direnç, Endüktif Reaktans ve Kapasitif Reaktans



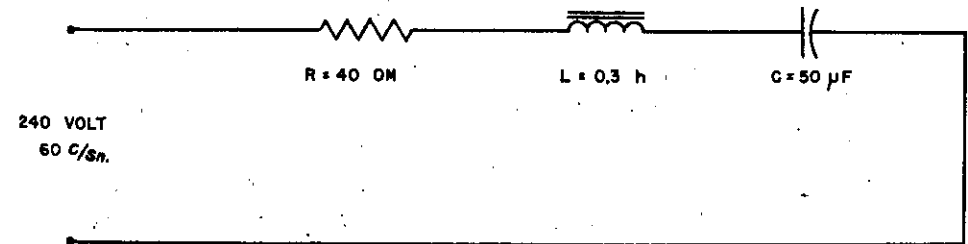
Birçok alternatif akımlı seri devreler; direnç, endüktans ve kapasitans ihtiva ederler. Endüktans ve kapasitansın bir alternatif akım devresinde tamamen zıt tesirleri vardır ve bu tip bir devrenin nasıl analiz edileceğinin ve çeşitli değerlerinin nasıl hesaplanacağını bilmesi önemlidir.

Şekil 7-1, bir direnç, ihmal edilebilir dirençli bir endüktif bobin ve bir kondansatörlü seri devreyi göstermektedir. Bobinin endüktif reaktansının meydana getirdiği gerilim düşmesi, hat akımını 90 elektrik derecesi ilerletirken; kondansatördeki gerilim düşmesi ay-

nı hat akımını 90° geriletir. Bu sebepten dolayı, endüktans bobininin ve kondansatörün gerilim düşmeleri 180° farklıdır ve birbirlerine karşı koyarlar.

Eğer iki gerilim düşmesi 180° faz farklı ise, bu gerilim düşmelerini meydana getiren iki reaktans değeri birbirine zıt şekilde tesir eder. Bu tip seri devrede net reaktansı om olarak elde etmek için; kapasitif reaktans, endüktif reaktansından çıkarılır.

Meselâ, Şekil 7-1 deki devrede, endüktif ve kapasitif reaktans aşağıdaki değerlerdedir.



Şekil 7-1. R, X_L ve X_C li Seri Devre.

Endüktif Reaktans

$$X_L = 2 \pi FL$$

$$= 377 \times 0,3$$

$$= 113,1 \text{ om, endüktif reaktans}$$

Kapasitif Reaktans

$$X_C = \frac{1}{2 \pi FC}$$

$$= \frac{1}{377 \times 0,00005}$$

$$= \frac{1}{0,01885}$$

$$= 53,1 \text{ om}$$

Öyle ise, Net Endüktif Reaktans

$$= X_L - X_C$$

$$= 113,1 - 53,1$$

$$= 60 \text{ om}$$

Endüktif reaktansın değeri 113,1 omdur, buna karşılık kapasitif reaktans 53,1 om olup daha ufak değerdedir. 53,1 om luk kapasitif reaktans değeri, 53,1 om luk endüktif reaktans tesirini yok eder. Aradaki fark, seri devre çalışmasına tesire devam eden endüktif reaktansı temsil eder.

Empedans, direnç ve reaktansın birleştirilmesi ile elde edilen bileşkedir. Şekil 7-1 deki devrede empedans, 40 om luk direncin, en-

düktif ve kapasitif reaktans arasındaki farkla birleştirilmesi ile elde edilir. Bu devre için empedans :

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

$$= \sqrt{40^2 + (113,1 - 53,1)^2}$$

$$= \sqrt{40^2 + 60^2}$$

$$= 72,1 \text{ om, toplam empedans}$$

Bu seri devredeki akım ise, $I = E/Z = 240/72,1 = 3,33$ amperdir.

Direnç, endüksiyon bobini ve kondansatör uçları arasındaki gerilim düşmeleri :

$$E_R = IR$$

$$= 3,33 \times 40$$

$$= 133,2 \text{ volt, dirençte}$$

$$E_L = IX_L$$

$$= 3,33 \times 113,1$$

$$= 376,6 \text{ volt, bobinde}$$

$$E_C = IX_C$$

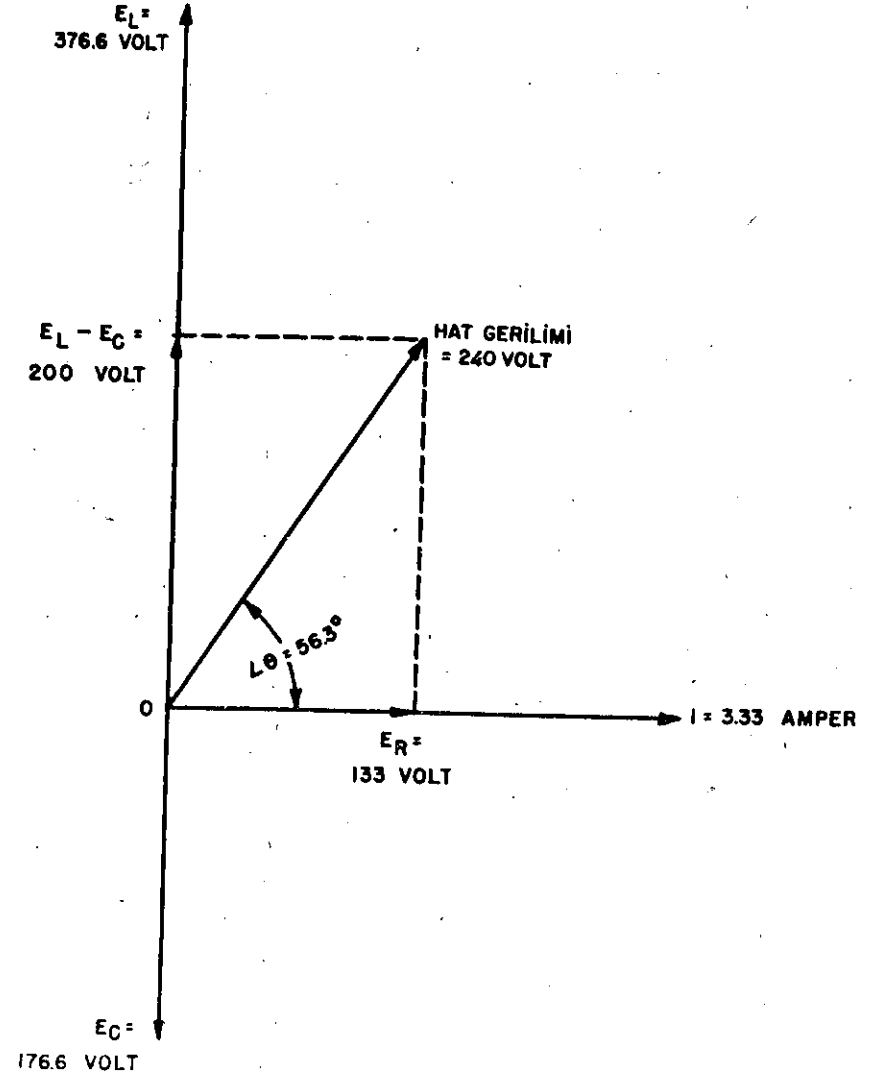
$$= 3,33 \times 53,1$$

$$= 176,6 \text{ volt, kondansatörde}$$

Seri devrenin bu tipi için Şekil 7-2 deki vektör diyagramında; herhangi bir alternatif akımlı seri devredeki gibi, akım yatay bir referans doğrusu olarak kullanılır. Dirençteki gerilim akımla aynı fazda olduğundan, direk olarak akım doğrusu üzerine yerleştirilir. Bobindeki gerilim, O noktasından yukarıya doğru akımla 90° lik açı yapacak şekilde çizilir.

Kondansatördeki gerilim, akımdan 90° geri kaldığından, O noktasından aşağıya doğru çizilir. Endüksiyon bobini ve kondansatördeki gerilimler birbirlerinden 180°

faz farklıdır. 180 elektrik derece faz farklı iki reaktif gerilim değeri birbirinden çıkarılır ve fark 200 volt elde edilir. 200 voltluk bu değer, kapasitif reaktansın gerilimi



Şekil 7-2

tarafından yok edilemeyen endüktif reaktans parçasının gerilimini temsil eder.

Dirençteki 133,2 volt ve 60 om'luk endüktif reaktanstaki 200 voltluk gerilimlerin vektör toplamı, 240 voltluk hat gerilimine eşittir :

$$E = \sqrt{E_R^2 + E_L^2}$$

$$= \sqrt{133,2^2 + (376,6)^2}$$

$$= 240 \text{ volt, hat gerilimi.}$$

Bu devrenin güç faktörü, bundan önceki seri devre problemlerinde kullanılan metodların herhangi biri ile tayin edilebilir. Bu devrenin güç faktörü (güç katsayısı) :

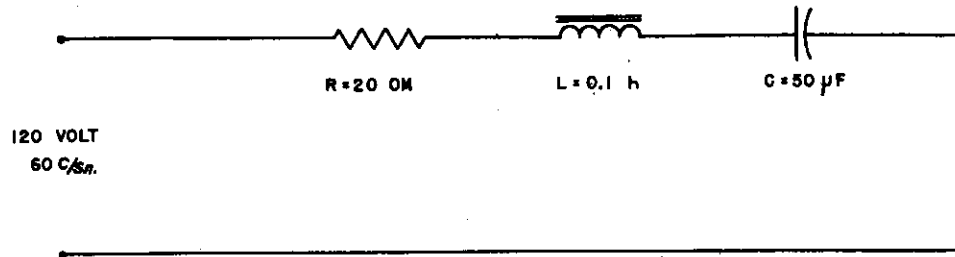
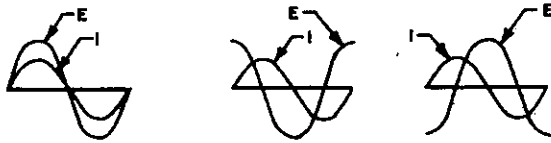
$$\text{Güç Faktörü} = \frac{E_R}{E} = \frac{133,2}{240}$$

$$= 0,555 \text{ geri güç faktörü veya}$$

$$\text{Güç Faktörü} = \frac{R}{Z} = \frac{40}{72,1}$$

$$= 0,555 \text{ geri güç faktörü}$$

Endüktif reaktans, kapasitif reaktanstaki daha büyük olduğu için; bu seri devrenin «geri kalan» güç faktörü vardır. Bu güç faktörü için faz açısı, $56,3^\circ$ geridir. Şekil 7-2 deki vektör diyagramından görüldüğü gibi, akım hat geriliminden $56,3^\circ$ geri kalyor demektir.



Şekil 7-3. R, X_L ve X_C li Seri Devre.

Örnek Problem

Bundan önceki problemde, endüktif reaktans kapasitif reaktanstaki daha büyüktü. Bu problemde kullanılan devrede ise, kapasitif reaktans endüktif reaktanstaki büyük alınmıştır.

Şekil 7-3 teki seri devre; 120 volt, 60 sayıklık kaynağa bağlanmış endüktif olmıyan 20 om'luk direnç ile ihmal edilebilir dirençli 0,1 henrilik endüktans bobini ve 50 mikrofardlık kondansatörden ibarettir. Aynı zamanda, Şekil 7-3, hat akımı ile her bir devre parçasının iki ucu arasındaki gerilim münasebetini sinüs dalgaları ile göstermektedir. Direnç parçasındaki gerilim voltaj, akım ile aynı fazdadır; endüksiyon bobinindeki gerilim akımdan 90° ileridedir ve kondansatördeki gerilim de akımdan 90° geridedir.

Bu örnek problemde, aşağıdaki devre değerleri tayin edilecektir:

1. Seri devrenin empedansı.
2. Akım.
3. Aşağıdaki elemanlardaki gerilimler :
 - a. Direnç
 - b. Bobin
 - c. Kondansatör
4. Hat geriliminin kontrolü.

5. Seri devre tarafından alınan hakiki gücün vat olarak değeri.
6. Bobin tarafından istenilen mıknatıslama «var» değeri.
7. Kondansatör tarafından verilen mıknatıslama «var» değeri.
8. Güç kaynağına verilen net mıknatıslama «var» değeri.
9. Seri devreye volt-amper girişi.
10. Devre güç faktörü ve faz açısı.

Çözüm

1. Endüktif reaktans, $2\pi FL$ 'e ve kapasitif reaktans ta $1 \div 2\pi FC$ 'ye eşittir. Bu sebepten dolayı, empedans formülü aşağıdaki şekillerden biriyle ifade edilebilir :

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

$$\text{veya}$$

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(2\pi FL - \frac{1}{2\pi FC}\right)^2}$$

Kapasitif reaktans, endüktif reaktanstaki daha büyük ise, parantezler içerisindeki terimler negatiftir. Fakat negatif sayıların karesi pozitif olduğundan; X_L veya X_C nin hangisinin daha büyük olduğuna bakılmadan, (X_L - X_C)² daima pozitif bir sayı olacaktır. Bu problemde kullanılan seri devrenin empedansı :

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(2\pi FL \frac{1}{2\pi FC}\right)^2}$$

$$= \sqrt{20^2 + \left(377 \times 0,1 - \frac{1}{377 \times 0,00005}\right)^2} = \sqrt{400 + 235,6225}$$

= 25,21 om, devre empedansı

2. Bu devredeki akım :

$$I = \frac{E}{Z} = \frac{120}{25,21} = 4,76 \text{ amper}$$

3. Üç devre elemanı uçları arasındaki gerilimler :

Direnç

$$E_R = IR = 4,76 \times 20 = 95,2 \text{ volt, direnç yükünde}$$

Bobin

$$E_L = IX_L = 4,76 \times 37,7 = 179,45 \text{ volt, bobinde}$$

Kondansatör

$$E_C = IX_C = 4,76 \times 53,05 = 252,52 \text{ volt, kondansatörde}$$

4. Kondansatörde düşen gerilimin bobinde düşen gerilimden daha büyük olduğuna dikkat ediniz. Bu iki gerilim birbirinden 180° faz farklıdır; bunun için birbirine karşı koyarlar. Bu iki gerilim birbirinden çıkarılırsa :

$$252,52 - 179,45 = 73,07 \text{ volt}$$

73 voltluk bu değer, bobin gerilimi tarafından yok edilemeyen kondansatör geriliminin bir kısmıdır. 73 voltluk bu gerilim ile 95,2 voltluk dirençteki kayıp vektörel olarak toplanırsa bileşke 120 voltluk hat gerilimi olur. Aşağıdaki metod, hat gerilimlerinin dik üçgen kaidesine göre tayin edilmesini göstermektedir :

$$E = \sqrt{E_R^2 + E_C^2}$$

$$= \sqrt{95,2^2 + 73^2}$$

$$= 120 \text{ volt, hat gerilimi.}$$

5. Seri devre tarafından harcanan hakiki gücün vat olarak değeri şöyle tayin edilebilir :

$$W = \frac{E_R^2}{R}$$

$$= \frac{95,2^2}{20}$$

$$= 453,2 \text{ vat}$$

veya

$$W = E_R \times I$$

$$= 95,2 \times 4,76$$

$$= 453,2 \text{ vat}$$

$$\text{veya } W = I^2 R$$

$$= 4,76^2 \times 20$$

$$= 453,2 \text{ vat}$$

6. Bobin tarafından istenilen mıknatıslama var'ı aşağıdaki metodların herhangi biri ile elde edilebilir :

$$\text{Var} = \frac{E_L}{X_L}$$

$$= \frac{179,45^2}{37,7}$$

$$= 852 \text{ var}$$

$$\text{veya Var} = E_L \times I$$

$$= 179,45 \times 4,76$$

$$= 852 \text{ var}$$

$$\text{veya Var} = I^2 X_L$$

$$= 4,76^2 \times 37,7$$

$$= 852 \text{ var}$$

7. Kondansatör tarafından verilen mıknatıslama var'ı da aşağıdaki metodlardan herhangi biri ile hesap edilebilir :

$$\text{Var} = \frac{E_C^2}{X_C}$$

$$= \frac{252,52^2}{53,05}$$

$$= 1200 \text{ var}$$

$$\text{veya Var} = E_C \times I$$

$$= 252,52 \times 4,76$$

$$= 1200 \text{ var}$$

$$\text{veya Var} = I^2 X_C$$

$$= 4,76^2 \times 53,05$$

$$= 1200 \text{ var}$$

8. Hatta verilen net mıknatıslama var'ı, kondansatör tarafından verilen var ile bobin tarafından alınan var'ın arasındaki farktır veya 1200 - 852 = 348 var'dır.

Net reaktans (15,35 om kapasitif) ve net reaktif gerilim (73,07 volt) kullanılarak, net var'ın hesaplanmasındaki diğer usuller de şunlardır :

$$\text{Var} = \frac{(E_C - E_L)^2}{(X_C - X_L)}$$

$$= \frac{73,07^2}{15,35}$$

$$= 348 \text{ var}$$

$$\text{veya Var} = (E_C - E_L) \times I$$

$$= 73,07 \times 4,76$$

$$= 348 \text{ var}$$

$$\text{veya Var} = I^2 \times (X_C - X_L)$$

$$= 4,76^2 \times 15,35$$

$$= 348 \text{ var}$$

9. Butün devrenin volt-amper girişi ise :

$$\begin{aligned} \text{V.A.} &= EI \\ &= 120 \times 4,76 \\ &= 571,2 \text{ volt-amper} \end{aligned}$$

veya

$$\begin{aligned} \text{V.A.} &= \sqrt{(\text{vat})^2 + (\text{Net Var})^2} \\ &= \sqrt{453,2^2 + 348^2} \\ &= 571,2 \text{ volt-amper} \end{aligned}$$

10. Devrenin güç faktörü, aşağıdaki üç metoddan herhangi biri ile hesaplanabilir :

$$\begin{aligned} \text{Güç Faktörü} &= \frac{R}{Z} \\ &= \frac{20}{25,2} \\ &= 0,7936 \text{ ileri güç faktörü} \end{aligned}$$

veya

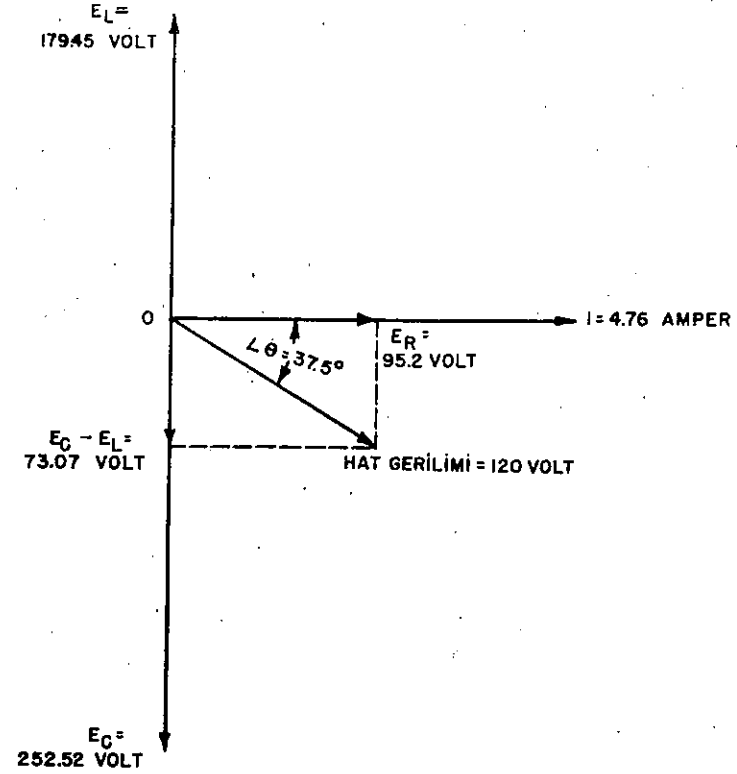
$$\begin{aligned} \text{Güç Faktörü} &= \frac{W}{\text{V.A.}} \\ &= \frac{453,2}{571,2} \\ &= 0,7936 \text{ ileri güç faktörü} \end{aligned}$$

veya

$$\begin{aligned} \text{Güç Faktörü} &= \frac{E_R}{E} \\ &= \frac{95,2}{120} \\ &= 0,7936 \text{ ileri güç faktörü} \end{aligned}$$

Kapasitif reaktans, bu devrenin endüktif reaktansından daha büyüktür. Bundan dolayı, endüktif reaktans tamamıyla ortadan kaldırılır. Öyle ise, devrenin güç faktörü ve faz açısı, direnç ve ortadan kaldırılamayan kapasitif reaktans parçası ile tayin edilir. Bu hal, seri devrenin ileri bir güç faktörüne sahip olduğu manasına gelir. Faz açısı; akımın, hat geriliminden $37,5^\circ$ ileride olduğunu gösteren bir ilerleme açısıdır.

Şekil 7-3 te verilen devrenin gerilim ve akım vektör diyagramı Şekil 7-4 te gösterilmektedir. Burada iki reaktans geriliminin 180° elektrik derecesi faz farklı olduğu hususuna dikkat edilmelidir. Bobindeki gerilim, kondansatörde bulunan daha büyük değerdeki gerilimden çıkarılır. Elde edilen fark, dirençteki gerilim ile, hat gerilimine eşit vektör toplamı verecek şekilde vektörel olarak birleştirilir. Akım, hat geriliminden saat ibresi dönüşünün aksi yönünde $37,5^\circ$ ileridedir.



Şekil 7-4

SERİ DEVRELERDE REZONANS

Bu ünitenin ilk probleminde; endüktif reaktans, geri bir güç faktörü meydana getirecek şekilde kapasitif reaktanstan daha büyük alınmıştır. İkinci problemde ise; daha büyük bir kapasitif reaktans, ileri bir güç faktörü meydana getirmektedir.

Eğer endüktif reaktans ile kapasitif reaktansın om cinsinden

değerleri eşit ise, X_L ve X_C deki gerilimler voltajlar birbirine eşit ve birbirini yok edecek şekilde 180° faz farklıdır. Seri devrenin endüktif reaktansı ile kapasitif reaktansının tesirleri birbirlerini yok ettiklerinden; akımı sınırlayan tek parça, devrenin direnci olacak ve hat geriliminin hepsi direnç üzerinde düşecektir.

Şekil 7-5, seri bir rezonans devresidir. Bu devrede, akım ile hat gerilimi arasındaki faz açısı sıfırdır ve güç faktörü 1,00 olacaktır.

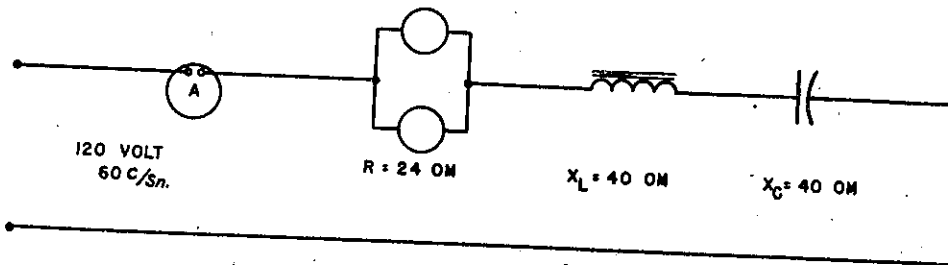
Bu devrenin tetkik edilmesinde diğer bir yol da, bobin tarafından istenilen mıknatıslama var'ının, kondansatörün verdiği mıknatıslama var'ına eşit olduğunun bilinmesidir. Bu sebepten, bunlar birbirini yok ederler ve giriş uçlarında hiç «var» görülmez.

Aşağıdaki hesaplar, Şekil 7-5 teki seri rezonans devresi içindir.

Örnek Problem

Aşağıdakileri tayin ediniz :

1. Seri devre empedansı.
2. Akım.
3. Dirençteki gerilim değeri.
4. Bobindeki gerilim değeri.
5. Kondansatördeki gerilim değeri.



Şekil 7-5. Rezonans Seri Devre.

6. Dirençteki vat kaybı.
7. Bobin tarafından istenilen mıknatıslama var değeri.
8. Kondansatör tarafından verilen mıknatıslama var değeri.
9. Volt-amper olarak giriş.
10. Seri devrenin güç faktörü ve faz açısı.

Devrenin vektör diyagramını çiziniz.

Çözüm

1. Rezonans devresinin empedansı, devrenin direncine eşdeğerdir. Bunun doğruluğu, aşağıdaki hesaplamadan bellidir. Empedans formülü şöyle ifade edilebilir :

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(2\pi FL - \frac{1}{2\pi FC}\right)^2}$$

$$\text{veya}$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

Fakat, rezonansda, endüktif ve kapasitif reaktanslar eşitler. Eğer bu iki eşit değer birbirinden çıkarılırsa, rezonans devresinin om olarak ifade edilen reaktansı sıfıra eşit olur :

$$\left(2\pi FL - \frac{1}{2\pi FC}\right) = 0$$

veya

$$(X_L - X_C) = 0 \quad (40 - 40) = 0$$

Bundan sonra, seri rezonans devresinin empedansı şu hal alır :

$$Z = \sqrt{R^2 + 0^2} = R$$

Şekil 7-5 teki rezonans devresinde, empedansın değeri şöyle olacaktır :

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

$$= \sqrt{24^2 + (40 - 40)^2}$$

$$= 24 \text{ om}$$

2. Bir seri rezonans devresinde, empedans ve dirençler eşdeğerdir. Bu sebeple, akım Ohm kanunu ile tayin edilir :

$$I = \frac{E}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}}$$

$$= \frac{E}{\sqrt{R^2 + 0^2}} = \frac{E}{R}$$

Şekil 7-5 de verilen rezonans devresinde, akım değeri :

$$I = \frac{E}{R} = \frac{120}{24} = 5 \text{ amper}$$

3. Seri rezonans devresinin toplam direncindeki gerilim, hat gerilimine eşit olacaktır. Bu devrede, hem bobin hem de kondansatörün dirençsiz olduğu farzedilmektedir. Lamba yükündeki gerilim değeri şudur :

$$E_R = IR = 5 \times 24 = 120 \text{ volt}$$

4. Bobindeki gerilim değeri :

$$V_L = IX_L = 5 \times 40 = 200 \text{ volt}$$

5. Kondansatördeki gerilim değeri :

$$V_C = IX_C = 5 \times 40 = 200 \text{ volt}$$

6. Dirençteki vat kaybı, 600 wattır ve aşağıdaki hesaplamalardan herhangi biri ile bulunabilir :

$$W = \frac{E_R^2}{R}$$

$$= \frac{120^2}{24}$$

$$= 600 \text{ vat}$$

veya

$$\begin{aligned} W &= E_R \times I \\ &= 120 \times 5 \\ &= 600 \text{ vat} \end{aligned}$$

veya

$$\begin{aligned} W &= I^2 R \\ &= 5^2 \times 24 \\ &= 600 \text{ vat} \end{aligned}$$

7. Bobin tarafından istenilen mıknatıslama var değeri :

$$\begin{aligned} \text{Var} &= \frac{E_L^2}{X_L} \\ &= \frac{200^2}{40} \\ &= 1000 \text{ var} \end{aligned}$$

veya

$$\begin{aligned} \text{Var} &= E_L \times I \\ &= 200 \times 5 \\ &= 1000 \text{ var} \end{aligned}$$

veya

$$\begin{aligned} \text{Var} &= I^2 X_L \\ &= 5^2 \times 40 \\ &= 1000 \text{ var} \end{aligned}$$

8. Kondansatör tarafından verilen mıknatıslama var değeri:

$$\begin{aligned} \text{Var} &= \frac{E_C^2}{X_C} \\ &= \frac{200^2}{40} \\ &= 1000 \text{ var} \end{aligned}$$

veya

$$\begin{aligned} \text{Var} &= E_C \times I \\ &= 200 \times 5 \\ &= 1000 \text{ var} \end{aligned}$$

veya

$$\begin{aligned} \text{Var} &= I^2 X_C \\ &= 5^2 \times 40 \\ &= 1000 \text{ var} \end{aligned}$$

9. Seri devrede volt-amper girişi hat gerilimi ile akımının çarpımıdır. Seri rezonans devresinde volt-amper girişinin hakiki güç ile eşdeğer olduğuna dikkat edilmelidir. V.A. = EI = 120 × 5 = 600 volt-amper.

10. Hakiki güç ile volt-amper girişi eşdeğer olduklarından, güç katsayısı bir'e eşittir. Benzer şekilde; eğer güç katsayısı seri rezonans devresinin direnci ile giriş empedansının oranı şeklinde hesap edilirse gene bir'e eşit bir güç katsayısı olacaktır.

$$\text{Güç katsayısı} = \frac{W}{\text{V.A.}} = \frac{600}{600}$$

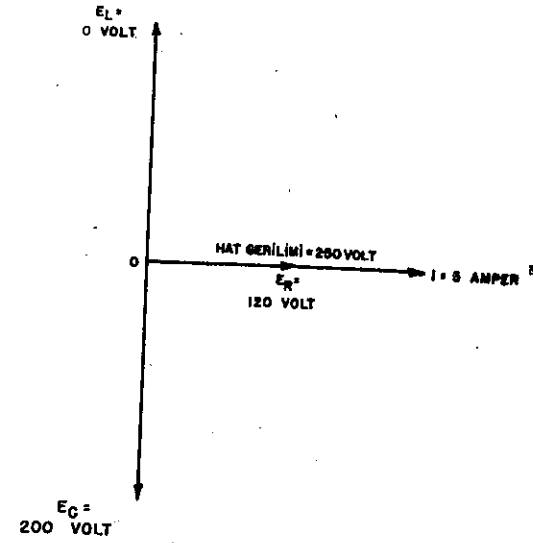
= 1,000 bir'e eşit güç katsayısı

veya

$$\text{Güç katsayısı} = \frac{R}{Z} = \frac{24}{24}$$

= 1,000 bir'e eşit güç katsayısı

Şekil 7-6 da gösterildiği şekilde, bir'e eşit güç katsayısı için faz açısı sıfıra eşittir; bu hat akımı ile hat geriliminin aynı fazda olduğu manasına gelir.



Şekil 7-6. Seri Rezonans Devresinin Vektör Diyagramı.

REZONANS FREKANSININ HESAP EDİLMESİ

Rezonans frekansında, endüktif ve kapasitif reaktanslar eşittirler ve direnç devrede tek etkili akım sınırlayan parçadır. Eğer bir seri devre sadece endüktif ve kapasitif reaktans ihtiva ederse, akım çok yüksek bir değere erişebilir. Pratik olarak bir kısa devre akımına erişildiğinden; rezonans frekansında, her bir reaktif parça uçları arasındaki hakiki gerilim çok yüksek değerlere erişecektir. Uçları arasında çok yüksek gerilim olduğundan, reaktif bobin sarımları üzerindeki izolasyon bozulur ve kondansatörün plakaları arasındaki aynı değerlerdeki yüksek gerilimlerde dielektrik maddeyi deler veya yaralar

ve kondansatörü tahrip ederler. Bunun için, devre rezonans frekansında veya rezonans frekansına yakın olarak çalıştırıldığı zaman; akımı emniyetli bir değerde sınırlayabilmek için, seri devrede uygun direncin bulundurulması çok önemlidir.

Şekil 7-7 de verilen eğrilerde; üstteki eğri, devrenin direnci ufak değerlerde iken, akımın rezonans frekansında yüksek değere ulaştığını göstermektedir. Alttaki eğride ise, devredeki direnç büyük iken, rezonans noktasında nispeten daha ufak bir akım artışı vardır.

Frekans değişmesi, endüktif ve kapasitif reaktans parçaları ihtiva

eden seri bir devreye nasıl tesir eder? İlk önce, frekans arttıkça, endüktif reaktans da artar. $X_L = 2\pi FL$ olduğu için bu düşünüş tarzı doğrudur. İkinci olarak, frekansın artması kapasitif reaktansa tamamiyle zıt tesir eder. Şu formüldeki frekans artarsa,

$$X_c = \frac{1}{2\pi FC}$$

formülün paydasındaki değerlerin çarpımı artacak ve neticede (X_c) azalacaktır.

Endüktans henri ve kapasitans farad olarak biliniyorsa, alternatif akımlı bir devrenin rezonans geleceği frekansın tayini mümkün-

dür. Rezonans frekansında, endüktif reaktans ve kapasitif reaktansın om cinsinden değerleri eşittir:

$$X_L = X_c$$

veya

$$2\pi FL = \frac{1}{2\pi FC}$$

Basit cebir kullanılarak rezonans frekansı kolayca bulunabilir:

$$2\pi FL = \frac{1}{2\pi FC}$$

$$(2\pi F)^2 LC = 1$$

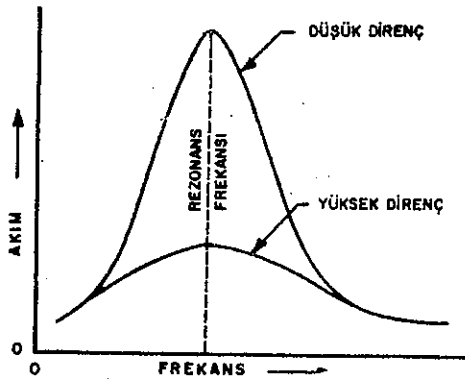
$$2\pi F \sqrt{LC} = 1$$

$$F = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}} = \frac{1}{6,28 \sqrt{LC}}$$

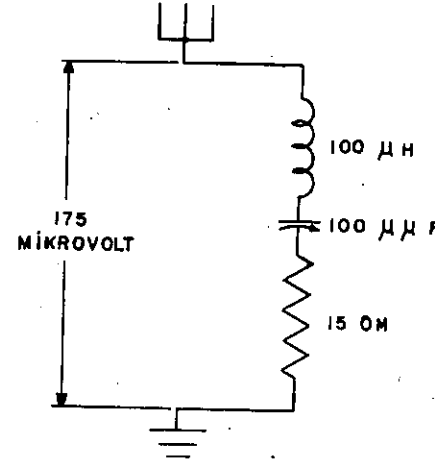
Bu formül ile elde edilen frekans, rezonans frekansı veya tabii frekanstır.

Örnek Problem

Şekil 7-18 de verilen akortlu devrenin endüktans ve kapasitansı öyle değerlerdedir ki; radyo alıcısının rezonans veya tabii frekansı, gelen taşıyıcı sinyalin frekansına eşit oluyor. Devrenin rezonans frekansı nedir?



Şekil 7-7. Rezonans Frekansındaki Akım.



Şekil 7-8. Radyo için Basit Bir Akort Devresi.

$$F = \frac{1}{6,28 \sqrt{LC}}$$

$$F = \frac{1}{6,28 \sqrt{LC}} = \frac{1}{6,28 \sqrt{1 \times 10^{-4} \times 1 \times 10^{-10}}} = 1592000 \text{ saykıl veya } 1592 \text{ kilosaykıl}$$

Şekil 7-8 de görülen devrede rezonans veya tabii frekanstaki akımın bulunması istenirse, devredeki tek etkili akım sınırlayan parça, direnç olacaktır. Bu devredeki akım:

$$I = \frac{E}{R} = \frac{0,000175}{15} = 0,0000117 \text{ Amper veya } 11,7 \text{ mikro amper.}$$

R, Z VE X_c BİLEŞENLİ SERİ DEVRELER

Tipik seri devreler, ekseriya direnç, empedans ve kapasitif reaktans bileşenleri ihtiva ederler. Meselâ, Şekil 7-9, direnç yükü, endüktif bobin ve kondansatör ihtiva eden seri bir devreyi temsil etmek-

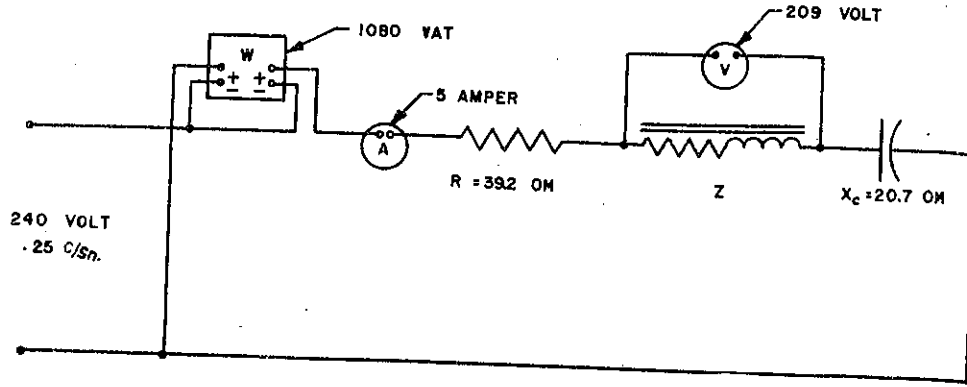
tedir. Kondansatörün 20,7 omluk kapasitif reaktansı ve ihmâl edilebilir direnci vardır.

Şekil 7-9 daki devrenin 240 volt, 25 saykılılık kaynağa bağlandığına dikkat edilmelidir. Aşağıdakiler,

$$= \frac{1}{6,28 \sqrt{0,001 \times 0,0000000001}} = 1592000 \text{ saykıl veya } 1592 \text{ kilosaykıl}$$

Endüktans ve kapasitansın çok küçük değerleri ile çalışıldığı zaman hata ihtimalini azaltmak için, negatif üsler kullanılması tercih edilir. Aşağıdaki hesaplamalar, negatif üsler kullanılarak, Şekil 7-8 deki aynı devre için yapılmaktadır:

$$L = 100 \text{ mikrohenri} \\ = 100 \times 10^{-6} = 1 \times 10^{-4} \text{ h.} \\ C = 100 \text{ mikromikrofarad} \\ = 100 \times 10^{-12} = 1 \times 10^{-10} \text{ F.}$$



Şekil 7-9

bulunacak devre değerlerinin ve bu değerleri elde etmek için yapılması gereken hesaplamaların bir listesidir.

1. Dirençteki vat kaybı.
2. Bobindeki vat kaybı.
3. Bobinin direnci.
4. Bobinin empedansı.
5. Bobinin endüktif reaktansı.
6. Bobinin endüktansı.
7. Kondansatörün kapasitansı.
8. Seri devrenin empedansı.
9. Seri devrenin güç katsayısı ve faz açısı.
10. Bobinin güç katsayısı ve faz açısı.

Şekil 7-9 daki seri devre için bir vektör diyagramı çiziniz.

Çözüm

1. Dirençte sarfedilen vat değeri:
 $W = I^2 R = 5^2 \times 39,2 = 980 \text{ vat}$

2. Vatmetrenin gösterdiği şekilde, seri devre tarafından alınan toplam güç 1080 wattır. Eğer dirençte sarfedilen güç 980 vat ise, 1080 ile 980 arasındaki fark diğer devre parçalarında kaybedilmiş olacaktır. Kondansatörün ihmal edilebilir direnci vardır; bunun için, 100 vatlık farkın bobinde sarf edilmesi gerekir.

$$1080 - 980 = 100 \text{ vat.}$$

3. Empedans bobininin hakiki direnci :

$$R = \frac{W}{I^2} = \frac{100}{5^2} = 4 \text{ ohm}$$

4. Akım 5 amper iken, empedans bobininin iki ucu arasındaki voltmetre 209 voltluk bir değer gösterir. Bobinin empedansı :

$$Z_{\text{Bobin}} = \frac{E_{\text{Bobin}}}{I} = \frac{209}{5} = 41,8 \text{ ohm}$$

5. Empedans bobininin endüktif reaktansı :

$$X_L = \sqrt{Z^2 - R^2} = \sqrt{41,8^2 - 4^2} = 46,6 \text{ ohm.}$$

6. Bu 25 saykılık bir devredir. Bu sebepten, $2\pi F$ terimi yerine 157 sabiti kullanılır.

$$X_L = 2\pi FL$$

$$41,6 = 157 L;$$

$$L = 0,26 \text{ henri}$$

7. Mikrofarad olarak kapasitans değeri :

$$X_C = \frac{1}{2\pi FC}; \quad 20,7 = \frac{1}{157 C}$$

$$C = 0,0003077 \text{ farad}$$

veya

$$307,7 \text{ mikrofarad}$$

8. Devrenin toplam empedansının tayin edilmesinde, sadece direncin direnç değerinin kullanılmadığı; buna karşılık olarak ayrıca bobinin direncinin de göz önünde bulundurulması gerektiği hatırlanmalıdır. Seri devrenin empedansı :

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{(39,2 + 4)^2 + (41,6 - 20,7)^2} = \sqrt{43,2^2 + 20,9^2} = 48 \text{ ohm}$$

Toplam devre empedansı, Ohm kanunu ile de bulunabilir :

$$Z = \frac{E}{I} = \frac{240}{5} = 48 \text{ ohm}$$

9. Bütün seri devrenin güç katsayısı, aşağıdaki metotların herhangi biri ile tayin edilebilir :

$$\text{Güç Katsayısı} = \frac{W}{EI}$$

$$= \frac{1080}{240 \times 5} = 0,90 \text{ geri güç katsayısı}$$

veya

$$\text{Güç Katsayısı} = \frac{R}{Z}$$

$$= \frac{39,2 + 4}{48} = 0,90 \text{ geri güç katsayısı}$$

Endüktif reaktans 41,6 ohm ve kapasitif reaktans ise 20,7 ohm'dur. Bu sebepten, X_C 'nin etkileri yok edilirse, seri devre bileşenleri; geri güç katsayılı ve $25,8^\circ$ geri faz açılı, hakiki R ile net X_L olur.

10. Bobinin güç katsayısı ve faz açısı, aşağıdakileri kullanarak uygun şekilde elde edilir :

Bobinin Güç Katsayısı

$$= \frac{R \text{ Bobin}}{Z \text{ Bobin}} = \frac{4}{41,6} = 0,0961$$

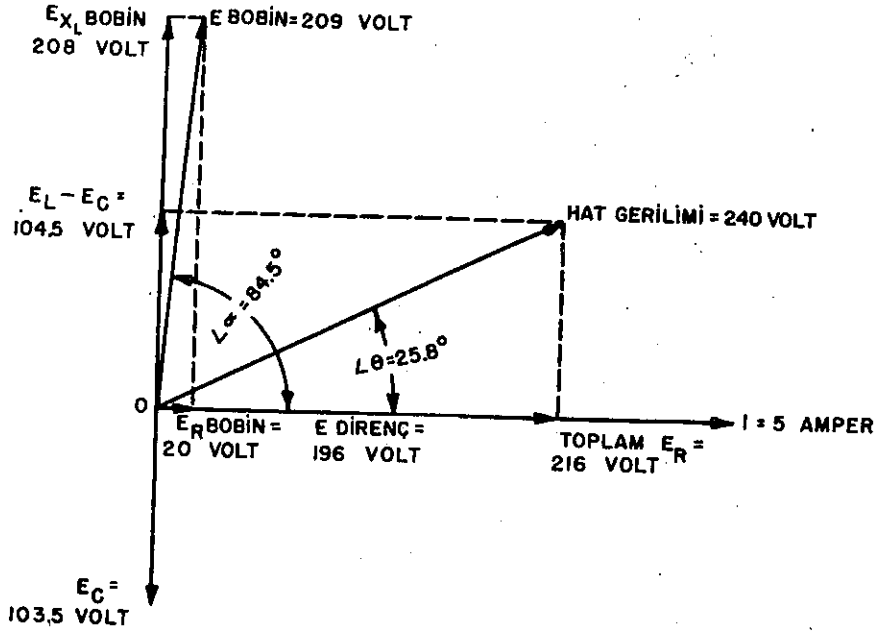
geri güç katsayısı

Bobin gerilimi ile akımı arasındaki faz açısı, $84,5^\circ$ lik geri açıdır.

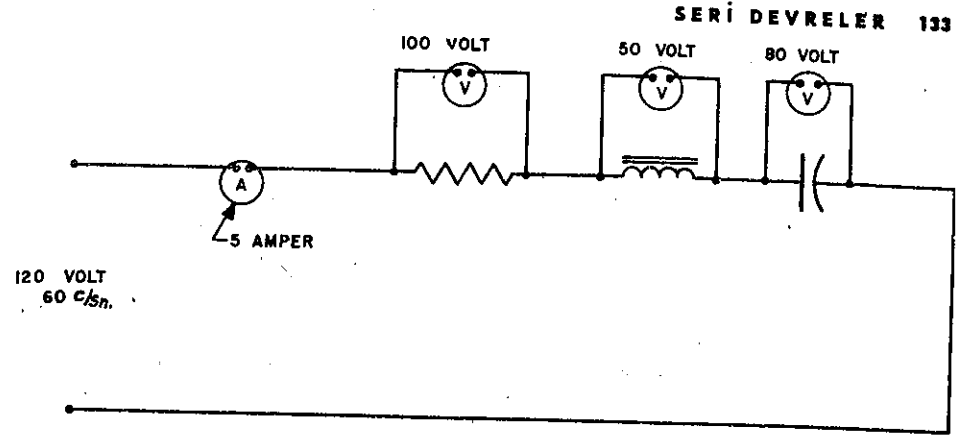
Bu devrenin vektör diyagramı, Şekil 7-10 da gösterilmektedir. Pratikte, teta açısı, hat gerilimi ile hat akımı arasındaki faz açısıdır. Bobin gerilimi ile hat akımı arasındaki faz açısı gibi diğer açılar, alfa veya beta açıları ile gösterilirler.

Örnek Problem

Seri devre akımı ile R, Z ve X_c deki gerilim düşmeleri, Şekil 7-11 de verilmektedir. Vatmetre ihtiva



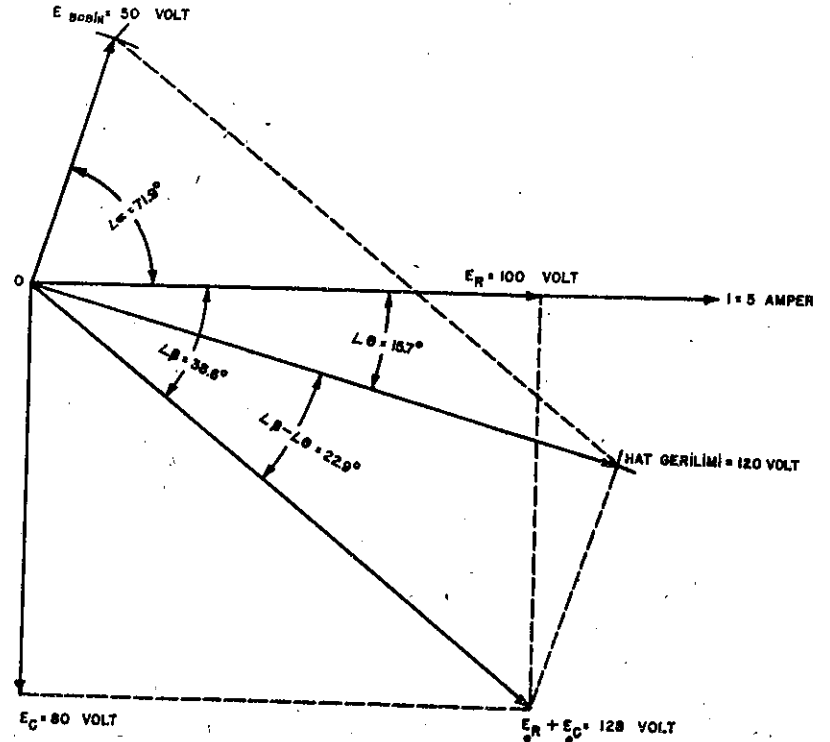
Şekil 7-10



Şekil 7-11

etmediği için, önceki problemde kullanılan daha farklı bir metodun bu problemin çözümünde kullanılması lazımdır.

Önce, Şekil 7-12 deki gibi bir vektör diyagramı çizilir. Dirençteki gerilim, akım vektörü üzerine yerleştirilir. Kondansatörün ihmâl



Şekil 7-12

edilebilir dirençli olduğu farz edilirse; kondansatördeki gerilim, akım vektörü ile 90° lik açı yapacak ve kondansatördeki akımın gerilimden 90 elektrik derecesi ileride olduğunu gösterecek şekilde ve akım vektörü ile aşağıya doğru 90° lik açı yapacak şekilde çizilir. Bu iki gerilimin vektör toplamı daha sonra çizilir ve $E_c + E_r$ olarak işaretlenir. Harflerin altındaki noktalar, bunun bir vektör toplamı (128 volt) olduğunu ve aritmetik bir toplam olmadığını gösterir.

Sonra, $E_c + E_r$ nin alt ucundan bobin gerilimine (50 volt) eşit yarı çapta bir yay çizilir. O noktadan hat gerilimi E ye eşit yarı çapta diğer bir yay, $E_c + E_r$ nin sonundan çizilen yayı kesecek şekilde çizilir. O noktası ile çizilen iki yayın kesim noktası arasına hat voltağı çizilir. O noktadan yukarıya doğru, bobin gerilimine eşit yarı çapta bir yay çizilir. Hat gerilimi vektörünün sonundan da $E_c + E_r$ ye eşit yarı çapta diğer bir yay çizilir.

Bu vektör diyagramı, aşağıdakilerin bulunmasında mükemmel bir yardımcı olarak hizmet eder:

- 1 Devrenin faz açısı.
- 2 Devrenin güç katsayısı.
- 3 Devrenin vat olarak gücü.
- 4 Bobinin güç katsayısı ve faz açısı.

Çözüm

1. Direnç ve kondansatördeki gerilim düşmelerinin vektör toplamı :

$$\begin{aligned} E_r + E_c + &= \sqrt{E_r^2 + E_c^2} \\ &= \sqrt{100^2 + 80^2} \\ &= \sqrt{10000 + 6400} \\ &= \sqrt{16400} \\ &= 128 \text{ volt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \cos \beta &= \frac{E_r}{E_r + E_c} \\ &= \frac{100}{128} \\ &= 0,7812 \end{aligned}$$

Öyle ise, $\beta = 38,6$ derece

Bundan sonra, 4. Bölümde izah edilen kosinüs teoremi kullanılarak $\beta - \theta$ açısı bulunabilir.

Kosinüs

$$\begin{aligned} \beta - \theta &= \frac{b^2 + c^2 - a^2}{2bc} \\ &= \frac{128^2 + 120^2 - 50^2}{2 \times 128 \times 120} \\ &= \frac{16400 + 14400 - 2500}{30720} \\ &= 0,9214 \end{aligned}$$

Bundan dolayı,

$$\beta - \theta = 22,9 \text{ derece}$$

Buna göre teta açısı =
38,6° - 22,9° = 15,7° ileri

2. Akım hat geriliminden 15,7° ileride olduğundan, güç katsayısı $\cos \theta = 0,9627$ ileri olacaktır.
3. Seri devre tarafından alınan hakiki gücün vat değeri :

$$\begin{aligned} W &= E \times I \times \text{Güç Katsayısı} \\ &= 120 \times 5 \times 0,9627 = \\ &= 577,6 \text{ vat} \end{aligned}$$

4. Bütün seri devre tarafından alınan toplam güç, 577,6 wattır.

Dirençte sarf edilen güç ise :

$$W = E_r I = 100 \times 5 = 500 \text{ vat}$$

Bunun için, kondansatörün ihmal edilebilir direnci olduğundan, 577,6 ve 500 vatlar arasın-

daki farkın bobinde sarf edilmesi gerekir.

$$W_{\text{Bobin}} = 577,6 - 500 = 77,6 \text{ vat, bobinde harcanır}$$

Öyle ise,

Güç Katsayısı

$$\begin{aligned} &= \frac{W_{\text{Bobin}}}{E_{\text{Bobin}} \times I} = \frac{77,6}{50 \times 5} \\ &= \frac{77,6}{250} = 0,3104 \text{ geri güç} \\ &\text{katsayısı} \end{aligned}$$

Bobin için faz açısı 71,9° geri olup, vektör diyagramında alfa açısı (α) ile gösterilmektedir.

HATIRDA TUTULMASI GEREKEN NOKTALAR

- R, X_L ve X_C bileşenlerini ihtiva eden seri devreler için hesaplamalar doğru olarak nasıl yapılmalıdır ?
- R, Z ve X_C bileşenlerini ihtiva eden seri devreler için hesaplamalar doğru olarak nasıl yapılmalıdır ?
- R, X_L ve X_C bileşenleri veya R, Z ve X_C bileşenleri ihtiva eden seri devrelerin vektör diyagramları nasıl çizilmelidir.
- Seri devrelere tatbik edildiği şekilde rezonans teriminin anlamı ve seri rezonans devrelerin-

de önceden alınması gereken tedbirler.

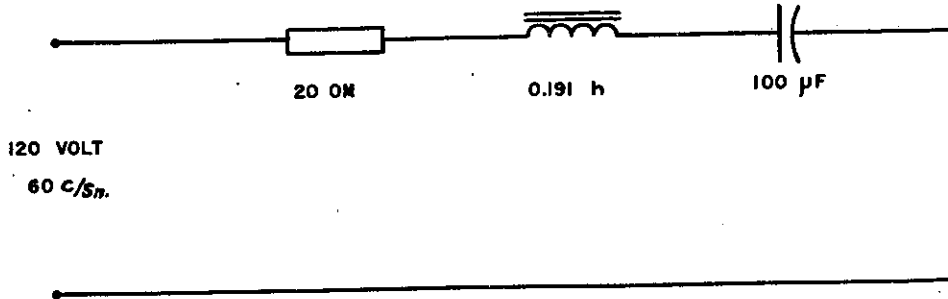
- Aşağıdaki formülü kullanarak, seri devrenin tabii veya rezonans frekansı nasıl hesap edilmelidir ?

$$f = \frac{1}{6,28 \sqrt{LC}}$$

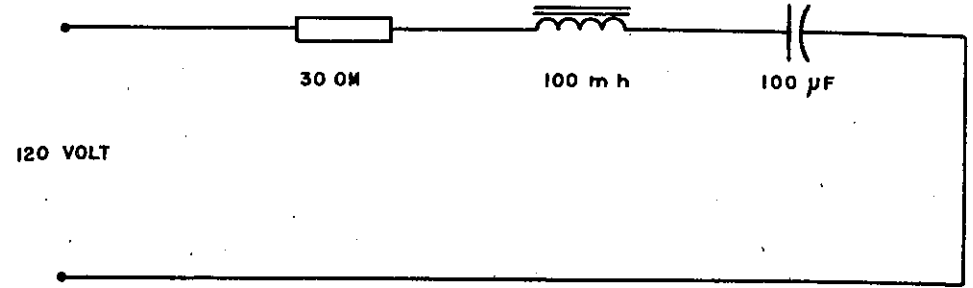
- Frekansın değişmesinin, seri alternatif akım devresinin endüktif reaktansı ile kapasitif reaktansı üzerindeki tesiri nedir ?

TEKRARLAMA SORULARI

- Bir seri devre, 100 omluk direnç, ihmal edilebilir dirençli ve 0,5 henri endüktanslı bir bobin ve 40 mikrofardlık kondansatörden ibaret olup; 115 volt, 60 saykılık bir kaynağa bağlıdır.
 - Aşağıdakileri tayin ediniz:
 - Devrenin empedansı.
 - Devredeki akım.
 - Devrenin güç katsayısı ve faz açısı.
 (Güç katsayısı ve faz açısının ileri veya geri olup olmadığının gösterilmesine dikkat edilmelidir.)
 - Devre için bir vektör diyagramı çizin.
- 100 omluk direnci ve 0,2 henrilik bir endüktanslı olan bir bobin, 20 mikrofardlık bir kondansatör ile seridir; bu devre 120 volt, 60 saykılık bir güç kaynağına bağlıdır. Aşağıdakileri tayin ediniz.
 - Devrenin empedansı.
 - Akım.
 - Devrenin güç katsayısı.
 - Kondansatördeki gerilim.
 - Kondansatörün uçlarındaki maksimum ani gerilim
- Şekil 7-13 teki seri devrede, aşağıdakileri tayin ediniz:
 - Toplam empedans.
 - Bobindeki gerilim düşmesi.
 - Rezonans meydana getirmek için gerekli kapasitans.
- Alternatif akımlı seri devreler kullanıldığı zaman rezonans terimiyle ne demek istenildiğini izah ediniz.
 - Endüktif ve kapasitif devre elemanları ihtiva eden seri devrelerle çalışırken ne gibi ön tedbirler alınmalıdır?
- Şekil 7-14 teki seri devrede, aşağıdakileri tayin ediniz:
 - Devreyi rezonansa getiren frekans.
 - Rezonansta, devrenin empedans değeri.
 - Rezonansta, güç katsayısı.
 - Rezonans frekansında, kondansatördeki gerilim.
- Kondansatör çalıştırılmalı endüksiyon motorunun çalıştırma sargı devresi; 15 omluk bir direnç ve 20 omluk endüktif reaktans, 50 mikrofardlık bir kondansatör olup; 120 volt, 60 saykılık bir güç kaynağı ile seri bağlıdır. Aşağıdakileri tayin ediniz:
 - Tabii veya rezonans frekansını tayin ediniz.
 - Rezonanstaki akımı mikroamper olarak tayin ediniz.
- 7 nci soruda verilen devrede, aşağıdaki her bir hal için voltmetre okumasını tayin ediniz:
 - A noktası topraklı iken.
 - Toprak A dan kaldırılıp B ye yerleştirilince.
 - Ne A noktasında ne de B noktasında topraklama yoktur, fakat bobinde bir «açıklık» vardır.
9. soruda, aşağıdaki her bir hal için voltmetre okumalarını tayin ediniz:
 - A veya B noktasının hiçbirinde toprak yoktur; bobin ve kondansatör iyi durumdadır, fakat direnç tamamen «kısa devre» dir.
 - Devrede hiç bozukluk yoktur
- Tek fazlı, 115 volt, 60 saykılık bir motorda, çalıştırma sargıları ile seri halde 100 mikrofardlık bir kondansatör vardır. Çalıştırma sargılarının etkin direnci 5 om, endüktansı 0,01 henridir.
 - Seri bağlı kondansatör de dahil, çalıştırma sargı devresinin om cinsinden toplam empedansını tayin ediniz.

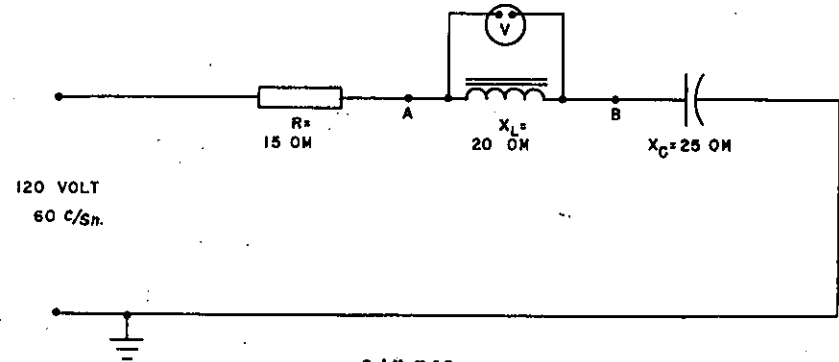


Şekil 7-13



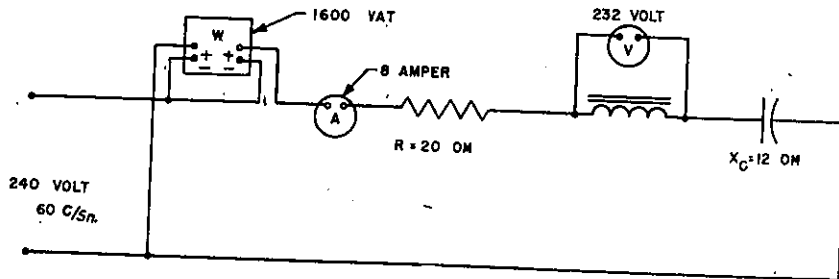
Şekil 7-14

- Seri devrenin empedansı.
 - Akım.
 - Hakiki güç.
 - Güç katsayısı.
- Basit bir akord devresi; seri bağlı 100 mikrohencilik endüktans, 200 mikrofardlık bir kapasitans, ve 20 omluk bir dirençten ibarettir. Antenden toprağa kadar olan gerilim, 100 mikrovolttur.
 - Tabii veya rezonans frekansını tayin ediniz.
 - Rezonanstaki akımı mikroamper olarak tayin ediniz.
 - 7 nci soruda verilen devrede, aşağıdaki her bir hal için voltmetre okumasını tayin ediniz:
 - A noktası topraklı iken.
 - Toprak A dan kaldırılıp B ye yerleştirilince.
 - Ne A noktasında ne de B noktasında topraklama yoktur, fakat bobinde bir «açıklık» vardır.
 9. soruda, aşağıdaki her bir hal için voltmetre okumalarını tayin ediniz:
 - A veya B noktasının hiçbirinde toprak yoktur; bobin ve kondansatör iyi durumdadır, fakat direnç tamamen «kısa devre» dir.
 - Devrede hiç bozukluk yoktur
 - Tek fazlı, 115 volt, 60 saykılık bir motorda, çalıştırma sargıları ile seri halde 100 mikrofardlık bir kondansatör vardır. Çalıştırma sargılarının etkin direnci 5 om, endüktansı 0,01 henridir.
 - Seri bağlı kondansatör de dahil, çalıştırma sargı devresinin om cinsinden toplam empedansını tayin ediniz.



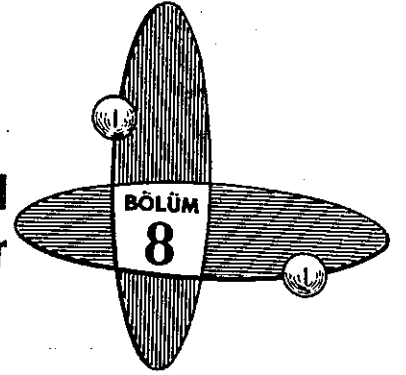
Şekil 7-15

- b. Akımı tayin ediniz.
c. Kondansatördeki gerilimi tayin ediniz.
d. Bu devre için değerleri işaretli bir vektör diyagramı çiziniz.
12. 100 ohmluk direnç ve 0,2 henrilik endüktansı olan bir bobin, 20 mikrofardlık bir kondansatör ile 120 volt, 60 sayıklık güç kaynağına seri bağlıdır. Aşağıdakileri tayin ediniz:
- a. Seri devrenin toplam empedansı.
b. Akım.
c. Seri devre için, güç katsayısı ve faz açısı.
d. Bobinin empedansı.
e. Bobin için, güç katsayısı ve faz açısı.
13. 12 nci sorudaki seri devre için, değerleri işaretli bir vektör diyagramı çiziniz.
14. Bir direnç, bir bobin ve bir kondansatör seri olarak 125-volt, 60-sayıklık bir güç kaynağına bağlıdır. Bu devredeki bir ampermetre 5 amperlik değer göstermektedir. Dirençte 75 volt, bobinde 100 volt, kondansatörde 60 volt gerilim vardır.
- a. Bu devre için doğru olarak değerleri işaretlenmiş bir vektör diyagramı çiziniz.
b. Aşağıdakileri tayin ediniz:
- (1) Bütün seri devre için teta açısı veya güç katsayısı açısı.
(2) Devrenin güç katsayısı.
(3) Bütün seri devre tarafından alınan gücün vat olarak değeri.
(4) Bobin tarafından alınan gücün vat olarak değeri.
(5) Bobinin güç katsayısı ve faz açısı.
15. Şekil 7-16 daki devre diyagramında işaretli değerleri kullanarak, aşağıdakileri tayin ediniz:
- a. Bobinin empedansı.
b. Bobinin direnci.
c. Bobinin endüktif reaktansı.
d. Bobin için güç katsayısı ve faz açısı.
e. Bütün seri devrenin empedansı.
16. 15 nci soruda verilen devreyi kullanarak, aşağıdakileri tayin ediniz:
- a. Bütün seri devrenin empedansı.
b. Seri devre için güç faktörü ve faz açısı.
c. Direnç ve kondansatördeki gerilim düşmesi.
d. Bobinin henri olarak endüktansı.
e. Kondansatörün mikrofard olarak kapasitesi.
17. 15 nci sorudaki devre için bir vektör diyagramı çiziniz.



Şekil 7-16.

Alternatif Akımda Paralel Devreler



GİRİŞ

Paralel devrelerin, alternatif akım çalışmasında seri devrelerden çok daha fazla tatbikatı vardır. Pratik olarak; bütün güç devreleri paralel olarak bağlanır. Hat tellerindeki gerilim düşmesi ihmal edilirse; paralel bir devrede herhangi bir kol devresindeki gerilim, hat geriliminin aynidir. Bir alternatif akım devresindeki toplam akım veya hat akımı, kol devrelerindeki akımların aritmetik toplamlarına eşit olmayabilir. Kol devrelerinin akım değerleri faz farklı olabilir, bunun için; toplam veya hat akımı, vektör usulleriyle yapılan hesaplamalarla elde edilmelidir. Hat akımının yaklaşık değeri, doğru olarak bir ölçek dahilinde çizilmiş vektör diyagramından da tayin edilebilir.

Paralel devre diyagramlarında, hat gerilimi, bütün kollarda aynı olduğu için, yatay referans hattı olarak kullanılır. Seri devrelerde; akım, devrenin herhangi kısmında aynı olduğundan, referans vektörü olarak kullanılır. Seri'den paralel devre vektör diyagramlarına geçiş yapılırken, akım ve gerilim münasebetlerini temsil etmede hataların yapılması mümkündür. Bununla beraber, aynı basit prensipler doğrudur, şöyle ki:

1. Saf bir endüktansta akım, tatbik edilen gerilimden 90° geridir.
2. Saf bir kapasitansta akım, tatbik edilen gerilimden 90° ileridir.

DİRENÇ YÜKLÜ PARALEL DEVRELER

Paralel devrenin ilk misali, her renç yükü bulunan bir devre olarak düşünülebilir, böylece bütün

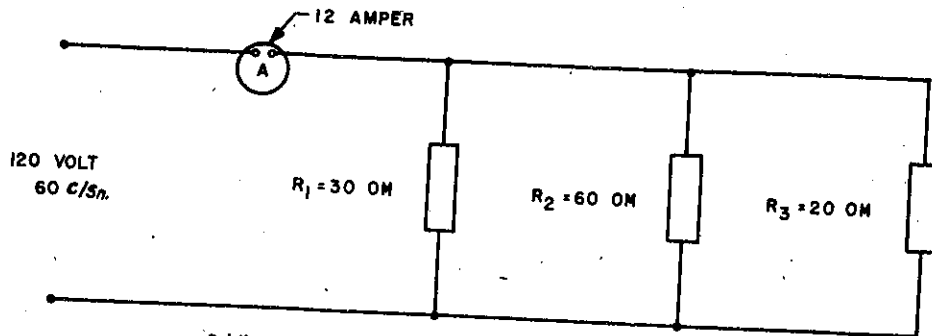
kollardaki akımlar hat gerilimi ile aynı fazda olur. Bu sebepten; toplam hat akımı, kollardaki akımların vektör toplamı veya aritmetik toplamından herhangi birine eşit olur.

Şekil 8-1 de üç kollu bir paralel devre görülmektedir, herbir kolda endüktif olmayan bir direnç yükü vardır ve devre 120 volt, 60 sayıklık güç kaynağına bağlıdır. Endüktif olmayan direnç yükleri bulunan paralel devreler için hesaplamalar, doğru akımlı paralel devreninkinin tamamen aynıdır.

Örnek Problem 1

Şekil 8-1 deki paralel devrede, aşağıdakilerin elde edilmesi istenmektedir:

1. Toplam direnç.
2. Herbir kol tarafından alınan akım.
3. Hat akımı.
4. Paralel devre tarafından alınan toplam güç.



Şekil 8-1. Omik Dirençlerden Kurulu Paralel Devre.

5. Güç katsayısı ve faz açısı.
6. Vektör diyagramı.

Çözümler

1. Kitapta izah edilen aynı formül ve hesaplama metotları kullanılarak toplam direnç bulunabilir:

$$R_c = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}$$

$$= \frac{1}{\frac{1}{30} + \frac{1}{60} + \frac{1}{20}}$$

$$= \frac{1}{\frac{2}{60} + \frac{1}{60} + \frac{3}{60}} = \frac{1}{\frac{6}{60}} = 10 \text{ om}$$

2. Her bir kol tarafından çekilen akım, Ohm kanunu ile bulunur:

$$I_1 = \frac{E}{R_1} = \frac{120}{30} = 4 \text{ amper}$$

$$I_2 = \frac{E}{R_2} = \frac{120}{60} = 2 \text{ amper}$$

$$I_3 = \frac{E}{R_3} = \frac{120}{20} = 6 \text{ amper}$$

3. Her koldaki akım değerlerinin toplanması ile toplam akım elde edilebilir veya toplam akım, bütün paralel devreye tatbik edilen Ohm kanununu kullanmak sureti ile de tayin edilebilir. Herhangi bir metodun kullanılması; toplam akımı 12 amper olarak verir.

4. Bütün paralel devre tarafından alınan toplam güç, hat gerilimleri ile hat akımı değerleri aynı fazda olduğundan bunların çarpımına eşit olacaktır:

$$W = EI \text{ toplam}$$

$$= 120 \times 12$$

$$= 1440 \text{ vat}$$

veya

$$W = I^2 R = 12^2 \times 10$$

$$= 144 \times 10 = 1440 \text{ vat}$$

veya

$$W = \frac{E^2}{R} = \frac{120^2}{10} = \frac{14400}{10} = 1440 \text{ vat}$$

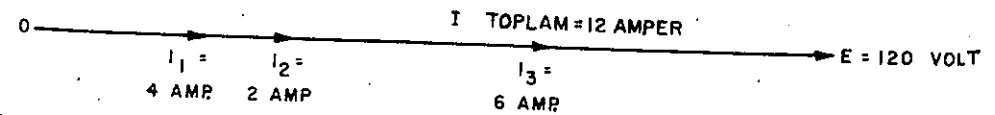
5. Güç faktörü, gücün vat değerinin volt-amper girişine oranıdır. Bu devre için güç katsayısı:

$$\frac{1440}{1440} = 1,00 \text{ veya bir'e eşit}$$

güç faktörü.

Kosinüsü 1,00 olan açının değeri sıfır derecedir, bu hat akımı ile hat geriliminin aynı fazda olduğu anlamına gelir.

6. Bu paralel devre için vektör diyagramı, Şekil 8-2 de görülmektedir. Her koldaki akım de-



Şekil 8-2. Endüktif Olmayan Paralel bir Devrede Vektör Diyagramı.

gerileri, gerilim vektörü üzerine yerleştirilir. Ayrıca; kollarındaki akım değerlerinin aritmetik ve

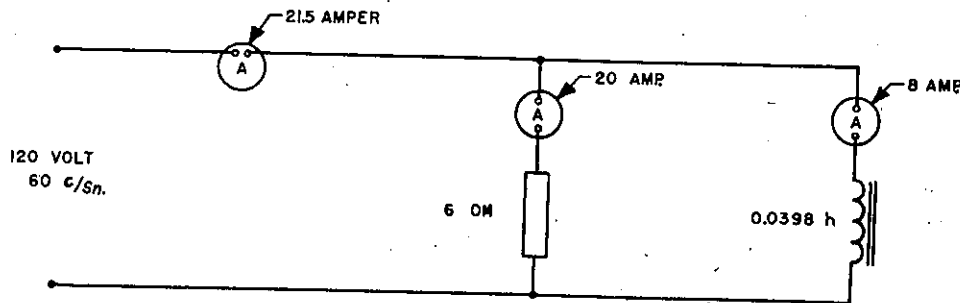
R VE X_L KOLLU PARALEL DEVRELER

Şimdi iki kolu bulunan bir paralel devre düşünülmektedir. Bir kolda endüktif olmıyan direnç yükü bulunmasına karşılık, diğer kol endüktanstan ibarettir.

Şekil 8-3 te görülen paralel devrelerin iki kol akımları, birbirlerinden 90 elektrik derecesi faz farklıdır. Endüktif olmıyan direnç kolundaki akımın hat gerilimi ile aynı fazda olmasına karşılık, saf endüktanslı koldaki akım hat geriliminden 90° geridir. Bu sebepten, toplam hat akımını tayin etmek için; hesaplamalarda vektör münasebetleri kullanılacaktır.

Örnek Problem 2

Şekil 8-3 teki paralel devre için aşağıdaki bilgileri elde ediniz :



Şekil 8-3. R ve X_L Kollu Paralel Devre.

vektör toplamlarının her ikisi de, toplam veya hat akımına eşit olur.

1. İki kolun herbiri tarafından alınan akım.
2. Paralel devre için, vektör diyagramı.
3. Toplam akım.
4. Paralel devre tarafından alınan güç.
5. Paralel devre için güç faktörü.
6. Faz açısı.
7. Toplam empedans.

Çözümler

1. Devrenin herbir kolundaki gerilim aynı olup, 120 voltur. Böylece kol akımları :

Kol 1

$$I_1 = \frac{E}{R} = \frac{120}{6} = 20 \text{ amper} = 15 \text{ om}$$

Kol 2

$$I_2 = \frac{E}{X_L} = \frac{120}{15} = 8 \text{ amper}$$

2. Bu paralel devre için vektör diyagramı, Şekil 8-4 te görülmektedir. Endüktif olmıyan direnç kolundaki 20 amper, direk olarak yatay gerilim referans hattı üzerine yerleştirilir. Saf endüktans ihtiva eden ikinci koldaki akım, aşağıya doğru ve hat geriliminden 90° geri kalacak şekilde yerleştirilir. Hat akımı, iki koldaki akım-

ların vektör toplamıdır ve hat geriliminden teta açısı kadar geri kalır.

3. Şekil 8-4 teki vektör diyagramının kontrolü, hat akımının aslında bir dik üçgenin hipotenüsü olduğunu gösterir :

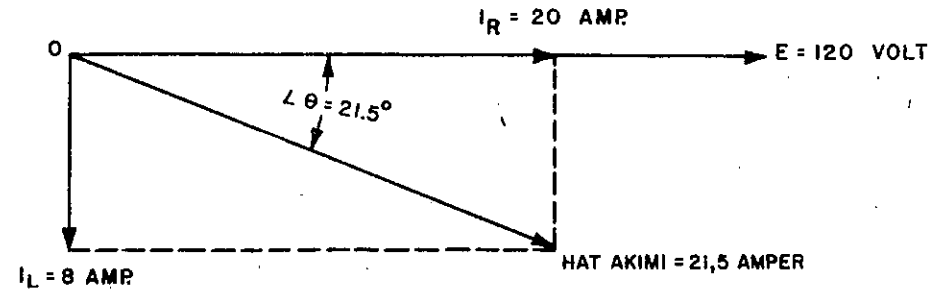
I toplam

$$= \sqrt{I_R^2 + I_L^2} = \sqrt{20^2 + 8^2} = \sqrt{400 + 64} = 21,5 \text{ amper}$$

4. Paralel devre tarafından alınan güç, tamamen direnç ihtiva eden birinci kolda sarf olacaktır. Saf endüktans yükünden ibaret ikinci kol tarafından alınan hiçbir güç yoktur. Paralel devre için güç :

$$W EI_R = 120 \times 20 = 2400 \text{ vat}$$

5. Herhangi bir alternatif akımlı devrenin güç faktörü, gücün volt-amper girişine oranına eşit olan $\cos \theta$ nin kosinüsüdür. Ayrıca (Şekil 8-4'e bak) aynı



Şekil 8-4. R ve X_L Kollu Paralel Devrenin Vektör Diyagramı.

fazlı akımın (20 amper) toplam hat akımına oranı da güç faktörü olacaktır. Bu devre için güç faktörü, her iki metot ile de bulunabilir :

Güç Faktörü

$$\frac{\text{Watt}}{E \times I} = \frac{2400}{120 \times 21,5} = 0,9302$$

geri güç faktörü keza,

I aynı fazda

$$\text{Güç Faktörü} = \frac{I \text{ aynı fazda}}{I \text{ toplam}}$$

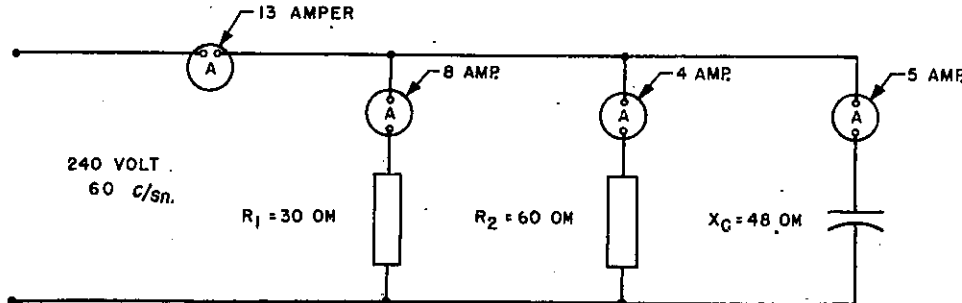
$$= \frac{20}{21,5} = 0,9302 \text{ geri güç faktörü}$$

R VE X_C KOLLU PARALEL DEVRELER

Paralel devre, bir kol devresinde endüktif olmıyan yük ve ikinci kolunda kondansatör ihtiva etmektedir. Eğer kondansatörün ihmal edilebilir direnci varsa, bu koldaki akım hat geriliminden 90 elektrik derecesi ilerdedir ve bu

sebepten; hat akımı, kollardaki akımların vektör toplamıdır.

Şekil 8-5, iki endüktif olmıyan direnç kolu ve üçüncü kolunda ihmal edilebilir direnci olan bir kondansatörü olan, paralel bir devredir.



Şekil 8-5. R ve X_C Kollu Paralel Devre.

Güç Faktörü

$$\frac{I \text{ aynı fazda}}{I \text{ toplam}} = \frac{20}{21,5} = 0,9302$$

geri güç faktörü

6. Güç faktör açısı veya teta açısı, 21,5° geridir.

7. Paralel devrenin toplam empedansı, seri devrenin empedans formülünü kullanarak elde edilemez. Paralel devre empedansı, Ohm kanunu kullanılarak tayin edilebilir.

$$Z \text{ toplam} = \frac{E \text{ hat}}{I \text{ hat}} = \frac{120}{21,5} =$$

5,58 om, toplam empedans

Örnek problem 3, bu tip bir devrenin hesaplanmasını göstermektedir.

Örnek Problem 3

Şekil 8-5 te verilen devre için, aşağıdaki bilgileri elde ediniz :

1. Her kol tarafından alınan akım.
2. Vektör diyagramının çizilmesi.
3. Toplam veya hat akımı.
4. Paralel devre tarafından alınan güç.
5. Paralel devre için güç faktörü.
6. Faz açısı.
7. Toplam empedans.

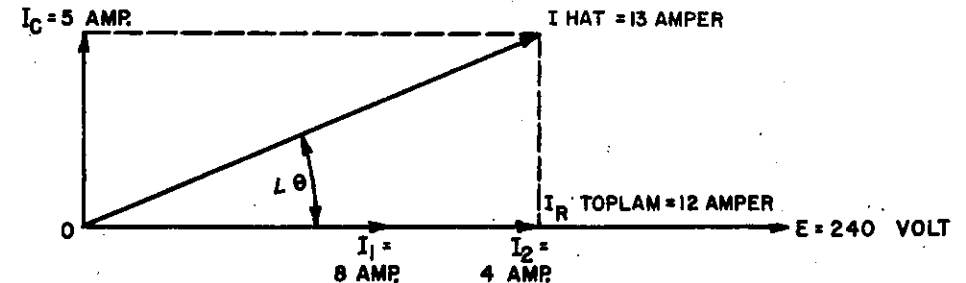
Cözümler

1. Kol 1 ve 2 kol 2 nin her ikisi de saf direnç yükü ihtiva eder, böylece her iki koldaki akım, $I_1 = 240/30 = 8$ amperdir; kol 2 deki akım ise, $240/60 = 4$ amperdir.

Paralel devre için aynı fazda toplam akım, bu ilk iki koldaki akımların toplamıdır, $8 + 4 = 12$ amper.

Akımın 90 derecelik veya faz farklı bileşeni, kol 3 teki kondansatör yüküne verilir. Bu ileri akım, $E \div X_c = 240 \div 48 = 5$ amper.

2. Şekil 8-6 daki vektör diyagramında; iki aynı fazlı akım değerleri, 12 amperlik toplam aynı fazlı akım verecek şekilde direk olarak hat gerilim vektörü üzerine yerleştirilir. Kondansatörlü kol tarafından alınan 5 amperlik akımın, hat geriliminden 90° ileride olduğunu gösterecek şekilde O noktasından düşey doğrultuda çizilir. Hat akımı, toplam aynı fazlı akım ile 90 derecelik ileri akımın vektör toplamıdır. Hat akımının hat geriliminden teta açısı kadar ileride olduğuna dikkat edilmelidir, bu se-



Şekil 8-6. R ve X_C li Paralel Devrenin Vektör Diyagramı.

bepten; bu paralel devre ileri güç faktörü ile çalışır.

3. Bu devre için hakiki hat akımı, Şekil 8-6 da gösterildiği gibi dik bir üçgenin hipotenüsü olacaktır :

$$\begin{aligned} I \text{ hat} &= \frac{W}{E} \\ &= \frac{2880}{120} \\ &= 24 \text{ amper} \end{aligned}$$

4. Paralel devre tarafından alınan toplam güç, toplam aynı fazlı akım ile hat geriliminin çarpımıdır.

$$\begin{aligned} W &= E \times I \text{ aynı fazda} \\ &= 120 \times 24 = 2880 \text{ vat} \end{aligned}$$

5. Bu devre için güç faktörü :

$$\begin{aligned} \text{Güç Faktörü} &= \frac{W}{E \times I} \\ &= \frac{2880}{120 \times 24} = 0,9231 \end{aligned}$$

R VE Z KOLLU, PARALEL DEVRELER

Bir paralel devrenin bir kolunda endüktif olmayan direnç yükü ve ikinci kolunda da bir empedans tipi yük bulunabilir. Saf dirençteki akım, hat gerilimi ile aynı fazdadır. Empedans kolunda, hem direnç hem de reaktif bileşen vardır; bu koldaki akım, hat geriliminden 90° den az bir açı ile geri kalacak veya ileri olacaktır. Şekil 8-7 böyle bir devreyi göster-

mektedir. Vatmetre, devrenin her iki kolu tarafından alınan toplam gücü gösterir. Birinci kolda 30 ohmluk direnç varken, ikinci kolda endüktif ve direnç bileşenlerinden ibaret 20 ohmluk empedans vardır.

Örnek Problem 4

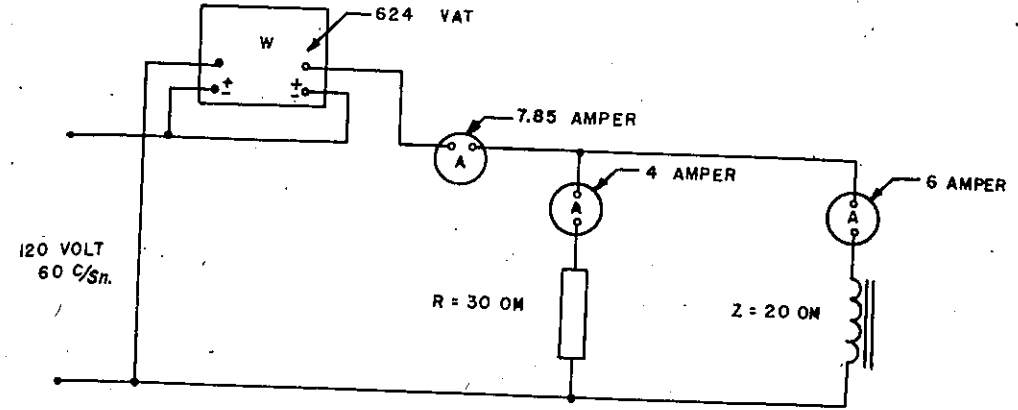
Şekil 8-7 de verilen devre için, aşağıdaki değerlerin bulunması istenmektedir :

$$\begin{aligned} &= \frac{2880}{240 \times 13} \\ &= 0,9231 \text{ ileri güç faktörü} \\ &\text{veya} \\ \text{Güç Faktörü} &= \frac{I \text{ aynı fazda}}{I \text{ hat}} = \frac{12}{13} \\ &= 0,9231 \text{ ileri güç faktörü} \end{aligned}$$

6. Hat akımının hat geriliminden ileride olan faz açısı 22,6° dir.

7. Bu paralel devrenin toplam empedansı (ohm cinsinden) :

$$\begin{aligned} Z \text{ toplam} &= \frac{E}{I \text{ toplam}} = \frac{120}{13} \\ &= 18,46 \text{ ohm, toplam empedans} \end{aligned}$$



Şekil 8-7. R ve Z Kollu Paralel Devre.

- Herbir kol tarafından çekilen akım.
- Bobinin direnci.
- Bobinin güç faktörü.
- Bobindeki akımın aynı fazdaki bileşeni.
- Bobindeki akımın 90 derecelik bileşeni.

Devrenin vektör diyagramını çiziniz ve (1) hat akımını ve (2) devrenin güç faktörünü tayin ediniz.

Çözümler

- Herbir kol devresindeki akım, Ohm Kanunu kullanılarak kolayca tayin edilebilir :

$$\begin{aligned} I_R &= \frac{E}{R} = \frac{120}{30} = 4 \text{ amper,} \\ &\text{Direncin çektiği akım.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_Z \text{ bobin} &= \frac{E}{Z \text{ bobin}} = \frac{120}{20} \\ &= 6 \text{ amper, empedans bobininin çektiği akım} \end{aligned}$$

- Bobinin direnci, bobinin çektiği güçten $W = I^2 R$ formülü kullanılarak elde edilir.

Direnç kolu tarafından çekilen hakiki güç :

$$\begin{aligned} W &= E \times I_R \text{ veya } W = I^2 R \\ &= 120 \times 4 = 480 \text{ vat} \\ &= 4^2 \times 30 = 480 \text{ vat} \end{aligned}$$

veya

$$W = \frac{E^2}{R} = \frac{120^2}{30} = 480 \text{ vat}$$

Eğer 480 vat, paralel devre tarafından alınan toplam wattan çıkarılırsa; fark güç, bobinde harcanacaktır. Bobinde sarf olunan hakiki vat değeri :

$$W \text{ bobin} = 624 \cdot 480 = 144 \text{ vat}$$

Bunun için, bobinin direnci :

$$R = \frac{W}{I^2} = \frac{144}{6^2} = \frac{144}{36} = 4 \text{ om}$$

3. Bobinin güç faktörü, bobini direnç ve endüktif reaktans ihtiva eden seri bir devre farzederek elde edilebilir.

$$\text{Güç Faktörü} = \frac{R}{Z} = \frac{4}{20} = 0,20 \text{ geri güç faktörü}$$

Bu güç faktörü için, bobin akımının geri açısı hat geriliminin $78,5^\circ$ gerisindedir.

4. 6 amperlik bobin akımı, birisi aynı fazda akım olan iki bileşene ayrılabilir. Diğer bileşen, bu kolun endüktif reaktansından dolayı hat geriliminden 90° geri kalır ki; bu bileşene 90 derecelik akım denir.

$$\text{Güç Faktörü} = \frac{I \text{ aynı fazda}}{I_z} = \frac{I \text{ aynı fazda}}{6} = 0,2 = 1,2 \text{ amper}$$

bobin akımının aynı fazda bileşeni

5. $78,5^\circ$ nin sinüs fonksiyonunu kullanmak sureti ile 90 derecelik akım elde edilebilir. Şekil 8-8 deki vektör diyagramına bakılmak suretiyle bunun sebebi görülebilir.

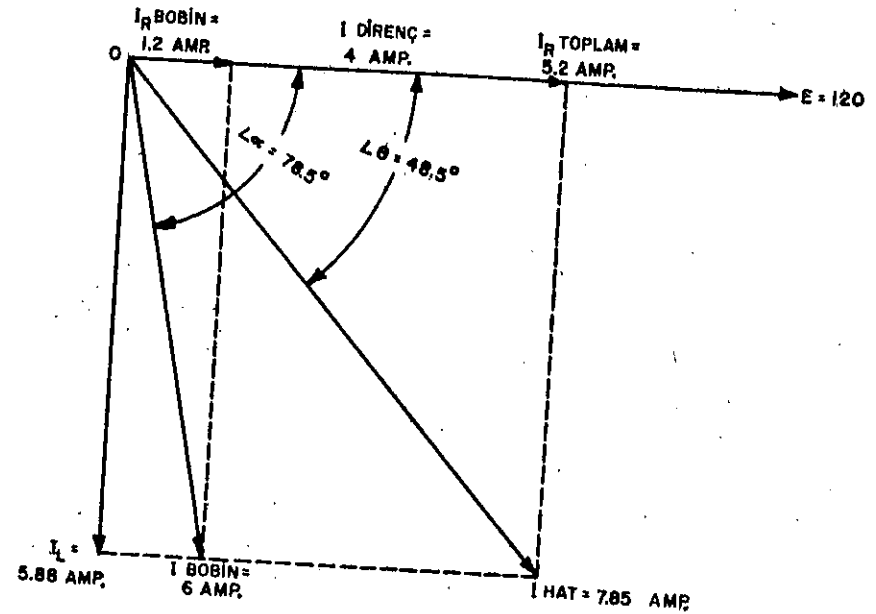
$$\sin \alpha = \frac{I \text{ 90 derecelik}}{I_z} = \frac{I \text{ 90 derecelik}}{6} = 0,9799 = 5,88 \text{ amper}$$

Vektör diyagramında, bobinin 1,2 amperlik aynı faz akımı direk olarak hat gerilim vektörü üzerine yerleştirilir. Bu akımın (5,88 amper) 90 derecelik bileşeni, aşağıya doğru ve hat gerilimi ile 90° lik açı yapacak şekilde yerleştirilir. Bu akımların vektörel toplamı, bobin tarafından alınan 6 amperdir. 6 amperlik bobin akımı ile hat gerilimi arasındaki faz açısı, $78,5^\circ$ derecedir. Direnç kolu tarafından alınan 4 amper, 5,2 amperlik toplam aynı fazda akım meydana getirecek şekilde bobin devresinin aynı fazda akımına ilave edilir. Hat telleri, hat gerilimi ile aynı fazda 5,2 amperi ve hat geriliminden 90° geride bulunan 90 derecelik 5,88 amperi, besleyebilmelidir. Bu iki bileşenin vektör toplamı, hat ge-

riliminden $48,5^\circ$ derece geride bulunan 7,85 amperlik hat akımıdır.

Şekil 8-8 de; toplam hat akımı, vektör diyagramındaki dik üçgenin hipotenüsüdür.

$$I \text{ hat} = \sqrt{I \text{ aynı fazda}^2 + I \text{ 90 derecelik}^2} = \sqrt{(1,24 + 4)^2 + 5,88^2} = \sqrt{5,2^2 + 5,88^2} = \sqrt{27,04 + 34,5744} = \sqrt{61,6144} = 7,85 \text{ amper}$$



Şekil 8-8. R ve Z Kollu Paralel Devrenin Vektör Diyagramı.

Devrenin güç faktörü, aşağıda metotlardan herhangi biri ile bulunabilir :

$$\text{Güç Faktörü} = \frac{W}{EI}$$

$$= \frac{624}{20 \times 7,85}$$

$$= 0,6624 \text{ geri güç faktörü veya}$$

$$\text{Güç Faktörü} = \frac{I \text{ aynı fazda}}{I \text{ hat}}$$

$$= \frac{5,2}{7,85}$$

$$= 0,6624 \text{ geri güç faktörü}$$

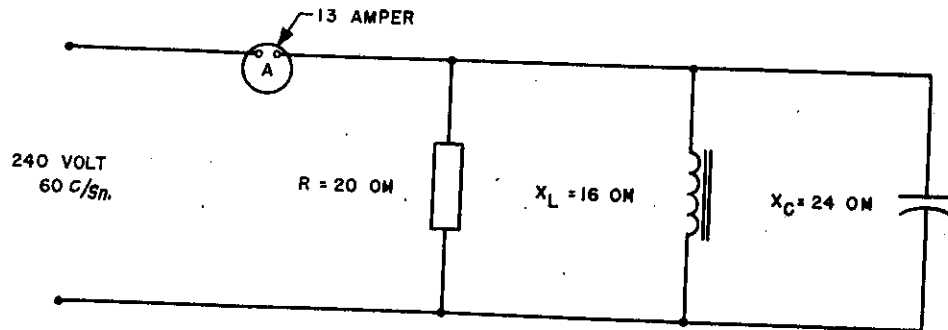
Kosinüs değeri 0,662 olan güç faktör açısı Θ nın değeri $48,5^\circ$ geri açıdır.

R, X_L VE X_C KOLLARI OLAN PARALEL DEVRELER

Eğer bir paralel devre, direnç, saf endüktans ve saf kapasitans ihtiva eden kol devrelerinden ibaret ise, hat akımının olduğu kadar her koldaki akım değerlerinin de tayin edilmesi oldukça basit bir meseledir. Şekil 8-9; R, saf X_L ve saf X_C kolları bulunan paralel bir devredir.

Şekil 8-9 da görülen değerleri kullanarak, aşağıdakileri tayin ediniz :

1. Herbir kol tarafından alınan akım.
2. Hat akımı.
3. Güç.
4. Bobin tarafından istenilen mıknatıslama var değeri.



Şekil 8-9. R, X_L ve X_C Kollu Paralel Devre.

5. Kondansatör tarafından verilen mıknatıslama var değeri.
6. Hat tarafından verilen net mıknatıslama var değeri.
7. Devrenin güç faktörü ve faz açısı.

Paralel devre için bir vektör diyagramı çiziniz.

$$I \text{ hat} = \sqrt{I_R^2 + (I_L - I_C)^2}$$

$$= \sqrt{12^2 + 5^2}$$

$$= 13 \text{ amper, hat akımı}$$

Çözümler

1. Herbir kol devresi tarafından alınan akım değerleri :

Direnç kolu :

$$I_R = \frac{E}{R} = \frac{240}{20} = 12 \text{ amper}$$

$$I_C = \frac{E}{X_C} = \frac{240}{16} = 15 \text{ amper}$$

$$I_L = \frac{E}{X_L} = \frac{240}{16} = 15 \text{ amper}$$

2. Kondansatör kolundaki akım, hat geriliminden 90° ileridir; buna karşılık bobin akımı, aynı hat geriliminden 90° geridedir, böylece bu iki koldaki akımlar birbirlerinden 180° faz farklı olur. 10 amperlik bobin akımından çıkarılınca;

5 amperlik endüktif 90 derecelik akım geriye kalır. Bunun için; hat akımı, 12 amperlik aynı faz bileşeni ile 5 amperlik geri kalan 90 derecelik bileşenden ibarettir. Hat akımının değeri :

3. Bu devre tarafından alınan bütün güç, direnç kolunda sarf olacaktır. Bobin kolu ve kondansatör kolunun her ikisi tarafından alınan akım, hat geriliminden 90° faz farklıdır ve bu sebepten bu kolların her ikisi tarafından alınan güç sıfır olacaktır. Direnç kolu ve aynı zamanda bütün paralel devre için vat cinsinden güç değeri :

$$W = EI_R$$

$$= 240 \times 12$$

$$= 2880 \text{ vat}$$

veya

$$W = I^2 R$$

$$= 12^2 \times 20$$

$$= 144 \times 20$$

$$= 2880 \text{ vat}$$

veya

$$W = \frac{E^2}{R}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{240^2}{20} \\ &= 2880 \text{ vat} \end{aligned}$$

4. Bobin tarafından istenilen mıknatıslama var değeri :

$$\begin{aligned} \text{Var} &= E I_L \\ &= 240 \times 15 \\ &= 3600 \text{ var} \end{aligned}$$

veya

$$\begin{aligned} \text{Var} &= I_L^2 \times X_L \\ &= 15^2 \times 16 \\ &= 3600 \text{ var} \end{aligned}$$

veya

$$\begin{aligned} \text{Var} &= \frac{E^2}{X_L} \\ &= \frac{240^2}{16} \\ &= 3600 \text{ var} \end{aligned}$$

5. Kondansatör tarafından verilen mıknatıslama var değeri :

$$\begin{aligned} \text{Var} &= E I_C \\ &= 240 \times 10 \\ &= 2400 \text{ var} \end{aligned}$$

veya

$$\begin{aligned} \text{Var} &= I_C^2 \times X_C \\ &= 10^2 \times 24 \\ &= 2400 \text{ var} \end{aligned}$$

veya

$$\begin{aligned} \text{Var} &= \frac{E^2}{X_C} \\ &= \frac{240^2}{24} \\ &= 2400 \text{ var} \end{aligned}$$

6. Hat tarafından verilen net mıknatıslama var değeri, bobin tarafından istenilen var değeri ile kondansatör tarafından verilen var değeri arasındaki farktır; veya :

$$\text{Net Var} = 3600 - 2400 = 1200 \text{ var}$$

7. Bu paralel devre için güç faktörü, gücün vat değerinin giriş volt-amperine oranı veya aynı fazdaki akımın toplam hat akımına oranlarından herhangi biri kullanılarak elde edilebilir. Bobin kolu tarafından alınan 90 derecelik akım, kondansatör kolu tarafından alınan akımdan daha büyük olduğundan ;her iki metodun da kullanılması ile elde edilen değer, geri bir güç faktörü doğuracaktır. Netice olarak, alternatif akım kaynağı tarafından verilen net 90 derecelik akım, hat geriliminden 90° geri kalacaktır. Bu devre için güç faktörü :

$$\text{Güç Faktörü} = \frac{W}{EI} = \frac{2880}{240 \times 13}$$

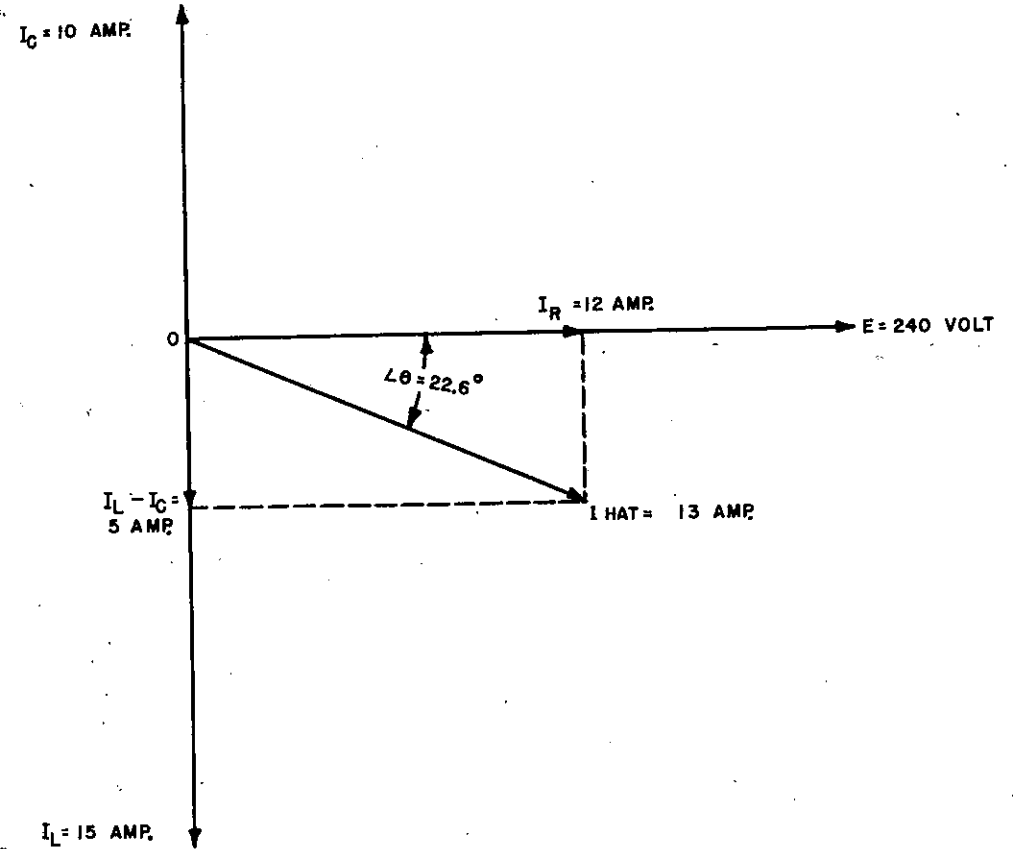
$$\begin{aligned} &= \frac{2880}{3120} = 0,9231 \text{ geri} \end{aligned}$$

$$\text{Güç Faktörü} \text{ veya}$$

$$\text{Güç Faktörü} = \frac{I \text{ aynı fazda}}{I \text{ hat}}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{12}{13} = 0,9231 \text{ geri güç faktörü} \end{aligned}$$

0,9231'e eşit geri bir güç faktörü için teta açısının değeri 22,6 amperdir.



Şekil 8-10. R, X_L ve X_C || Paralel Devrenin Vektör Diyagramı.

PARALEL DEVREDE REZONANS

Seri bir devrede rezonans halinde devre akımı maksimumdur; endüktif reaktans ve kapasitif reaktansın tesirleri birbirini yok eder ve tam hat gerilimi devrenin direncine tatbik edilir. Bu, akım ile hat geriliminin aynı fazda olmasını doğurur.

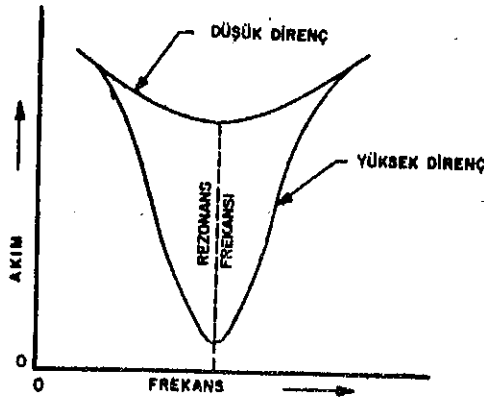
Kapasitif reaktansın sebep olduğu ileri 90 derecelik akım, endüktif reaktansın sebep olduğu geri 90 derecelik akıma eşit olduğu zaman, paralel devre rezonans halindedir. Bu eşit akım değerleri, birbirinden 180° faz farklıdır ve birbirini yok ederler. Netice olarak; alternatif akım kaynağı, sadece devrenin direnç yükü tarafından istenilen aynı fazlı akımı

verir. Bu sebepten, paralel rezonans devresinde, hat akımı minimum değerde ve hat gerilimi ile aynı fazda olacaktır. Seri veya paralel devrenin her ikisinde; rezonans, hat gerilimi ile hat akımı aynı fazdadır ve bunun için, her iki devrede de devrenin güç faktörü bir'e eşittir.

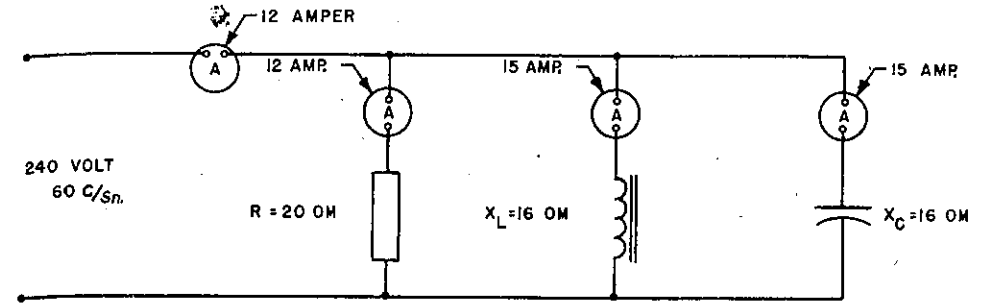
R , X_L ve X_C bileşenleri bulunan bir paralel devre için, hat akımı ve frekansını temsil eden tipik eğriler Şekil 8-11'dir. Alçak frekanslarda, endüktif bileşen büyük akım alırken, kapasitif bileşen çok ufak akım alır. Yüksek frekanslarda, bobin ufak akım alırken, kondansatör kolu nispeten daha büyük akım alacaktır. Bu iki sınırın arasında, bobin ve kondansatör akım değerlerinin eşit olduğu rezonans frekans noktası bulunur.

Bu rezonans frekansında, paralel devreye verilen hat akımı, en ufak değerdedir. Eğer direnç nispeten büyük ise; rezonans frekansında, akım oldukça azalır. Bununla beraber, eğer direnç bileşeni ufak ise, rezonans akımında azalma, söylenilenden daha az olacaktır.

Şekil 8-9'da görülen paralel devrenin; 0,9231 değerinde geri bir güç faktörü vardır. Bu devrenin kondansatör kolunda daha büyük değerde bir kondansatör



Şekil 8-11. Rezonans Frekansındaki Akım.



Şekil 8-12. Paralel Rezonans Devresi.

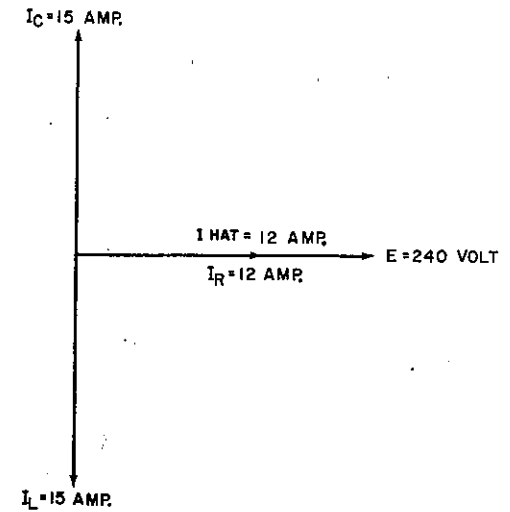
kullanılırsa, ileri akımda bir yükselmeye sebep olacaktır. Meselâ, $X_C = 16$ om olan bir kondansatör kullanılırsa; kondansatör, 15 amperlik ve 90 derecelik ileri bir akım çekecektir. Kondansatör tarafından alınan 15 amperlik akım, hat gerilimden 90° ilerideyken; bobin koluna verilen 15 amper, hat geriliminden 90° geridedir.

Bobin ve kondansatör kollarının her ikisi de 15 amper alan paralel devre, Şekil 8-12'de gösterilmektedir. Bu, paralel bir rezonans devresidir. Bobin kolundaki 15 amper ve kondansatör kolundaki 15 amper 180° faz farklıdır ve birbirlerini yok ederler. Kaynak sadece devrenin direnç yükü için aynı fazda akım verir; bundan dolayı, hat akımı direnç tarafından alınan akımın aynıdır:

Örnek Problem 6

Şekil 8-12'de verilen devreyi kullanarak, aşağıdakileri tayin ediniz:

1. Hat akımı,
2. Güç,
3. Güç faktörü ve faz açısı.



Şekil 8-13. Paralel Rezonans Devresinin Vektör Diyagramı.

Bu paralel devre için bir vektör diyagramı çiziniz.

Çözümler

1. Yukarıda izah edildiği şekilde, $I_{\text{hat}} = I_R = 12$ amper

$$2. W = I^2 R = 12^2 \times 20 = 2880 \text{ vat, veya } EI = 240 \times 12 = 2880 \text{ vat}$$

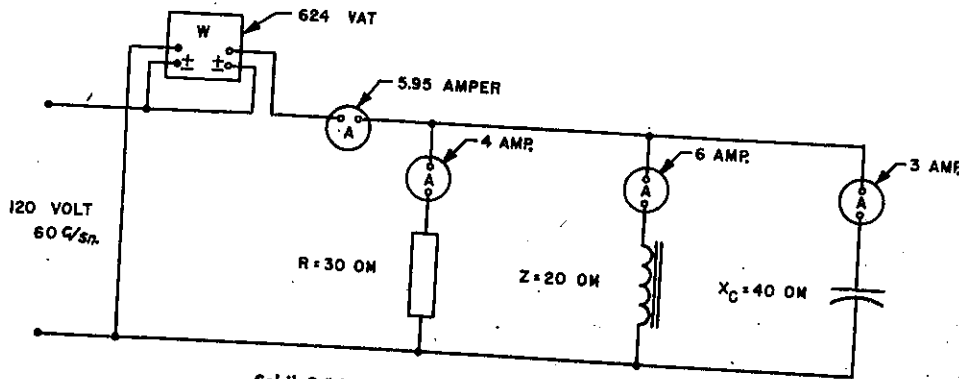
$$3. \text{Güç Faktörü} = \text{Vat} \div EI = 2880 \div 2880 = 1,00 \text{ veya bir güç faktörü. } \theta = 0^\circ$$

R, Z VE KOLLU PARALEL DEVRELER

Şekil 8-14; R, Z ve X_C kolları bulunan bir paralel devreyi göstermektedir. Vatmetre hakiki gücü gösterir; ampermetreler ise, hat akımı ile kollarındaki akımları göstermektedir.

Devre Güç Faktörü

Devrenin güç faktörünü elde etmek için: Güç Faktörü = W/EI
 $= 624/120 \times 5,95 = 0,874$ geri güç faktörü (Endüktif reaktif akım, X_C deki akımdan daha fazla olduğundan; bütün devrenin geri bir güç faktörü vardır.) Faz açısı, 29° geridir.



Şekil 8-14. RZ ve X_C Kollu Paralel Devre.

Empedans Bobini Güç Faktörü

Empedans kolunun güç faktörü, bobindeki güç kaybı bulunduğundan sonra, hesap edilmelidir:

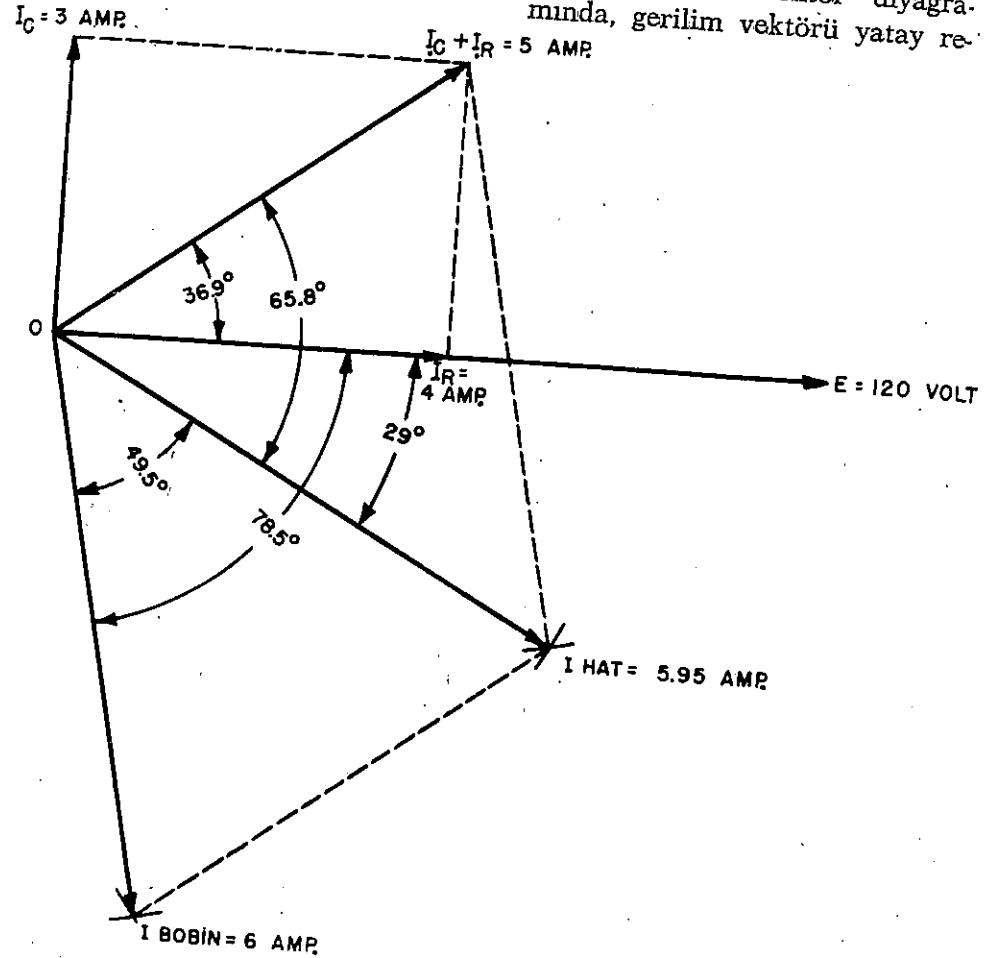
Bobindeki Vat Kaybı

$$= 624 - (120 \times 4) \\ = 624 - 480 = 144 \text{ vat}$$

$$\text{Güç Faktörü} = \frac{R}{Z} = \frac{4}{20} \\ = 0,20 \text{ geri güç faktörü}$$

$$R \text{ bobin} = \frac{W \text{ Bobin}}{I \text{ Bobin}^2} \\ = \frac{144}{6^2} = \frac{144}{36} = 4 \text{ om}$$

Empedans bobin akımının, hat geriliminden geri kalma açısının kosinüsü 0,20 olup, değeri $78,5^\circ$ dir.



Şekil 8-15. R, Z ve X_C li Paralel Devrenin Vektör Diyagramı.

Şekil 8-14 deki devrede vatmetre yoktur ve elde mevcut bilgi sadece, dört ampermetre okuması ve hat gerilimidir; bu halde hat gerilimine göre uygun faz münasebetlerinde yerleştirilmiş akım değerlerini vektör çokgenine bağlamak sureti ile çözüm için ikinci bir metot kullanılır.

Şekil 8-15 teki vektör diyagramında, gerilim vektörü yatay re-

ferans hattıdır. Kondansatör tarafından alınan 3 amper, hat geriliminden 90° ileri iken; endüktif olmayan direnç kolundaki 4 amperlik akım, hat gerilimi ile aynı fazda yerleştirilir. Bu iki akımın vektör toplamı, $I_R + I_C = 5$ amperdir. Çizim hatları ve eğrileri vektör diyagramında diğer vektörlerin nasıl yerleştirildiğini göstermektedir.

Devrenin Güç Faktörü

$$I_C + I_R = \sqrt{I_R^2 + I_C^2} = \sqrt{4^2 + 3^2} = \sqrt{16 + 9} = 5 \text{ amper}$$

Kosinüs teoremi kullanılarak; b kenarı 5 amper, a kenarı 6 amper ve c kenarı 5,95 amper olan akım üçgeninin O noktasındaki açısının değeri elde edilebilir :

$$\text{Kosinüs } A = \frac{b^2 + c^2 - a^2}{2bc} = \frac{5^2 + 5,95^2 - 6^2}{2 \times 5 \times 5,95}$$

Kosinüs değeri 0,4101 olan açı, 65,8° dir.

5 amperlik bileşke akım ile gerilim referans hattı arasındaki açı da tayin edilebilir :

$$\text{Kosinüs } < = \frac{4}{5} = 0,8 = 36,9 \text{ derece}$$

65,8 dereceden 36,9 dereceyi çıkarmakla, (Şekil 8-15.e bak) hat akımının hat geriliminden geri kalma açısı bulunur.

$$\Theta = 65,8 - 36,9 = 28,9 \text{ veya } 29^\circ$$

29° geri açının güç faktörü, 0,8746 olup; bundan önceki metolla elde edilen güç faktörüne eşittir.

Empedans bobini akımının hat geriliminden geri kalma açısı da tayin edilebilir. Kosinüs teoremi kullanılarak, a kenarı 5 amper, b kenarı 6 amper ve c kenarı 5,95 amper olan akım üçgeninin O noktasındaki açısının değeri elde edilebilir :

$$\begin{aligned} \text{Kosinüs } A &= \frac{b^2 + c^2 - a^2}{2bc} \\ &= \frac{6^2 + 5,95^2 - 5^2}{2 \times 6 \times 5,95} \\ &= \frac{36 + 35,4025 - 25}{71,4} \\ &= \frac{46,4025}{71,4} \end{aligned}$$

$$= \frac{46,4025}{71,4} = 0,6498$$

Kosinüs değeri 0,6498 olan açı, 49,5 derecedir. $\Theta = 29^\circ$ nin 49,5° ye ilâvesi, 78,5° lik bobin akımı

GÜÇ FAKTÖRÜNÜN DÜZELTİLMESİ

Geri güç faktörü ile çalışan motorlara, transformatörlere ve yükün diğer tiplerine enerji birçok alternatif akım devreleri tarafından verilir. Bu, aynı fazda akımı olduğu kadar, akımın 90 derecelik geri değerlerinin de hat tellerinde iletilmesi sonucunu doğurur. Daha önce de izah edildiği şekilde; paralel rezonans, devrenin ileri 90 derecelik akımının geri 90 derecelik akıma eşit olması ile elde edilir. Bu yapılırsa, hat telleri

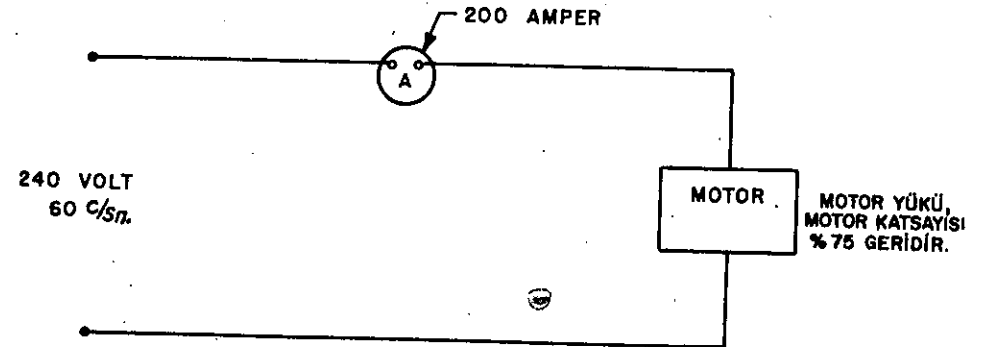
ile gerilimi arasındaki faz açısını verir.

78,5° nin kosinüsü 0,1994'e eşittir. Bu, empedans bobin kolu devresinde 0,1994'e eşit geri güç faktörü var demektir; bu birinci metodu kullanarak elde edilen sonuçun doğru olduğunu gösterir.

devreye sadece aynı faz akımı verirler ve güç faktörü = 1,00 dır.

Meselâ, bir sanayi mntıkasında, 240 volt hat geriliminden toplam 200 amper çeken paralel bağlı birçok motorlar bulunabilir. Bu devrenin güç faktörü, 0,75 geri değerdedir.

Şekil 8-16 daki devre için, aynı fazdaki akım bileşeni ile 90 derecelik geri akım bileşenini tayin etmek için, aşağıdaki usul kullanılır :



Şekil 8-16

$$\text{Kosinüs } \Theta = \frac{I \text{ aynı fazda}}{I \text{ hat}} = \frac{240 \times 200 \times 0,75}{1000} = 36 \text{ kilovat}$$

$$0,75 = \frac{I \text{ aynı fazda}}{200}$$

I aynı fazda = 150 amper, akımın aynı fazdaki bileşeni

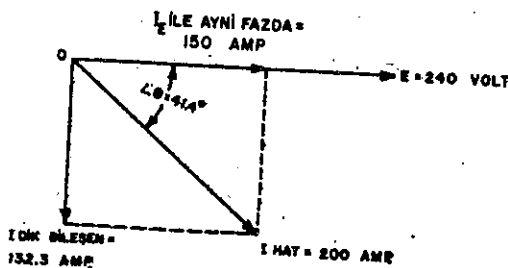
$$\text{sinüs } \Theta = \frac{I \text{ 90 derecelik}}{I \text{ hat}}$$

$$0,6613 = \frac{I \text{ 90 derecelik}}{200}$$

I 90 derecelik = 132,3 amper, 90 derece fazlı akım

Gücün kilovat cinsinden değeri :

$$\text{Kilovat} = \frac{E \times I \times \text{Güç faktörü}}{1000}$$



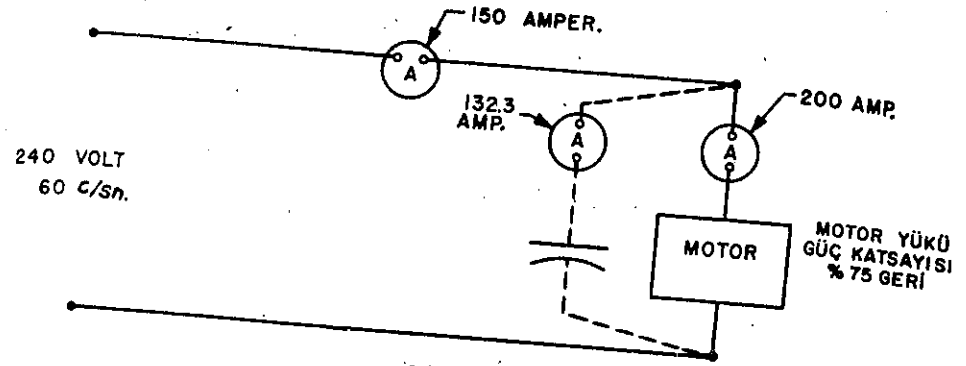
Şekil 8-17

Şekil 8-18 de, motor yüküne bir kondansatörlü kol bağlanınca, hat akımının 150 ampere düştüğüne

Motor tarafından alınan mıknatıslama var değeri :

$$\text{Var} = E \times I \text{ 90 derecelik} = 240 \times 132,3 = 31752 \text{ var veya 31,75 kilovar.}$$

Hat geriliminden 90° fazca geri 132,3 amperlik bileşen, bu devrede paralel çalışan çeşitli motorların sarımlarının endüktansı tarafından meydana getirilir. Motor yükündeki hattın telleri arasında bir kondansatör bağlamak suretiyle, birim güç faktörlü bir rezonans devresi elde etmek mümkündür. Bu özel devrede; kondansatör, 132,3 amperlik 90° fazca ileri akımı verecek büyüklükte olmak mecburiyetindedir. Fazca 90° ileri veya geri akımlar eşit olunca; hat telleri, bu devrede 150 amper olan sıfır fazdaki akımı iletecek şekilde seçilmelidir. 31,75 kilovar'lık reaktif güç bileşeni, kaynak tarafından artık verilmeyecektir; böylece hat telleri, transformatörler ve generatörler, 90 derecelik akım yükünden kurtulmuş olacaktır.



Şekil 8-18

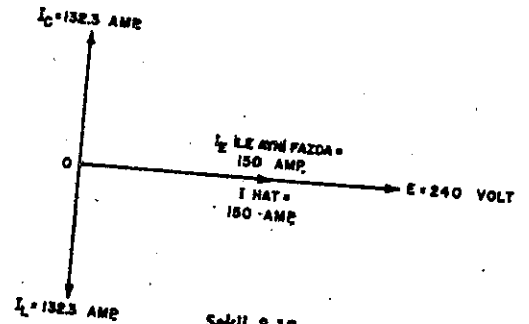
dikkat edilmelidir. Motorlar tarafından istenilen mıknatıslama var değerleri, güç faktörü düzeltici kondansatörler tarafından verilir.

Şekil 8-19 daki vektör diyagramında; iki 90 derecelik akım eşittir ve hat akımı, hat gerilimi ile aynı fazdadır. Hat telleri, şimdi sadece kaynaktan gelen sıfır fazdaki akımları iletir ve devrenin güç faktörü 1,00 olarak düzeltilmiş olur.

İleri fazda 90 derecelik akım kapasitesinin amper olarak değeri ile kondansatörün gerilim değerinin çarpımı, reaktif güç değerini tayin edecektir. Meselâ, Şekil 8-18'deki devrede; kondansatör, devrenin güç faktörünü bire getirerek düzeltebilecek şekilde, aşağıdaki kilovar değerine sahip olmalıdır :

$$\text{Kilovar} = \frac{E \times I \text{ 90 derecelik}}{1000} = \frac{240 \times 132,3}{1000} = 32,75 \text{ kilovar}$$

Bu paralel devrede; kondansatörlü kol, 240 voltta 132,3 amper çekecek. Bu bilgiye sahip iken, kapasitif reaktans ve mikrofarad cinsinden kapasitans tayin edilebilir.



Şekil 8-19

$$X_c = \frac{E}{I_c} = \frac{240}{132,3} = 1,81 \text{ om}$$

$$X_c = \frac{1}{2 \pi FC}; 1,81 = \frac{1}{377 C}$$

$$C = 0,00147 \text{ farad veya } 1470 \text{ mikrofara}$$

Alternatif akım devrelerinin güç faktörlerini mümkün olduğu kadar bir'e yakın olmasının veya düzeltilerek bire yakın duruma getirilmesinin faydaları şunlardır:

1. Hat tellerindeki 90° fazlı akım, devre iletkenlerinde sıfır faz-

HATIRDA TUTULMASI GEREKEN NOKTALAR

- Aşağıdaki tip devreler için vektör diyagramlarının nasıl hazırlanacağı ve problemlerin nasıl çözüleceğinin bilinmesi gerekir.
1. Direnç kolları olan paralel devreler.
 2. R ve X_L kolları olan paralel devreler.
 3. R ve X_C kolları olan paralel devreler.
 4. R ve Z kolları olan paralel devreler.
 5. R, X_L ve X_C kolları olan paralel devreler.
 6. R, Z ve X_C kolları olan paralel devreler.

lı akımların güç kayıplarına benzer şekilde, I_R^2 kayıplarını doğurur. Bu sebepten; eğer güç faktörü, bire yakın bir değere yükseltirse; iletim hattının verimi artırılarak, hatlardaki güç kayıpları azaltılır.

2. Eğer güç faktörü, bire yakın bir değere getirilerek düzeltme yapılırsa; hattaki gerilim düşmesi daha az olur. Böylece; yükteki gerilim, yaklaşık olarak daha sabit olacaktır.
3. Yüksek güç faktöründe devreyi besleyen generatör ve transformatörler daha iyi çalışma şartları içinde bulunurlar.

- Paralel rezonans teriminin anlamı izah edilebilmelidir.
- R, Z ve X_C kolları olan paralel bir devrenin akımlar çokgeninden ibaret vektör diyagramını çizilmeli ve devre değerlerinin elde edilmesinde kosinüs teoremi kullanabilmelidir.
- Paralel bir devrenin güç faktörünün bir'e getirilerek düzeltilmesi için, uygun değerlerde kondansatör veya kondansatörler blokunun nasıl tayin edileceği bilinmelidir.
- Bir güç devresinin güç faktörünü bir'e yakın değere getirerek düzeltmek, aşağıdaki neticeleri doğurur:

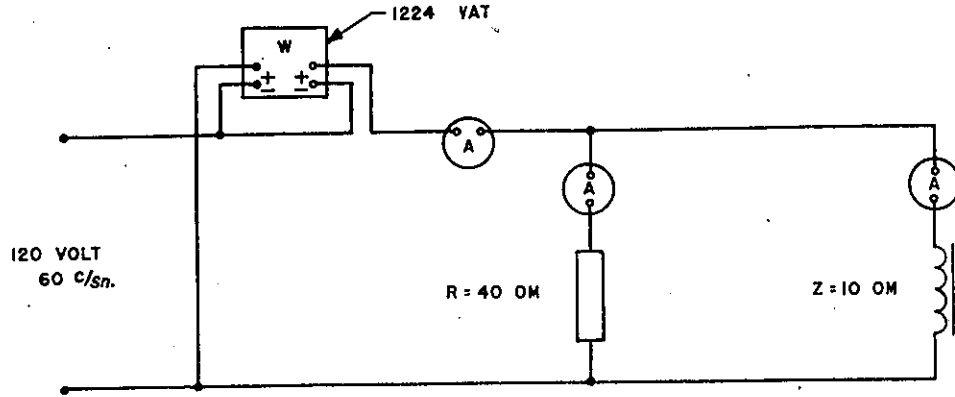
- 90 derece fazlı akımın azaltılması, hat tellerindeki I_R^2 kayıplarını azaltır, iletim verimini yükseltir.
- Hat akımının reaktif bileşeninde bir azalma, güç sistemindeki gerilim düşmelerinde bir

azalma meydana getirir. Bu da, yükte gerilimin daha sabit olması sonucunu doğurur.

- Alternatif akım generatörlerinin ve transformatörlerinin çalışma şartları iyileşir ve verim yükselir.

TEKRARLAMA SORULARI

1. İki kollu bulunan bir paralel devre; 120 volt, 60 sayıklık bir kaynağa bağlıdır. Birinci kolda, 50 omluk endüktif olmiyan bir direnç bulunurken; ikinci kolda, 0,2 henrilik endüktans ve ihmal edilebilir dirençli bir bobin vardır.
 - a. Herbir koldaki akımı bulunuz.
 - b. Hat akımını tayin ediniz.
 - c. Paralel devrenin güç faktörünü tayin ediniz.
 - d. Bu devre için, değerleri işaretli bir vektör diyagramı çiziniz.
2. 40 omluk bir direnç, 0,24 henrilik saf endüktans ile paralel olarak; 120 volt, 25 sayıklık güç kaynağına bağlanmaktadır.
 - a. Herbir kol tarafından çekilen akımı bulunuz.
 - b. Hat akımını tayin ediniz.
 - c. Paralel devrenin güç faktörünü tayin ediniz.
 - d. Paralel devrenin toplam empedansını tayin ediniz.
 - e. Paralel devre için, değerleri işaretli bir vektör diyagramı çiziniz.
3. 120 volt, 50 sayıklık bir kaynak, iki kolu bulunan bir paralel devreyi beslemektedir. Birinci kol, 5 omluk endüktif olmiyan direnç yükü olup; ikinci kol, ihmal edilebilir dirençli 1000 mikrofaraadlık bir kondansatörü beslemektedir.
 - a. Aşağıdakileri tayin ediniz:
 - (1) Herbir kol tarafından çekilen akım.
 - (2) Hat akımı.
 - (3) Paralel devrenin toplam empedansı.
 - (4) Paralel devre için güç faktörü ve faz açısı.
 - b. Bu paralel devre için değerleri işaretli bir vektör diyagramı çiziniz.
4. 240 volt, 50 sayıklık bir fazlı kaynak, iki kolu bulunan paralel bir devreyi beslemektedir. Birinci kolda, 0,04 henrilik endüktans ile seri halde 20 omluk direnç vardır. İkinci kolda ise, ihmal edilebilir dirençli ve 50 mikrofaraadlık bir kondansatör bulunmaktadır.
 - a. Aşağıdakileri tayin ediniz:
 - (1) Herbir koldaki akım.
 - a. Aşağıdakileri tayin ediniz:
 - (1) Üç kolun herbiri tarafından çekilen akım.
 - (2) Toplam akım.
 - (3) Paralel devrenin toplam empedansı.
 - (4) Devrenin güç faktörü.



Şekil 8-20

- (5) Paralel devre tarafından alınan toplam gücün kilovat olarak değeri.
- b. Bu devre için değerleri işaretli bir vektör diyagramı çiziniz.
6. Şekil 8-20 de görülen devreyi kullanarak, aşağıdakileri tayin ediniz:
- Herbir kol tarafından çekilen akım.
 - Direnç kolunda sarfedilen vat değeri.
 - Bobin kolunda sarfedilen vat değeri.
 - Bobinin empedansı.
 - Bobinin etkin direnç ve endüktif reaktans bileşenleri.
7. a. 6 ncı sorudaki devreyi kullanarak, aşağıdakileri tayin ediniz:
- Toplam akım.
 - Bobini besleyen kol devresi için, güç faktörü ve faz açısı.
 - Bütün paralel devre için güç faktörü ve faz açısı.
 - Paralel devrenin toplam empedansı.
8. 6 ncı sorudaki devre için, uygun şekilde değerleri işaretliyerek, vektör diyagramını çiziniz.
8. 125 volt, 50 saykılık paralel bir devrenin, üç kolu vardır. A kolunda, 20 omluk direnç bulunmaktadır; B kolu, 0,0211 henri'lik endüktans değerli bir bobini besliyor; C kolu da 200 mikroyarad'lık bir kondansatörü beslemektedir. Bobin ve kondansatörün dirençleri ihmal edilebilir. Aşağıdakileri tayin ediniz:
- Herbir koldaki akım.
 - Toplam akım.
 - Paralel devre için güç faktörü.

10. Bir alternatif akımlı paralel devre, 102 volt, 50 saykılık güç kaynağına bağlı üç koldan ibarettir. A kolunda endüktif olmıyan bir direnç yükü bulunmaktadır; B kolu, bir bobini ve C kolu da bir kondansatörün her ikisinin de dirençleri ihmal edilebilir. Toplam veya hat akımı, 10 amperdir ve bütün paralel devrenin güç faktörü % 90 fazca geridir. Kondansatörün 12,5 omluk bir kapasitif reaktansı vardır.
- Devre için değerleri işaretli bir vektör diyagramı çiziniz.
 - Aşağıdakileri tayin ediniz:
 - Üç kolun herbiri tarafından çekilen akımların değerleri.
 - Bütün devre tarafından alınan hakiki gücün vat olarak değeri.
11. 5'nci soruda verilen devrede kullanılan kondansatör, devrenin güç faktörünü bir yapacak şekilde değiştirilecektir. Uygun olarak seçilen kondansatör için; devreyi paralel rezonansa getirecek şekilde, aşağıdaki bilgileri tayin ediniz.
- Var değeri,
 - Kapasitif reaktans,
 - Mikroyarad değeri.
12. 6. soruda verilen devrede; güç faktörünün bir'e getirerek düzeltecek şekilde uygun bir kondansatör, üçüncü koldaki devreyi meydana getirmektedir. 6. sorudaki bilgileri kullanarak,
- Aşağıdakileri tayin ediniz:
 - Kondansatörün var değeri.
 - Kondansatörün kapasitif reaktansı (dirençin ihmal edilebilir olduğunu farzediniz).
 - Kondansatörün mikroyarad değeri.
- b. Bu devre için bir vektör diyagramı çiziniz.
13. Endüktif olmıyan bir ısıtıcı ve bir alternatif akım motoru, 120 volt, 25 saykılık güç kaynağından paralel olarak çalıştırılmaktadır. Isıtıcı, 60 vat almaktadır. Motor ise, % 60 fazca geri güç faktörü ile 360 vat alıyor. Aşağıdakileri tayin ediniz:
- İki kolun herbiri tarafından çekilen akım değerleri.
 - Toplam akım.
 - Devrenin güç faktörü.
14. 120 voltluk bir endüksiyon motoru, % 75 geri güç faktörlü 24 amperlik akım istemektedir. Motor ile paralel vaziyette, 30 amperlik bir lâmba yükü bağlanırsa; bütün paralel devre için güç faktörü ve faz açısı ne olacaktır?
15. Alternatif akım sistemlerinde, yüksek faktörünü muhafaza etmek için önemlidir?
16. 220 volt, 50 saykılık işletmede çalıştırıldığı zaman, tam yükte, 220 volt, 2 hp'lik bir fazlı endüksiyon motoru 12 amper çekmektedir. Tam yük güç faktörü % 80 değerinde ve fazca geridir. Tam yükte aşağıdakileri tayin ediniz:
- Sıfır fazlı akım,
 - Vat olarak güç,
 - 90° fazlı akım,
 - İstenilen müknaatıslama var değeri,
 - Volt-amper girişi.
17. 6. sorudaki devrenin güç faktörü, motor ile paralel bir kondansatör bağlamak suretiyle değeri bir'e gelecek şekilde, doğrultulmaktadır. Aşağıdakileri tayin ediniz:
- Kondansatörün var değeri,

- b. Kondansatörün mikrofarad değeri.
- d. Güç faktörü % 100'e veya bir'e yükseldikten sonra, hat akımı ne olacaktır?
18. Bir fabrika, 240 volt, 50 sayıklık işletmeden beslenen, % 70 geri

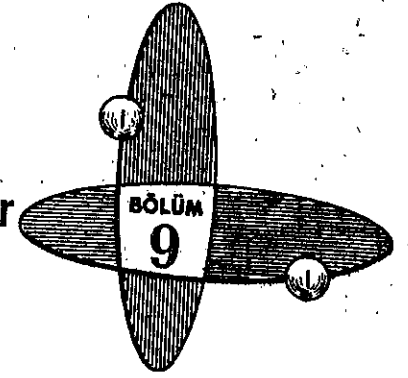
güç faktörlü 50 Kw'lık güce sahiptir. Aşağıdakileri tayin ediniz :

- a. Hat akımı,
- b. Güç faktörünü bir'e yükseltmek için, istenilen kondansatörün kilolar olarak büyüklüğü,
- c. Devreye kondansatör ilâve edildikten sonraki hat akımı.

Çeşitli direnç ve reaktif elemanları kapsayan empedanslardan ibaret seri-paralel bağlı (karışık bağlantı) A.A. devrelerinin çözümünde bir çok metotlar kullanılabilir. Böylece bu bölümdeki metotta kondüktans, süseptans ve admi-

tans terimleri kullanılacaktır. Kondüktans G; süseptans B; admitans ise Y harfi ile gösterilir. Bu metot ile çözüme G-B-Y metodu da denir. Bu metotla çözüm yapmak için elementer matematik bilgisi kâfidir.

Seri - Paralel Devreler



ADMITANS, KONDÜKTANS ve SÜSEPTANS

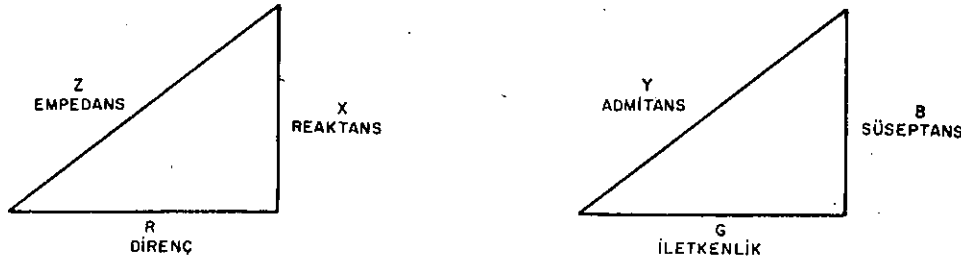
Empedans; direnç ve reaktansın ikisini birden kapsayan bir devrede elektron akışına karşı gösterilen zorluğu ifade eden bir ölçüdür. Admitans; direnç ve reaktansın ikisini birden kapsayan bir devreye da elemanda elektron akışına karşı gösterilen kolaylığı ifade eden bir ölçü birimidir. Bu, empedans ifadesinin tersidir. Admitans için ölçü birimi mo (MHO) dır, (Om'un ters okunuşu).

Mo olarak admitans ile om olarak empedans arasındaki ilişki şöyledir :

$$-Y = \frac{1}{Z}; \text{biliyoruz ki}$$

$$Z = \frac{E}{I}; \text{böylece } Y = \frac{I}{E} \text{ dir.}$$

Kondüktans; dirençten geçen elektronlara karşı gösterilen kolaylığı ifade eder, Kondüktans da admitans gibi mo olarak ölçülür. Endüktif etkisiz dirençten ibaret D.A. veya A.A. devrelerinde mo olarak kondüktans, om olarak direnç ters değerinin karşılığıdır. Böylece direnç ve reaktanstan ibaret A.A.



Şekil 9-1. Empedans ve admittans üçgenleri.

devrelerinde kondüktans, direncin empedans karesine bölümüdür. Yani $G = R \div Z^2$ dir.

Süseptans bir A.A. devresinde reaktanstan geçen elektronlara karşı kolaylığı gösteren bir ölçüdür. Mo olarak süseptans om olarak reaktansın, empedans karesine bölümü ile bulunur.

$$B = X \div Z^2$$

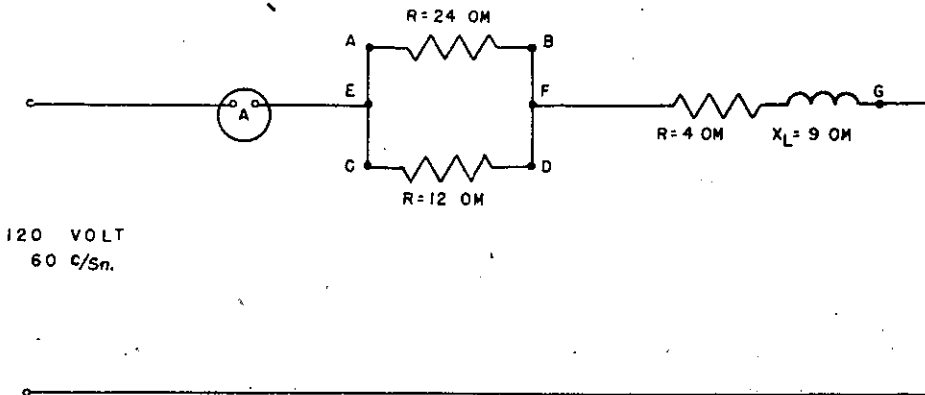
Admittans, kondüktans ve süseptans arasındaki ilişkiler empedans, direnç ve reaktans arasındaki ilişkiler gibidir.

Şekil 9-1 de görüldüğü gibi (Y) admittansı dik üçgenin hipotenüsüdür. Böylece :

$$Y = \sqrt{G^2 + B^2}$$

Örnek Problem 1

Şekil 9-2 de direnç ile endüktif reaktansın seri bağlandığı bir seri-paralel devre şematik diyagramı görülmektedir. G-B-Y metodunu kullanarak aşağıda istenen devre değerleri bulunacaktır.



Şekil 9-2. Seri-Paralel Devre

1. Om olarak toplam empedansı
2. Karışık devrenin akımı
3. Karışık devrenin güç katsayısı.

SEMBOL	DEVRE	
	A-B	C-D
R	24	12
X	0	0
Z	24	12
G	0.0417	0.0833
B	0	0

Çözüm

1. Bu problemi çözmek için devrenin bir bölümü, Şekil 9-2'deki devre diyagramında gösterildiği gibi A-B, C-D, ve E-F gibi kısımlara ayrılacaktır. Devrenin paralel bağlı bölümünün her kısmı için om ve mo değerleri uygun referans için tablo halinde kaydedilir.

A-B Devresi

$$R = 24 \text{ om}$$

$$X = 0 \text{ om}$$

$$Z = 24 \text{ om}$$

$$G_{AB} = \frac{R_{AB}}{Z_{AB}^2} = \frac{24}{24^2} = 0,0417 \text{ mo}$$

$$Y_{EF} = \sqrt{(G_{AB} + G_{CD})^2 + (B_{AB} + B_{CD})^2} \\ = \sqrt{(0,0417 + 0,0833)^2 + (0 + 0)^2} = 0,125 \text{ mo.}$$

E-F nin empedansı

$$Z_{EF} = \frac{1}{Y_1} = \frac{1}{0,125} = 8 \text{ om}$$

E-F nin Direnci

$$B_{AB} = \frac{X_{AB}}{Z_{AB}^2} = \frac{0}{24^2} = 0 \text{ mo}$$

C-D Devresi

$$R = 12 \text{ om}$$

$$X = 0 \text{ om}$$

$$Z = 12 \text{ om}$$

$$G_{CD} = \frac{R_{CD}}{Z_{CD}^2} = \frac{12}{12^2} = 0,0833 \text{ mo}$$

$$B_{CD} = \frac{X_{CD}}{Z_{CD}^2} = \frac{0}{12^2} = 0 \text{ mo.}$$

Bundan sonra devrenin paralel bölümü, E-F kısmının admittansı şöyle bulunur.

$$G_{EF} = \frac{R_{EF}}{Z_{EF}^2}$$

$$R_{EF} = G_{EF} + Z_{EF}^2 = 0,125 + 8^2 \\ = 8 \text{ om}$$

E-F nin reaktansı

$$B_{EF} = \frac{X_{EF}}{Z_{EF}^2}$$

$$\begin{aligned} X_{EF} &= B_{EF} \cdot Z_{EF}^2 \\ &= 0 \times 8^2 \\ &= 0 \text{ om.} \end{aligned}$$

Devrenin seri bağlı F-G bölümünün direnci 4 om ve X_L ise 9 om dur. Devrenin tümü için, E-F paralel bölümü direnci ile ona seri bağlı E-F bölümü direnci birbiri ile toplanır.

$$R_{EG} = R_{EF} + R_G = 8 + 4 = 12 \text{ om.}$$

Devrenin tümünün toplam reaktansı (X_L) de, E-F paralel bölümün reaktansı ile F-G seri bölümü reaktansının toplanması ile bulunur.

$$X_{EG} = X_{FE} + X_{FG} = 0 + 9 = 9 \text{ om}$$

Bütün devrenin empedansı :

$$\begin{aligned} Z_{EG} &= \sqrt{R_{EG}^2 + X_{EG}^2} \\ &= \sqrt{12^2 + 9^2} \\ &= 15 \text{ om.} \end{aligned}$$

2. Bu devre tarafından çekilen akım şudur :

$$I = \frac{E}{Z_{EG}} = \frac{120}{15} = 8 \text{ amper}$$

3. Bundan sonra bütün devrenin güç katsayısı şöyle bulunabilir

$$\begin{aligned} \text{Güç katsayısı} &= \frac{R_{EG}}{Z_{EG}} = \frac{12}{15} \\ &= 0,80 \text{ geri güç katsayısı} \end{aligned}$$

Örnek Problem 2

Bu örnekte seri-paralel devrenin hem paralel hem seri bölümünde direnç ve reaktans bulunmaktadır.

Şekil 9-3 de üç elemanı da direnç ve reaktans olan bir seri-paralel devre görülüyor. Bu devrede G-B-Y metodu kullanarak aşağıda istenen değerler bulunacaktır.

1. om olarak toplam empedans
2. ampermetrenin gösterdiği akım
3. devrenin güç katsayısı.

Çözüm

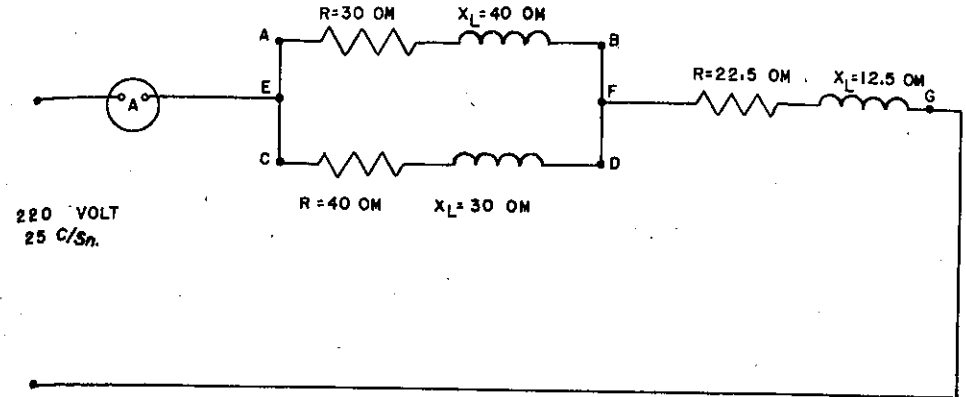
1. Paralel bölümde her kol için om ve mo değerlerini yazalım

A-B Kolu

$$R_{AB} = 30 \text{ om.}$$

$$X_{AB} = 40 \text{ om.}$$

$$\begin{aligned} Z_{AB} &= \sqrt{R_{AB}^2 + X_{AB}^2} \\ &= \sqrt{30^2 + 40^2} \\ &= \sqrt{2500} = 50 \text{ om} \end{aligned}$$



Şekil 9-3. Seri-Paralel Devre

C-D Kolu

$$R_{CD} = 40 \text{ om.}$$

$$X_{CD} = 30 \text{ om.}$$

$$\begin{aligned} Z_{CD} &= \sqrt{R_{CD}^2 + X_{CD}^2} \\ &= \sqrt{40^2 + 30^2} \\ &= \sqrt{2500} = 50 \text{ om} \end{aligned}$$

SEMBOL	DEVRE	
	A-B	C-D
R	30	40
X	40	30
Z	50	50
G	0.012	0.016
B	0.016	0.012

$$G_{AB} = \frac{R_{AB}}{Z_{AB}^2} = \frac{30}{50^2} = 0,012 \text{ mo}$$

$$G_{CD} = \frac{R_{CD}}{Z_{CD}^2} = \frac{40}{50^2} = 0,016 \text{ mo}$$

$$B_{AB} = \frac{X_{AB}}{Z_{AB}^2} = \frac{40}{50^2} = 0,016 \text{ mo}$$

$$B_{CD} = \frac{X_{CD}}{Z_{CD}^2} = \frac{30}{50^2} = 0,012 \text{ mo}$$

$$\begin{aligned} Y_{EF} &= \sqrt{(G_{AB} + G_{CD})^2 + (B_{AB} + B_{CD})^2} \\ &= \sqrt{(0,012 + 0,016)^2 + (0,016 + 0,012)^2} \\ &= 0,0396 \text{ ya da } 0,04 \text{ om} \end{aligned}$$

$$Z_{EF} = \frac{1}{Y_{EF}} \quad R_{EF} = G_{EF} \cdot Z_{EF}^2 \quad X_{EF} = B_{EF} \cdot Z_{EF}^2$$

$$= \frac{1}{0,04} \quad = 0,028 \times 25^2 \quad = 0,028 \times 25^2$$

$$= 25 \text{ om} \quad = 17,5 \text{ om} \quad = 17,5 \text{ om}$$

$$R_{EG} = 17,5 + 22,5 = 40 \text{ om}$$

$$X_{EG} = 17,5 + 12,5 = 30 \text{ om}$$

$$Z_{GE} = \sqrt{R_{EG}^2 + X_{EG}^2} =$$

$$= \sqrt{40^2 + 30^2} = 50 \text{ om, bütün devrenin empedansı}$$

$$2. I_{EG} = \frac{E}{Z_{EG}} = \frac{220}{50} = 4,4 \text{ amper}$$

$$3. \text{ Güç katsayısı} = \frac{Z_{EG}}{Z_{EG}} = \frac{50}{50} = 0,80 \text{ geri.}$$

Örnek Problem 3

Şekil 9-4 deki devre, birbirine paralel bağlı üç kol ile onlara seri bağlı bir bölümden ibarettir. Direnci ihmal edilen kondansatörün reaktansı $X_C = 20$ omdur.

1. Devrenin toplam empedansını
2. Karışık devre akımını
3. Devrenin güç katsayısını bulunuz.

Cözüm

1. Paralel bağlı üç kol için mo ve om değerlerini tablo halinde yazalım :

A-B Kolu

$$R_{AB} = 30 \text{ om}$$

$$X_{BA} = 40 \text{ om}$$

$$Z_{AB} = \sqrt{R_{AB}^2 + X_{AB}^2}$$

$$= \sqrt{30^2 + 40^2}$$

$$= \sqrt{900 + 1600}$$

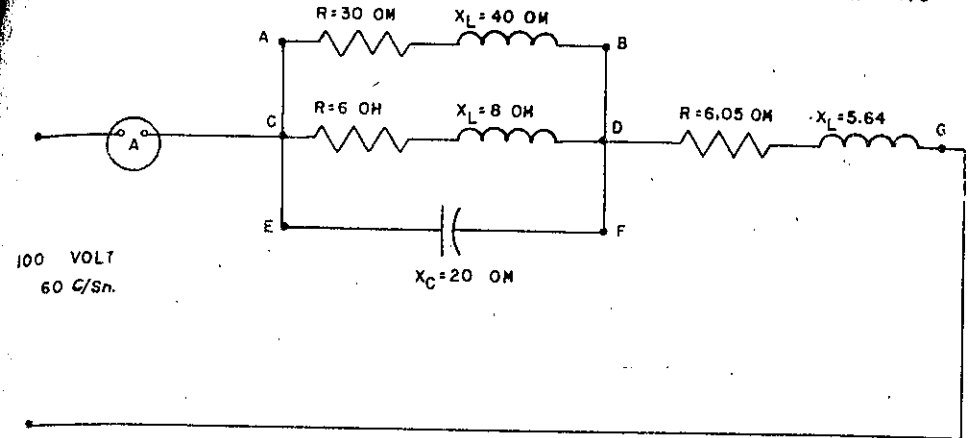
$$= \sqrt{2500}$$

$$= 50 \text{ om}$$

C-D Kolu

$$R_{CD} = 6 \text{ om}$$

$$X_{CD} = 8 \text{ om}$$



Şekil 9-4. Seri-Paralel Devre

$$Z_{CD} = \sqrt{R_{CD}^2 + X_{CD}^2}$$

$$= \sqrt{6^2 + 8^2}$$

$$= \sqrt{36 + 64}$$

$$= \sqrt{100}$$

$$= 10 \text{ om}$$

E-F Kolu

$$R_{EF} = 0$$

$$X_{EF} = 20 \text{ om.}$$

$$Z_{EF} = \sqrt{R_{EF}^2 + X_{EF}^2}$$

$$= \sqrt{0^2 + 20^2}$$

$$= \sqrt{400}$$

$$= 20 \text{ om}$$

$$G_{AB} = \frac{R_{AB}}{Z_{AB}^2} \quad G_{CD} = \frac{R_{CD}}{Z_{CD}^2}$$

$$= \frac{30}{50^2} \quad = \frac{6}{10^2}$$

$$= 0,012 \text{ mo} \quad = 0,06 \text{ mo.}$$

$$B_{AB} = \frac{X_{AB}}{Z_{AB}^2} \quad B_{CD} = \frac{X_{CD}}{Z_{CD}^2}$$

$$= \frac{40}{50^2} \quad = \frac{8}{10^2}$$

$$= 0,016 \text{ mo} \quad = 0,08 \text{ mo.}$$

G_{EF} = Kondansatör direnci ihmal edildiği için sıfırdır.

$$B_{EF} = \frac{X_{EF}}{Z_{EF}^2}$$

$$= \frac{20}{20^2}$$

$$= 0,50 \text{ mo}$$

SEMBOL	KOLLAR		
	A-B	C-D	E-F
R	30	6	0
X	40	8	20
Z	50	10	20
G	0.012	0.06	0
B	0.016	0.08	0.05

Üç paralel kol için m_o olarak toplam süseptansı bulmak için, kondansatörün süseptansı, m_o olarak öteki iki kol süseptansından çıkarılır. Bu çıkarmanın sebebi, bir A.A. devresinde endüktif reaktans ile kapasitif reaktans etkileri-

nin birbirine zıt oluşudur. Böylece X_L ve X_C nin ters değerlerine de süseptans denir ve m_o ile ifade edilir.

Paralel bağlı üç kolun toplam admıtansı :

$$Y = \sqrt{G_{AB} + G_{CD} + G_{EF})^2 + (B_{AB} + B_{CD} - B_{EF})^2}$$

$$= \sqrt{(0,012 + 0,06 + 0)^2 + (0,016 + 0,08 - 0,05)^2}$$

$$= \sqrt{0,072^2 + 0,046^2} = \sqrt{0,0073} = 0,085 \text{ mo.}$$

$$Z = \frac{1}{Y} = \frac{1}{0,085} = 11,76 \text{ om.}$$

paralel bağlı üç kol için eşdeğer direnç :

$$R = BZ^2 = 0,072 \times 11,76^2$$

$$= 9,95 \text{ om}$$

paralel bağlı üç kol için eşdeğer reaktans :

$$X = BZ^2 = 0,046 \times 11,76^2$$

$$= 6,360 \text{ om.}$$

Bütün devrenin toplam direnci :

$$R_{\text{toplam}} = 9,95 + 6,05 = 16 \text{ om.}$$

Bütün devrenin toplam reaktansı ise

$$X_{\text{toplam}} = 6,36 + 5,64 = 12 \text{ omdur.}$$

Bütün devrenin toplam empedansı :

$$Z = \sqrt{R^2_{\text{toplam}} + X^2_{\text{toplam}}}$$

$$= \sqrt{16^2 + 12^2} = 20 \text{ om}$$

$$2. I = \frac{E}{Z} = \frac{100}{20} = 5 \text{ amper}$$

$$3. \text{ Güç katsayısı} = \frac{R}{Z} = \frac{16}{20}$$

$$= 0,80 \text{ geri}$$

HATIRDA TUTULMASI GEREKEN NOKTALAR

- Admitans, devre empedansı ya da elemanından geçen elektronlara karşı gösterilen kolaylığı ifade eden bir ölçüdür. Admitans m_o olarak ölçülür ve empedansın tersidir. Admitansın sembolü Y harfidir ve formülü

$$Y = \frac{1}{R} \text{ dir.}$$

- Kondüktans, dirençten geçen elektronlara karşı gösterilen kolaylığı ifade eden bir ölçüdür. Kondüktans m_o ile ölçülür ve G ile gösterilir.
- Her hangi bir D.A. ya da A.A. devresi yalnız direnç elemanlarından ibaret ise kondüktans m_o olarak direncin tersidir ve formülü

$$G = \frac{1}{R} \text{ dir.}$$

$$G = \frac{R}{Z^2}$$

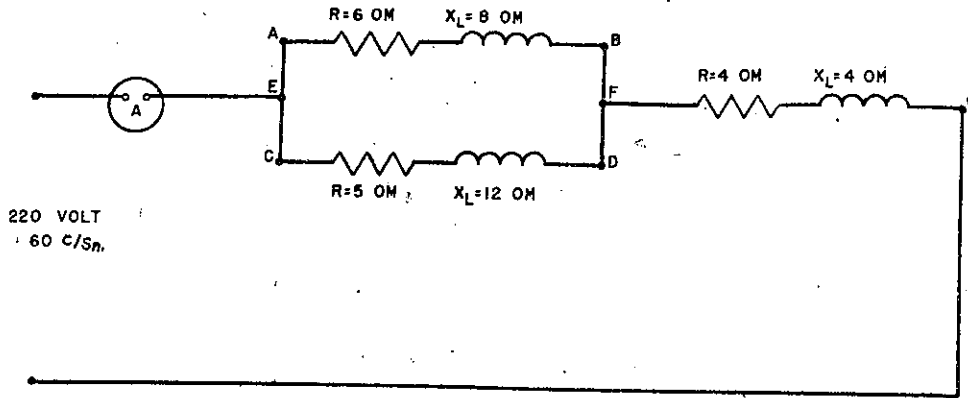
- Bir A.A. devresinde direnç ve reaktans elemanları varsa m_o olarak kondüktans şu formül ile bulunur.

- Süseptans, devre reaktansı ya da elemanından geçen elektronlara karşı gösterilen kolaylığı ifade eden bir ölçüdür. Süseptans m_o ile ölçülür ve B ile gösterilir.

$$\text{Formülü } B = \frac{X}{Z^2} \text{ dir.}$$

TEKRARLAMA SORULARI

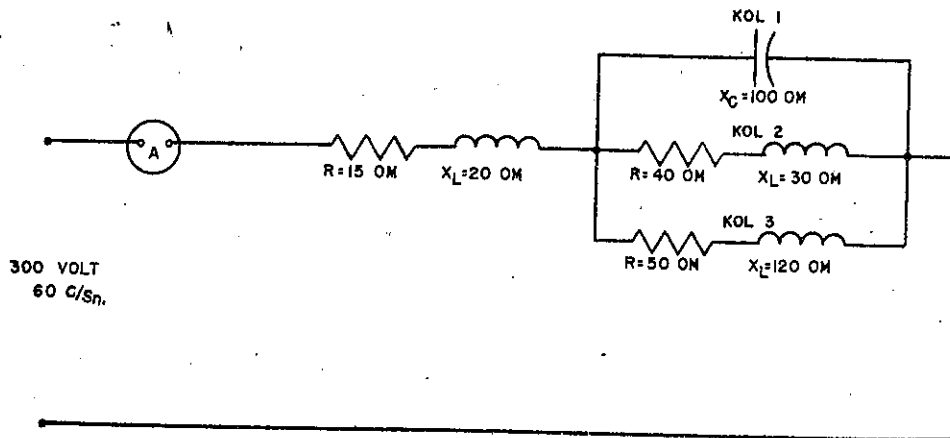
- Aşağıdaki deyimlerin anlamını açıklayınız.
 - Admitans
 - Süseptans
 - Kondüktans
- Şekil 9-5 de verilen devrede :
 - Devrenin paralel bölümü E ve F noktaları arasındaki m_o olarak admıtansı,
 - Devrenin toplam empedansını bulunuz.
2. Soruda verilen devreyi kullanarak şunları bulunuz :
 - Şekil 9-5 de ampermetrede okunan değeri.
4. Soruda verilen devreyi kullanarak şunları bulunuz :
 - A-B ile gösterilen devre kolundaki amper olarak akımı,
 - Bütün karışık devrenin güç katsayısını,
 - Bütün devre tarafından çekilen vat olarak toplam gücü.
- Şekil 9-6 da verilen karışık devrede :
 - Paralel bağlı üç bobinin m_o olarak admıtansını,
 - Bütün devrenin om olarak empedansını bulunuz.



Şekil 9-5.

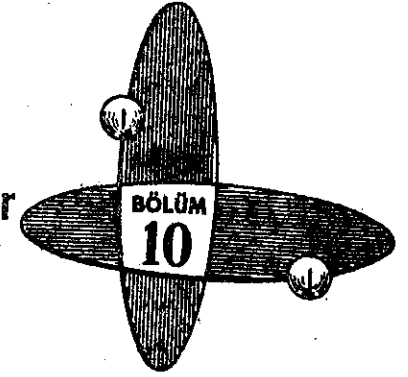
- a. Devrenin çektiği toplam akımı,
b. Üç koldan her birinin çektiği akımı.
6. 4. Soruda verilen devreyi kullanarak şunları bulunuz :

- a. Devrenin güç katsayısını,
b. Her devre kolunun güç katsayısını,
c. Devrenin çektiği vat olarak toplam gücü.



Şekil 9-6

Üç Fazlı Sistemler



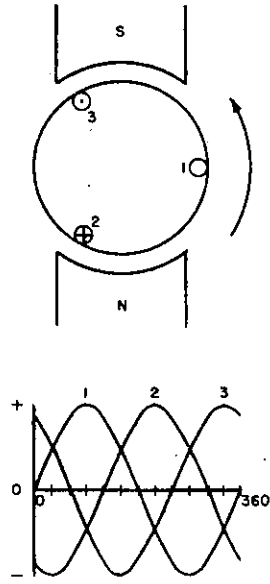
Pratik olarak bütün alternatif akım enerjileri üç fazlı generatörler tarafından üretilir ve üç fazlı devre sistemleri üzerinden dağıtılır. Üç fazlı sistem gerçekte, üç ya da dört hatlı bir devre sistemi haline sokulmuş, üç adet bir fazlı devreden başka bir şey değildir. Bir fazlı motorlar ve diğer bir fazlı yükler, üç fazlı bir devreden beslenip çalışabilirler.

Pek çok uygulamalar için bir faza göre üç fazın tercih edilmesinde çeşitli sebepler vardır.

1. Gövde ölçüleri aynı olan üç fazlı bir makinanın bir fazlı makinaya göre kapasitesi takriben % 150 dir. Yani eşit güçte üç fazlı bir makinanın boyutları bir fazlıya göre daha küçüktür.
2. Tek fazlı devre tarafından verilen güç nabazanlıdır. 2. bölüm Şekil 2-5 de gerilim, akım ve gücün bir direnç

yükü için dalga şekilleri görülmektedir. Birim güç katsayısında akım ve gerilim aynı fazdadır, her saykılta güç iki kere sıfırdır. Bundan başka akım ve gerilim aynı fazda olmadığı zaman güç, her saykılta dört kere sıfır olacak ve her saykılın belli kısımlarında negatif değerler alacaktır.

Dengeli üç fazlı devreye verilen toplam güç, her zaman sabittir. Gerçek üç fazlı sistemin, üç tek fazlı devrenin her birine verdiği güç nabazanlıdır, fakat üç fazlı yüke verilen toplam güç, herhangi bir an için aynı olacaktır. Bunun sonucu olarak üç fazlı motorların ve diğer cihazların çalışma karakteristikleri, aynı şekildeki bir fazlı cihazlara göre daha üstündür.



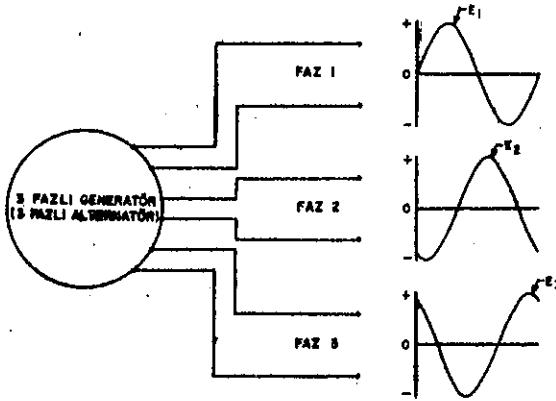
Şekil 10-1. Üç Fazlı E.M.K. in Meydana Gelişi

3. Hatlar arası gerilimi eşit ve dengeli bir, üç faz-üç hatlı devrede; aynı KVA kapasitede, aynı gerilim, aynı uzunlukta ve iletim verimi aynı, tek faz-iki hatlı devrede kullanılan bakır iletken kesitinin % 75 i kullanılır.

Üç Fazlı Gerilim

Üç fazlı bir generatör, aynı frekans ve büyüklükte fakat 120 elektrik derecesi faz farklı üç ayrı gerilimden ibaret bir üç fazlı devreyi besler. Şekil 10-1 de üç iletkeni birbirinden 120° faz farklı konmuş basit bir A.A. generatörü görülmektedir. Şekil 10-1 deki her iletkenin bir bobin sargısını temsil ettiği farzedilir. İndüklenen gerilim, bir saykılın bir periyodu için A.A. generatörünün çıkış gerilimini temsil eder. Üç gerilimin 120 elektrik derecesi faz farklı olduğuna dikkat ediniz. Bu üç sargının her birinin son uçları çıkarılarak bir çift bileziğe bağlanabilir ve böylece üç ayrı, tek faz-iki hatlı devreleri besleyebilir. Fakat Şekil 10-2 de gösterildiği gibi gerilimleri birbiri ile 120° faz farklı üç tek fazlı devreden meydana gelen bu sistem pratik değildir.

Pratikte üç fazlı bir devreyi beslemek için yalnız üç veya belki dört hat gerekir ve bu maksatla bobin sarguları birbirine bağlanmıştır. Generatörlerin, motorların, transformatörlerin ve öteki cihaz-



Şekil 10-2. Üç Fazlı Gerilimler

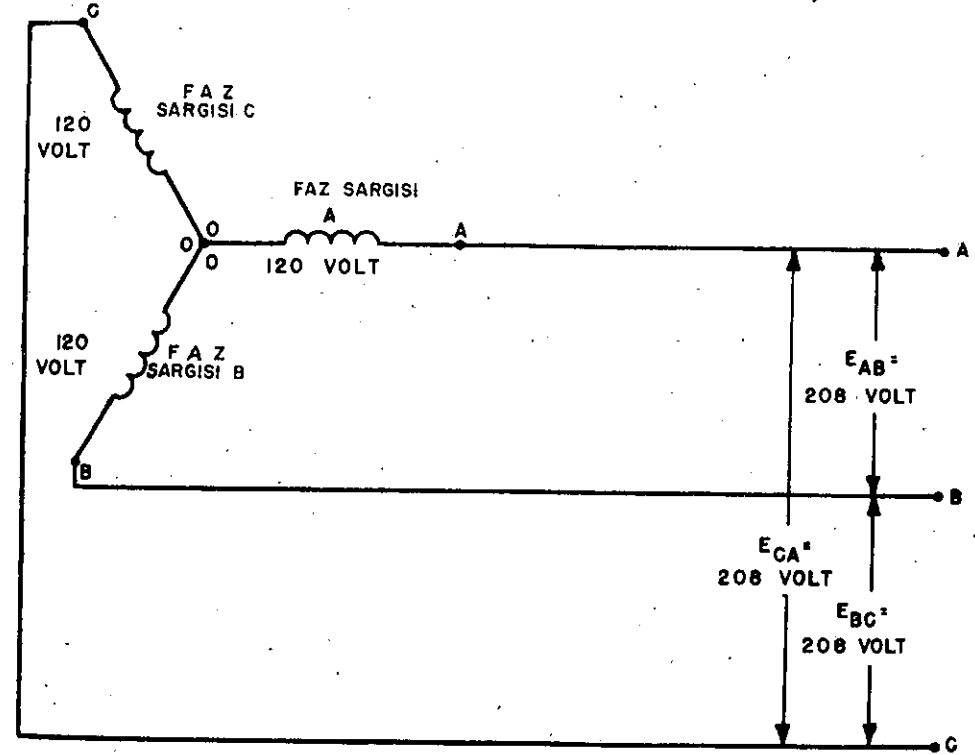
ların tek faz sargılarının birbirine bağlanması için üç fazlı devrelerde, iki standart bağlantı kullanılır. Bunlar yıldız ve üçgen bağlantılarıdır. (Şekil 10-3 ve 10-10)

Faz Sırası

Faz sırası ya da faz dönüşü, üç fazlı devrede üç gerilimin birbirini takip edecek şekilde aralarında 120 elektrik derecesi faz farkı olan bir düzendir. Misal olarak, eğer Şekil 10-1 de E_{OA} sıfır elektrik derecesinden itibaren pozitif yöne doğru artmaya başlarsa, 120 elektrik derecesi geçtikten sonra E_{OB} pozitif yönde artmaya başlar, E_{OC} yi tekrar 120 derece aralıktan sonra E_{OC} takip eder ve böylece faz sırası E_{OA} , E_{OB} ve E_{OC} dir. Üç fazlı devrenin faz sırasını değiştirmek, üç fazlı generatörün dönüş yönünü ters çevirmek ile, ya da üç hatta ait iletken bağlantılarından herhangi ikisi uçlarının bir biri ile yeri değiştirilerek yapılabilir.

Faz sırasının, yıldız ya da üçgen bağlantıdan herhangi birisinde uygun faz ilişkileri elde etmek için bobin sargılarının bir biri ile bağlantıları zamanında özel bir önemi vardır. Faz sırası, osiloskop kullanılarak kalibre edilmiş ekran üzer-

inde



Şekil 10-3. Yıldız Bağlamada ve Hat (Fazlarası)

rinde gerilimlerin kendine ait dalga şekilleri kontrol edilerek bulunabilir. Başka bir metot, fazların kendine ait küçük gösterge lâmbalarının parlaklık esasına göre faz dönüşünü gösteren bir faz sırası gösterge cihazı kullanmaktır.

Yıldız Bağlantı

Üç fazlı generatörlerin pek çoğunda kendi üç tek faz sargıları birbiri ile yıldız olarak bağlanmıştır. Bu bağlantıda, üç bobin ya da faz sargıları, indüklenen üç gerilim arasında 120 elektrik derecesi faz farkı bulunacak şekilde stator denenen sabit endüvi olukları içine yerleştirilmiştir. Eğer her bobin ya da faz sargıları son uçları müşterek olarak birbirine bağlanır ve başlangıç uçları da hat uçları olarak dışarı çıkarılırsa yıldız bağlantı yapılmış olur.

Şekil 10-3 de bir yıldız bağlantının şematik diyagramı görülmektedir. Bu misal için her faz sargısı son ucu O harfi ile gösterilecek ve O diye adlandırılan bütün bağlantı uçları birbirine müşterek bağlanarak nötr ya da yıldız noktasını meydana getireceklerdir. Her faz sargısı başlangıç ucu ile faz sargısını tanıtmak için aynı harf kullanılacak ve bunlara A, B, C deneyecektir. Her faz sargısında indüklenen gerilime faz gerilimi denirken hat telleri arasındaki gerilime fazlar arası gerilim denir. Eğer her faz sargısında indüklenen

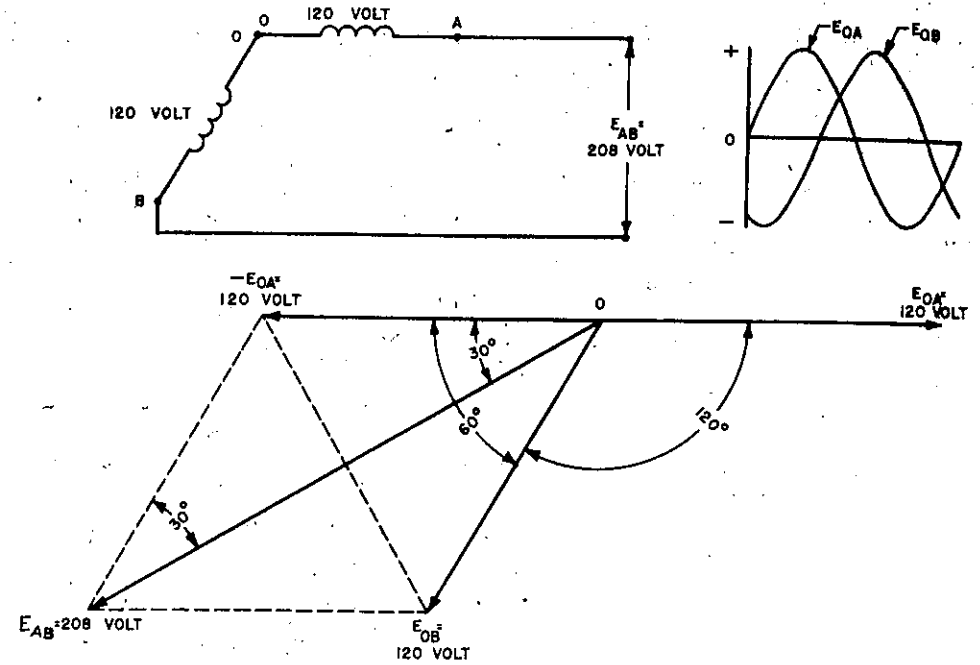
gerilim 120 volt ise, A ve B, B ve C ve A hatları arasında bulunacak gerilim 208 volt olacaktır.

Şekil 10-3 de, yıldız bağlantı incelendiğinde hat bağlantıları generatörün seri bağlı iki faz sargısı uçları arasından alındığı görülmektedir. Eğer faz bobini gerilimi 120 volt ise, fazlar arasındaki gerilim niçin 240 volt yerine yalnız 208 voltur?

Şekil 10-4 de sinüsoidal gerilim dalga şekilleri ve bir vektör diyagramı ile, A-B arasındaki fazlar arası gerilimin 240 volt değil de niçin 208 volt olduğu gösterilmektedir.

İki gerilim dalga şekli incelenirse, birbirinden 120 derece faz farklıdır ve aynı zaman periyotları için, B faz sargısı pozitif olduğunda, A faz sargısı negatiftir. Bu sebepten A faz sargısında gerilim yönü A dan O ya doğru olabilir ve bu aynı periyot zamanında B faz sargısındaki gerilim O dan B ve doğrudur.

Eğer bu, bir vektör diyagramı ile temsil edilirse, iki faz gerilim önce, faz sargılarının şematik diyagramında gösterildiği gibi birbirine 120 elektrik derecesi faz farklı bulunacaklardır. A faz sargısının gerilimini E_{OA} , B faz sargısı gerilimini E_{OB} temsil eder. E_{OB} gerilimi normal yönü O dan B ye doğru olduğunda aynı zaman aralığında A faz sargısındaki gerilim ters yönde yani A dan O ya doğrudur. Bu sebepten E_{OA} gerilimini temsil eden



Şekil 10-4. Yıldız Bağlamada Faz ve Hat Gerilimlerinin İncelenmesi.

vektör aksi yönde gösterilmiştir. Gerilimin aksi yönde olduğunu vektör üzerinde göstermek için, vektörün hangi gerilime ait olduğunu bildiren harflerin önüne bu zıt yönü temsil eden bir negatif (—) işareti konur ve böylece bu vektör — E_{OA} diye işaretlenebilir.

Vektör diyagramlarında gerilimin ters yönde olduğunu göstermek için kabul edilen işaret şekli, basit olarak işaret harflerinin sırasını E_{OA} yerine E_{AO} yazarak değiştirmektir. Her iki işaret sistemi de kabul edilebilir. Eğer E_{OA} zıt yönde alınır ve E_{OB} ile vektöryel olarak toplanırsa bileşke gerilim bu-

lunabilir ve yaklaşık olarak 208 volt olur. E_{OB} ve — E_{OA} faz gerilimleri eşit kenarlı bir paralelkenar şeklindedir. Böyle bir paralelkenara eşkenar dörtgen denir.

Fazlar arası E_{AB} gerilimi bileşke gerilimdir ve görüldüğü gibi bir eşkenar dörtgenin köşegenidir. Eğer E_{OB} ve — E_{OA} bir birinden 60 derece farklıdır. Fazlar ya da hatlar arası E_{AB} gerilimi bu 60 derecelik açının açısı ortaydır. Eğer iki faz bobini — E_{OA} ve E_{OB} gerilim vektörleri uçları bir çizgi ile birleştirilirse fazlar arası gerilim vektörü E_{AB} iki eşit parçaya bölünecek ve iki benzer dik üçgen mey-

dana gelecektir. Bu dik üçgenlerin O noktasındaki açıları 30 derecedir ve hipotenüsleri, faz bobini gerilimi olan 120 volta eşittir. Bu iki dik üçgenin ortak tabanları, köşegen ya da fazlar arası gerilim vektörünün yarı uzunluğundadır. Fazlar arası gerilim vektörü E_{AB} nin toplam uzunluğu şudur.

$$\begin{aligned} E_{AB}^2 &= E_{AO}^2 + E_{OB}^2 - 2 E_{AO} \cdot E_{OB} (\cos 120^\circ) \\ E_{AB}^2 &= 120^2 + 120^2 - 2 \times 120 \times 120 (-0,5) \\ E_{AB} &= 120^2 (1 + 1 + 1) = 120^2 \times 3 \\ E_{AB} &= 120 \sqrt{3} = 120 \times 1,73 = 208 \text{ volt} \end{aligned}$$

Böylece yıldız sistemde fazlar arası gerilim, faz ile nötr arası gerilimin 1,73 katı olacaktır. Bu sebepten faz bobini gerilimi 120 volt ise fazlar arası gerilim şöyle olacaktır.

$$\begin{aligned} E \text{ fazlar arası} &= \sqrt{3} \times E_{bobin} \\ &= 1,73 \times 120 \\ &= 208 \text{ volt} \end{aligned}$$

Şekil 10-5, üç fazlı yıldız bağlantı devresinin bir devre için faz bobinlerinin üç gerilimi ile fazlar arası gerilimin vektör diyagramıdır. Bu vektör diyagramında yalnız gerilim değerleri yer almıştır. Acaba yıldız bağlantı sisteminde akım ilişkileri ne durumdadır?

Üç fazlı yıldız bağlantı sisteminde faz hattı akımı ve faz sargısı akımı aynıdır, çünkü her faz sargısı, üç faz hattından birisi ile seri bağlıdır.

Dengeli üç fazlı yıldız sistemde, faz bobinleri ile faz hatları arasın-

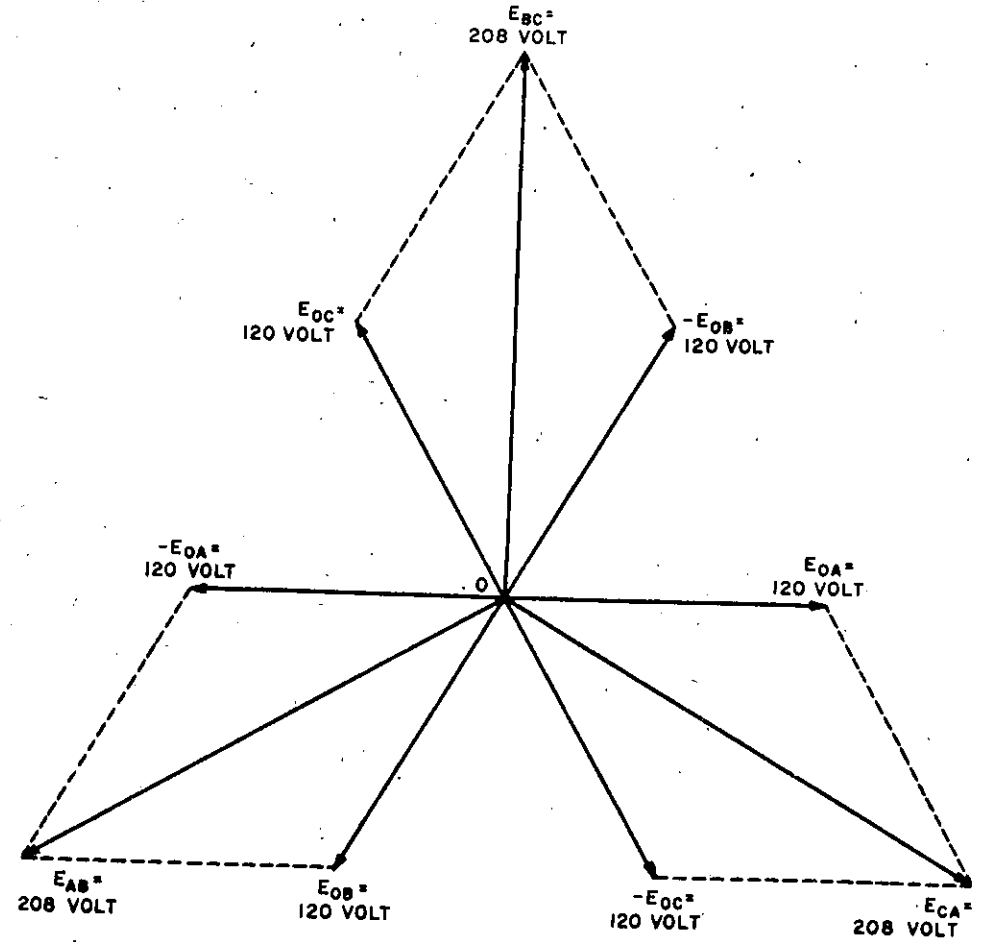
$$\begin{aligned} E_{AB} &= 2 \cos 30^\circ \times E_{bobin} \\ &= 2 \times 0,8660 \times E_{bobin} \\ &= 1,732 \times E_{bobin} \\ &= \sqrt{3} \times E_{bobin} \end{aligned}$$

A ile B arasındaki fazlar arası gerilim, AO vektörü ile OB vektörü arasındaki açı 120° olduğundan kosinüs teoremini kullanarak da hesap edilebilir.

daki akım ve gerilim ilişkileri aşağıdaki şekillerde ifade edilebilir.

1. Dengeli üç fazlı yıldız bağlantı sistemde fazlar arası gerilim, bir faz gerilimin $\sqrt{3}$ ile çarpımına eşittir.
2. Dengeli üç fazlı yıldız bağlantı sistemde hat akımları ile faz akımları aynıdır.

Şekil 10-6, üç fazlı ve yıldız bağlantı devresinin bir devre için faz bobinlerinin üç gerilimi ile fazlar arası gerilimin vektör diyagramıdır. Kirşofun akım kanunu hatırlanacak olursa şebeke devre sisteminde düğüm noktasında akımların toplamı daima sıfırdır. Bunun gibi, aynı diyagramda ısıtıcı yükün 0 ile işaretlenen birleşme ya da düğüm noktasında üç akımın vektör toplamı sıfırdır. Eğer şekil 10-6 daki üç faz - üç hat ve yıldız bağlantı sistemde, dengesiiz ya da eşit olmayan yük sebebi ile akımlar eşit değil ise, 0 ile işaret-



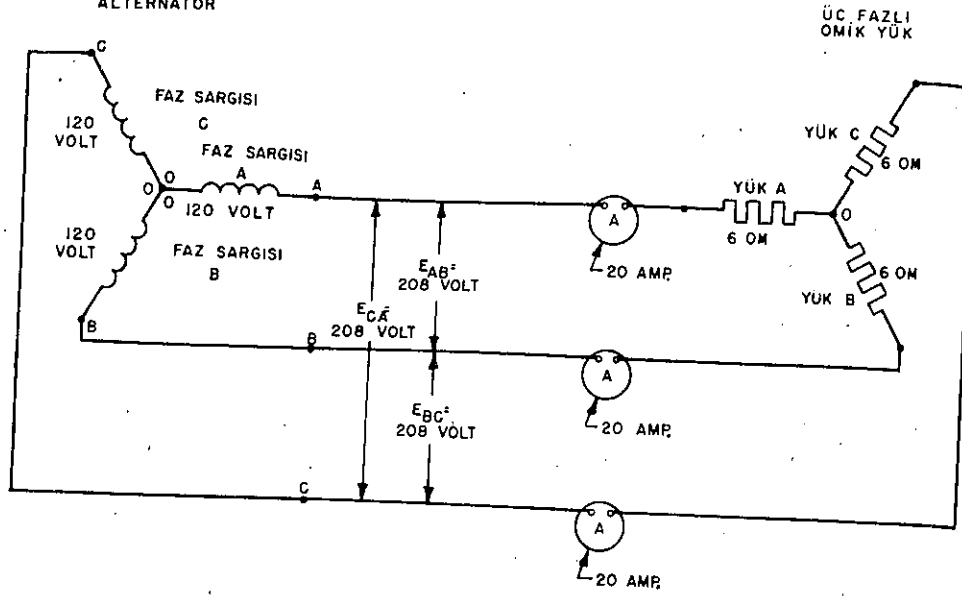
Şekil 10-5. Üç Fazlı Yıldız Bağlı Devrenin Gerilim Vektör Diyagramı

lenen düğüm noktasında (NÖTÜR NOKTASI) akımların vektör toplamı da yine sıfır olacaktır.

Şekil 10-7, birim güç katsayısı altında çalışan yıldız bağlantı devresinin bir devre için akım ve gerilimlerin vektör diyagramıdır (Şekil 10-6 ya bakınız). Şekil 10-6 da görülen yük, her birinin direnci 6 cm olan endüktif etkisiz üç ısıtıcı elemanı

temsil eder. Eğer fazlar arası gerilim 208 volt ise, her ısıtıcı eleman uçları arasındaki gerilim şöyle olacaktır.

$$\begin{aligned} E_{bobin} &= \frac{E_{hat}}{\sqrt{3}} \\ &= \frac{208}{1,73} = 120 \text{ volt} \end{aligned}$$



Şekil 10-6. Yıldız Bağlı Sistem Bir Omik Yükü Besliyor.

Isıtıcı yükün her bir kolunun faz bobininden geçtiği akım :

$$I_{\text{bobin}} = \frac{E_{\text{bobin}}}{I_{\text{bobin}}} = \frac{120}{6} = 20 \text{ amper}$$

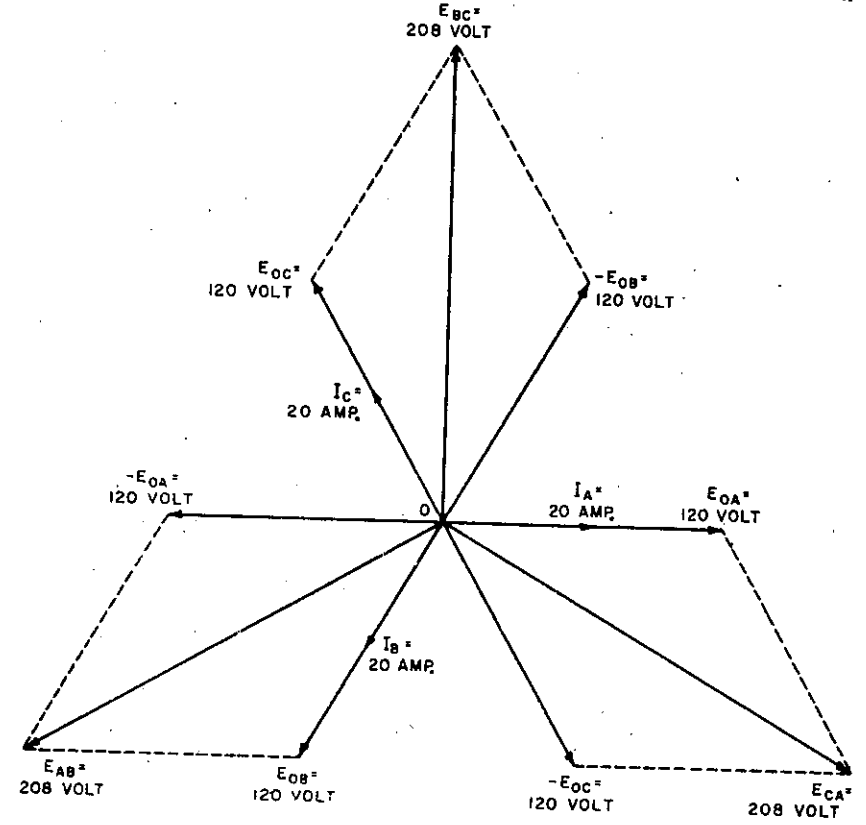
Şekil 10-6'daki üç fazlı generatörün her faz gerilimi 120 volt ve her faz bobininin kendi akımı, gerilim ile aynı fazda olarak 20 amperdir. Fakat birim güç katsayısında fazlar arası gerilim ile faz akımı ya da faz bobini akımı arasında 30 derece faz farkı vardır. Bu, şekil 10-7'deki vektör diyagramında görülmektedir. Dikkat edilirse E_{OA} faz gerilimi ile I_A faz akımı, E_{OB} faz gerilimi ile I_B akımı ve E_{OC} faz gerilimi ile I_C akımı aynı fazdadırlar. Böylece fazlar arası gerilim E_{CA} ile faz akımı I_A ara-

sında, fazlar arası gerilim E_{AB} ile faz akımı I_B arasında ve fazlar arası gerilim E_{BC} ile faz akımı I_C arasında 30 elektrik derecesi faz açısı vardır.

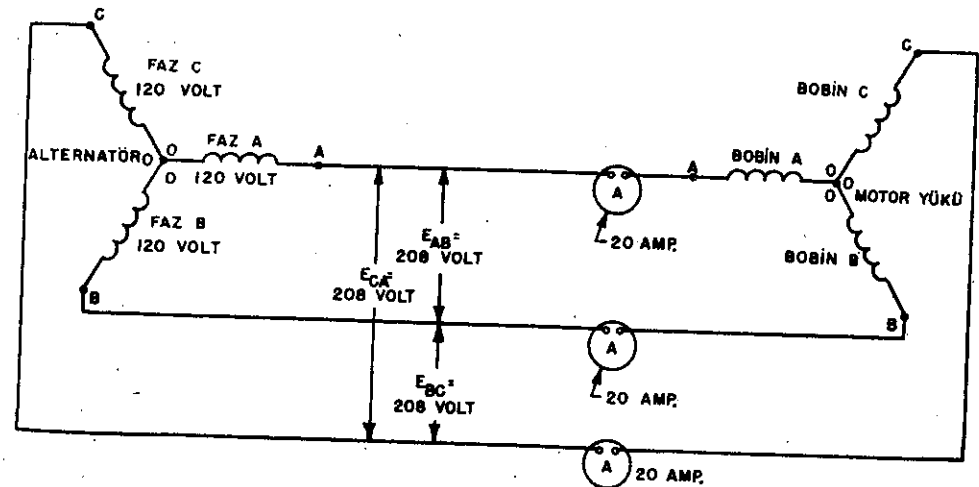
Faz akımı, faz bobini geriliminden ileri ya da geri olduğu zaman güç katsayısı 1 den az olacaktır.

Üç fazlı devrede güç faktörü açısı, dalma, elektrik derecesi olarak faz bobini gerilimi ile akımı arasındaki açıdır.

Şekil 10-8'de yük olarak dengeli, üç fazlı ve yıldız bağlı bir motor, üç fazlı ve yıldız bağlı bir kaynaktan beslenmektedir. Bu devrede her faz akımı kendi faz geriliminden 40 elektrik derecesi geridir. Başka bir deyim ile güç katsayısı $\cos \theta$ açısı 40° dir.



Şekil 10-7. Akım ve Gerilim Münasebetleri



Şekil 10-8. Güç Katsayısı Geri Olan Bir Motor j. Bağlı Bir Sistem Tarafından Besleniyor.

- Şekil 10-9 daki vektör diyagramı, Şekil 10-8 de üç fazlı motor devresi için verilen akım ve gerilim

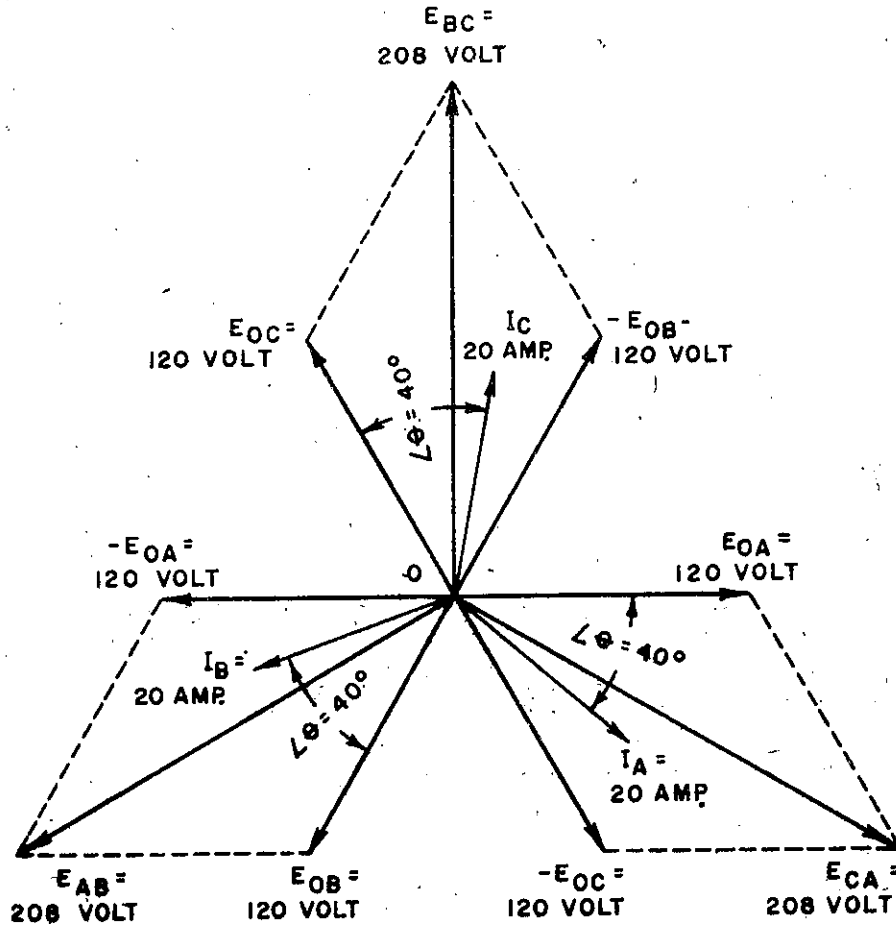
değerleri arasındaki ilişkileri göstermektedir.

YILDIZ BAĞLI SİSTEMDE GÜÇ

Üç fazlı generatörün üç tek faz sargısından her birinde üretilen volt - amper olarak güç şudur :

$$\text{Volt - Amper} = E_{\text{bobin}} \times I_{\text{bobin}}$$

Eğer yıldız sistemin gerilim ve akımları dengelenmiş ise, üç sargının hepsinde birden üretilen toplam volt - amper şudur :



Şekil 10-9. Geri Güç Katsayılı Bir Y Sistemde Akım ve Gerilim Münasebeti.

$$\text{Toplam V.A.} = 3 \times E_{\text{bobin}} \times I_{\text{bobin}}$$

Pratikte fazlar arası gerilimlerin ve faz akımlarının ölçülmesi, faz bobini gerilimleri ve akımlarının ölçülmesinden daha kolaydır. Bu sebepten yukardaki toplam volt-amper formülündeki I_{bobin} yerine I_{faz} geçmiştir. (I_{faz} ya da hat akımı ile I_{bobin} akımı yıldız bağlı sistemde eşittirler).

$$\text{Şekil 10-6 dan } E_{\text{bobin}} = \frac{E_{\text{hat}}}{\sqrt{3}}$$

bu değeri de formülde yerine koyarsak formül şu şekli alır.

$$\text{Toplam volt-amper} = \frac{3 \times E_{\text{hat}} \times I_{\text{hat}}}{\sqrt{3}}$$

$$= \sqrt{3} \times E_{\text{hat}} \times I_{\text{hat}}$$

Yıldız bağlı generatörün üç bobin sargısından her birinin vat olarak verdiği güç şudur.

$$\text{Vat} = 3 \times E_{\text{bobin}} \times I_{\text{bobin}} \times \cos \theta$$

Eğer üç bobinin akımları, gerilimleri ve güç katsayıları eşit ise üç fazın vat olarak toplam gücünü bulmak için formül şudur :

$$\begin{aligned} \text{Vat} &= 3 \times E_{\text{bobin}} \times I_{\text{bobin}} \times \cos \theta \\ &= \sqrt{3} \times E_{\text{hat}} \times I_{\text{hat}} \times \cos \theta \\ &= 3 \times \frac{E_{\text{hat}}}{\sqrt{3}} \times I_{\text{hat}} \times \cos \theta \end{aligned}$$

ÜÇGEN BAĞLANTI

Üç fazlı bir generatörün üç faz sargısı birbiri arasında, üçgen denen ikinci bir standart bağlantı

$$= \sqrt{3} \times E_{\text{hat}} \times I_{\text{hat}} \times \cos \theta$$

Verilen kilovolt - amper ve kilovat olarak gücü bulmak için şu formüller kullanılır :

Verilen, kilovolt - amper

$$\begin{aligned} &= \frac{\sqrt{3} \times E_{\text{hat}} \times I_{\text{hat}}}{1000} \\ &= \frac{\sqrt{3} E_{\text{hat}} \times I_{\text{hat}} \times \cos \theta}{1000} \end{aligned}$$

Dengeli üç faz yıldız bağlı sistemde, toplam güç ve toplam volt - amper verildiğinde güç katsayısını bulmak için şu formül kullanılır :

$$\cos \theta = \frac{\text{Toplam güç}}{\sqrt{3} \times E_{\text{hat}} \times I_{\text{hat}}}$$

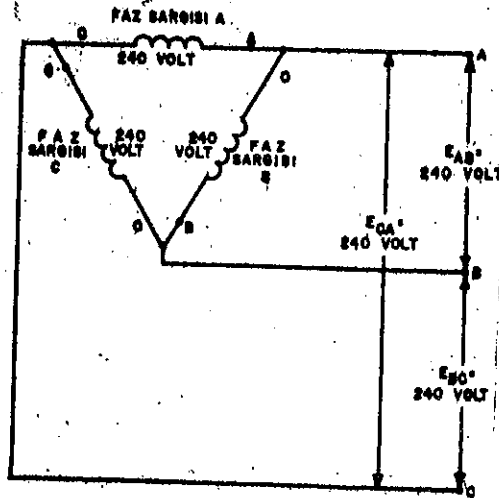
Dengeli üç fazlı bir devrede güç katsayısı daima, faz gerilimi ile faz akımı arasındaki açının kosinüsüdür. Eğer akım değerleri çok dengesiz ya da üç gerilim arasında oldukça fark varsa, üç fazın güç katsayısı pratik olarak bir anlam taşımaz. Dengesizlik durumu çok büyük olmadığı zaman, güç faktörü formülünde akım ve gerilimin ortalama değeri kullanılır.

şeklinde bağlanabilir. Üç fazlı devre sistemine, yükler de üçgen olarak bağlanabilir. Üçgen ismi, bu

bağlantı şematik diyagramının bir Yunan harfi olan üçgen şeklindeki (Δ) deltaya benzediğinden verilmiştir.

Şekil 10-10 da gösterilen üçgen bağlantı, üç bobin sargısından ibaret bir üç fazlı generatörü temsil etmektedir. Bu üçgen bağlantıda her sargının son ucu 0 harfi ile gösterilmiştir. Her fazın başlangıç ucu, aynı zamanda faz sargısını da belirten A, B ve C harfleri ile işaretlenmiştir.

Üçgen bağlantı teşkil etmek için A bobin sargısı başlangıç ucu, B bobin sargısı son ucu ile bağlanır, B bobin sargısı başlangıç ucu, C bobin sargısı son ucu ile ve son olarak C bobin sargısı başlangıç ucu, A bobin sargısı son ucu ile



Şekil 10-10. Üçgen Bağlantı

bağlanır. Şekil 10-10 daki gibi her bağlantı noktası üç fazlı hatların bağlantı uçlarıdır.

Şekil 10-10 daki üç fazlı generatörün faz sargılarının herbirinde 240 voltluk gerilim indüklenmektedir. Böylece üç fazlı hattın fazlar arası gerilim değeri 240 voltur. Şekil 10-10, iki faz hattı uçlarının doğrudan doğruya bobin sargısı uçlarına bağlandığını göstermektedir. Böylece üç fazlı üçgen bağlı bir devrede, fazlar arası ve faz gerilimleri aynıdır.

Şekil 10-11, şekil 10-10 da şematik şekilde gösterilen üçgen bağlı generatörün gerilimleri için bir vektör diyagramıdır. Her gerilim vektörü belli bir bobinin gerilimini ve aynı zamanda ona ait fazlar arası gerilimi temsil etmektedir. Her gerilim vektörü birbiri ile 120 elektrik derecesi faz farklıdır.

Bundan sonra üçgen bağlantıda faz akımı ile hat akımı ilişkilerinin nasıl olduğu ve bunların vektör diyagramı üzerinde ne şekilde gösterileceği sorusunu cevaplandırmak gerekecektir. Şekil 10-10 da, her faz hattının iki bobin sargısı tarafından beslenen birleşme noktasına bağlandığı görülmektedir. Böylece her faz hattı, her saykılın belli aralıklarında iki bobin sargısından akım alır ve saykılın öteki kısımları akımı, bu iki sargıya doğru geri verir. Fakat, aynı fazda olmadıkları için hat akımı, iki faz akımının aritmetik

toplamı değildir. Şekil 10-4 deki ne benzer bir metot kullanılarak faz hattı akımını bulmak için, faz bobini akımlarının vektöryel olarak toplanması şarttır. Bir vektör üçgeni kullanarak hat akımı şöyle bulunur.

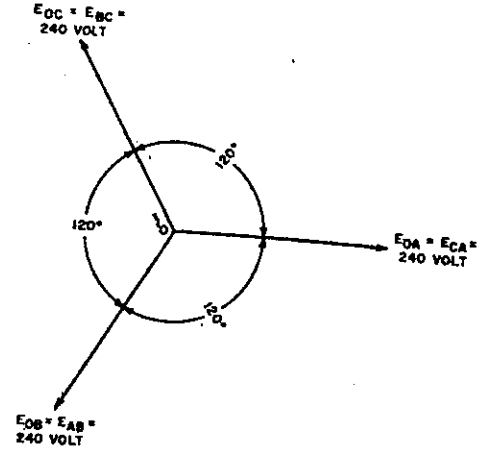
$$\begin{aligned} I_{\text{hat}} &= 2 \times \cos 30^\circ \times I_{\text{bobin}} \\ &= 2 \times 0,866 \times I_{\text{bobin}} \\ &= 1,732 \times I_{\text{bobin}} \\ &= \sqrt{3} \times I_{\text{bobin}} \end{aligned}$$

Hat akımını bulmak için kosinüs teoremi de kullanılabilir. Şekil 10-12B de hat akımı bu teoremi kullanarak aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

$$\begin{aligned} I_A^2 &= I_{BO}^2 + I_{OA}^2 - 2 \times I_{BO} \times I_{OA} (\cos 120^\circ) \\ I_A^2 &= 10^2 + 10^2 - 2 \times 10 \times 10 (-0,5) \\ I_A^2 &= 10^2 (1 + 1 - 1) = 10^2 \times 3 \\ I_A &= 10 \sqrt{3} = 10 \times 1,73 = 17,3 \text{ amper.} \end{aligned}$$

Şekil 10-12 A da her faz sargısının akımı 10 amper olduğu farzedilecektir. Yük, üçgen olarak bağlanmış üç endüktif etkisiz ısıtıcı elemandan ibarettir. Her ısıtıcı elemanın direnci 24 omdu. Eğer fazlar arası gerilim 240 volt ise her ısıtıcı eleman uçları arasındaki gerilim de 240 voltur. Izgara şeklindeki her dirençten geçen akım şudur:

$$I = \frac{E}{R} = \frac{240}{24} = 10 \text{ amper}$$



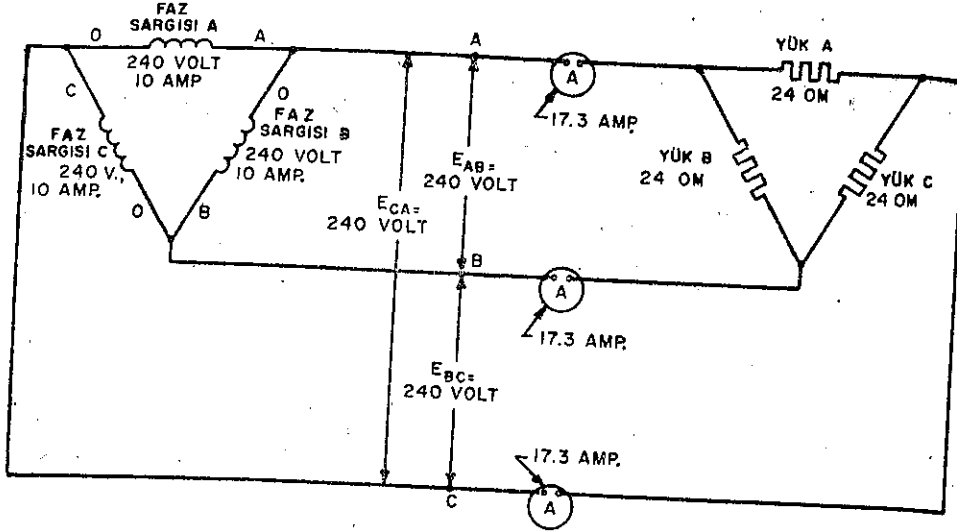
Şekil 10-11. Üç Fazlı, Üçgen Bağlı Devrede Gerilim Vektör Diyagramı

Böylece üç fazlı generatörün üç bobin sargısından her biri ile yük direncinin her birindeki akım 10 amperdir. Yükün endüktif etkisiz olması sebebi ile her faz sargısının gerilimi ile akımı aynı fazdadır.

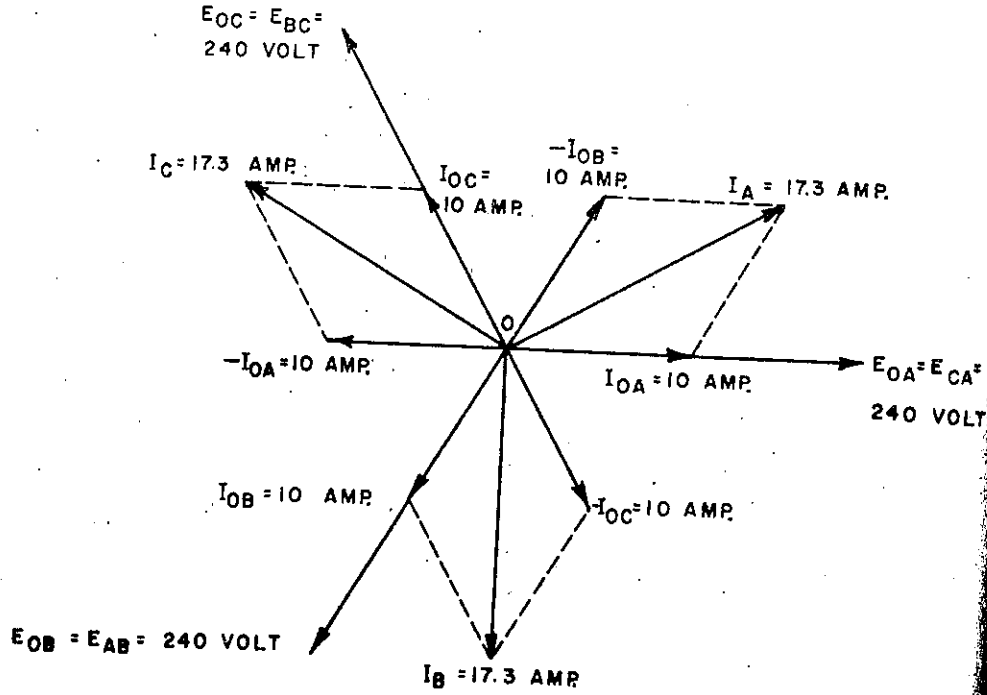
Şekil 10-12B, bir birinden 120 elektrik derecesi faz farklı üç faz gerilim vektörünü (E_{OA} , E_{OB} , E_{OC}) göstermektedir. Üç bobin sargısı akımları (I_{OA} , I_{OB} , I_{OC}) kendilerine ait gerilimler ile aynı fazdadırlar ve akımların vektörleri gerilim vektörleri ile uygun çizilmiştir.

ÜÇ FAZLI ÜÇGEN BAĞLI ALTERNATÖR

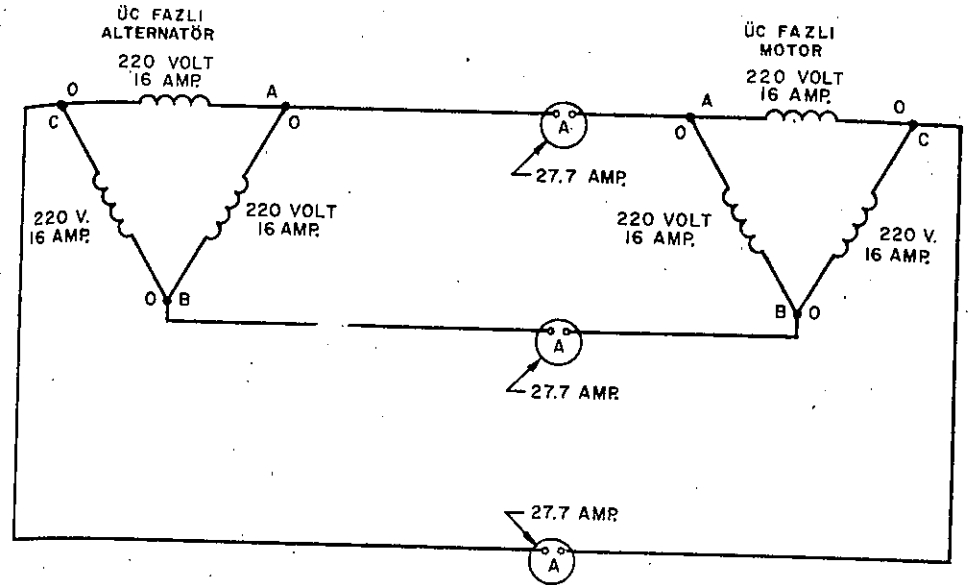
ÜÇ FAZLI ÜÇGEN BAĞLI OMİK YÜK



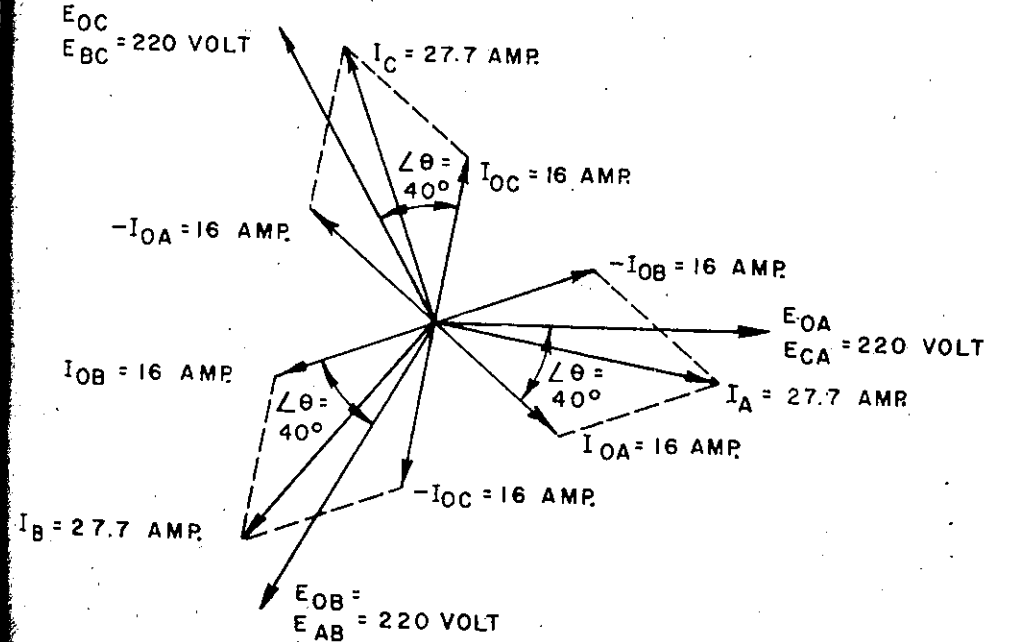
Şekil 10-12 A. Üç Fazlı Üçgen Sistem ile Omik Yük



Şekil 10-12. B. Üçgen Devre ile Omik Yükün Vektör Diyagramı.



Şekil 10-13. A. Üç Fazlı Üçgen Sistem ile Endüktif Yük



Şekil 10-13. B. Vektör Diyagramı.

A hattındaki (I_A) hat akımı, A faz sargısından O dan A ya doğru geçen akım ile B faz sargısında B den O ya doğru geçen akımın vektöryel toplamıdır. B den O ya doğru ($-I_{OB}$) geçen akım, O dan B ye doğru geçen akımın (I_{OB}) ters yönünde ve negatiftir, böylece $-I_{OB}$ yi temsil eden vektör I_{OB} yi temsil eden vektörün zıt yönündedir.

İki vektör I_{OA} ve $-I_{OB}$ nin toplamı A hattındaki akımı temsil eden I_A vektörüdür. Dikkat edilirse I_A akımı, faz bobini akımının $\sqrt{3}$ katıdır ve faz akımı I_{OA} ya göre 30 elektrik derecesi ileridir.

Şekil 10-12B, öteki hat akımları I_B ve I_C yi bulmak için teşkil edilmiş benzer vektörleri göstermektedir. Dengeli üç fazlı bir sistem için hat akımları, I_A , I_B , ve I_C bir biri ile 120 elektrik derecesi faz farklıdır.

ÜÇGEN SİSTEMDE GÜÇ

Üç fazlı bir generatörün her faz sargısının volt-ampere olarak verdiği güç şudur :

$$\text{Volt-ampere} = E_{\text{bobin}} \times I_{\text{bobin}}$$

Eğer üçgen bağlı sistemin gerilimleri ve akımları dengeli ise, üç sargının birden verdiği toplam volt-ampere şudur.

$$\text{Toplam VA} = 3 \times E_{\text{bobin}} \times I_{\text{bobin}}$$

Bir endüksiyon motoru gibi endüktif yükü besleyen dengeli üç fazlı üçgen bir sistemde güç katsayısı geri olacaktır. Şekil 10-13 deki diyagramlar, üç fazlı ve üçgen bağlı bir motoru besleyen üç fazlı üçgen bağlı bir generatörü ve bu devre için vektör diyagramlarını göstermektedir. Eğer faz sargısı akımı sargı geriliminden 40° geri ise, güç katsayısı 0,766 ve geridir. Hat akımı gene vektöryel toplamıdır ve faz akımının 1,73 katına eşittir.

Dengeli üç faz-üçgen sistemde faz ve hat akımı ile gerilimleri arasındaki ilişkiler aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

1. Dengeli üç fazlı üçgen bir sistemde faz gerilimi ile hat gerilimi birbirine eşittir.
2. Dengeli üç fazlı üçgen bir sistemde hat akımı, faz akımının $\sqrt{3}$ ile çarpımına eşittir.

Daha önce de söylendiği gibi, hat gerilimi ve hat akımını ölçmek, faz bobininin akım ve gerilim değerlerini ölçmekten daha kolaydır. Böylece dengeli üç faz üçgen sistemin toplam volt-ampereini bulmak için, formülde verilen hat gerilimi ve hat akımı kullanılır. Üçgen bir sistemde aynı değerde oldukları için faz gerilimi yerine doğrudan doğruya fazlar arası gerilim değeri kullanılabilir.

$$\text{Toplam VA} = 3 \times E_{\text{hat}} \times I_{\text{bobin}}$$

Dengeli üçgen bir sistemde faz akımı, hat akımının $\sqrt{3}$ e bölümüne eşit olduğundan yukardaki formülde I_{bobin} yerine $I_{\text{hat}} \div \sqrt{3}$ değeri konabilir. Buna göre formül şu şekli alır.

$$\text{Toplam VA} = 3 \times E_{\text{hat}} \times \frac{I_{\text{hat}}}{\sqrt{3}}$$

Ya da toplam

$$\text{VA} = \sqrt{3} \times E_{\text{hat}} \times I_{\text{hat}}$$

Üçgen bağlı generatörün bobin sargılarından her birinin vat olarak verdiği gerçek güç şudur.

$$\text{Vat} = E_{\text{faz}} \times I_{\text{faz}} \times \cos \Theta$$

Eğer üç bobinin gerilimleri ve akımları eşit ve her bobinin güç katsayıları aynı ise, üç fazın vat olarak toplam gücünü bulmak için formül şudur :

$$\begin{aligned} \text{Vat} &= 3 \times E_{\text{bobin}} \times I_{\text{bobin}} \times \cos \Theta \\ &= 3 \times E_{\text{hat}} \times I_{\text{bobin}} \times \cos \Theta \\ &= 3 \times E_{\text{hat}} \times \frac{I_{\text{hat}}}{\sqrt{3}} \times \cos \Theta \\ &= \sqrt{3} \times E_{\text{hat}} \times I_{\text{hat}} \times \cos \Theta \end{aligned}$$

Dikkat edilirse, dengeli üç faz yıldız ya da üçgen bağlı bir sistemin her ikisinde de toplam volt-ampere ve toplam gücü bulmak için aynı formüller kullanılır.

$$\begin{aligned} \text{Vat} &= \sqrt{3} \times E_{\text{hat}} \times I_{\text{hat}} \times \cos \Theta \\ \text{Vat-ampere} &= \sqrt{3} \times E_{\text{hat}} \times I_{\text{hat}} \end{aligned}$$

Dengeli yıldız bağlantıda olduğu gibi, dengeli üçgen bağlı üç faz sistemin güç katsayısı, vat olarak toplam gücün, toplam volt-ampere oranıdır.

$$\cos \Theta = \frac{\text{Toplam güç}}{\sqrt{3} \times E_{\text{hat}} \times I_{\text{hat}}}$$

Eğer üçgen sistemde akım ve gerilimler çok dengesiz ise üç faz güç katsayısının bir anlamı yoktur.

Örnek Problem 1

Şekil 10-6 da yıldız bağlı üç fazlı generatör; üç fazlı endüktif etkisiz bir yüke güç vermektedir. Şunları bulunuz.

1. Fazlar arası gerilim
2. Hat akımları
3. Verilen volt-ampere
4. Vat olarak güç.

Çözüm

1. Yıldız sistemde fazlar arası gerilim, faz geriliminin $\sqrt{3}$ ile çarpımına eşittir.

$$\begin{aligned} E_{\text{hat}} &= \sqrt{3} \times E_{\text{faz}} = 1,73 \times 120 \\ &= 208 \text{ volt} \end{aligned}$$

2. Hat akımı, faz akımına eşittir. Her ısıtıcı elemanın direnci, 6 ohmdur. Eğer her direnç uçları arasındaki gerilim 120 volt ise bobin akımı $I = E \div R = 120 \div 6 = 20$ amperdir. Bu, yükteki ve akım kaynağındaki faz akımıdır. Aynı zamanda bu, faz ve hat seri bağlı olduğundan hat akımıdır.

3. Giriş ya da verilen volt-amper şudur :

$$\begin{aligned} \text{Volt-amper.} &= \sqrt{3} \times E_{\text{hat}} \times I_{\text{hat}} \\ &= 1,73 \times 208 \times 20 \\ &= 7200 \text{ volt-amper.} \end{aligned}$$

4. Güç katsayısı 1 olduğu zaman vat olarak güç, volt-ampere eşittir. Endüktif etkisiz bir yük için faz akımı ve gerilimi aynı

$$\begin{aligned} 1. \text{ Volt-amper} &= \sqrt{3} \times E_{\text{hat}} \times I_{\text{faz}} \\ &= 1,73 \times 208 \times 20 \\ &= 7200 \text{ Volt-amper.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2. \text{ Vat} &= \sqrt{3} \times E_{\text{hat}} \times I_{\text{hat}} \times \cos \theta \\ &= 1,73 \times 208 \times 20 \times \cos 40^\circ \\ &= 1,73 \times 208 \times 20 \times 0,7660 = 5515 \text{ Vat.} \end{aligned}$$

Örnek Problem 2

Üç fazlı bir alternatif yıldız bağlıdır. Her faz sargısı gerilimi 8000 volt ve akımı 418 amperdir. Alternatör, 0,80 geri güç katsayısı ile verebileceği güce ve tam yük altında çalışacağına göre hesaplanmıştır. Şunları bulunuz :

fazda olduklarından faz açısı sıfırdır. Gerçek güç şudur :

$$\begin{aligned} \text{Vat} &= \sqrt{3} \times E_{\text{hat}} \times I_{\text{hat}} \times \cos \theta \\ &= 1,73 \times 208 \times 20 \times 1 \\ &= 7200 \text{ Vat} \end{aligned}$$

Örnek Problem 3

Şekil 10-8 de yıldız bağlı üç fazlı generatör yük olarak bir motoru beslemektedir. Güç katsayısı açısı 40 derece geridir.

1. Generatörün verdiği volt-amperi
2. Vat olarak gücü bulunuz.

Çözüm

1. Fazlar arası gerilimi
2. Faz akımını
3. Tam yüklü iken kilovolt-amper değerini
4. Kilovat olarak tam yüklü olduğu zamanki gücünü.

Çözüm

$$\begin{aligned} 1. E_{\text{hat}} &= \sqrt{3} \times E_{\text{bobin}} = 1,73 \times 8000 = 13800 \text{ volt} \\ 2. I_{\text{hat}} &= I_{\text{bobin}} = 418 \text{ amper.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3. \text{ kva} &= \frac{\sqrt{3} \times E_{\text{hat}} \times I}{1000} = \frac{1,73 \times 13800 \times 418}{1000} \\ &= 10,000 \text{ kva. Alternatörün nominal gücü 10,000 kva. olmalıdır.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 4. \text{ kw} &= \frac{\sqrt{3} \times E_{\text{hat}} \times I_{\text{hat}} \times \cos \theta}{1000} = \frac{1,73 \times 13800 \times 418 \times 0,8}{1000} \\ &= 8000 \text{ KW. Generatörün 0,80 geri güç katsayısı altındaki gerçek gücüdür.} \end{aligned}$$

Örnek Problem 4

Şekil 10-13 deki devrede, üçgen bağlı bir generatör gene üçgen bağlı bir endüksiyon motorunu beslemektedir. Motorun üç faz güç katsayısı 0,766 ve geridir. Şunları bulunuz :

1. Hat gerilimini
2. Hat akımını
3. Motorun çektiği görünür gücü
4. Motorun çektiği gerçek gücü bulunuz.

Çözüm

1. Üçgen bağlantıda fazlar arası gerilim ile faz gerilimi aynıdır.
 $E_{\text{hat}} = E_{\text{bobin}} = 220 \text{ volt}$
2. Hat akımı, faz bobini akımının 1,73 ile çarpımına eşittir.
 $I = \sqrt{3} \times I_{\text{bobin}} = 1,73 \times 16 = 27,7 \text{ amper.}$

3. Motor tarafından çekilen volt-amper şudur :

$$\begin{aligned} \text{VA} &= \sqrt{3} \times E_{\text{hat}} \times I_{\text{hat}} \\ &= 1,73 \times 220 \times 27,7 \\ &= 10,500 \text{ volt-amper} \end{aligned}$$

4. Motor tarafından çekilen vat olarak güç şudur :

$$\begin{aligned} \text{W} &= \sqrt{3} \times E_{\text{hat}} \times I_{\text{hat}} \times \cos \theta \\ &= 1,73 \times 220 \times 27,7 \\ &\quad \times 0,766 = 8080 \text{ Vat} \end{aligned}$$

ÜÇ FAZLI SİSTEMLERDE GÜÇ ÖLÇMELERİ

Üç faz, üç hatlı bir sistem tarafından vat olarak çekilen güç iki

vatmetre ile ölçülebilir. «İki vatmetre metodu» denen bu metot ile,

üç hatlı yıldız sistem ya da üç hatlı üçgen sistemin ikisinden her hangi birinin gücü ölçülebilir.

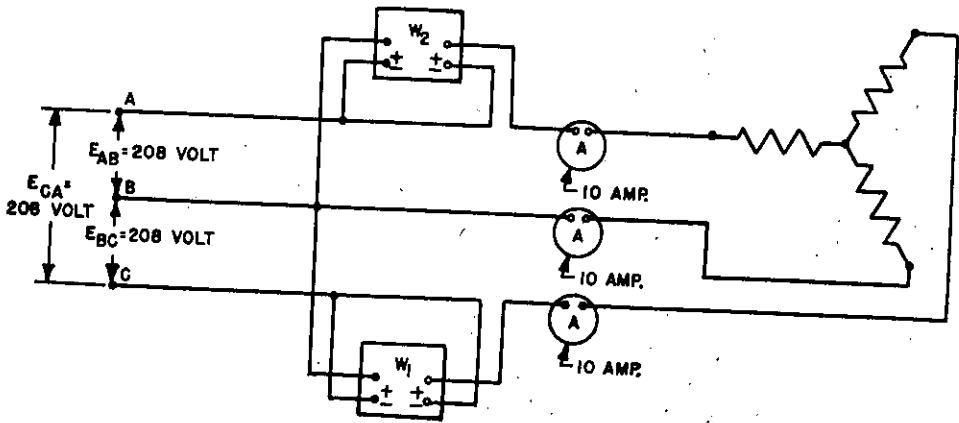
Şekil 10-14, üç faz, üç hatlı sistem tarafından yıldız bağlı bir yükte verilen gücü ölçmede kullanılan iki vatmetre metodu için standart bağlantılardır. İki vatmetrenin akım bobinleri üç faz hattının ikisi ile seri bağlıdır. Her vatmetrenin gerilim bobini, kendi akım bobininin bağlandığı hat ile üçüncü hat arasına bağlanmıştır. Vatmetrelerin üzerindeki gerilim ve akım bobinlerinin bağlantı uçlarındaki (\pm) kutup işaretlerini dikkate alarak bağlantıları buna göre Şekil 10-14 de gösterildiği gibi tam yapmak önemli ve gereklidir.

Eğer gerilimler eşit, akımlar dengeli ve güç katsayısı 1 ise vatmetrelerin ikisi de üçgen ya da yıldız sistemlerden herhangi birisinde aynı değeri gösterirler. Üç faz,

üç hatlı sistemde toplam güç, iki vatmetrenin gösterdiği değerlerin toplamıdır. Güç katsayısı 1 den küçük fakat 0,50 geri den büyük ve ayrıca gerilimler eşit akımlar dengeli olduğu halde faz sırası A-B-C için 2 numaralı vatmetre 1 numaralı vatmetreden daha az değer gösterir. Üç faz sistem için toplam güç yine

$$\text{Toplam Vat} = W_1 + W_2 \text{ dir.}$$

Dengeli üç hatlı sistemin güç katsayısı 0,50 geri olduğu zaman 2 numaralı vatmetre sıfırı gösterir ve toplam güç 1 numaralı vatmetre üzerinde okunur. Güç katsayısı 0,50 geriden küçük olduğunda 2 numaralı vatmetre ters saparak değer gösterir. Bundan dolayı 2 numaralı vatmetre üzerindeki gerilim bobinine bağlanan uçları ters çevirmek gerekir ve böylece negatif güç okunabilir. Toplam



Şekil 10-14. İki Vatmetre Metodu.

gerçek gücü bulmak için 2 numaralı vatmetrenin gösterdiği değeri 1 numaralı vatmetrenin gösterdiği değerden çıkarmak gerekir.

Şekil 10-14 deki devre. «Gerilimler eşit ve akımlar dengeli oldukları halde niçin iki vatmetre farklı güç değerleri gösterirler?» Sorusuna cevap vermek için kullanılabilir.

Eğer Şekil 10-14 deki yük endüktif etkisiz direnç ise (güç katsayısı = 1) akım ve gerilim vektörlerinin yönleri Şekil 10-7 de görüldüğü gibidir.

2 Numaralı vatmetre $E_{BA} \times I_A$ yı ölçer.

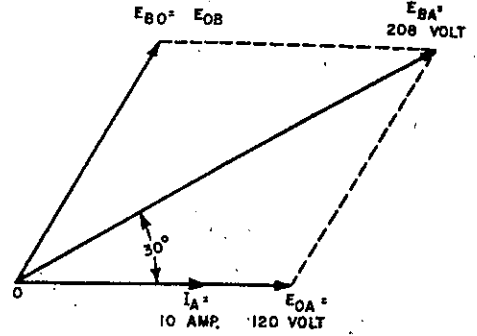
$$\text{Vat} = E \times I \times \cos <$$

Şekil 10-15 e bakarsanız E_{BA} ile E_{AB} zıt yönde ve I_A ile E_{OA} aynı fazdadır.

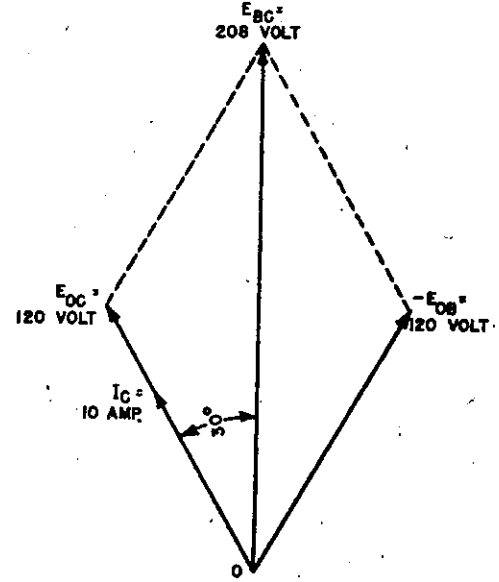
$$\begin{aligned} W_2 &= E_{AB} \times I_A \times \cos (30^\circ) \\ &= 208 \times 10 \times \cos (30^\circ) \\ &= 208 \times 10 \times 0,866 \\ &= 1800 \text{ Vat.} \end{aligned}$$

1 Numaralı vatmetreye ait vektör diyagramı, akım bobinindeki I_C faz akımı ile 30° açı yapan ve aletin gerilim bobini uçları arasına uygulanan fazlar arası E_{BC} gerilimini göstermektedir. Bu sebepten,

$$\begin{aligned} W_1 &= E_{BC} \times I_C \times \cos 30^\circ \\ &= 208 \times 10 \times \cos 30^\circ \\ &= 208 \times 10 \times 0,866 \\ &= 1800 \text{ Vat.} \end{aligned}$$

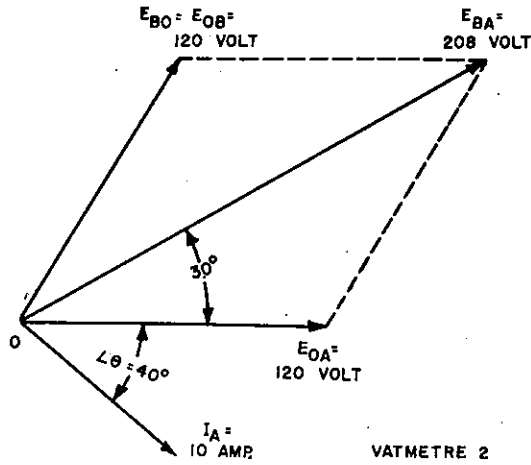


VATMETRE 2



VATMETRE 1

Şekil 10-15.



Daha önce gösterildiği gibi üç fazlı endüktif etkisiz yük için toplam güç şudur:

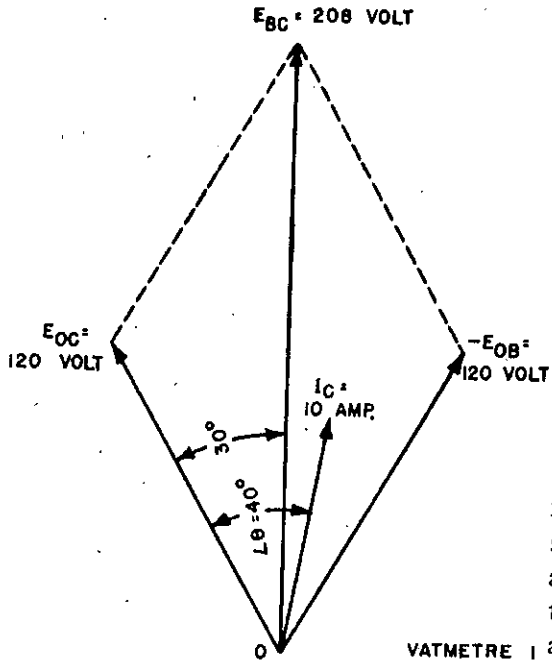
$$\text{Vat} = \sqrt{3} \times E_{\text{hat}} \times I_{\text{hat}}, \text{ bu misalde,}$$

$$\text{Vat} = 1,73 \times 208 \times 10 = 3600 \text{ Vattır.}$$

Bu toplam güç iki vatmetre tarafından ölçülmüş ve toplanarak bulunmuştur. ($W_1 + W_2$).

$$\begin{aligned} W_{\text{toplam}} &= W_1 + W_2 \\ &= 1800 + 1800 \\ &= 3600 \text{ Vat.} \end{aligned}$$

Şekil 10-14 dekine benzer bir devre şimdi, aynı gerilim ve akım değerleri için fakat güç katsayısı 40° geri olduğuna göre kullanılacaktır. 2 numaralı vatmetre 1 numaralı vatmetreden çok daha küçük değer gösterecektir. Her vatmetrenin vektör diyagramlarını incelemeyen bu ifadeyi kabul etmek zor olacaktır.



Şekil 10-16.

Şekil 10-16 daki 2 numaralı vatmetreye ait vektör diyagramı, faz gerilimi E_{OA} ya göre faz akımı I_A nın 40° geri olduğunu göstermektedir. Fazlar arası E_{BA} gerilimi vatmetrenin gerilim bobini uçları arasına uygulanmış ve I_A akımı ise akım bobini tarafından ölçülmektedir. Hat gerilimi ile hat akımı arasındaki açı $30^\circ + \theta$ dir. Bu sebepten 2 numaralı vatmetre şu değeri gösterir,

$$\begin{aligned} W_2 &= E_{AB} \times I_A \times \cos(30 + 40) \\ &= 208 \times 10 \times 0,342 \\ &= 711 \text{ Vat.} \end{aligned}$$

Şekil 10-16 da 1 numaralı vatmetreye ait diyagram, faz akımı I_C nin faz gerilimi E_{OC} den 40° geri olduğunu göstermektedir. Vatmetrenin gerilim bobini uçlarına uygulanmış E_{BC} fazlar arası gerilim ile, akım bobini tarafından ölçülen I_C akımı arasındaki açı $(\theta - 30)$ derecedir. Böylece 1 numaralı vatmetre şu değeri gösterir.

$$\begin{aligned} W_1 &= E_{BC} \times I_C \times \cos(40 - 30) \\ &= 208 \times 10 \times 0,985 \\ &= 2049 \text{ Vat.} \end{aligned}$$

Vat olarak toplam güç şudur.
 $2049 + 711 = 2760 \text{ Vat.}$

Yukardaki hesabın doğruluğunu kontrol için, toplam gerçek güç hesabı için şu formül de kullanılabilir.

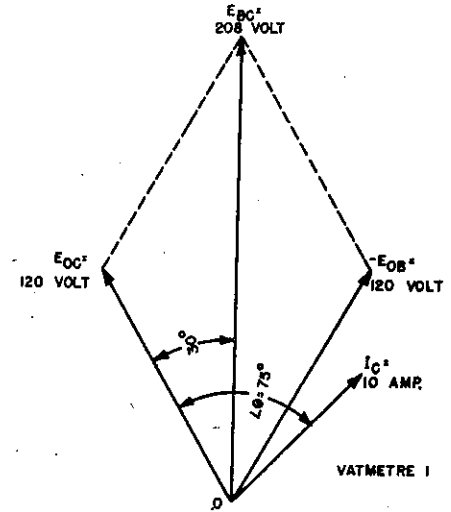
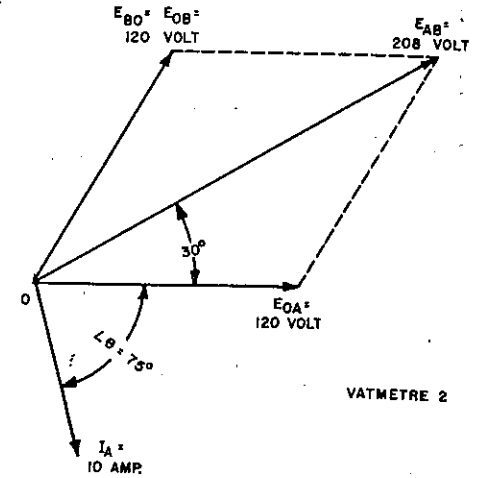
$$\text{Vat} = \sqrt{3} \times E_{\text{hat}} \times I_{\text{hat}} \times \cos \theta$$

Güç katsayısı açısı 40° geridir. $\cos 40^\circ = 0,766$ geri güç kat sayısıdır. Toplam güç şudur.

$$\begin{aligned} \text{Vat} &= \sqrt{3} \times E_{\text{hat}} \times I_{\text{hat}} \times \cos \theta \\ &= 1,73 \times 208 \times 10 \times 0,766 \\ &= 2760 \text{ Vat.} \end{aligned}$$

Şekil 10-17 de ki vektör, 2 numaralı vatmetre için E_{AB} hat gerilimi ile I_A akımı arasındaki $30^\circ + \theta$ ya

da $30^\circ + 75$ lik açığı göstermektedir. Bu şekilde toplam 105° lik açının kosinüsü — 0,2588 dir ve 2 numaralı vatmetre negatif değer gösterir.



Şekil 10-17.

$$\begin{aligned} W_2 &= E_{AB} \times I_A \times \cos(30 + 75) \\ &= 208 \times 10 \times -0,2588 \\ &= -538 \text{ Vat.} \end{aligned}$$

1 numaralı vatmetreye ait vektör, fazlar arası gerilim E_{BC} ile I_C akımı arasındaki $\Theta - 30^\circ$ ya da $75^\circ - 30^\circ$ lik açığı göstermektedir. Bu şekilde toplam açı 45° dir. Bunun sonucu olarak 1 numaralı vatmetre pozitif değer gösterir.

$$\begin{aligned} W_1 &= E_{BC} \times I_C \times \cos(75 - 30) \\ &= 208 \times 10 \times 0,7071 \\ &= 1471 \text{ Vat} \end{aligned}$$

Çekilen toplam güç şudur :

$$\begin{aligned} \text{Toplam Vat} &= W_1 + W_2 \\ &= 933 \text{ Vat.} \\ &= 1471 + (-538) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 75^\circ \text{ lik geri faz açısı için güç} \\ &= 933 \text{ Vat} \end{aligned}$$

katsayısı 0,2588 dir. Eğer bu değer üç fazlı devre için toplam güç formülünde kullanılırsa, kontrol için sonuç görülebilir..

$$\begin{aligned} \text{Toplam } W &= \sqrt{3} \times E_{\text{hat}} \times I_{\text{hat}} \times \cos \Theta \\ &= 1,73 \times 208 \times 0,2588 \\ &= 932 \text{ Vat.} \end{aligned}$$

Yukardaki problemlerde, farklı güç katsayısı durumları ile iki vatmetrede niçin farklı değerler okunduğunu göstermek için yıldız bağlantı kullanılmıştı. Eğer, dengeli üçgen bağlı bir yük tarafından çekilen toplam gücü ölçmek için iki vatmetrede metodu kullanılırsa, iki vatmetrenin gösterdiği değerler arasındaki ilişki, bir yıldız bağlantıdaki gibi ve aynıdır.

Eğer, dengeli üç faz yıldız ya da üçgen bağlanmış yükte, 1 den küçük ve 0,50 den büyük ileri bir güç katsayısı varsa, 2 numaralı vatmetre 1 numaralı vatmetreden büyük değer gösterecektir. 0,5 ileri güç katsayısında, 1 numaralı vatmetrede sıfır görülecek ve toplam güç 2 numaralı vatmetrede okunacaktır. 0,50 nin altında ileri bir güç katsayısı için, 1 numaralı vatmetre ters sapar. Bu vatmetrenin gerilim bobinine bağlanan uçlar, negatif güç değerini okumak için, aralarında değiştirilmelidir.

Üç fazlı dengeli yıldız bağlı bir yükün çeşitli değerlerde güç katsayısında çalışmasına ait daha önce yapılan hesaplarda görüldüğü gibi, iki vatmetrenin gösterdiği değerler şöyledir :

2 Numaralı Vatmetre :

$$W_2 = E_{\text{hat}} \times I_{\text{hat}} \times \cos(30^\circ + \Theta)$$

1 Numaralı Vatmetre : 30° geri ya da daha aşağı açıda

$$W_1 = E_{\text{hat}} \times I_{\text{hat}} \times \cos(30^\circ - \Theta)$$

$$W_1 = E_{\text{hat}} \times I_{\text{hat}} \times \cos(\Theta - 30^\circ)$$

Bu formüller dengeli üçgen bağlı bir yük için de doğrudur.

Eğer, iki vatmetrenin gösterdiği değerlerin oranı, şekil 10-18 deki grafiğe uygulanırsa, verilen gerilim ve akım değerleri olmadan da güç katsayısını doğrudan doğruya bu grafikten bulmak mümkündür.

Şekil 10-18 de dikey eksen üzerine ölçekli olarak güç katsayısı değerleri işaretlenmişken, yatay eksen üzerine de küçükten büyüğe doğru vatmetre değerlerinin oranları işaretlenmiştir. Grafik; aşağıdaki Θ açısı oranlarının farklı değerlerini yerine koyup işaretlemek suretile çizilerek meydana getirilmiştir.

2 numaralı vatmetre değeri

1 numaralı vatmetre değeri

$$\frac{E I \cos(30^\circ + \Theta)}{E I \cos(30^\circ - \Theta)}$$

$$= \frac{\cos(30^\circ + \Theta)}{\cos(30^\circ - \Theta)}$$

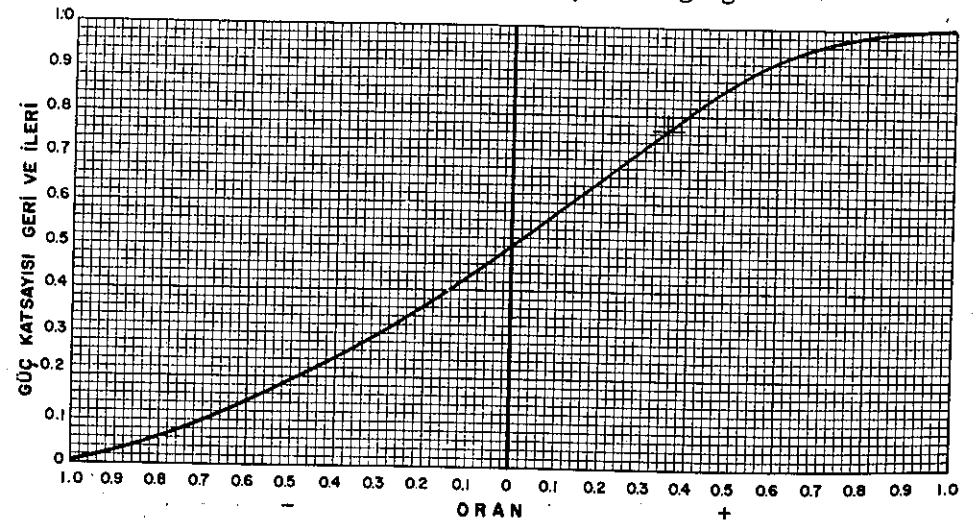
$$= \frac{\cos(30^\circ + \Theta)}{\cos(30^\circ - \Theta)}$$

$$\frac{W_2}{W_1} = \frac{74}{2049} = 0,347$$

Yukardaki misalde, geri bir 0,766 güç katsayısı için 1 numaralı vatmetre 2049 vat gösterirken 2 numaralı vatmetre 711 vatı gösterdiği görülmüştü. Vatmetrelerin gösterdiği değerlerin küçükten büyüğe oranı şudur :

Bu oran grafiğe uygulanırsa güç katsayısı = 0,76 olarak bulunur ve daha önce hesapla bulunan 0,766 ya yakın bir değerdir.

Daha önceki hesaplarda, geri faz açısı 75° ve güç katsayısı 0,2588 olduğu zaman 1 numaralı vatmetre 1471 vat gösterirken 2 numaralı vatmetrenin gösterdiği değer -538 vat idi. Bu iki değerlerin oranı : $W_1 = -538 \div 1471 = -0,36$ dir. Bu oran grafiğe uygulanırsa, güç katsayısı 0,26 geri bulunur ve daha önce hesapla bulunan değer aynı olduğu görülür.



Şekil 10-18. İki Vatmetre Metodunda Güç Katsayısı Oran Eğresi

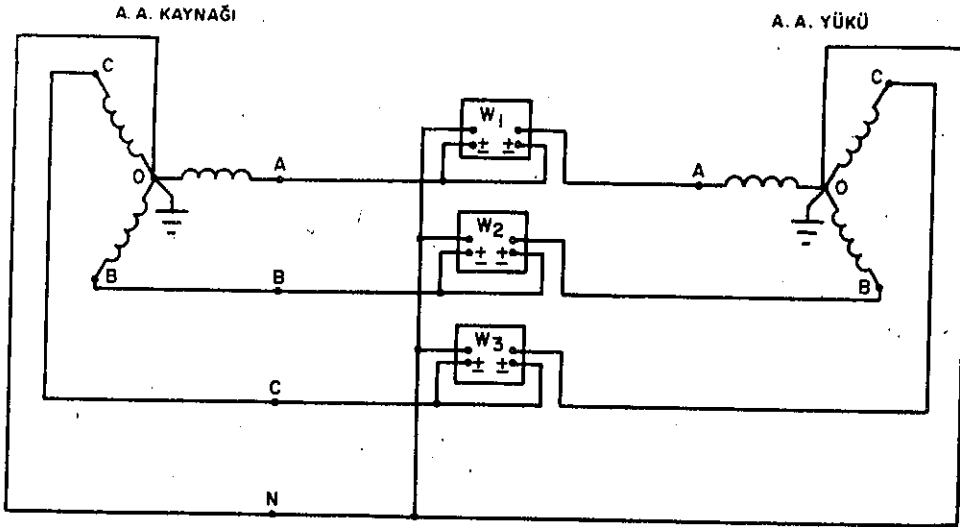
ÜÇ VATMETRE METODU

Bir çok yıldız bağlı devre sistemlerinde üç faz hattı gibi aynı zamanda nötr hattı da bulunur. Buna yıldız bağlanmış üç faz, dört hatlı devre denir. Nötr hattı, alternatör içinde üç faz bobini sargılarının ortak bağlı ucundan alınarak doğrudan doğruya yıldız bağlı yükün ortak bağlı ucuna bağlanır. Bu sistem, tek faz ve 120 volt isteyen aydınlatma devreleri ile üç faz ve 208 volt gereken üç fazlı motor devreleri için idealdir. Nötr hattı, akımlar dengesiz olduğunda, yıldız bağlı yükün üç bölümü uçları arasındaki gerilimin nisbeten sabit kalmasına yardım eder.

Şekil 10-19, üç vatmetre metodu için bir bağlantıdır. Her tek

fazlı vatmetrenin kendi akım bobini, üç faz hattının birisi ile seri bağlanmıştır. Her vatmetrenin gerilim bobini, kendi akım bobininin bağlandığı faz hattı ile ortak nötr hattı arasına bağlanmıştır. Böylece her vatmetre, yıldız bağlı yükün üç bölümünden yalnız birinin çektiği gücü gösterir. Bu tip bağlantıda bir vatmetre hiç bir zaman geri saparak ters değer göstermez. Fakat, yük dengesiz ise farklı değerler gösterirler. Eğer, akımlar dengeli ve gerilimler eşit ise, vatmetrelerin üçü de eşit değer gösterirler. Üç faz, dört hatlı sistem tarafından çekilen toplam güç, üç vatmetre metodu kullanarak şöyle bulunur :

$$\text{Toplam Vat} = W_1 + W_2 + W_3$$



Şekil 10-19. Üç Fazlı Dört Hatlı Sistem.

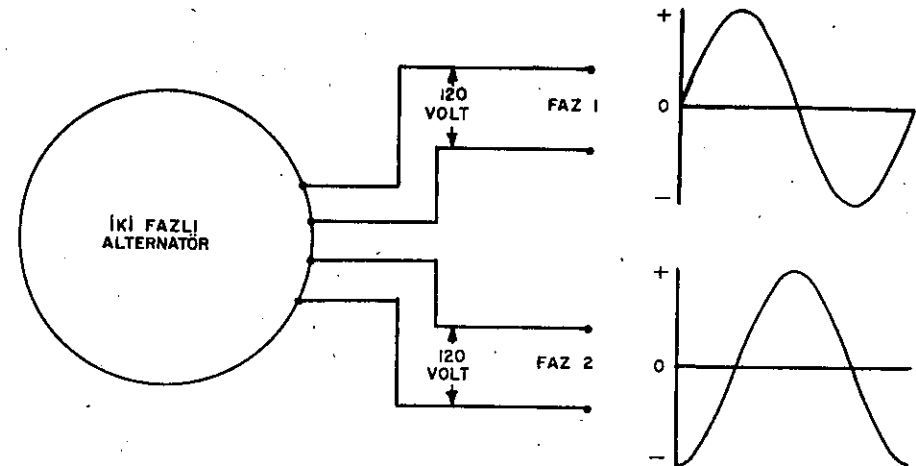
İKİ FAZLI SİSTEMLER

İki fazlı devre, bu bölümün başlangıcında faydaları sıralanırken söylendiği gibi üç fazlı sistem ile çabuk olarak yapılabılır onun yerine geçebilir. Fakat bazı iki fazlı sistemler halâ kullanıldığından bu sistem hakkında biraz bilgi sahibi olmanız gerekir. Esas olarak iki fazlı generatör, birbirinden 90 elektrik derecesi faz farklı olarak stator çekirdeği olukları içine yerleştirilmiş iki tek fazlı sargıdan ibarettir. Bu tip generatörlerin çıkışı her birinden 90 elektrik derece faz farklı sinüs dalgalı iki gerilimi kapsar.

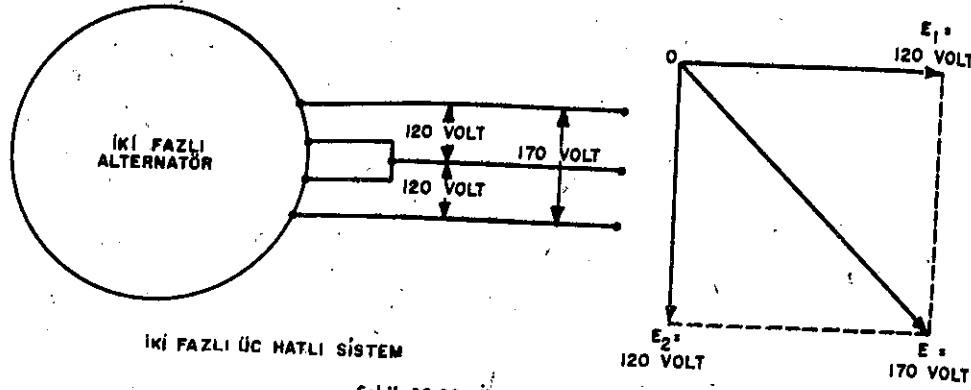
İki fazlı devre sistemi tiplerinden biri; birbirinden elektriksel olarak yalıtılmış iki ayrı tek fazlı

devreden ibaret iki faz - dört hatlı sistemdir. İkinci bir tip ise, iki faz sargıları birbiri arasında bağlanarak iki faz ve üç hatlı bir sistem meydana getirir ve bunda dış hatlardaki iki faz arası gerilim, tek faz geriliminin $\sqrt{2}$ ile çarpımına eşittir. Şurası bellidir ki, faz sargılarında indüklenen gerilimler bir birinden 90 elektrik derecesi faz farklıdır ve eşit değerdedir.

Şekil 10-20, birbirinden yalıtılmış iki faz - dört hatlı sistem ile iki faz - üç hatlı sistemin şematik diyagramlarıdır. İki fazlı sistemin öteki tipleri, kullanıldıkları yerler çok az olduğu için anlatılmayacaktır.



İKİ FAZLI DÖRT HATLI SİSTEM



İKİ FAZLI ÜÇ HATLI SİSTEM

Şekil 10-20. İki Fazlı Sistem.

HATIRDA TUTULMASI GEREKEN NOKTALAR

- Üç fazlı sistemlerin tek fazlı sisteme tercih edilmesinin başlıca sebepleri şunlardır :
 - a. Üç fazlı generatör ve motorların, aynı fiziksel ölçüdeki tek fazlı generatör ve motorlara göre kapasiteleri % 150 fazladır.
 - b. Tek fazlı bir devre tarafından verilen güç nabazanlı (palslı) olduğu halde, dengeli üç fazlı sistem tarafından verilen toplam güç sabittir. Böylece üç fazlı generatörlerin, motorların ve öteki cihazların çalışma karakteristikleri aynı ölçüdeki tek fazda çalışanlara göre çok iyidir.
 - c. Fazlar arası gerilimleri eşit ve dengeli bir, üç faz - üç hat-
- li devrede; aynı kapasitede, aynı gerilim değerinde, aynı uzunlukta ve iletim verimi aynı, tek faz - iki hatlı devrede kullanılan bakır iletken kesitinin % 75 kadarı gereklidir.
- Üç fazlı generatörün üç bobin sargılarında indüklenen üç gerilim birbiri ile 120 elektrik derecesi faz farklıdır.
- Standart bir yıldız bağlantının nasıl yapıldığını biliniz.
 - a. Bir yıldız sistemde fazlar arası gerilim $\sqrt{3} \times E_{faz}$ değerine eşittir.
 - b. Bir yıldız sistemde hat akımı ile faz akımı eşittirler.
- Yıldız bağlanmış dengeli sistemler için vektör diyagramları çizilmelidir.

- Standart bir üçgen bağlantının nasıl yapıldığını biliniz.
 - a. Üçgen bir sistemde fazlar arası gerilim ile faz gerilimi eşittirler.
 - b. Üçgen bir sistemde hat akımı $\sqrt{3} I_{faz}$ değerine eşittir.
- Üçgen bağlanmış dengeli sistemler için vektör diyagramları çizilmelidir.
- Dengeli üç faz, üç hatlı yıldız bağlı bir sistem ya da dengeli üç faz, üç hatlı üçgen bağlı bir sistemin herhangi birinde :

$$\text{Volt - amper} = \sqrt{3} \times E_{hat} \times I_{hat}$$
 dir.
- Dengeli üç faz - üç hatlı yıldız bağlı bir sistem ya da dengeli üç faz üç hatlı üçgen bağlı bir sistemin herhangi birinde güç :

$$\text{W} = \sqrt{3} \times E_{hat} \times I_{hat} \times \cos \phi$$
 dir.
- Üç faz - üç hatlı bir sistemde güç katsayı açısı, faz gerilimi ile faz akımı arasındaki açıdır.
- Üç faz - üç hatlı bir sistemin güç ölçmelerinde kullanılan iki vatmetre metodu için bağlantıları çizilmelidir.
- Üç faz - üç hatlı bir sistemde iki vatmetre metodu ile toplam güç şudur :

$$\text{Toplam W} = W_1 + W_2 + W_3$$
- İki fazlı bir sistemin E.M.K. leri, birbiri ile 90 elektrik derecesi faz farklıdır.
- İki faz - dört hatlı bir sistem ile iki faz - üç hatlı bir sistemin arasındaki farkı biliniz.

TEKRARLAMA SORULARI

1. Üç faz 50 sayıklık bir A-A generatöründe üç faz sargıları yıldız bağlanmıştır. Üç bobin sargısından her birinin nominal volt - amper değeri 5000 ve gerilimi 120 voltur. Şunları bulunuz.
 - a. Fazlar arası gerilimi,
 - b. Tam yükte çalıştığı zaman hat akımını,
 - c. Üç fazlı generatörün tam yüklü durumdaki nominal kva değerini bulunuz.
2. 1. Sorudaki üç fazlı generatör tam gücü ile endüktif etkisiz üç fazlı bir

ısıtıcı yükü beslemektedir ve bunun sonucu generatörün her bobininin akımı ile kendi faz bobini gerilimi aynı fazda bulunmaktadır.

- a. Generatörün tam yük altındaki KW değerini bulunuz.
- b. Üç fazlı generatör bu endüktif etkisiz yük ile tam yüklendiği zaman ki gerilim ve akımların ölçekli olarak vektör diyagramlarını çiziniz. Bütün vektörlerin, ait oldukları akım ve gerilimlere göre uygun olarak işaretlenmiş olduğundan emin olunuz.
3. 1. sorudaki üç fazlı generatör, generatörün her faz bobini akımı, bunun geriliminden 30 derece geri bulunmasına sebep olan dengeli ve üç fazlı bir yüke bağlanmıştır.
 - a. Alternatörün, bu tip bir yük ile tam yüklendiği zaman verdiği KW değerini bulunuz.
 - b. 30° lik faz açısı ile tam güç verdiği zaman alternatör için gerilim ve akımlarının ölçekli olarak vektör diyagramlarını çiziniz. Bütün vektörlerin ait oldukları akım ve gerilimlere göre uygun olarak işaretlenmiş olduğundan emin olunuz.
4. Pek çok alternatif akım uygulamalarında tek faz yerine üç faz kullanılmasının niçin tercih edildiğine ait bir kaç sebep söyleyiniz.
5. Üç endüktif etkisiz ısıtıcı elemandan meydana gelen bir ısıtıcı yük üçgen olarak bağlanmıştır. Her ısıtıcı elemanın 24 omluk direnci vardır. Bu üçgen bağlı ısıtıcı yük, 240 voltluk üç faz, üç hatlı bir kaynak tarafından beslenmektedir. Şunları bulunuz :
 - a. Her ısıtıcı eleman uçları arasındaki gerilimi
 - b. Her ısıtıcı eleman akımını
 - c. Hat akımını
 - d. Bu üç fazlı yük tarafından çekilen toplam gücü.
6. 5. soruda verilen devre için, akım ve gerilimlerin ölçekli bir vektör diyagramını çiziniz. Bütün vektörleri ait oldukları gerilim ve akımlara göre uygun olarak işaretleyiniz.
7. Üç fazlı üçgen bağlanmış bir alternatörün değerleri 720 kva, 2400 volt ve 50 saykıldır. Bu değerlere göre yüklendiğinde şunları bulunuz :
 - a. % 80 geri güç katsayısı altında verdiği KW değerini,
 - b. Faz bobini akımını,
 - c. Hat akımını,
 - d. Üç faz bobinden her birinin gerilim değerini bulunuz.
8. Üç fazlı ve yıldız bağlanmış bir alternatörün değerleri 720 kva, 2400 volt ve 50 saykıldır. Bu değerlere göre yüklendiğinde şunları bulunuz :
 - a. % 80 geri güç katsayısı altında verdiği KW değeri
 - b. Tam yük altındaki faz akımı
 - c. Üç faz bobininden her birinin tam yük altındaki akımı.
 - d. Her faz sargısı uçları arasında bulunan gerilimi.
9. 5 kva, 208 voltluk üç fazlı bir A-A generatörü yıldız bağlanmıştır.
 - a. Şunları bulunuz : (1) Her bobin ya da faz şargısı gerilimi, (2) Tam yük altındaki faz bobini akımı,
 - b. Eğer bu alternatörün faz sargıları üçgen bağlı olsaydı, tam yük altındaki hat gerilimi ve akımı ne olurdu ?
10. Üçgen bağlanmış üç bobin, üç fazlı ve 240 voltluk bir gerilim uçları arasına bağlanmıştır. Hat akımı 20 amperdir. Üç bobine verilen toplam

güç 6000 wattır. Şunları bulunuz :

- a. Toplam yükteki volt-amper
- b. Üç faz güç katsayısı
- c. Her bobinin akımı ve her bobin uçları arasındaki gerilim,
- d. Om olarak her bobinin empedansı.
11. 10. sorudaki üçgen bağlı, üç fazlı devre için gerilim ve akımların ölçekli bir vektör diyagramını çiziniz. Bütün vektörlerin, ait oldukları gerilim ve akımlara göre uygun ola-

rak işaretlenmiş olduğundan emin olunuz.

12. Bir devre diyagramı ile; üç faz-üç hatlı bir devrede, iki tek fazlı vatmetre, üç ampermetre ve bir voltmetre yardımı ile toplam güç ve toplam volt-amper değerini bulmak için gerekli ölçü tablosunun nasıl çıkarılacağını gösteriniz.
13. Aşağıdaki ölçü tablosu, üç fazlı, 220 volt ve 5 hp lik bir motor için tam yük altında çalıştığı zaman çıkarılmıştır.

HAT GERİLİMİ			HAT AKIMI			VATMETREDE OKUNAN DEĞERLER	
Volt A-B	Volt B-C	Volt C-A	Amp. A	Amp. B	Amp. C	VatM.1	VatM.2
220	220	220	13.3	13.3	13.3	2920	1330

Tam yük altındaki :

- a. Üç fazlı motor tarafından çekilen gücü
- b. Güç katsayısını bulunuz.

14. Aşağıda ölçme değerlerini gösteren tablo, 10 hp, 220 volt ve üç fazlı bir motor üzerinde, yüklü iken ve nominal değerlere göre bir teknisyen tarafından çıkarılmıştır.

HAT GERİLİMİ			HAT AKIMI			VATMETREDE OKUNAN DEĞERLER	
Volt A-B	Volt B-C	Volt C-A	Amp. A	Amp. B	Amp. C	VatM.1	VatM.2
220	220	220	27	27	27	5940	2800

Yükleme derecesine göre şunları bulunuz :

- a. Giriş (verilen) volt-amper değeri,
- b. Verilen güç,
- c. Güç katsayısı,
- d. Motor verimi.
15. 10. bölüm, şekil 10-18 de verilen eğriyi kullanarak şunları bulunuz.

- a. 13. soruda verilen motorun güç katsayısı,
- b. 14. soruda verilen motorun güç katsayısı.
16. Üç fazlı bir motora verilen güç, iki vatmetre metodu ile ölçülmüştür. Üç fazın fazlar arası gerilimi 220 volt ve her bir hat akımı 8 amperdir. Eğer üç fazın güç katsayısı 0,866 geri ise, 1. vatmetre ve 2. vat-

HAT GERİLİMİ			HAT AKIMI			VATMETREDE OKUNAN DEĞERLER	
Volt A-B	Volt B-C	Volt C-A	Amp. A	Amp. B	Amp. C	VatM. 1	VatM. 2
440	440	440	14	14	14	4200	-1800

metrenin göstereceği değerler ne olacaktır?

17. Aşağıdaki ölçme tablosu, 440 voltluk ve üç fazlı bir motor üzerinde iki vatmetre metodu kullanarak çıkarılmıştır.

a. Şunları bulunuz.

- (1) Motora verilen giriş gücü
- (2) Giriş volt-ampere değeri
- (3) Güç katsayısı

b. Bölüm 10 ve şekil 10-18 de verilen eğriyi kullanarak a sorusu (3). kısmında bulunan güç katsayısı değerini eğride bulduğunuz değer ile karşılaştırınız.

18. Üç faz-dört hatlı yıldız bağlanmış bir sistem için kullanılan «Üç Vatmetre metodu» bağlantılarını gös-

teriniz. 220 voltluk tek faz ve 380 voltluk üç fazlı devrenin her ikisi de bulunacaktır.

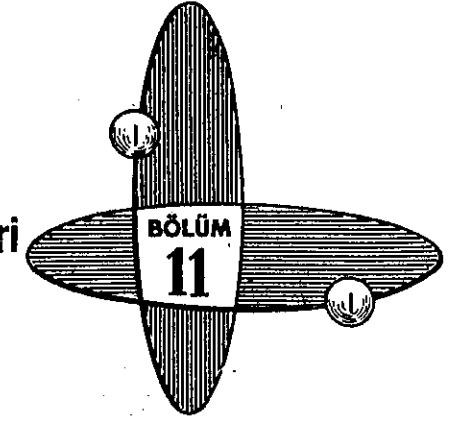
19. Üç faz-dört hatlı yıldız bağlanmış bir sistem, endüktif etkisiz yalnız aydınlatma yükünü beslemektedir. A hattındaki akım 8 amper, B hattında 10 amper ve C hattındaki ise 6 amperdir. Her fazın nötr hattına göre gerilimi 120 voltur.

a. Her vatmetrenin gösterdiği değeri bulunuz.

b. Bütün aydınlatma yükü tarafından çekilen toplam vat değerini bulunuz.

20. Diyagramlar yardımı ile, iki faz-dört hatlı bir sistem ve iki faz üç hatlı sistem arasındaki farkı anlatınız.

A. A. Ölçü Aletleri

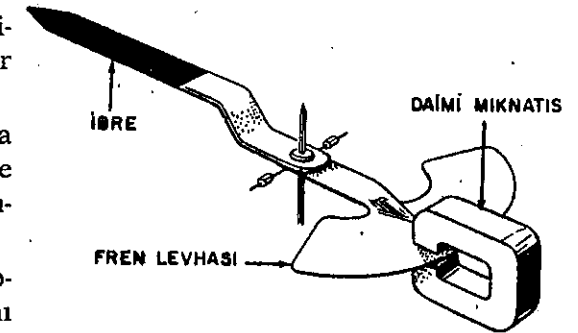


A. A. değerlerini ölçmek için ek eriya doğru akım esasları uygulamalarında anlatılanlardan farklı çalışma prensibine sahip aletlere ihtiyaç vardır. Bu bölümde; akım, gerilim, güç faktörü, güç, kör güç, frekans ve faz açısını ölçmekte kullanılan aletler anlatılacaktır. Bu bölümde ayrıca, vatlı güç sayacı, kör güç sayacı, görünür güç sayaçları da anlatılacaktır.

Gerilim, akım, güç ve kör güç değerlerini ölçmek için kullanılan ibreli her alette şu üç esas parça bulunur :

1. Ölçülecek büyüklüğün değerine göre sapma yapacak bir mekanizma.
2. Değeri ibrenin sapmasına bağlı fakat sapmaya zıt yönde etki yaparak ibreyi sıfır duruma getiren bir yay.
3. İbrenin birden saporak çarpmasını ve fazla sallanmasını önleyecek bir amortisör sistemi. Amortismanı çok fazla

olan âletlerde, daha önceki sapma değerinde bir değişme olursa, ibrenin yeni değeri alması için uzun bir zaman beklemek gerekir. Normal bir amortisman değerinde ibre, oldukça hızlı bir şekilde hareket eder ve ölçülen değer değiştiğinde yeni duruma yine hızla geçer. A.A. ölçü aletlerinde çoğunlukla elektromanyetik amortisörler kullanılır. Şekil 11-1'de görüldüğü



Şekil 11-1. Manyetik Fren Tertibatı.

gibi, ibreli aletin herhangi bir yerine konan yardımcı sabit bir mıknatısın yarattığı fuko akımları; sapma hareketine zıt bir etki meydana

AKIM VE GERİLİMİN ÖLÇÜLMESİ

Alternatif akım ve gerilim değerlerini ölçmek için, özellikleri aşağıdaki şartlara uyan, birbirinden farklı bir çok tipte ibreli alet kullanılır.

1. Alet, etkin, ortalama veya tepe değerlerinden hangisini gösterir?
2. Aletin tam sapma yapması için kaç vat veya volt - amperlik güce ihtiyaç vardır?

getirir. Havalı amortisör metotlarında ise ibrenin hızla sapmasını yavaşlatmak için bir kanatçık kullanılır.

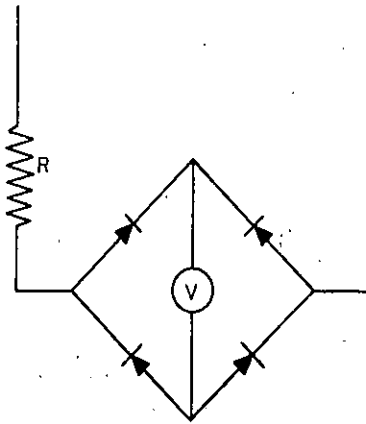
3. Aletin ıskalasının büyüklüğü ne kadardır?
4. İskalanın normal kullanma kısmı tamamen düzgün aralıklımı yoksa bazı kısımlarda taksimat daha sık mıdır?
5. Aletin doğruluğu nasıldır?
6. Fiati ne kadardır?

D'ARSONVAL GALVANOMETRE Sİ İLE YAPILAN REDRESÖRLÜ ÖLÇÜ ALETLERİ

D. A. esaslarında anlatılan D. A. ölçü aletleri, bir redresörle bağlı olarak da ölçme işlerinde kullanılabilirler.

Şekil 11-2 de görüldüğü gibi, voltmetre devresinde tam dalgali bir köprü redresör kullanılabilir. (Devredeki R, bir voltmetre için gerekli olan seri direnci ifade eder.) Redresör, bakır oksitli tip-te olabileceği gibi germanyum veya silisyum elemanlarından meydana gelmiş olabilir.

D. A. D'arsonval galvanometresinde meydana gelen döndürme



Şekil 11-2.

momenti, döner çerçeve içerisinde geçen akımın ortalama değeri ile orantılıdır. Bizim için önemli olan A. A. ın etkin değeri olduğundan, aletin ıskalası etkin değerler cinsinden taksimatlandırılır. Sinüs dalgası şeklindeki bir gerilimin etkin değeri, ortalama değerinin 1,11 katına eşittir. Bunun için, redresörlü tipte ölçü aletleri yalnız sinüs dalgası şeklindeki büyüklükleri ölçerken doğru değer gösterirler. Ölçülen gerilim başka bir dalga şeklinde ise, alet yanlış değer gösterir.

A. A. ve D. A. büyüklüklerini tek alet ile ölçen avometrelerde alet olarak, D'Arsonval galvanometreleri kullanılır. Voltmetre olarak

kullanılırken, bu aletlerin geniş bir frekans bandı içerisinde çalışmaları, dirençlerinin yüksek, ıskalalarının düzgün ve harcadıkları gücün minimum değerinde olması arzu edilir. Tam ıskala sapmaları 100 mikroamperle 15 miliamper arasında olduğundan redresörlü ölçü aletlerinin mikro - ampermetre ve mili ampermetre olarak kullanılmaları sınırlıdır. Düşük dirençli bir redresörün fiziksel ölçüsünün büyük, fiatının yüksek olması ve küçük redresörlerin sıcaklıkla dirençlerinin değişme katsayılarının oldukça büyük olmasından dolayı bu tip aletler şöntlü olarak sıhhatli bir şekilde çalışmazlar.

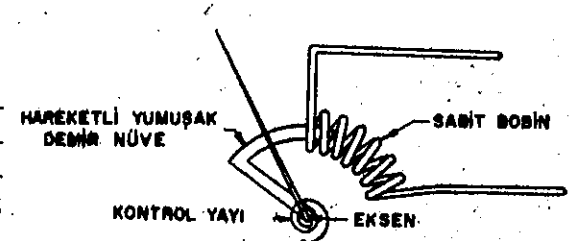
DİĞER TİPTE A. A. VOLTMETRE VE AMPERMETRELERİ

En çok kullanılan, diğer tip A.A ölçü aletleri şunlardır:

1. Yumuşak demirli tip
2. Eğik bobinli tip
3. Döner demirli tip
4. İtme - çekme tipi
5. Dinamometre tipi

Belli bir uygulama için, bu tiplerden birine karar verirken yukarıda anılan 6 faktörün gözönünde tutulması gerekir. Yukarıdaki 5 tip aletin ortak bir karakteristiği, ölçülen A.A. büyüklüğünü sinüsö-

dal olsun veya olmasın akım ve gerilimin etkin değerlerini göstermesidir.



Şekil 11-3. Basit Bir Çekmeli Tip Ölçü Aleti

1. Yumuşak Demirli Ölçü Aleti

Bu ölçü aletinde, uç kısmı sabit bir alan bobini içerisinde bulunan yumuşak demirden yapılmış bir piston kullanılır. Alan bobini içerisinden geçen akımın yarattığı manyetik kuvvet, pistonu daha çok bobin içerisine doğru çeker. Meydana gelen döndürme kuvveti, bobin içerisinden geçen akımın karesi ile orantılıdır. İbreyi saptıran ortalama moment ise, bobinden geçen akımın karesinin ortalama değeri ile orantılı olup bu da etkin değere eşittir. Döndürme momentinin, akımın yönüne bağlı olmayışı, bu tip aletlerin hem A. A. hem de D. A. ölçmeleri için kullanılmalarını mümkün kılar.

Bir bobin ve pistondan meydana gelen bu basit ölçü aletinde çekme kuvveti, piston bobin içerisine henüz girecek durumda iken minimum; yumuşak demir piston, bobin içerisine girdikçe hızla artar. Bunun sonucu olarak, ıskala taksimatı baş taraflarda sık, sona doğru gittikçe daha seyrek olur. Bu mekanizma, daha çok ucuz tip ampermetrelerde kullanılır. Çok sarımlı bir bobin ve seri bir direnç bağlanmak suretiyle, aynı alet gerilim ölçmek için de kullanılabilir.

2. Eğik Bobinli Ölçü Aleti

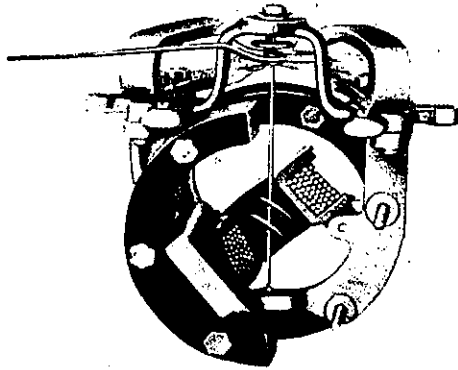
Thomson'un eğik bobinli saptırma sistemi, yüksek kaliteli portatif veya pano tipi ampermetre ve voltmetrelerde kullanılır.

Bu aletlerde kullanılan ıskala, uzun ve oldukça lineerdir.

Bu aletin çalışma prensibi basit olarak şöyledir:

Manyetik alan içerisinde serbest olarak hareket edebilen ve manyetik akı ile paralel olmaya çalışan bir demir kanatçık bulunur. Şekil 11-4'deki kesitte görüldüğü gibi.

Bir çift eliptik demir kanatçık, sabit alan bobininin merkezinden geçen bir mile tutturulmuştur. Alan bobini içerisinden geçen akımın yükselmesi daha büyük bir kuvvet meydana getirerek kanatçıkların yeni bir durum almasına, dolayısıyla mile bağlı olan ibrenin ıskala üzerinde sapmasına sebep olur.



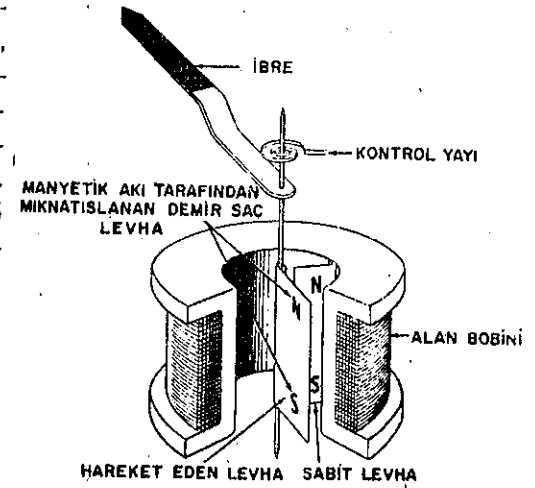
Şekil 11-4. Eğik Bobinli Çekmeli Tip Vatmetrenin Kesiti.

3. Döner Demirli Ölçü Aleti

Hem akım hem de gerilim ölçmekte kullanılan bu ölçü aleti, aynı manyetik alan içerisinde bulunan yumuşak demirden yapılmış iki kanatçık arasında meydana gelen itme kuvveti ile çalışır. Bu aletin ana parçaları şekil 11-5'de gösterilmiştir. Yumuşak demirden yapılmış olan kanatçıklardan biri aletin miline diğeri ise sabit alan bobinine tutturulmuştur. Bobinden akım geçmediği zaman pandül yayı, hareket edebilen kanatçığı sabit kanatçığa yaklaşmış bir durumda tutar. Alan bobini içerisinden geçen A.A., yanyana bulunan her iki kanatçığın bir birine yakın uçlarını aynı işaretli kutup teşekkül edecek şekilde mıknatıslıyarak bunların birbirini itmesine ve aletin milini döndüren bir moment doğmasına sebep olur. Kanatçıkların birbirini itme kuvveti, akımın karesi ile doğru ve kanatçıklar arasındaki mesafenin karesi ile ters orantılı olarak değişir. Bunun sonucu olarak alet, muntazam taksimatlı bir ıskalaya sahiptir.

4. İtme-Çekme Tipi Ölçü Aleti

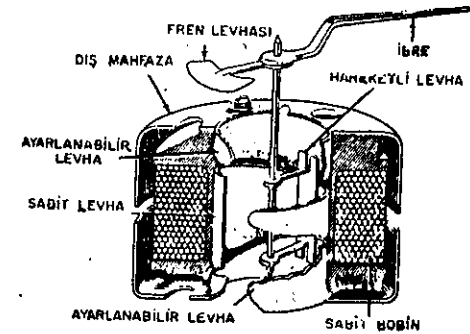
Hem ampermetre hem de voltmetre olarak kullanılan bu alet, bu gruptaki diğer A.A. ölçü aletlerine göre vat başına daha büyük döndürme momenti meydana ge-



Şekil 11-5. İtmeli Tip Ölçü Aleti.

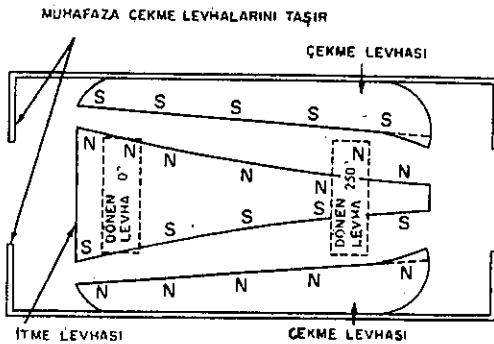
tirir. Şekil 11-6'da, bu aletin yapısına ait bir kesit görülmektedir.

Şekil 11-7'de ise demir kanatçıkların ani polariteleri gösterilmiştir.



Şekil 11-6. İtme ve Çekme Prensibi ile Çalışan Ölçü Aletinin Kesiti.

tir. Hareket edebilen kanatçık başlangıçta ortada bulunan sabit kanatçıgım geniş ucu tarafından itilir. Hareket edebilen kanatçık daralan sabit kanatçık boyunca hareket ettikçe itme kuvveti azalır. Hareket edebilen kanatçıgım uçları, üstte ve altta bulunan sabit kanatçıklara yaklaştıkça değeri artan bir çekme kuvvetine de maruz kalır. Üstte ve altta bulunan bu çekici kanatçıkları, uygun büyüklük ve aralıklarla tutmak suretiyle, 250° lik açısız sapma yapabilecek uzunlukta bir ıskala elde etmek mümkündür. ıskalanın taksimatı, kanatçıkların şekli ile aralarındaki mesafeye göre tayin edildiğinden bu sistemde ıskalası istenen oranda genişletilmiş aletlerin yapımı mümkün olur.



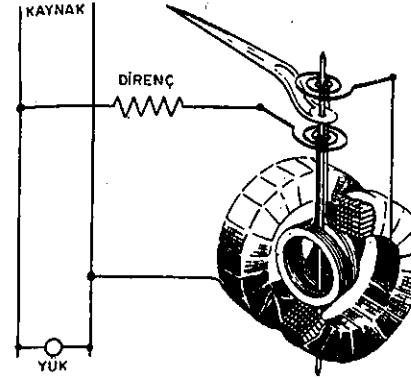
Şekil 11-7. İtmeli-Çekmeli Manyetik Sistem

5. Dinamometre Tipi Ölçü Aletleri

Bu alet de yukarıda anlatılan aletlerde olduğu gibi, sabit ve hareket edebilen bobinler içerisinde geçen akımların meydana getirdiği manyetik alanların birbirlerine olan etkileri ile dönme momenti yaratır. Buradaki önemli fark, duran manyetik alan değerinin, diğerlerinde olduğu gibi sabit kalmayıp duran bobinler içerisinde geçen akıma göre değişmesidir. Bunun için bu aletin momenti, yalnız hareket edebilen bobinden geçen akıma değil, aynı zamanda duran bobinlerden geçen akım değerine de bağlıdır. Bu ölçü aletinin duran ve hareket edebilen bobinleri birbirine seri bağlanmış olduğundan, uygun bir seri direnç yardımı ile aynı alet, gerilim ölçer hale konabilir.

Şekil 11-8 de voltmetre olarak kullanılan dinamometre tipi bir ölçü aleti görülmektedir. Döner demirli aletle karşılaştırılacak olursa, dinamometre tipi aletin doğruluğunun daha fazla (1/4 e göre % 1 veya daha iyi) ve veriminin yüksek olduğu görülür.

Hareket edebilen bobinden çıkan spiral şeklindeki tellerin akıma dayanabilmelerinin sınırlı olması, bobinlerin endüktansından dolayı değişik frekanslarda meydana gelen hatalar ve seri bağlı iki bobinin dirençlerinin, şöntün uçları arasında meydana getirece-



Şekil 11-8. Elektrodinamik Prensibi ile Çalışan Bir Voltmetre.

ği istenmeyen yüksek gerilim düşmesinden dolayı bu alet, ampermetre olarak çok az kullanılır.

AKIM VE GERİLİM ÖLÇMELERİ

Tipleri aynı olan ampermetre ve voltmetreler aynı prensibe göre çalışırlar. Bunlar arasındaki esas fark, ampermetrelerde kalın telden az sarımlı bir bobin, voltmet-

Aletin döndürme kuvveti, duran veya hareket eden bobinlerden herhangi birinin içinden geçen akımın değişmesine bağlı olduğundan, dinamometre tipi aletler diğer bir çok uygulamalar için çok kullanışlı bir ölçü aletidir. Alet en çok A.A. ölçmelerinde kullanılsa da D.A. maksatları için de kullanılabilir. Örneğin, vathlı güç ve kör güç ölçmek için dinamometre tipi ölçü aletleri kullanılır. Bu tip aletler, güç faktörü ve frekans ölçmek, A.A. devrelerinde senkronizasyonu göstermekte kolaylıkla kullanılabilir.

re de ise ince telden çok sarımlı bir bobinin kullanılmasıdır. Voltmetrelere ayrıca, istenen ölçme alanını elde etmek için seri bir direnç de eklenebilir.

DÖNER DEMİRLİ ÖLÇÜ ALETLERİNİN ÖLÇME ALANLARI

Döner demirli sapma sistemlerinden her hangi birini kullanan A.A. ampermetrelerin fiziksel ölçüleri aletin ölçeceği akım değerine bağlıdır. Pano tipi küçük aletler için maksimum değer 100 amper iken, portatif büyük aletler için maksimum değer 200 amperdir. Bazı büyük panolarda 600 am-

perlik ampermetreler de kullanılabilir.

Daha yüksek değerde döner demirli A.A. ampermetrelerine ihtiyaç hasıl olursa, bunlar başka şekilde kullanılırlar. Döner çerçeveli aletlerde her zaman kullanılan şöntler, döner demirli aletlerde

tatmin edici sonuç vermezler. Bunun sebeplerinden biri, döner demirli ölçü aletlerinde duyarlılığın az olması ve şönt uçlarında D.A. altlerine göre fazla bir gerilim düşmesinin meydana gelmesidir. Bunun manası, şönt daha çok ısınacak, dolayısıyla aletin devresi üzerindeki muhtelif elemanların direnci yükselecek bunun sonucu olarak da aletin doğruluğu bozulacaktır. Bu aletlerde şönt kullanılmamasının diğer bir sebebi de, frenkanstan dolayı meydana gelebilecek hatadır. Yapım bakımından şöntün endüktif reaktansı düşük, bobinin endüktif reaktansı ise buna göre oldukça yüksektir. Bu sebepten, şöntün empedansı geniş bir frekans bandı için yaklaşık olarak sabit kalırken, bobinin empedansı frekansla büyük ölçüde değişecektir. Frekanstaki bir değişime şönt ve bobine eşit değerde etki yapmadığından, alet kalibre edildiği frekansın dışındaki bir frekansta çalıştırılacak olursa hata miktarı oldukça yüksek olacaktır.

5 Amperlik aletle bir akım transformatorü kullanmak suretiyle aletin akım ölçme alanını genişletmek kolay olduğundan, hemen bütün A.A. ölçmelerinde döner demirli ölçü aletleri kullanılır. Akım transformatorü, alet trafonun sekonderine bağlandığında, primerinden geçen akımı hassas olarak derine bağlandığında, primerin-

den geçen akımı hassas olarak gösterecek şekilde hesaplanır. Esas kalibrasyon, primer ve sekonder akım değerleri arasındaki orana bağlı olduğundan, alet primer akımını gösterecek şekilde kalibre edilebilir. Bu kitabın ilerdeki bir bölümünde, ölçü aleti akım transformatorleri hakkında detaylı bilgi verilecektir.

Döner demirli ölçü aletleri voltmetre olarak kullanıldığında, gerilim ölçme alanı, seri bir dirençle 750 volta kadar yükseltilebilir. Bu, D.A. da kullanılan döner çerçeveli aletlerdeki seri dirence benzer.

Yüksek gerilimin yalıtılma zorluğundan ve büyük değerli seri dirençte harcanan gücün artmasından dolayı, 750 volttan daha yukarı değerlerdeki A.A. değerlerini ölçmek için, direnç değeri büyütülmez. Yüksek A.A. gerilim değerlerini ölçmek için, primer sargısı ve yalıtkanlığı daha yüksek gerilimlere göre yapılmış sekonder sargısı genellikle 120 volt veren bir ölçü aleti gerilim transformatorü kullanılır. Burada kullanılan A.A. voltmetresinde, genellikle çalışma gerilimi 150 volt olan bir bobin bulunur. Fakat, aletin ıskalası genellikle, direkt olarak primer gerilimini gösterecek şekilde kalibre edilir. İlerdeki bir bölümde, ölçü aleti gerilim transformatorleri hakkında detaylı bilgi verilecektir.

DİNAMOMETRE TİPİ (ELEKTRODİNAMİK) VATMETRE

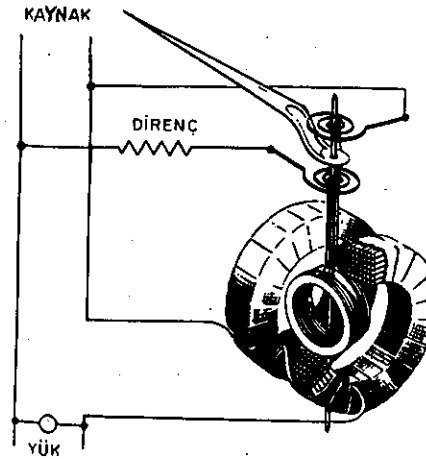
Gücün dinamometre tipi aletlerle ölçülmesi, sabit bobinleri faza seri bağlayarak magnetik akının faz akımı ile, hareket eden bobinleri ise fazlar veya faz nötür arasına bağlayarak hareket eden bobinlerin yarattığı akının da sistemin gerilimi ile orantılı olmasını mümkün kılar. Şekil 11-9 da hareket eden bobinine seri bağlı direnç bulunan tipik bir vatmetrenin devre diyagramı görülmektedir. Döndürme momentinin ani değeri, alan akımının ani değeri ve dönen bobin geriliminin ani değeri çarpımları ile orantılıdır. Döndürme momentinin bir sayıklı ortalamama değeri, gücün ani değerlerinin ortalaması ile orantılı olduğundan,

ibrenin sapması da güç ile orantılı olacaktır :

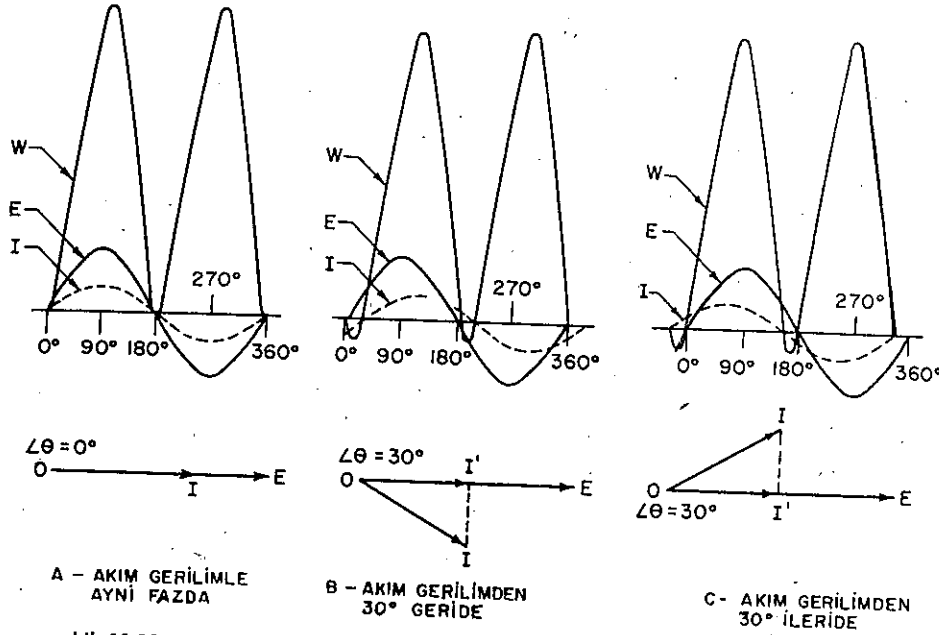
$$\text{Vat} = E \cdot I \cdot \text{Cos } \Theta.$$

Dinamometre tipi aletin çalışması şekil 11-10 da eğriler halinde gösterilmiştir. Şekil 11-10 A da, gerilim ve akım aynı fazda olduğuna göre, bir sayıklık akım, gerilim ve güç eğrileri görülmektedir. Bu yük durumu için, akım ve gerilim aynı fazda olduğundan, gücün her hangi bir andaki değeri pozitif olacaktır. Bu devrede, alan akısı ve dönen akı birlikte azalır çoğalır ve maksimum değerlerini aynı anda alırlar. Dönen sistemin sapma miktarı, devrenin hakiki gücünü vat olarak veren amper ve voltun değerleri çarpımının ortalaması ile orantılıdır.

Şekil 11-10 B de, akımın gerilimden 30° geride bulunduğu bir devredeki akım, gerilim ve güç bağıntıları görülmektedir. Bu yük değeri için, vatmetredeki alan akısı ile dönen bobinin akısı maksimum değerlerine aynı anda ulaşamazlar. Hakikatta alan akısı, maksimum değerine, dönen bobin akısından 30° daha sonra ulaşır. Bu sebepten dönme momenti hiç bir zaman akım ve gerilimin aynı fazda olduğu zamanki değerine ulaşamayıp ancak, volt × amper × güç faktörü çarpımından elde edilen orta-



Şekil 11-9. Elektrodinamik Vatmetre



Şekil 11-10. Bir Fazlı Devrede Akım, Gerilim ve Güç Eğrileri ve Vektör Diyagramları.

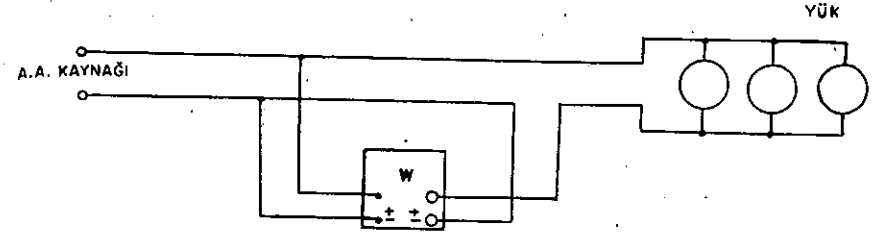
lama bir değerde bulunacaktır. Şekil 11-10 B de, aletin göstereceği ortalama güç değerinin, akım ve gerilimin aynı fazda bulunduğu şekil 11-10 A daki değerden daha az olduğu görülmektedir.

Şekil 11-10 C de ise, akımın gerilimden 30° ileride bulunduğu bir devrede akım, gerilim ve güç bağıntıları gösterilmiştir. Dönen sistemin ortalama momenti, akım ve gerilimin ani değerlerinin çarpımından elde edildiğinden vatmetre, akımın gerilimden geri bulunduğu zamanki aynı değeri gösterecektir. İbreyi saptıran momen-

tin yönü, akımın yönüne bağlı olduğundan; dinamometre tipi aleti devreye bağlarken, her bobinden geçen ani akım yönünün mutlaka göz önünde tutulması gerekir.

Şekil 11-11 de, gerilim bobininin (dönen bobin) devreye bağlanan uçlarından biri ile akım bobininin (alan bobini) uçlarından biri (\pm) tanınma işareti ile gösterilmiştir. İbrenin doğru yönde sapsması için, aynı işaretli uçların şebekenin aynı iletkenine bağlanması gerekir.

Bir vatmetrenin gerilim bobini, değişik iki şekilde bağlanabilir. Şekil 11-11 de, vatmetrenin gerilim



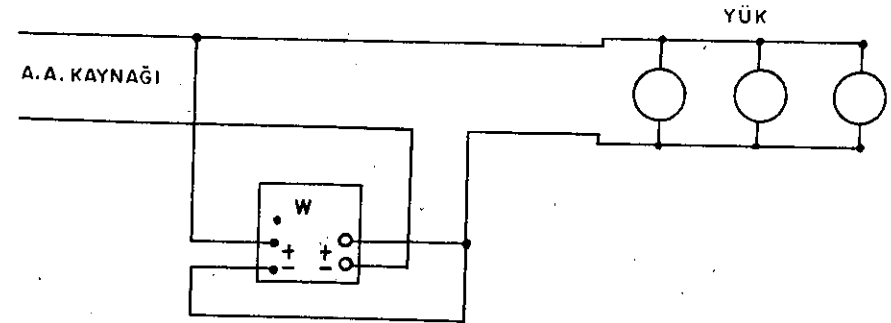
Şekil 11-11. Vatmetrenin Bağlantısı.

bobini direkt olarak yükün uçları arasına bağlanmadığından, ölçtüğü gerilim değeri, akım bobinindeki gerilim düşmesi kadar fazladır. Bunun manası vatmetre, akım bobininde harcanan miktar kadar daha yüksek bir vat değeri gösterecektir. Şekil 11-11 de görülen devre bağlantısı kullanıldığında ölçülecek hakiki güç:

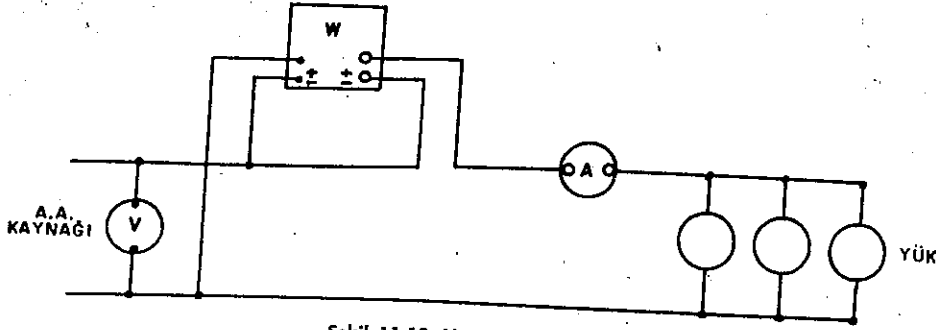
Hakiki güç = vatmetrede okunan değer $- I^2R$ (akım bobini)

Şekil 11-12 de ise, gerilim bobini direkt olarak yük gerilimi uçlarına bağlı olarak gösterilmiştir. Her ne kadar, esas yükü paralel bağlı bulunan gerilim bobinin direnç değeri yüke göre çok yüksek ise de vatmetrenin akım bobini, yük akımı ile gerilim bobini akımını birlikte gösterir.

Burada vatmetre yine, yük tarafından çekilen hakiki güç yerine, gerilim bobininde harcanan



Şekil 11-12. Vatmetrenin Bağlantısı



Şekil 11-13. Vatmetrenin Bağlanması

miktar kadar daha yüksek bir vat değeri gösterecektir. Şekil 11-13 de görülen devre bağlantısı kullanıldığında ölçülecek hakiki güç ise :

$$\text{Hakiki güç} = \frac{\text{Vatmetrede okunan değer} \cdot E^2 (\text{yük gerilimi})}{R (\text{gerilim çevresi})}$$

Her iki bağlantıda da vatmetre esas gücü, küçük bir miktar daha yüksek olarak gösterecektir. Bununla beraber, şekil 11-12 de olduğu gibi, gerilim bobini yük uçlarına direkt olarak bağlandığında yüzde hata miktarı düşük olduğundan, vatmetreler çoğunlukla bu şekilde bağlanır.

Vatmetreleri kullanırken, akım ve gerilim bobinlerinin çalışma değerlerinin, aletin kullanılacağı devrenin akım ve gerilim değerlerine uygun olmasına çok dikkat edilmelidir. Örneğin, güç faktörü düşük bir A.A. devresinde kullanılan

vatmetrenin ibresi, akım bobini aşırı şekilde yüklendiği halde normal ıskala sınırları içerisinde sapma yapabilir. Aynı şekilde, yüksek güç faktörü durumunda yük akımı, akım bobininin çalışma değerini geçtiği halde, gerilimin düşük olmasından dolayı ibre yine ıskala sınırları içerisinde bir sapma yapabilir. Yine, gerilim bobini uçlarındaki gerilim değeri çok yüksek olmasına rağmen yük akımı düşükse, vatmetrenin ibresi ıskala dışı bir sapma yapmaz. Bunun için bir vatmetre, genellikle ölçeceği vat değerinden daha çok, akım ve gerilim bobinlerinin çalışma akım ve gerilim değerlerine göre isimlendirilir.

Şekil 11-13 de voltmetre, ampermetre ve vatmetrenin tek fazlı bir devrede kullanılışı görülmektedir. Devre akımı ve gerilimin vatmetrenin akım ve gerilim bobinleri çalışma değerlerini aşıp aşmadığını anlamak için, voltmetre ve ampermetreye bakmak kâfidir.

ÜÇ FAZLI SİSTEMDE KULLANILAN İKİ ELEMANLI VATMETRE

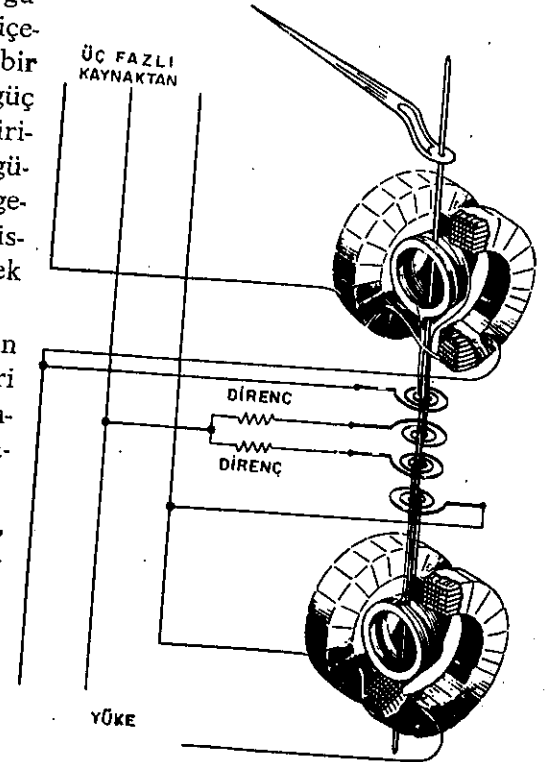
Bölüm 10 da, üç fazlı devrelerde yapılan güç ölçmelerine ait bazı detaylar verilmişti. Buradan, üç fazlı sistemde güç ölçmek için, tek fazlı iki vatmetrenin kullanıldığı hatırlanabilir. Tek fazlı iki vatmetre bir alet halinde birleştirilerek ıskalası, her aletin ayrı ayrı gösterdikleri güç değerlerinin toplamını veya farkını gösterecek şekilde kalibre edilebilir. Böyle bir aleti meydana getirmek için, iki gurup halindeki gerilim bobinleri, aletin kabına monte edilen iki gurup halindeki akım bobinleri içerisinde dönebilecek şekilde tek bir mile tutturulurlar. Böylece, güç ölçen iki mekanizmadan her birinin bağlı bulunduğu devrenin gücüyle orantılı olarak meydana getirdikleri momentler, üç fazlı sistemin toplam gücünü göstermek üzere birbirine eklenir.

Sistemin güç faktörü 0,5 den aşağı ise, mekanizmalardan biri diğerine zıt yönde etki yapacağından ibre, ikisinin momentleri arasındaki farkı gösterecektir.

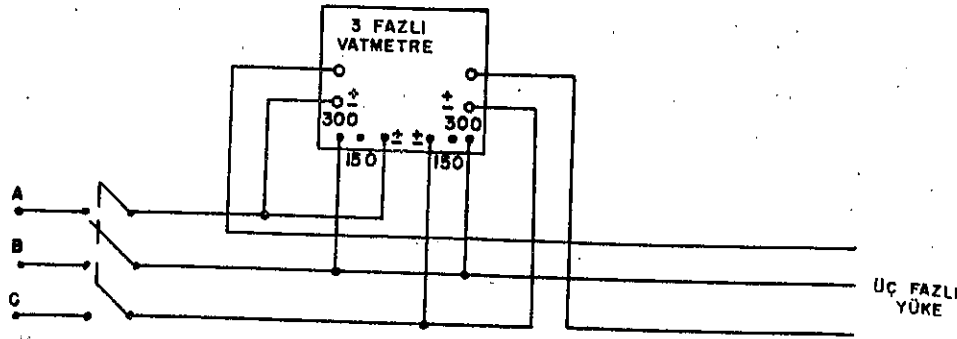
Bu şekilde bağlanan bir alete, dinamometre tipi iki mekanizma sahip olduğundan, iki elemanlı vatmetre adı verilir.

Şekil 11-15 de, aynı bağlantıya sahip iki elemanlı bir vatmetre gösterilmiştir. Her iki elemanın akım ve gerilim bobinlerine ait bağlantı uçları, aletin kutusu üzer-

inde görülmektedir. Şekil 11-14 ve şekil 11-15 de görülen bağlantıların, bölüm 10 da verilen iki vatmetre metoduna benzerliğine dikkat ediniz.



Şekil 11-14. İki Elemanlı Vatmetrenin Üç Fazlı Devreye Bağlanması.



Şekil 11-15. İki Elemanlı Vatmetrenin Üç Fazlı Devreye Bağlanması.

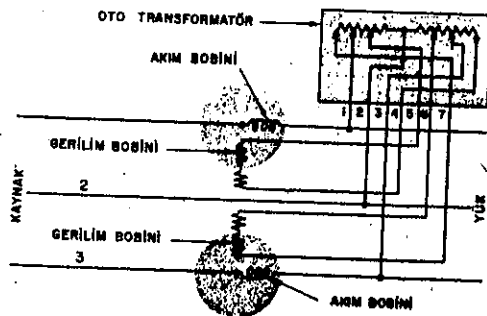
KÖR GÜÇ (REAKTİF GÜÇ) METRELERİ

Dinamometre tipi ölçü aleti, A.A. devrelerinde yalnız vatlı güç ölçmek için değil, kör güç adını verdiğimiz reaktif volt-amper değerini ölçmek için de kullanılır. Vatmetre, devre gerilimi ile akımın gerilimle aynı fazda olan kısmının çarpımını gösterir. Vatmetre aynı zamanda, devre gerilimi ile akımın

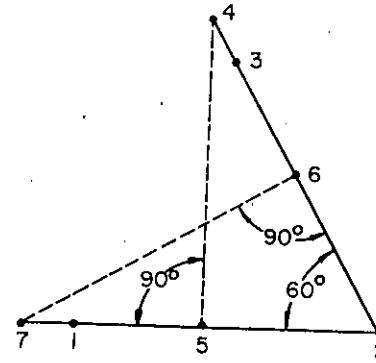
gerilime göre 90° faz farklı kısmının çarpımını da gösterir.

Kör gücü ölçmek için gerilim bobini gerilimi faz açısının 90° kaydırılması gereklidir. Böylece, gerilim bobini akısı, duran bobin içerisinden geçen akımın 90° lık kısmının yarattığı akı ile aynı faza getirilmiş olur. Tek fazlı A.A. devrelerinde, dönen bobin içerisinden geçen akımı, gerilime göre 90° geri duruma getirecek değerde bir dış empedans, gerilim bobinine seri olarak bağlanır.

Üç fazlı bir devrede kör güç değerini ölçmek için, iki elemanlı bir kör güçmetre kullanılabilir. Bu alet de iki elemanlı bir vatmetre gibi yapılmıştır. Aralarındaki fark şekil 11-16 da görüldüğü gibi, gerilim bobini gerilimlerini elektrik bakımından 90° kaydırmak için, faz kaydırıcı bir dış oto transformatörün eklenmiş olmasıdır.



Şekil 11-16. (VAR) Reaktif Gücü Ölçmek İçin Oto Transformatörünün ve İki Elektrodinamik Ölçü Aletinin Bağlanması.



Şekil 11-17. Oto Transformatör Gerilimlerinin Vektör Diyagramı.

Şekil 11-16 ve şekil 11-17 de görüldüğü üzere, üç fazlı şebekeden alınan 1-2 ve 3-2 gerilimleri transformatöre uygulanmıştır. Transformatörün uçları bağlanırken şöyle seçilmiştir:

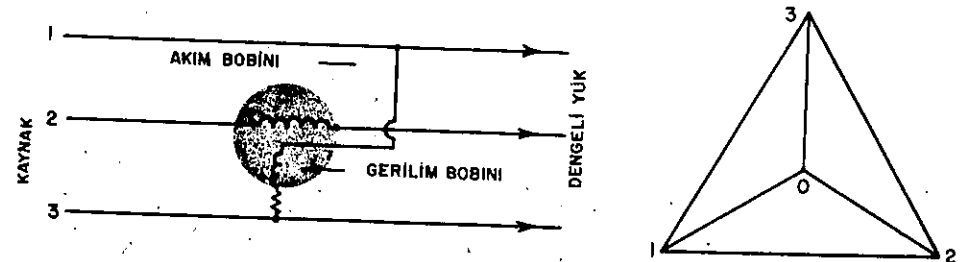
1. Transformatörün 5-4 No. lu uçları, akım bobini 1 No. lu faz üzerinde bulunan gerilim bobinine bağlanmıştır. 5-4 No. lu uçlar arasındaki gerilim, değer bakımından 1-2 No. lu uçlar arasındaki gerilime eşit, fakat 90° faz farklıdır.

2. Transformatörün 7-6 No. lu uçları ise, akım bobini 3 No. lu faz üzerinde bulunan gerilim bobinine

bağlıdır. 7-6 uçları arasındaki bu gerilim, değer bakımından 3-2 No. lu uçlar arasındaki gerilime eşit, fakat 90° faz farklıdır.

Bir vatmetre $EI \cos \theta$ değerini, kör güçmetre ise $EI \cos (\theta - 90^\circ)$ değerini gösterir. $(\theta - 90^\circ)$ ise, $\sin \theta$ değerine eşittir. Buna göre, gerilimleri 90° kaydırmakla aletin $EI \sin \theta$ değerini yani kör güç değerini ölçmesi sağlanmış olur.

Üç fazlı sistemde kör güçü ölçmek için kullanılan daha basit bir bağlantı Şekil 11-18 de gösterilmiştir. Dengeli bir üç fazlı sistemdeki güç = $3 \times$ bir fazın akımı \times aynı fazla nöttür arasındaki gerilim \times akımla gerilim arasındaki açının kosinüsü. Buna ait vektör diyagramına göre Güç = $3 E_{02} \cdot I_2 \cdot \cos \theta$ 1-3 No. lu uçlar arasındaki gerilim, E_{02} ye göre 90° faz farklı olduğundan (şekil 11-18) deki kör güçmetresi, 1-3 uçları arasındaki gerilim $\times I_2 \cdot \cos (\theta - 90^\circ)$ ya da $E_{1-3} I_2 \sin \theta$ değerini gösterecektir. Fakat, $E_{1-3} = E_{02} \sqrt{3}$ olduğundan alet, $\sqrt{3} E_{02} \sin \theta$ değerini gösterir. Eğer iskalada okunan değer-



Şekil 11-18. VAR Ölçmek İçin Elektrodinamik Ölçü Aletinin Dengeli Üç Fazlı Devreye Bağlanması

ler $\sqrt{3}$ ile çarpılır ya da iskala $\sqrt{3}$ ile çarpılarak taksimatlandırılır. Sistemin kör gücüne eşit olan $3 \cdot E_{02} \cdot I_2 \cdot \sin \Theta$ değerinde bir sapma yapar. Söz konusu devre özellikle, dengeli üç fazlı motor

GÜÇ KATSAYISI ÖLÇEN ALETLER

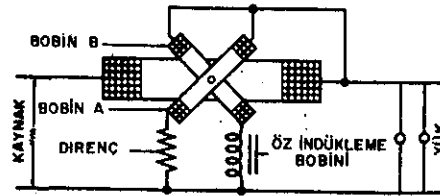
Bir devrenin güç faktörü, vatmetre, ampermetre ve voltmetrenin aynı anda okunan değerleri yardımı ile hesaplanabilir. Bununla beraber, bir sistemin güç faktörü devamlı olarak bilinmek isteniyorsa, güç faktörünün yukarıdaki şekilde hesaplanması, ne kullanışlı ne de ekonomiktir. Bu nedenle, bu iş için bir kosinüsfinetre meydana getirilmiştir. Bu alet, doğrudan doğruya vatlı gücün (vat) görünür güce (volt amper) oranını gösterir. Söz konusu alet aynı zamanda, akımın gerilime göre geride ya da ileride olduğunu da gösterir.

Tek fazlı bir kosinüsfinetrenin yapısı, tek fazlı bir vatmetreye benzer. Burada da, fazlardan birine seri bulunan sabit alan bobinleri içerisinde geçen hat akımı alan akısını meydana getirir. Böyle olmakla beraber, dönen bobin yapısı farklı ve kontrol yayları bulunmadığından, tek fazlı bir kosinüsfinetre ile vatmetrenin yapıları arasında fark vardır. Sapma mekanizmasında, eksenleri birbirine göre 90° farklı aynı mile tutturulmuş dönen iki bobin bulunur.

devrelerindeki kör güç değerini ölçmekte kullanılır. Burada yalnız tek elemanlı bir dinamometreye ihtiyaç vardır, ayrıca yardımcı bir ototransformatör kullanmağa lüzum yoktur.

Dönen bobinlerden biri, endüktif olmayan bir dirençle seri olarak şebekenin uçları arasına bağlanır. Böylece, bu bobinin yarattığı akımın, alan bobinine karşı etki yaparak meydana gelecek momentin akımın gerilimle aynı fazdaki bileşeni ile orantılı olması sağlanır. Diğer dönen bobin ise, bir endüktif reaktansla seri olarak şebekenin uçları arasına bağlandığından, bu bobin içinden geçen akım, gerilime göre yaklaşık olarak 90° geride olur. Böylece, bu bobinin meydana getireceği moment de, akımın gerilime göre 90° farklı bileşeni ile orantılı olur.

Şekil 11-19 da, tek fazlı bir kosinüsfinetrenin şematik diyagramı görülmektedir. Dönen iki bobin

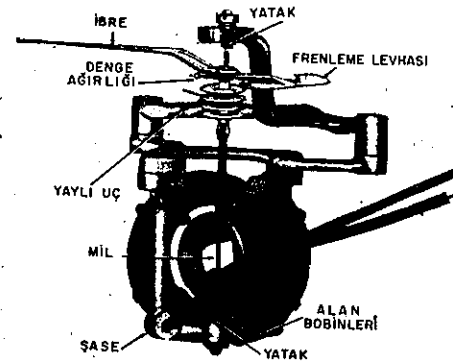


Şekil 11-19. Bir Fazlı Çapraz Bobinli Güç Katsayısını Ölçen Aletin Diyagramı.

birbirine göre 90° açı farkı ile tutturulduğundan bu tipteki alete, çapraz bobinli kosinüsfinetre adı verilir.

Şekil 11-20 de, çapraz bobinli aletin mekanizmasına ait bir kesit gösterilmiştir. Görüldüğü gibi, dönen iki bobinin eksenleri arasında 90° lik bir açı farkı vardır.

Bu tip bir ölçü aleti, güç faktörü 1 olan omik bir devreye bağlanacak olursa, şebeke akımı tamamen gerilim ile aynı fazda olur. Bunun için, toplam momenti meydana getiren dönen bobinin gerilimi de, şebeke akımı ile aynı fazda olur. Güç faktörü = 1 için, 90° lik bileşen sıfır olacağından, içinden geçen akımı gerilime göre 90° geride bulunan dönen bobinin meydana getireceği moment de sıfır olur. Bunun neticesi olarak dönen sistem, alan akımının yarattığı akı ile, dönen bobin akısı aynı yönde paralel oluncaya kadar hareket



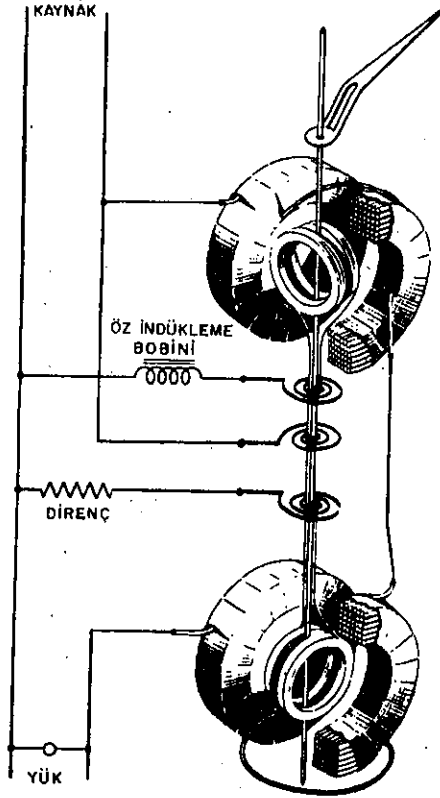
Şekil 11-20. Çapraz Bobinli Güç Katsayısı Ölçen Aletin Kesit Görünüşü.

ederek, ibre tam güç faktör değeri olan 1 i gösterir.

Bu ölçü aleti, güç faktörü 1 den aşağı olan bir devreye bağlanırsa, endüktif reaktansın seri bulunduğu dönen bobinin yaratacağı momentin yönü, sabit bobinler içersinden geçen akımın 90° lik bileşenine bağlı olarak, ileri ya da geri güç faktörü değerini gösterecek şekilde olur. Momentin değeri ise, akımın 90° lik bileşenine bağlı olacaktır. Akımın, gerilimle aynı fazda olan bileşeni tarafından bir moment daha meydana gelir bu, akımın 90° lik sapma miktarı, bu iki momentin bileşkesine bağlı olduğundan ayrıca kontrol yayları kullanmağa lüzum kalmaz. Böylece ibrenin sapması, ileri ya da geri güç faktörü değerini gösterir.

Çapraz bobinli başka yapıda bir kosinüsfinetre şekil 11-21 de verilmiştir. Bu ölçü aletinde, gerilime göre, akımın aynı fazdaki 90° farklı bileşenleri için ayrı elemanlar kullanılmıştır.

Üç fazlı sistemlerde çalışmak üzere yapılan çapraz bobinli kosinüsfinetre, çalışma prensibi hariç, görünüş ve yapı bakımından bir öncekine benzer. Üç fazlı ölçü aletindeki dönen mekanizmanın çapraz bobinleri, birer dirençle seri bağlanıp bobinlerin meydana getirecekleri momentler zıt yönde olacak şekilde fazlar arasına bağlanmıştır. Sabit bulunan alan bo-

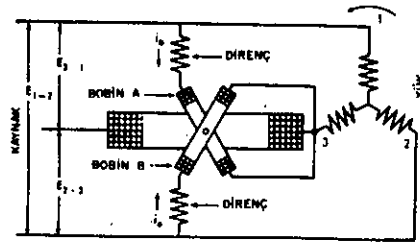


Şekil 11-21. Diğer Bir Çapraz Bobinli Cosmetronun Yapılışı

bini (akım bobini) fazlardan birine seri olarak bağlanarak iki gerilim bobininin ortak uçları, akım bobinine ait fazda olmak üzere diğer uçlar iki faz arasına bağlanmıştır.

Şekil 11-22 de, üç fazlı sistemde kullanılan çapraz bobinli bir ko-

sinüsifimetrenin bağlantısı görülmektedir. Bu alette bulunan gerilim bobinleri, aralarında 60° lik bir açı bulunacak şekilde tutturulmuşlardır. Dengeli bir yükte, güç faktöründeki değişiklik, alan bobini akımı ile gerilim bobinleri akımları arasındaki faz açısını değiştirir. Bunun sonucu olarak, bir faz açısı için birindeki yükselme değeri için düşme olacaktır. Bu sebepten, elemanın bir kısmına ait moment, 30° nin kosinüsü artı devrenin faz açısı; elemanın diğer kısmına ait tork ise, 30° nin kosinüsü eksi devrenin faz açısı değerinde olacaktır. Buradaki sapma hakikatte, söz konusu fazlara bağlanan ayrı iki vatmetrenin gösterdikleri değerlerin birbirine oranından farklı olacaktır. Bu oran, doğrudan doğruya güç faktörünü verecek şekilde kalibre edilebilir.



Şekil 11-22. Üç Hatlı, Üç Fazlı Çapraz Bobinli Cosmetre.

SENKRONOSKOPLAR

Senkronoskoplar, iki alternatif gerilim arasındaki faz açısını ve frekans farkını gösterir. Bu alet ayrıca, alternatörlerin aynı fazda olduklarını, devreye yeni giren alternatör frekansının daha önce çalışanınkinden düşük veya yüksek olduğunu da gösterir.

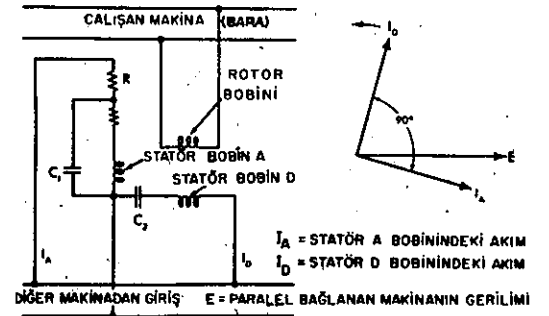
Senkronoskoplar değişik bir çok tipte yapılırlar. En çok kullanılan senkronoskoplar, tek fazlı sistemlerde çalışmak üzere yapılan polarize kanatlı ve döner demirli tiplerdir. Senkronoskoplar, çoğunlukla tek fazlı iki A.A. generatörü gerilimlerinin senkronizasyonunu veya üç fazlı generatörlerin faz sıralarının doğru olup olmadığını göstermek için kullanılırlar.

Polarize kanatlı senkronoskopta da polarize kanatlı kosinüsifimetredesine benzer bir mekanizma kullanılır. Aradaki esas fark, buradaki polarizasyon bobinlerinin, akım bobini yerine gerilim bobini olarak sarılmış olmasıdır. Sabit sargı ile buna ait faz bölücü elemanlar, devreye yeniden giren generatörün fazlarından birine bağlanmıştır. Kanatları polarize etmekte kullanılan sargılar ise, çalışmakta olan generatörün yukarıdaki uyan fazları arasına bağlanmıştır.

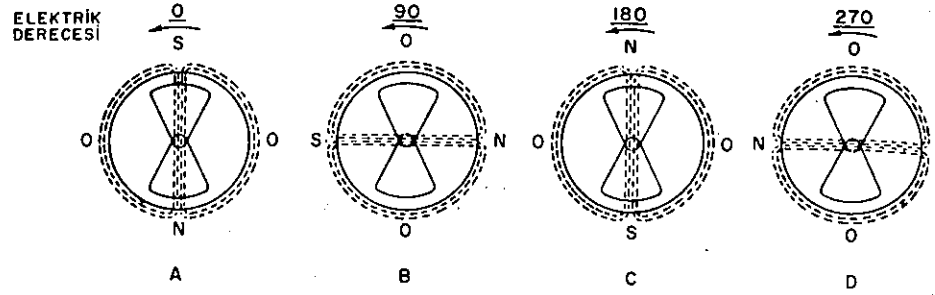
Polarize kanatlı bir senkronoskopun sabit sargıları; şekil 11-23 de görüldüğü üzere, bir faz bölücü

devre yardımı ile iki fazlı alan etkisi elde edilecek şekilde bağlanmıştır. Sabit bobin devresindeki C_2 kondansatörü, I_0 akımının E gerilimine göre yaklaşık olarak 75° ilâ 80° ileri durma geçmesini sağlar. I_A akımı ise, A bobininden dolayı E gerilimine göre yaklaşık olarak $10^\circ - 15^\circ$ ileride bulunur. Bunun sonucu olarak, I_A ve I_D akımları arasındaki açı 90° olur.

Şekil 11-24 de, senkronize durumdaki iki alternatörün bir saykılık gerilimlerinde sabit alanla, kanatçıların meydana getirdiği akımlar arasındaki bağıntı görülüyor. Döner alanın hızı saniyede 61 saykıl ve kanatçık polarizasyonu 60 saykıl olursa döner alanın, kanat-



Şekil 11-23. Senkronoskopun Bağlantısı ve Çalışması.



Şekil 11-24. İki Makina Senkronlandığında Bir Saykıl Stator ve Rotor Manyetik Akıları Arasındaki İlişki.

çıkların manyetizmasının aynı yönde her maksimum oluşunda 1/60 daha fazla devir yapacağı kolayca görülebilir. Kanatçıklar kendi kendilerini esas alan kanatçık manyetizmasının maksimum olduğu andaki pozisyonuna göre ayarladıklarından kanatçıklar, polarizasyonun komple her I saykılı için I/60 daha fazla devir yaparlar. Bu durumda kanatçıklar saniyede komple I devir yapar. Döner alan saniyede 62 devir yaparsa, kanatçıklar iki kere daha hızlı dönecek yani saniyede 2 devir yapacaktır.

Sabit bobin sargılarına frekansı

FREKANSMETRELER

Motor ve transformatör gibi elektrik makinalarını çalıştırmak için, yalnız belli değerlerde bir gerilimin uygulanması yeterli değildir. Bu gibi makinalar aynı zamanda belli bir frekansta çalışmak üzere yapılırlar. Ayrıca, elektrikli saatlerin geniş ölçüde kullanılması fre-

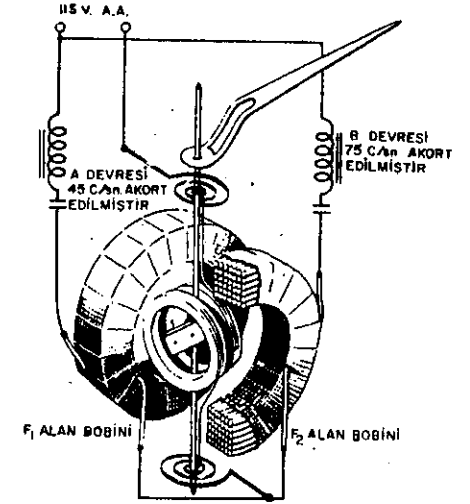
kansın ölçülmesini bilhassa zorunlu kılmaktadır. Saatin bağlı bulunduğu şebeke frekansının I saykılın küçük bir kesri kadar değişme göstermesi, belli bir zaman sonra okunan zaman ölçüsünde büyük yanlışlıklara sebep olabilir. Böylece, elektrik santrallarının

doğru değerinde bir frekans üzerinde çalışmalarını önem kazanmakta, bunun sonucu olarak da şebekenin frekansını gösteren ölçü aletlerinin kullanılmasına ihtiyaç duyulmaktadır.

A.A. şebeke işletmeciliğinde, frekansın bir değerinde sabit tutulması gerektiğinden; frekans metrenin, normal frekansın iki yanını kapsayan dar bir bant içerisinde ölçü yapması istenir. Dolayısıyla, aletin doğruluğu, geniş bir frekans bandında çalıştığı zamankinden daha iyi olur.

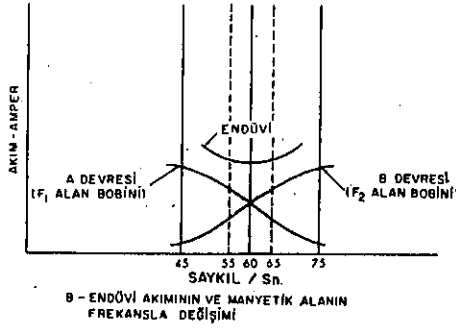
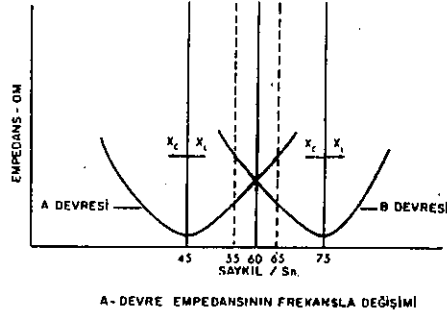
En çok kullanılan frekansmetre tiplerinden biri, rezonans devreli alettir. Bu tip frekansmetrenin fizik yapısı dinamometre tipi alete çok benzer.

Şekil 11-25 de, rezonans devreli frekansmetreye ait bir şema görülmektedir. Bu alette moment, iki seri rezonanslı devre tarafından meydana getirilir. Birbirine benzeyen iki alan bobini, akıları zıt yönde olacak şekilde bağlanmışlardır. Kendileriyle ayrı ayrı seri bağlanan endüktans ve kapasite ile alan bobinlerinden biri normal çalışma frekansının altında rezonansa gelen bir seri rezonans devresi; diğeri ise normal çalışma frekansının üstünde rezonansa gelen bir seri rezonans devresi teşkil ederler. Normal frekans olarak, 60 saykıl da çalışmak üzere yapılan bir frekansmetrenin alan bobin devrele-



ri genellikle, 45 ve 75 saykıl da rezonansa gelirler.

Frekanstaki bir değişimin, her alan bobini devresi empedansında meydana getirdiği değişiklik Şekil 11-26 da gösterilmiştir. Şekilde, her bir alan bobini devresine ait akım ile birlikte toplam endüvi akımı da görülmektedir. Endüvi bobini ve alan bobinleri devrelerindeki akımların genliği frekansla değişir. Eğrilerden, çalışma frekansı sınırları içerisinde, 45 saykıl da rezonansa gelen devrenin empedansının endüktif ve 75 saykıl da rezonansa gelen devrenin empedansının ise kapasitif olduğu görülür. Bunun manası, A devre-



Şekil 11-26. Frekansmetrenin Rezonans Devresinin Elektrik Karakteristikleri.

indeki F_1 alan bobinindeki akım, şebeke gerilimine göre daima geride, B devresindeki yani F_2 alan bobinindeki akım ise gerilime göre daima ileride olacaktır. Her devredeki akımın gerilik, ilerilik değeri ile genliği frekansa bağlıdır. Endüvi bobininden geçen akım, iki alan bobini akımlarının vektörel toplamına eşittir. Endüvi bobini akımı veya akımının şebeke gerilimine göre ileride veya geride

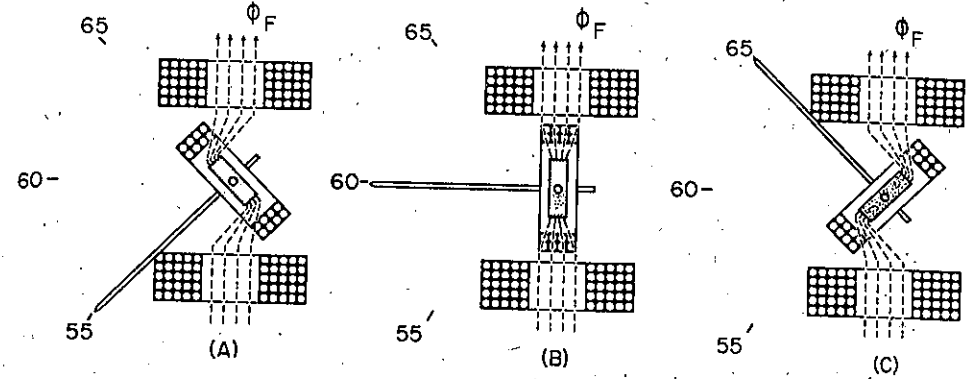
olması; alan bobinleri akımlarından birinin diğerinden daha büyük olmasına bağlıdır. Gerilime göre ileride ve geride olan akımların değerlerini eşit yapan bir frekansta endüvi akımı, şebeke gerilimi ile aynı fazdadır.

Alan bobinleri birbirine zıt yönde olduğundan; bileşik akı değeri bu iki akımın vektörel farkına eşittir. Şekil 11-27 A da, görüldüğü gibi, 55 saykıldaki bileşke akımın, endüvi akısına göre ileriliği 90° den daha fazladır.

Moment, endüvi akısı ile bileşke alan akısının aynı fazda olan bileşenin çarpımıyla orantılıdır. Şekil 11-27 A da momentin yönü, ibreyi ıskalada sağa doğru saptıracak şekildedir.

Dönen sistemin bu yöndeki sapması, mile bağlı demir kanatçık ve ibrenin, alan akısına bağlı olarak sıfır noktası ilerisinde bir değer göstermesine sebep olur. Endüvi akısı ile akısının kendilerini en kısa yola göre ayarlamaları, karşıt bir momentin doğmasına sebep olur. Karşıt momentle endüvi bobininin momenti birbirine eşitse, ibre sıfır noktasına gelir.

Frekans yükselirse, ileride olan I_B akımı artar ve bununla gerilim arasındaki faz açısı küçülür. Aynı zamanda, geride bulunan I_A akımı ise azalır ve bununla gerilim arasındaki faz açısı da büyür. Bu ise, şebeke gerilimi ile bileşke akı arasındaki faz açısı ve endüvi akı-



Şekil 11-27. Döner Demir Üzerine Etki Eden Toplam Manyetik Akı Dönme Momenti, Meydana Getirir.

mi ile uygulanan gerilim arasındaki faz açısı ve endüvi akımı ile uygulanan gerilim arasındaki faz açılarının küçülmelerine sebep olur.

Şekil 11-27 B de, iki alana ait akımların birbirine eşit ve bunların uygulanan gerilime göre zıt yönde eşit faz açılarna sahip oldukları görülmektedir. Diğer bir deyimle, endüvi akımı uygulanan gerilimle aynı fazda olduğundan, iki alana ait akımların bileşkesi ile gerilim arasında 90° lik bir faz farkı vardır. Alan akısının gerilimle aynı fazda olan bileşeni sıfıra eşit olduğundan saptırıcı bir moment bulunmayacaktır. Dolayısıyla alan akısı, demir kanatçığa, ibrenin ıskalada yarı sapma yapması için gerekli durumu sağlar.

Frekans yükselmekte devam ederse, Gerilimle aynı fazda olan

akım artar ve bu akımla uygulanan gerilim arasındaki faz açısı küçülür. Gerilime göre geride bulunan diğer devredeki akım azalır ve uygulanan gerilimle arasındaki faz açısı daha büyük bir değer alır. Endüvi akımı, Şekil 11-27 C de görüldüğü gibi, uygulanan gerilime göre geride bulunacaktır. Bileşke alan akısının gerilimle aynı fazda olan bileşenin, şimdi zıt yönde bulunması momentin ibreyi ıskalada yüksek değer gösterecek şekilde hareket ettirmesine sebep olur.

Rezonanslı tip frekansmetreler genellikle 110 veya 220 V. luk tek fazlı devrelerde çalışacak şekilde yapılırlar. İskalası 45-50-55 saykıl arasında bulunan bu tip frekansmetreler frekans değerlerini 0,15 saykıl doğrulukla ölçerler.

KAYDEDİCİ CİHAZLAR

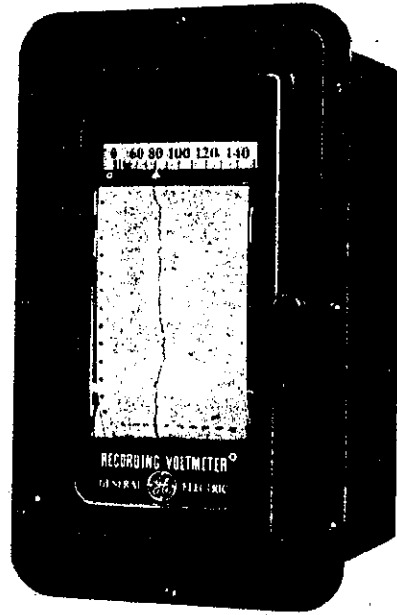
Bir elektrik devresindeki durumu bilinmesi gereken bazı hallerde, aletlerin gösterdiği değerleri devamlı olarak okuyup kaydedecek bir adamın kullanılması ekonomik olmaz. Bu sebepten, devrenin belli zamanlardaki hakiki durumunu grafik olarak veren kaydedici cihazlar kullanılır. Kaydedici cihazlar iki büyük grupta toplanabilir :

1. Volt, amper, vat, güç faktörü ve frekans gibi elektrik değerlerini kaydeden cihazlar.
2. Sıcaklık kaydedicilerde olduğu gibi, potansiyometre metodu ile bir termokuplun çıkışını kaydetmek suretiyle, elektriksel olmayan çoklukları kaydeden cihazlar.

Bu aletlerin D.A. devrelerinde kullanılanlarında sabit mıknatıslı ve döner çerçevesi tip; A.A. devrelerinde kullanılanlarında ise döner demirli ya da dinamometre tipi konstrüksiyon kullanıldığından bu cihazlar, bir çok bakımdan göstergeli aletlere benzerler. Kaydedici cihazlar, göstergeli aletlerden şu bakımlardan ayrılırlar: Göstergeli aletlerde bir ibre vardır ve sabit bir ıskala üzerinde değer gösterir. Kaydedici cihazlarda ise, bir kalem bulunur, bu kalem, önünden sabit bir hızla geçen taksimatlı kâğıt üzerine grafik çizer. Kalemle kâğıt arasında-

ki sürtünmeden dolayı bu tip aletlerde göstergeli aletlere göre daha büyük bir hareket momentine ihtiyaç vardır. Bunun manası, ıskala değerleri aynı olan kaydedici bir cihaz, göstergeli cihazdan daha büyüktür ve daha çok çalıştırma gücüne ihtiyaç gösterir. Ayrıca, kalemin kâğıda sert çarpımlar yapmasını önlemek için; kaydedici cihazlardaki amortisman değeri, göstergeli aletlere göre çok daha fazladır.

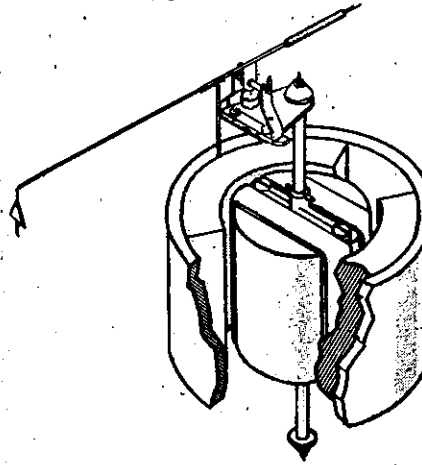
Grafik çizen cihazlar içerisinde en çok kullanılan şeritli tipte olanlardır. Bu tip cihazlar grafiği, 10-



Şekil 11-28. Tablo Tipi Kaydedici Voltmetre.

15 cm. genişliğinde ve 15-20 m uzunluğunda bir kâğıt şerit üzerine kaydederler. Şekil 11-28 de bir A.A. kaydedici voltmetresi görülmektedir. Şeritli tipte olan bu kaydedici cihazın, bazı avantajları vardır. Bunlardan en başta geleni, uzun şeritin operatör bakımına ihtiyaç göstermeden oldukça geniş bir zaman aralığına ait kaydın yapılmasına imkân vermesidir. İkincisi, uzun şerit halindeki kâğıt oldukça yüksek hızla çalıştırılabilirdiğinden, detaylı grafik kaydı mümkün olur. Şeritli tip bir kaydedici cihazın başlıca parçaları şunlardır :

1. Cihazın muhtelif parçalarını üzerinde taşıyan gövde kısmı.
2. Ölçülen değer değişmesine göre hareket eden sistem.
3. Şerit halindeki kâğıdı üzerinde taşıyan kısım, saat meka-

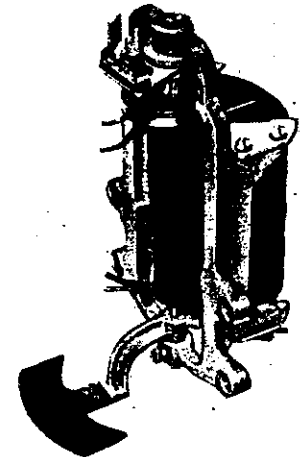


Şekil 11-29. Döner Bobinli Daimi Miknatıslı D.A. Kaydedici.

nizması, zamanlayıcı dişliler ve tambur; şerit kâğıt makarası ve kaydedilen şeridi saran mekanizma.

4. Kaydedilmekte olan değeri üzerinde gösteren sabit ıskala.
5. Kayıt kısmında, özel tipte bir kalem ve mürekkep yada mürekkepsiz çizim yapan bir sistem bulunur.

Grafik çizen cihazlarda kullanılan hareket ettirici sistem, göstergeli cihazlardaki basit sistemin aynıdır. Şekil 11-29 da, kalem kâğıt arasındaki sürtünmeyi yenmek için, kalemi dikkatle dengelenmiş bir D.A. kaydedici cihazında, sabit mıknatıslı döner bobin mekanizmasının kullanılışı görülmektedir. Şekil 11-30 A da ise, A.A. kaydedici bir ampermetrede kullanılan döner demirli sistem gösterilmiştir. Şekil 11-30 B de, üç fazlı kaydedi-



Şekil 11-30 A.

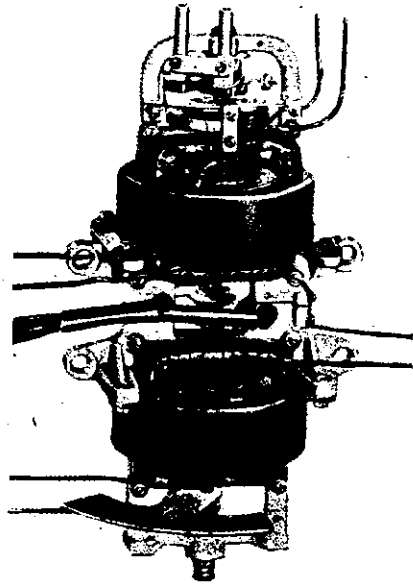
ci bir vatmetrede kullanılan, iki elemanlı bir elektrodinamometre mekanizması görülmektedir.

Üzerine kalem tarafından grafik çizilen kâğıt, iki doğrultuda hareket edebilecek durumdadır. Bu hareketlerden biri kaydedici aletin ölçme alanına, diğeri ise kâğıdı üzerinde taşıyan arabanın zamanlayıcı dişlilerine veya saat mekanizmasına bağlı olarak; saat, dakika ya da saniyeye tekabül eder. Döndüren mekanizmanın sağladığı sabit kâğıt hızı, eşit zaman aralıklarında eşit mesafe katedecek şekilde kâğıt bulunan zamanlayıcı tambur ya bir senkron elektrik saati, ya zemberekli bir saat ya da küçük bir elektrik motoru tarafından daima kurulu tutulan zemberekli bir saat mekanizması ile döndürülür. Bu son tip, elektrik akımı kesilse dahi kâğıt hareketinin zemberek tamamen boşaluncaya kadar durmamasını garanti etmiş olur.

Kâğıtla kalem arasındaki sürtünmeden dolayı, kaydedici kalem hareket ettiren mekanizmanın, basit göstergeli aletlerden daha büyük bir momente sahip olması gerekir.

Kalemin yapacağı hareket büyüdükçe, alet daha pahalıya mal olur ve ölçülecek devreden harcadığı güç de buna göre artar. Kaydedici elemanı hareket ettirmek için, ölçülecek devreden çekip harcadığı güç değeri çok düşük olan elektronik amplifikatörlerin kullanılması, bu problemin çözüm yollarından biridir. Burada, gerilim ve akım direkt olarak amplifiye edilir, güç ve kör güç için özel amplifikatörlerin kullanılması gerekir.

Yardımcı bir mil üzerinde bilinen vatmetre elemanları ile bir yansıtıcı ayna bulunan foto-elektrik kaydedicide, güç ve kör güç için bir tip amplifikatör kullanılmıştır. Kaydedici kalem hareket ettirebilecek değerde ve ölçülecek çoklukla orantılı bir D.A. yaratan



Şekil 11-30 B.

fotosel ve elektronik amplifikatörler kullanılan optik sistemler geliştirilmiştir.

Modern kaydedicilerin bir çoğunda, kalemi hareket ettirmek için, bir motor ve dişli sistemi kullanılır. Bu tip kaydedicilerde, çıkış milinden hareket alan sürgülü telli bir potansiyometrenin gerilimini, giriş gerilimi ile yüksek duyarlılık bir regülasyon sistemi mukayese eder. Giriş gerilimi değişirse servo-amplifikatör motorun, kalem ve buna bağlı potansiyometrenin sinyal gerilimi ile potansiyometre gerilimi eşit oluncaya kadar dönmesine sebep olur.

Bu tip kaydediciler, ölçü yapılan devreden ihmal edilecek kadar az bir güç çekerler. Bunların çıkış güçleri çok fazla olduğundan, bu tip kaydedicilere ayrıca sürgülü telli potansiyometreler, sınırlayıcı anahtarlar ve sayıcıların eklenmesi mümkündür. Bu yardımcı kı-

sımlarla; alarm, uzaktan kumanda cihazları çalıştırılabildiği gibi, ölçülen çokluğa ait sinyal dijital kompütörlere de uygulanabilir. Eklenmek çok az kısımlarla bu kaydediciler, bir birinden farklı çoklukları aynı kart üzerine kaydeder hale konabilirler. Burada kademeli bir anahtar, ölçü yapan devreyi; muntazam aralıklarla başka başka girişlere bağlar. İbre bir konum alır almaz yazıcı, kâğıt üzerine bu değeri bir nokta ve bunun hangi girişe ait olduğunu rakam olarak kaydeder. Kademeli anahtar bir sonraki girişe geçecek işlemi tekrarlar. Böylece kart üzerinde her giriş sinyali için bir seri noktalar kaydedilmiş olur.

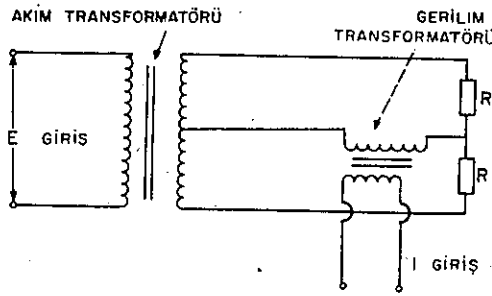
Bu kaydedicilerden çoğu, milivolt büyüklüğünde bir D.A. la çalışırlar. Kaydedicilere takılan yardımcı cihazlar; basınç, akıntı, gerilme, A.A. volt, A.A. amper, güç, kör güç gibi çoklukları D.A. a çevirerek kayıtlarını sağlarlar.

KALORİK KONVERTÖRLER

Kalorik konvertörler, A.A. gerilim ve akım sinyallerini; $E \cdot I \cos \theta$ çarpımı ile orantılı olarak milivolt cinsinden D.A. sinyaline çevirmek için kullanılırlar. Böylece, A.A. gücünü bir D.A. kaydedicisi ya da ibreli aletle ölçmemiz mümkün olur.

Şekil 11-31 de tek fazlı kalorik konvertörün devresi şematik ola-

rak gösterilmiştir. Dirençlerden geçen akımlar, girişteki E ve I değerleri ile bu girişler arasındaki faz açısı θ ya bağlıdır. R dirençlerine seri bağlanan termokupullerin sıcaklıkla meydana getirdikleri E. M. K. ler birbirinden çıkacak şekilde kateder. Termokupul devresinin toplam çıkışı, iki direnç arasındaki sıcaklık farkıyla orantılıdır.



Şekil 11-31. Bir Fazlı Termik Konverter Devresi.

Dikkat edilecek olursa termokupul çıkışının, dirençlerde harcanan güçlerle orantılı, diğer bir deyimle bir katsayı ile $E \cdot I \cdot \cos \theta$ çarpımına eşit olduğu görülebilir.

ELEKTRİK SAYACI

Daha önce, belli bir zaman aralığında harcanan toplam elektrik miktarına, elektrik enerjisi ya da iş, elektrik enerjisinin kullanılma hızına da elektrik gücü dendiği açıklanmıştı. Elektrik gücünün ölçülmesinde kullanılan esas birim wattır. A. A. devrelerinde güç ise, volt cinsinden gerilimle, amper cinsinden akım ve güç faktörünün çarpımlarına eşittir. Elektrik enerjisinin ölçülmesinde esas birim olarak kullanılan vat - saat ise, bir devrede harcanan güç, bu gücün devrede harcanması için saat cinsinden geçen toplam zamanla çarpılarak bulunur. Elektrik sayacı,

Buradan, konvertörün milivolt cinsinden D.A. çıkış sinyalinin, E ve I girişlerine bağlı devrenin A.A. gücünü gösterdiği anlaşılır.

Buna benzer iki konvertörün çıkışları seri bağlanarak, girişe uygulanan iki A.A. gücünün toplamı ile orantılı bir D.A. gerilimi elde edilebilir. Üç fazlı A.A. sisteminde güç ölçmek için iki vatmetre metodu kullanıldığı halde burada aynı güç bir D.A. milivoltmetresi ya da kaydedici ile ölçülebilir.

Dışardan faz kaydırıcı bir oto-transformatör eklemek suretiyle, aynı devre ile üç fazlı sistemde kör güç de ölçülebilir.

elektrik devresinde harcanan enerjiyi ölçmekte kullanılan bir ölçü aletidir.

Şekil 11-32 de tek fazlı tipik bir elektrik sayacına ait bağlantı görülmektedir. Burada da akım bobini yüke seri ve gerilim bobini ise şebeke gerilimi uçlarına bağlı bulunduğu için, elektrik sayacı ile vatmetrenin bağlantıları aynıdır. Akım ve gerilim bobinleri tarafından meydana getirilen manyetik alanların etkileri ile endüvide doğan moment, daima devredeki güç ile orantılı olur. Elektrik sayacındaki endüvi, devrenin gücüyle orantılı hızla dönen bir diskidir.

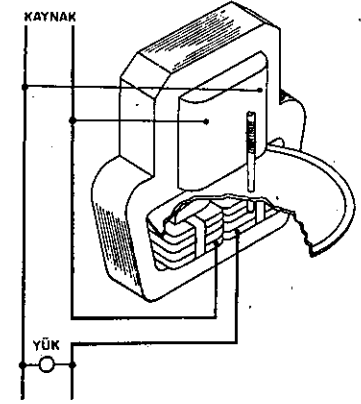
Bu diskin dönme hızı güce, devir sayısı ise kullanılan toplam enerjiye tekabül eder.

Tek fazlı bir sayacın başlıca parçaları şunlardır: Motor ya da elektromanyetik eleman, manyetik fren sistemi, kaydedici, çerçeve, bağlantı uçları ile birlikte kopma şasi ve kapak.

Endüksiyon tipinde olan motorun rotoru, metal çerçeveye tutturulmuş bulunan yataklarda serbestçe dönebilen bir mile monte edilmiş alüminyum bir diskidir.

Kaydediciye hareket veren dişliyi döndüren ana dişli ekseriya direkt olarak mile bağlıdır. Rotor bazan, manyetik olarak askıda tutulur. Bu durumda milin düşey durmasını, kılavuz pimler sağlar. Disk, her zaman için bir kısmı elektromıknatısların arasında dönecek şekilde monte edilir.

Elektromıknatıs, yumuşak demir saçtan yapılmış çekirdek üzerine monte edilen iki gurup sargıdan meydana gelmiştir. Şebeke uçlarına bağlanan gerilim bobinleri, ince telden yapılmış olup çok sargılı ve yüksek empedanslıdır. Sarfiyatı ölçülen devreye seri olarak bağlanan akım bobini ise, kalın telden sarılmış bir kaç sargıdan ibarettir. Kararlı bir okuma için gerekli homogen manyetik akı dağılımı ve sağlam bir mekanik yapı elde etmek üzere saçlar, birbirlerine perçinle tutturularak paket haline getirilmişlerdir.



Şekil 11-32. Bir Fazlı Sayaç Diyagramı.

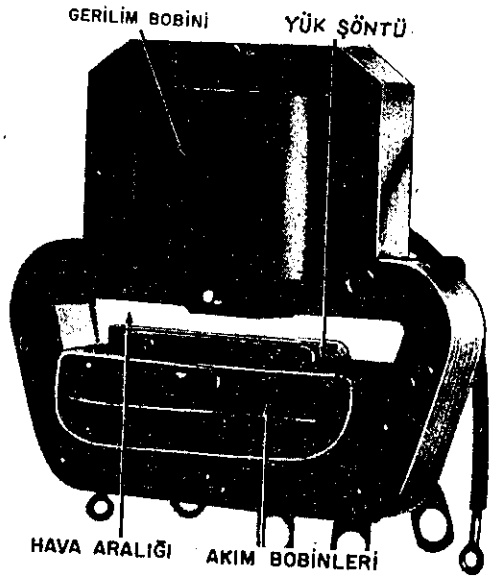
Disk, verilen herhangi bir anda dönmesine sebep olan moment, bobinlerden biri içerisindeki akımın doğurduğu akı ile, diğer bobinde doğan akımın diskte indüklediği fuko akımlarının birbirine olan etkileri sonucu meydana gelir. Örneğin, üzerinden yük akımı geçen akım bobini, kalın telden bir kaç sarımlı olduğundan endüktansı ihmal edilebilir. Bunun manası, akım bobininin akısı yaklaşık olarak yük akımı ile aynı fazdadır. Akım bobini akısının dikte yarattığı fuko akımları ise, adı geçen akıya göre 90° geridedir. İndüklenen E.M.K. daima, kendisini yaratan akımın 90° gerisindedir.

Gerilim bobinin endüktif etkisinin fazlalığı dolayısıyla; gerilim bobini akım ve akısı, şebeke geriliminden yaklaşık olarak 90° geridedir. Bunun sonucu olarak, güç faktörü I olan yükte, gerilim bobininin akısı, akım bobini tarafından yaratılan fuko akımı ile aynı faz-

dadır. Gerilim bobini kutupları diskin, akım bobini akısı tarafından yaratılan fuko akımlarının aktığı kısmı üzerinde bulunurlar. Bu fuko akımları, gerilim bobini akısına karşı zorluk gösterdiklerinden, şebeke gerilimi ve yük akımı ile orantılı bir tork meydana gelir.

Aynı şekilde, üzerine akım bobini sarılı bulunan kutuplarda, diskin altına konmuşlardır.

Şekil 11-33 de tek fazlı bir vatsaat sayacı görülmektedir. Şebeke gerilimi ile yük akımı arasındaki faz açısına uygun bir karşıt etkiye uğrayan fuko akımları; güç faktörü I den farklı yükler için, akıya göre belli bir açı kadar ileride ya da geride bulunurlar. Daha



Şekil 11-33.

önce de anlatıldığı gibi, fuko akımı ile mıknatıs akısının birbirlerini her etkilemelerinde meydana gelen moment, bu açıyla orantılı olarak azalacaktır.

Diskini aşırı bir hızla dönmesini önlemek için manyetik bir fren sistemi kullanılır. Bu sistemde disk, mone edilen iki sabit mıknatısın kutupları arasında döner. İki mıknatısın kutupları arasında bulunan disk dönmeye başlayınca, mıknatıs akısı tarafından kesilen disk içerisinde fuko akımları doğar. Sabit mıknatıs akısını etkileyen bu fuko akımları, aleti döndüren momente karşıt yönde frenleyici bir moment yaratarak diskin belli bir yük değeri için istenen hızda dönmesini sağlarlar.

Kaydedici dişli sistemi, diskin mili üzerindeki sonsuz vida tarafından döndürülen ve diskin kaç kere dönmüş olduğunu gösteren bir sıra dişlilerden meydana gelir. Vatsaatmetreler, harcanan gücün ani ya da birbirine eklenmiş değerlerini verdiklerinden, belli bir süre içerisinde harcanan toplam elektrik enerjisini bunların üzerinden okumak mümkün olur. Vatmetre ise yalnız güç değerini ya da enerjinin devredeki harcanma hızını gösterir.

Diskini bir devrinin ifade ettiği vatsaat sayısına, aletin vatsaat katsayısı denir. Disk, bir kilovatsaat için gereken sayıda devir yaptıktan sonra; rakamların kayde-

dildiği kısmın en sağındaki pencerede bulunan ibre I i gösterir. Dişli sistemi, en sağda bulunan penceredeki bir taksimat I kws 1, sağdan itibaren ikinci penceredeki bir taksimat 100 kws 1, ve en solda bulunan penceredeki bir taksimat ise 1000 kws 1 gösterecek şekilde düzenlenmiştir.

SAYACIN AYARLANMASI

Tam yükteki ayarlama işi, güç faktörü I olmak şartıyla normal çalışma akım ve gerilimi altında manyetik frenin doğru hızda dönmelerini sağlayacak şekilde düzenlenerek yapılır. Bu ayarlama, diskin geçen sabit mıknatıs akısının değerini kontrol etmek üzere, manyetik şöntün konumunu değiştirerek ya da sabit mıknatısları diske yaklaştırılıp uzaklaştırarak yapılır.

Düşük yük ayarlaması, yalnız düşük yüklerde meydana gelebilecek iki faktörü karşılamak (kompans) için yapılır. Bu faktörler ise, gerilimin meydana getirdiği akımın, yalnız başına sebep olduğu sürtünme ve momentlerdir. Söz konusu düşük yük ayarlaması, elektromıknatısın hava aralığı içerisinde bulunan ve gerilim bobini akısının bir kısmının zaman fazında bir gerilik yaratan bir gölgeleyici kutup halkasını hareket etti-

En sağdaki pencerede bulunan göstergenin tam bir devri için, diskin mili üzerindeki sonsuz vidadan hareket alan ilk dişlinin yapması gereken devir sayısına, kayıt oranı denir. En sağdaki pencerede bulunan göstergenin bir devri için, diskin yapması gereken devir sayısına ise dişli oranı denir.

rerek yapılır. Bu geri bırakılmış akı, disk içerisinde gerilim bobini akısının geride bırakılmayan kısmına karşı zorluk gösterir. Söz konusu ayarlama işi iyi, bir şekilde yapılırsa, değeri şebeke gerilimine bağlı olan kompans edici moment, sabit gerilimli şebekelerde oldukça sabit kalır.

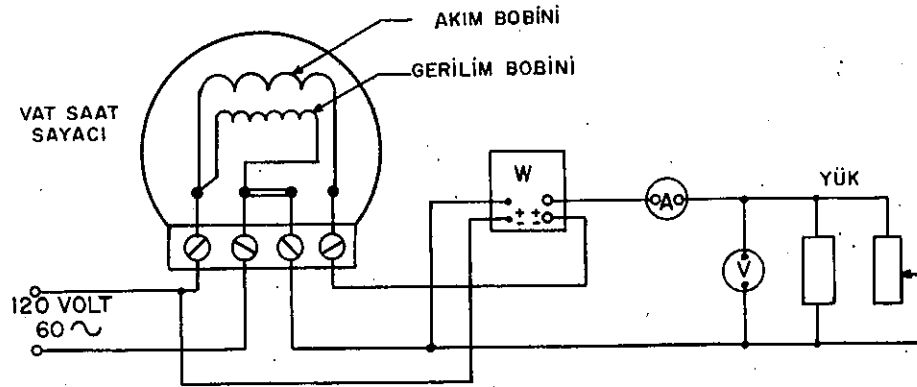
Aletin gerilim bobini, tamamen endüktif olmadığı için gerilim bobini omik bileşeni, gerilim bobini akısının şebeke gerilimine göre 90° den biraz noksan değerinde geride kalmasına sebep olur. Tam 90° lik bir geri kalma elde etmek için, geri kalma miktarını ayarlayan vida döndürülerek gerilim bobini akı yolu üzerinde bulunan metal plaka hareket ettirilir. Bu metal plaka içerisinde indüklenen akım, gerilim bobini akısına göre geride bulunan bir akı yaratır. Bu iki akının meydana getirdiği bileşke akı ise, istenen 90° geriliğe sahiptir.

Yüksüz durumda, düşük-yük ayarlamasında yapılan az bir değişikliğin meydana getirdiği küçük bir moment, diskin yavaş da olsa dönmesine sebep olabilir. Diskin çok yavaş da olsa bu dönmesini ortadan kaldırmak için, disk üzerine karşılıklı olarak iki delik delinir. Alet üzerindeki bütün yük kaldırıldığında disk, fuko akımları bunlar için açık devre teşkil eden deliklerden biri içerisinden geçecek şekilde dönmüş olsun. Bu durumun fuko akımlarında meydana getirdiği distorsiyon, diski durduran küçük bir kilitleyici momentin doğmasına sebep olur.

Tek fazlı endüksiyon sayaçlarının doğru değer gösterip göster-

mediğini anlamak için bir çok metotlar uygulanır. Hangi metot kullanılırsa kullanılsın doğruluk, düşük yük ve tam yük adı verilen iki ölçü noktasında yapılacak ölçmelerden anlaşılır. Aletin esas çalışma akımının % 10 unda düşük yük noktası ve % 100 ünde ise tam yük noktası bulunur. Her iki durum için de esas çalışma gerilimi kullanılır.

Şekil 11-34 de bir ölçü işlemi için yapılacak bağlantı görülmektedir. Diskinin devir sayısı, bir kronometre ile zamana göre işaretleme işlemi süresince, şebeke



Şekil 11-34. Vatsaat Sayacının Deneyi için Bağlantı Şeması

gerilimi ve yük akımı sabit tutulmaya çalışılır. Ölçü aletinde okunan ortalama vat değeri şu formülle hesaplanır :

$$W = \frac{K_H \times n \times 3600}{t}$$

W = Alette okunan vat değeri

K_H = Vat - saat kat sayısı

n = Diskin devir sayısı

t = Saniye olarak zaman.

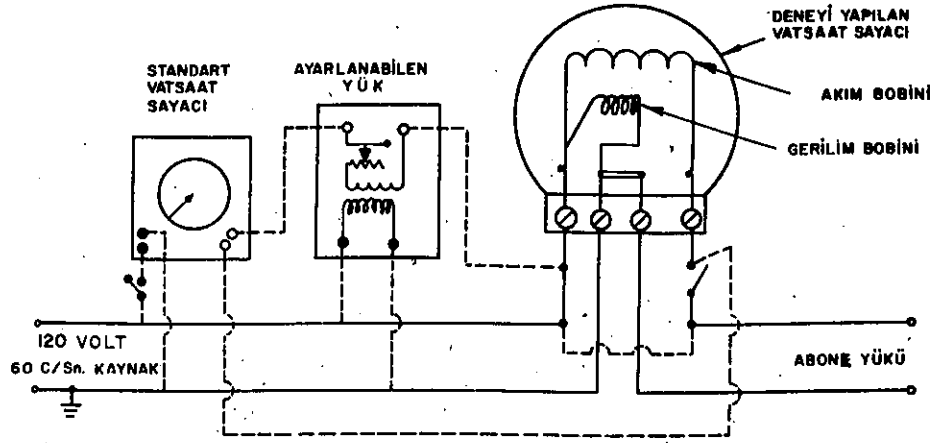
Sayaç önce, tam güç faktörü ve tam yükte daimi miknatıslar yardımı ile ayarlanır. Doğruluk ayarı ise düşük yükte, gölgeleyici kutup halkasını bir ayar vidası ile hareket ettirerek yapılır. Yükün güç faktörünü tayin etmek için, voltmetre ve ampermetrenin de devrede bulunmalarını gerektirir. Sayaç genellikle, 0,5 geri güç faktöründe de muayene edilir; hata bulunursa daha önce anlatıldığı gibi gerilik ayarı yapılır.

Değişik büyüklükteki vat-saatmetreleri çok daha hassas bir şekilde muayene etmek için, üzerinde akım ve gerilim katlayıcı bobinler bulunan taşınabilir standart bir vat-saatmetre kullanılır. Bu tip vat-saatmetreler, bütün ölçme alanı boyunca hassas olarak ölçü yapacak ve doğruluğu gerilim ya da sıcaklık değişmelerinden etkilenmeyecek şekilde yapılmıştır.

Standart sayaçları yüklemek için, gerilim düşürücü transformator ve dirençlerden yapılmış özel bir düzen kullanılır. Bu düzen, muayene edilecek aletin akım bobininden düşük gerilim altında tam akımın geçmesini sağladığından, yük olarak yalnız direnç kullanmak suretiyle şebeke geriliminde yapılan muayenede direnç üzerinde meydana gelen ısı şeklindeki bir güç kaybı burada söz konusu olmaz.

Şekil 11-35 de şirketler tarafından, müşterilerin evlerinde kullandıkları iki telli, tek fazlı bir sayacın taşınabilir standart sayaç ile muayene edilmesi için gerekli bağlantı görülmektedir. Muayene esnasında müşterinin çektiği yük, bir köprü ile şebekeye direkt bağlanmak suretiyle akımın devamı sağlanır. Muayene yükü, sayacı tam yük ve düşük yük noktalarında uygun bir şekilde yüklemeye yarar. Şirketler, standart sayaç ve muayene yükü kullanarak yaptıkları işlemi, sayaçları laboratuvar da muayene ederken de kullanabilirler.

Sayaçları muayenede kullanılan diğer bir metot da fotoelektrik metodudur. Bu metot hem çabuk hem de hassas olduğundan yalnız ölçü laboratuvarlarında kullanılır. Bu metotla yapılan muayenede, bir ışık kaynağı, fotosel lambası, amplifikatörlü bir kontrol kutusu, röleler, D.A. kaynağı, devir



Şekil 11-35. Vatsaat Sayacının Denei için Bağlantı Şeması.

adedi standart'ı ve bir yükleme düzeni kullanılır.

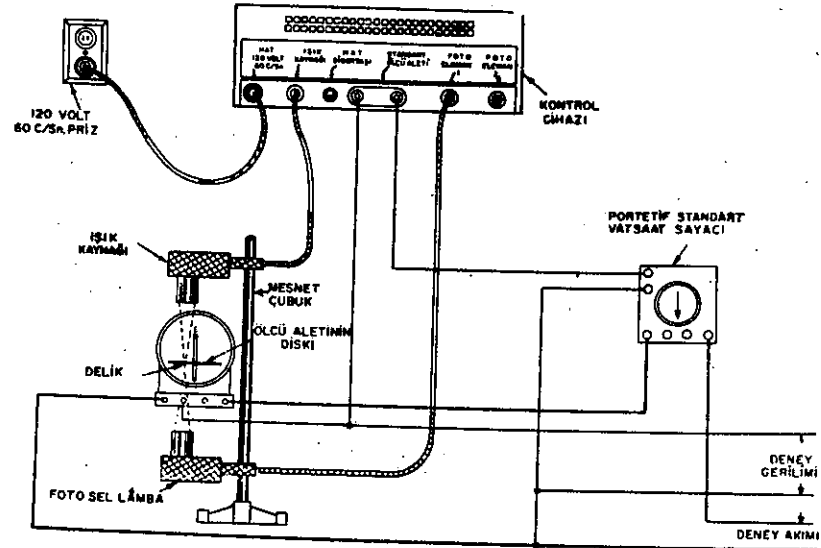
Şekil 11-36 da bu metotla yapılan muayeneye ait bir bağlantı diyagramı görülmektedir. Kontrol kutusu, muayene edilecek aletin yapması arzu edilen devir sayısına ayarlanır; çalıştırılmağa başlatıldığında, devri sayar ve devir adedi standart'ını otomatik olarak durdurur. Işık kaynağının ışıkları, muayene edilen sayacın diski üzerindeki deliklerden geçerek Şekil 11-36 da görüldüğü gibi fotosel lâmbası üzerinde toplanır. Standart sayacın gerilim devresine ölçüye tabi tutulan aletin belli bir devrinden sonra enerji verildiğinde, ışık pısları kontrol kutusu tarafından kaydedilir. Önce verilmiş olan formül kullanılmak suretiyle muayeneye tabi tutulan aletin yüzde hata miktarı bulunabilir :

Yüzde hata :

$$= [(KS \times n) / (Ks \times N)] \times 100$$

Burada, KS = Muayene edilmekte olan aletin vat-saat katsayısını, Ks = standart ölçü aletin vat-saat katsayısını, n = ölçülmekte olan aletin devir sayısını ve N = standart ölçü aletin devir sayısını ifade ederler.

Üç fazlı, üç telli sistemlerde enerji ölçmek için, iki tipte üç fazlı endüksiyon sayacı kullanılır. Bu tiplerden birisinde, aynı mile monte edilmiş iki ayrı diske etki yapan iki adet elektromıknatıs bulunur. İkinci tipte ise, iki eleman için yalnız bir disk bulunduğu için iki elektromıknatıs aynı diske etki yaparlar. Üç fazlı sayaçların bağlantıları üç fazlı vatmetrelere benzer. Üç fazlı dört telli sistemlerde enerji ölçmek için, aynı mile monte edilmiş iki diski bulunan sayaçlar kullanılır.



Şekil 11-36. Fotoelektrik Denei Cihazının Sayaç için Kullanış Diyagramı

HATIRDA TUTULMASI GEREKEN NOKTALAR

- Aşağıda gösterilen, A. A. da ampermetre ve voltmetre olarak kullanılan aletlerin çalışma prensiplerini öğreniniz :
 - 1 — Çekmeli tip
 - 2 — Eğik bobinli tip
 - 3 — İtmeli ve itmeli - çekmeli tip
- Döner çerçevesi bir D. A. aletleriyle birlikte kullanılan bir köprü tip redresörün bağlantısını öğreniniz.
- Bir sinüs dalgası için;
- Etkin değer, maksimum değeri 0,707 sine eşittir.

Ortalama değer, maksimum değer 0,637 sine eşittir.

Etkin değer ortalama değere oranı olan şekil faktörü ise 1.1 e eşittir.

A. A. da gerilim ve akım değerlerini ölçmek için redresörle birlikte kullanılan döner çerçevesi ölçü aletin fayda ve mahzurlarını biliniz.

- Dinamometre tipi ibrelili aletin çalışmasını öğreniniz.

A. A. ampermetre ve voltmetrelerinde kullanılan dinamometre tipi sapma sisteminin nasıl ça-

liştığını ve bağlantı şekillerini biliniz.

- Vatmetrelerde kullanılan dinamometre tipi sapma sisteminin nasıl çalıştığını ve buna ait bağlantı şekillerini biliniz.

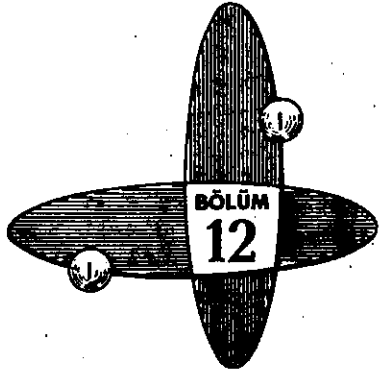
- Aşağıda gösterilen, özel işlerde kullanılan âletlerin bağlantı şekillerini öğreniniz.

1. Kör güçmetre

TEKRARLAMA SORULARI

1. A.A. ampermetresi ve A.A. voltmetresi olarak kullanılan döner demirli bir âletin çalışma prensibini anlatınız.
2. Döner demirli ölçü aletine ait bir üstünlük ve iki mahzuru söyleyiniz.
3. Voltmetre olarak kullanılan, eğik bobinli General Elektrik âletinin çalışma prensibini anlatınız.
4. İtme-çekme tipi bir ölçü aletinin çalışmasını açıklayınız.
5. Tam iskala sapması 6 miliamper olan bir âletin bobininin etkin direnci 3800 Ω 'dır. Bu aleti tam iskala sapması 750 volt olan bir voltmetre olarak kullanmak için, alete seri olarak 120000 Ω luk bir öndirenç bağlanmıştır. Tam iskala sapmasında :
 - a) Alet bobini içerisinde (b) Öndirençte ve (c) bütün ölçü aletinde vat olarak kaybolan gücü bulunuz.
6. A.A. gerilimini ölçmek için, bir tam dalga redresörü ve öndirenç kullanan döner çerçeveli âletin komple bağlantı şemasını çiziniz.
7. a) 6. sorudaki redresörün kayıpları ihmal edilir ve A.A. geriliminin ölçülen maksimum değeri 340 v. olursa, D. A. voltmetresinin ıskalasında okunan değer ne olur ?
 - b) D. A. âletinin ıskalasını, A. A. gerilimin etkin değerini gösterecek şekilde kalibre etmek için, hangi faktör kullanılmalıdır ?
8. a) Redresörlü alet kullanmanın faydaları nelerdir ?
 - b) Redresörlü aleti akım ölçmekte kullanmanın bir mahzurunun söyleyiniz.
9. A.A. voltmetresi olarak kullanılan dinamometre tipi bir âletin çalışmasını anlatınız.
10. Dinamometre tipi âletin A.A. ampermetresi olarak nadiren kullanılmasının sebeplerini söyleyiniz.
11. Dinamometre tipi vatmetrenin, yapımını ve çalışma prensibini anlatınız.
12. Üç fazlı üç iletkenli bir sistemde güç ölçmek için, tek fazlı iki vatmetre yerine iki elemanlı bir vatmetre kullanmak için daha tatmin edicidir ?
2. Kosinüsifimetre
3. Senkronoskop
4. Frekansmetre
- Kaydedici âletlerin çalışma prensipleri ile yapımlarına ait detayları genel olarak öğreniniz.
- Tek fazlı, endüksiyon tipi sayaçların çalışma prensibini ve yapım detaylarını öğreniniz.

13. a) Bir vatmatrenin akım ya da gerilim bobini, âletin ıskalasında okunan değer tam sapmanın çok altında dahi olsa yanabilir. Sebebini açıklayınız.
 - b) Aşırı yüklenmenin akım bobini ya da gerilim devresinden hangisinde olduğunu anlamak için, ne gibi ön tedbirler alınır ?
14. a) Üç fazlı, üç iletkenli bir sistemde iki elemanlı bir vatmetre ile güç ölçülmesine ait bağlantı şemasını çiziniz.
 - b) Üç fazlı sistemde güç ölçmekte kullanılan iki elemanlı vatmetrenin çalışma prensibini anlatınız.
15. Dinamometre tipi bir âlet, reaktif gücü «Var» cinsinden ölçmek için nasıl kullanılabilir
16. Aşağıda gösterilen âletlerin çalışma prensiplerini anlatınız :
 - a) Çapraz bobinli tek fazlı bir kosinüsifimetre,
 - b) Çapraz bobinli üç fazlı bir kosinüsifimetre.
17. Polarize kanatlı bir senkronoskopun çalışmasını anlatınız.
18. Rezonanslı tip bir frekansmetrenin çalışma prensibini anlatınız.
19. Kaydedici bir alet neden önemlidir ? Açıklayınız.
20. a) Tek fazlı tipik bir sayacın parçalarını yazınız.
 - b) Aşağıda gösterilen terimlerin manalarını açıklayınız.
Kayıt oranı
Dişli oranı
Sayacın disk katsayısı.
21. Su ısıtıcısından ibaret bir elektrik yükü, K_H değeri 2 olan bir sayaç ile ölçülmektedir. Kronometre ile ölçülen disk hızının 28,8 saniyede 10 devir olduğu bulunmuştur.
 - a) Isıtıcının çektiği gücü vat cinsinden bulunuz.
 - b) Adı geçen su ısıtıcısı 60 saat süre ile çalıştırılırsa, sayacın kaydettiği enerji kaç kilovat-saattir ?
22. Sayaç ile ilgili aşağıdaki terimlerin manalarını açıklayınız :
 - a) Tam yük ayarlaması,
 - b) Düşük yük ayarlaması.
23. Yardımcı yük ve standart sayaç kullanarak bir sayacın doğruluğunun nasıl tesbit edileceğini bağlantı şemasını çizerek anlatınız.
24. Vat-saat katsayısı $2/3$ olan bir sayacı muayene etmek için, $6/10$ vat-saat katsayılı bir devir standartı kullanılmıştır. Muayeneye tabi tutulan alet 9 devir yaptığında, devir standartı aynı süre içerisinde 10,03 devir yapmaktadır. Bu sayacın yüzde doğruluk değerini bulunuz.
25. Yardımcı yük, devir standartı ve fotosel kontrol sistemi kullanarak, bir sayacın doğruluğunun nasıl ölçüleceğini kısaca anlatınız.



Alternatif Akım Generatörleri

Sabit kutuplar tarafından yaratılan homogen bir magnetik alan içerisinde dönen bir iletken veya bobinde sinüs dalgası şeklinde bir alternatif gerilimin nasıl meydana geldiği Bölüm 1'de görülmüştü. Alan yaratan kutuplar döndürülerek suretiyle endüvi iletkenleri önünden geçirilecek olursa sabit endüvi iletkenleri içerisinde bir E.M.K. indüklenecaktır.

D. A. generatörlerinde, alan yaratan kutuplar sabit olup, üzerinde iletkenler bulunan endüvi döner durumdadır. Endüvi iletkenleri içerisinde indüklenen alternatif gerilim kollektör yardımıyla fırçalarda doğru gerilime çevrilir.

DÖNER ENDÜVİLİ ALTERNATÖRLER

Döner endüvili alternatörler, genellikle küçük kilovolt- amper kapasiteli ve düşük gerilimli olurlar. Genel görünüşleri itibariyle bir D. A. generatörüne benzerler. Yalnız bunlarda kollektör yerine

Genellikle alteratör adı verilen A. A. generatörlerinde, bir kollektör bulunmadığından elektrik enerjisini alternatif gerilim halinde verirler. Bu iş için endüvinin dönmesi şart değildir.

Alternatörler yapımlarına göre iki sınıfa ayrılırlar. Bunlardan biri, döner endüvili A. A. generatörleri olup burada alan yaratan kutuplar sabit, endüvi ise döner durumdadır. Döner kutuplu A. A. generatörleri adını verdiğimiz ikinci tipte ise, sabit bir endüvi (stator) bulunur, alan kutupları bunun içerisinde dönerler.

bilezikler bulunur. Kendisi bir A. A. generatörü olarak, kendi uyarım akımını veremeyeceğinden uyarım bobinlerinin mutlaka bir dış D. A. güç kaynağından beslenmesi gerekir.

DÖNER KUTUPLU ALTERNATÖRLER

Ekseri alternatörler, döner kutuplu tiptedir. Döner kutuplu veya rotor tipleri için gerekli uyarım akımı, bilezik ve fırçalar yardımı ile bir dış D. A. güç kaynağından sağlanır. Endüvi bobinleri, paket haline getirilmiş saç çekirdeğin olukları içerisinde yerleştirilir. Stator ise, paket haline getirilmiş ince saçların çelikten yapılmış generatör gövdesine sıkıca tutturulmasıyla meydana gelir. Uyarım gerilimi genellikle 100 ile 250 volt arasında, uyarım devresi gücü ise oldukça küçüktür.

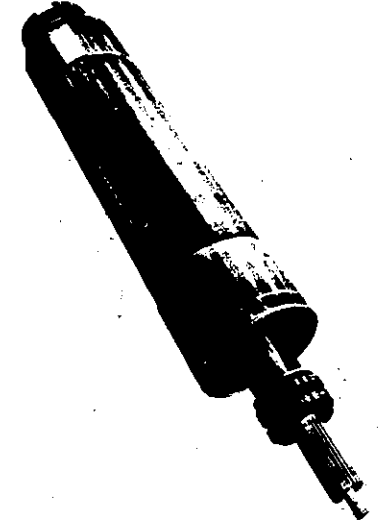
Döner kutuplu generatörlerin, döner endüvili alternatörlere nazaran bazı avantajları vardır.

1 — Bunlarda endüvi bobinleri sabit olduğundan, titreşime ve merkezkaç etkiye maruz kalmazlar. Bu sebepten bu tip generatörlerden 11000 ile 13800 volt arasında gerilim elde etmek mümkündür.

DÖNER KUTUP

İki değişik tipte döner kutup yapısı kullanılır. Bunlardan biri çıkıntılı kutup, diğeri ise silindirik tiptir. Çıkıntılı kutup yapısında magnetik alan yaratan kutup çıkıntıları birbiri karşısına gelecek şekilde düzenlenmiştir. Devir sayıları dakikada 1800 den aşağı olan

2 — Dış devreye alınan çıkış, iyi yalıtılmış kalın kablolarla bilezik veya kollektör kullanılmadan doğrudan doğruya stator sargılarından alındığından; bu tip alternatörler oldukça yüksek akımlar için yapılabilirler.

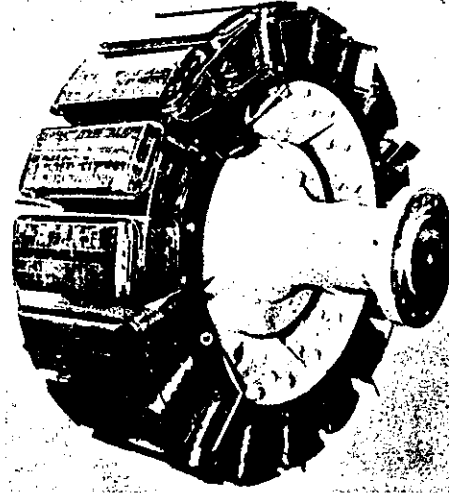


Şekil 12-1. Çıkıntılı Kutuplu Olmayan Silindirik Rotor.

düşük devirli alternatörlerde bu tip kutup yapısı kullanılır. Adı geçen tipteki alternatörleri döndürmek için en çok dizel üniteleri veya su türbinleri kullanılır. (Dizel veya su türbini, alternatörlere mekanik enerji sağlar).

Şekil 12-2 de düşük devirli bir alternatörde kullanılan çıkıntılı kutup tipi bir rotor görülmektedir. Bütün kutuplar, fuko akımı kayıplarını azaltmak için paket haline getirilmiş çelik saçlardan yapılmışlardır. Alan yaratan bobinler saç paket halindeki kutuplar üzerine monte edilmiş olup, bir kuzey ve bir güney kutup olacak şekilde seri bağlanmışlardır. Alan yaratan kutupları uyarmak için bobinlere bir dış D.A. güç kaynağından iki bilezik yardımı ile düşük gerilim uygulanır. Alan yaratan her kutup çelikten yapılmış bir ayağa tutturulmuştur. Bazı hallerde merkezkaç etkisine karşı daha dayanıklı olması için kutup parçaları, ayaklara kırlangıç kuyruğu geçme şeklinde bağlanırlar. Kutbu tutan ayak parçası ise generatör miline geçme olarak tutturulur. Şekil 12-2 de görüldüğü üzere çıkıntı kutuplu rotorda her kutbun üzerinde bulunan oyukta bir bastırıcı sargı (amortisör sargısı) bulunur. Bu sargının kullanılış sebebi ileride anlatılacaktır.

Büyük buhar türbini ile döndürülen tipik alternatörler dakikada 1500 veya 3000 devir yaparlar. Buhar türbini ile döndürülen alternatörlerin çoğu silindirik rotorlu olduğundan, çıkıntı kutuplu büyük rotorlar bu devirlerde çalıştırılmazlar. Daha küçük buhar türbini ile döndürülen 5000 Kw dan düşük güçlü alternatörler, çıkıntı kutuplu tipte olup, devir düşürü-



Şekil 12-2. Çıkıntılı Kutuplu Tip Alternatör Rotoru.

cü dişli kullanan ve dakikada 5000 veya 6000 devir yapan türbin vasıtasıyla ekseriya dakikada 1000 devirle döndürülürler. Daha yüksek devirli bir türbin, dakikada 3000 devir yapan bir türbinden çok daha verimlidir. Böyle komple bir ünite direkt olarak dakikada 3000 devirle döndürülen silindirik rotorlu generatör sisteminden daha ucuzdur ve verimi daha yüksektir.

Silindirik rotorlardaki alan bobinleri, çıkıntı kutuplu tiplerde olduğu gibi kutuplar üzerine sarılmayıp oyuklar içerisine yerleştirilmiştir. Döner kutup devresine düşük gerilimli D.A. uyartım akımı, bilezikler yardımı ile sağlanır. Hemen bütün tesisatlarda uyartım kaynağı alternatörün miline direkt olarak monte edilir.

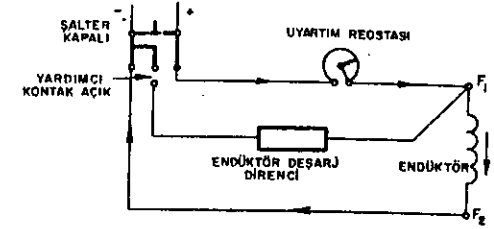
ALAN DEŞARJ DEVRESİ

Bağımsız uyartımlı bir alternatör, iki kutuplu bir şalter yardımı ile D.A. besleme devresinden ayrılacak olursa, alan bobinleri içerisinde ani bir gerilim indüklendir. Bu gerilimin meydana getirdiği azalan manyetik akıya ait kuvvet çizgileri alan sargılarının bir çok sarımını keserler. İndüklenen bu E.M.K. alternatöre zarar verebilir. Bu durumu ortadan kaldırmak için özel bir alan deşarj şalteri kullanılır.

Şekil 12-3 ve 12-4 de bağımsız uyartımlı alternatörün alan besleme devresi görülmektedir. Alan deşarj şalteri kapalı durumda çift kutuplu tek durumlu bir şalter olarak iş görür. Alan deşarj şalterinin yardımcı bir bıçağı olup bu bıçak, şalter kapalı durumda iken açık durumda bulunur.

Şalter açılırken yardımcı bıçak, esas şalter açılmadan kısa bir zaman önce kapanır. Böylece, esas şalterin bıçakları açıldığında yardımcı bıçak yardımıyla alan deşarj direnci, alan reostası ve ampermetre üzerinden bir devre meydana gelir ki bu durumda deşarj direnci, doğrudan doğruya alan sargılarının uçları arasına bağlanmış olur.

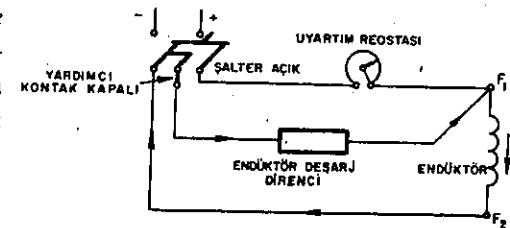
Azalan manyetik alan tarafından, alan bobinleri içerisinde meydana getirilen yüksek gerilim al-



Şekil 12-3. Endüktör (Uyartım) Devresi Deşarj Şalterinin Kapalı Durumu.

tında alan deşarj direnci içerisinde bir akım geçeceğinden manyetik alanın sahip olduğu enerji ani olarak harcanır. Böylece alan sargıları yalıtkanı ve devreyi adı bir şalterle açan şahıs için tehlikeli olabilecek durum, bu düzenle ortadan kaldırılmış olur.

Hemen bütün alternatörlerde bu veya buna benzer alan devreleri kullanılır. Daha büyük makinelerde alan kontaktörleri veya alan devre kesicileri kullanılır. Bu her iki tip devre açıcıda da normal olarak esas iki bıçak açıldığında kapanan bir deşarj bıçağı bulunur.



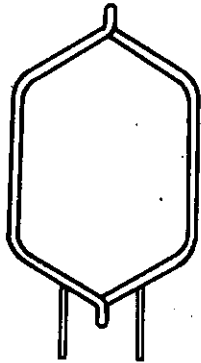
Şekil 12-4. Endüktör Devresi Deşarj Anahtarının Açık Durumu.

STATOR SARGILARI

Bir D. A. endüvisinin alternatif gerilim ürettiğini hatırlayacaksınız. O halde kollektör yerine bilezikler kullanmak ve uygun bir bağlantı yapılmak suretiyle böyle bir sistemden alternatif gerilim elde edilebilir. Ekseri küçük kapasiteli, gerilimi düşük, bir fazlı dönen endüvili alternatörlerde, pratik olarak D. A. generatörlerindeki benzer bir endüvi sargısı bulunur.

Büyük güçlü üç fazlı döner kutuplu tip A.A. generatörlerinde kullanılan stator sargıları, çeşitli tiplerde olabilir. Stator sargıları, genellikle stator gövdesinin çevresine yerleştirilmiş olan çift sayıda bobinlerden meydana gelir.

Şekil 12-5 de stator gövdesi içerisinde bulunan oluklara yerleştirilmiş ve kaçak bakımından dikkatle yalıtılmış makina sarımlı tipik bir bobin görülmektedir. Bobinlerin ölçüleri, zıt kutuplar ara-

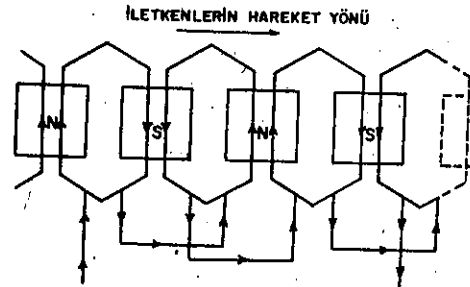


Şekil 12-5. Biçimlendirilmiş Bobin.

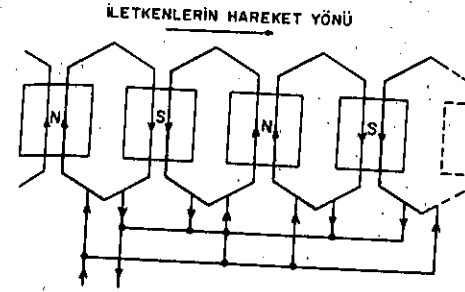
sındaki mesafeyi kapsayacak kadardır. Bu ölçüde yapılmış bir bobine tam adımlı, bundan daha küçük ölçüdeki bir bobine de kısa adımlı sargı adı verilir. Üç fazlı bir alternatörde üç bobin grubu statorda bulunan oluklar içerisinde elektrik bakımından birbirinden 120° farklı gerilim yaratacak şekilde yerleştirilmişlerdir. Tek bir faza ait bobin sargılarının hepsine birden faz kuşağı adı verilir.

Şekil 12-6 da bir faza ait bobin veya faz kuşağından en çok gerilim elde etmek için, bunların nasıl seri bağlandıkları görülmektedir. Şekil 12-7 de ise daha düşük bir gerilim fakat daha çok akım elde etmek için, bobinlerin paralel bağlanması gösterilmiştir.

Şekli 12-8 de üç fazlı basit bir sargı gösterilmiştir. Burada üç ayrı faza ait sargılar veya faz ku-



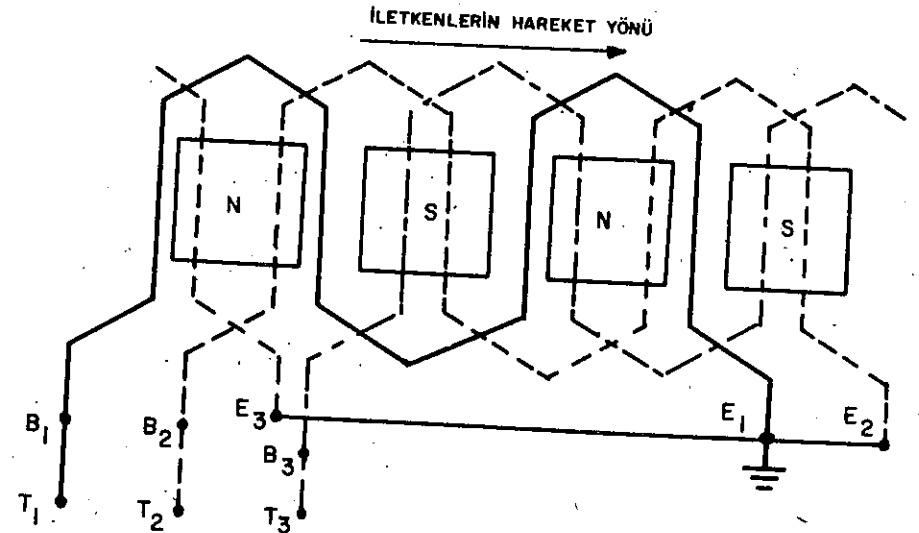
Şekil 12-6. Biçimlendirilmiş (Kalıplanmış) Bobinler, Maksimum Gerilim Alınacak Şekilde Bağlanmış.



Şekil 12-7. Kalıplanmış Bobinler Maksimum Akım Alınacak Şekilde Bağlanmış

şakları yıldız olarak bağlanmışlardır. Üç ayrı faza ait bobinler ya da faz kuşakları; yıldız ya da üçgen olarak bağlanabilirler.

Yıldız bağlantıdan, üçgene nazaran daha yüksek çıkış gerilimi elde edildiğinden ekseriya bu bağlantı şekli kullanılır.

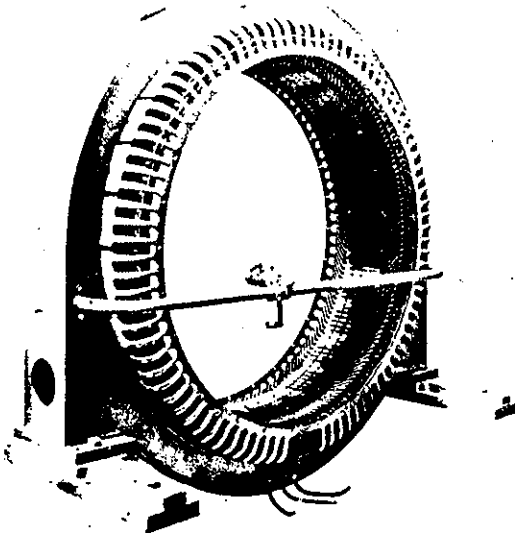


Şekil 12-8. Üç Fazlı Endüvi Sargısı.

Şekil 12-9 da çıkıntı kutuplu rotor kullanan 3 fazlı bir alternatörün stator sargısı görülmektedir. Şekil 12-4 de görülene benzer şekil verilmiş bobinler saç paketten meydana gelen stator gövdesindeki oluklar içerisine yerleştirilmiştir. Üç ayrı faza ait bu bobinler elektriksel bakımdan birbirinden 120° faz farklı üç E.M.K. verecek şekilde bağlanmışlardır. Çıkış geriliminin, her faza ait sargı geriliminin 1.73 katı olabilmesi için, tek faz kuşakları kendi aralarında yıldız olarak bağlanmışlardır. Stator sargılarından çıkan üç hat, üç fazlı dış devreye bağlanabilmek üzere stator gövdesinin alt kısmından dışarıya çıkarılır. Alternatör çalıştığında, stator gövdesi, dönen alan kutupla-

rının yarattığı akı tarafından devamlı olarak kesilir. Böylece indüklenen gerilimler stator gövdesi içerisinde fuko akımlarının doğmasına sebep olur. Fuko akımlarını minimum değere indirmek için stator gövdesi, paket haline getirilmiş saçlardan ya da ince çelik şeritlerden yapılır. Paket haline getirilmiş saçlardan yapılan stator esas karkasa çelik köşebentlerle tutturulur.

Şekil 12-9 da verilen komple statordan görüleceği üzere, stator sargılarının sıcaklığının aşırı derecede yükselmemesi için, gövdede havalandırma delikleri ve çelik karkasda ise havalandırma kanalları bulunur.



Şekil 12-9. Alternatörün Stator (Endüvi) Sargısı.



Şekil 12-10. Buhar Türbini ile Döndürülen Üç Fazlı Alternatörün Statoru ve Sargıları.

Şekil 12-9 da görülen düşük devirli alternatörün çapı oldukça büyüktür. Burada şekil 12-2 de olduğu gibi çıkıntı kutuplu bir rotor kullanılabilir.

Şekil 12-10 da türbinle döndürülen üç fazlı bir alternatörün stator gövdesi ile sargıları görülmektedir. Stator burada yine fuko akım kayıplarını azaltmak için, paket haline getirilmiş ince saçlardan yapılmıştır. Türbinle döndürülen alternatörde oluk kenarlarının altlarında sıra halinde delikler vardır. Bu delikler, stator gövdesi ve sargılarda meydana gelecek sıcaklığı önlemek için hava yada hidrojen dolaşım kanalı olarak iş görürler. Bir kısa devre anında geçen yüksek değerdeki

kısa devre akımları, bobinlerin baş kısımlarının kıvrılmasına hatta kopmalarına sebep olacak kadar kuvvetli olabilir. Bu gibi durumları önlemek için, bobin baş kısımlarını tutturmakta Şekil 12-10 da görülen özel bir bağlantı şekli kullanılır.

Türbinle döndürülen üç fazlı bir alternatöre ait şekil 12-10 da görülen statorun, sargılarla birlikte gövde çapının oldukça küçük oluşuna dikkat ediniz. Bu statorla kullanılabilen, çıkıntı kutuplu olmayan silindirik tipte bir rotor şekil 12-1 de gösterilmiştir.

HAVALANDIRMA

Çıkıntı kutuplu alternatörlerde, adı geçen kutuplar bir vantilatörün pervaneleri gibi hava dolaşımını yarattıklarından ve daha büyük yüzeyler dış hava ile temas halinde bulunduğundan, bu tip alternatörlerin çalışması için gerekli havalandırmanın elde edilmesi özel bir problem teşkil etmez.

Buna karşılık, yüksek devirli silindirik rotorlu alternatörlerde havalandırma güçlükleri vardır. Düzgün silindirik bir rotor hava dolaşımını bakımından çok az bir vantilasyon etkisi sağlar. Ayrıca bu tip alternatörlerin etraftaki hava ile temasta bulunan yüzeyleri de küçüktür. Bu tip makinelerin sabit kısımlarının boyları oldukça uzun, çapları ise küçüktür. Paket halinde stator gövdesinden belli bir miktar manyetik akı geçirebilmek için, statorun oluk altlarında ki kısmının yeter et kalınlığında olması gerekir. Bu bize, alternatörleri diğer şekilde de soğutmanın mümkün olduğunu gösterir. Soğutmada hemen her zaman uy-

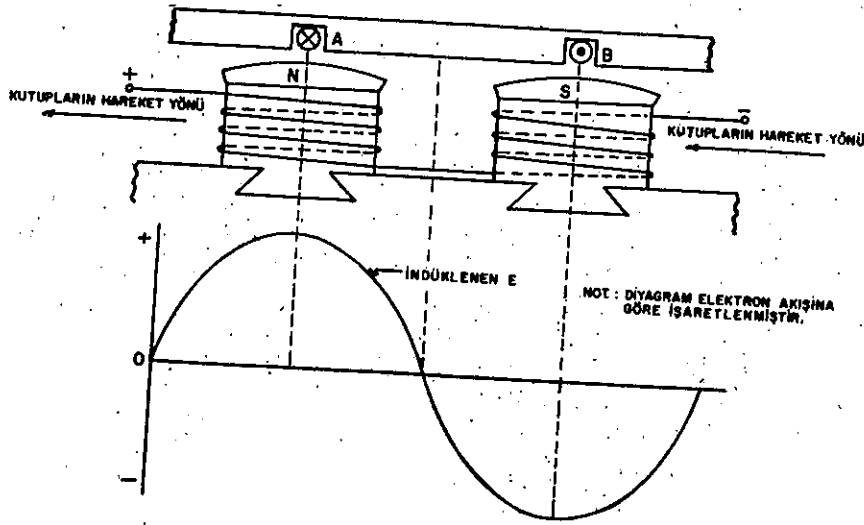
gulanan yol, hava veya hidrojen kullanarak alternatörün etrafını tamamen soğutucu sistemle kaplamaktır. Daha büyük makinalarda boru şeklinde iletkenler içerisinden geçirilen yağ veya su soğutucu olarak kullanılır.

Ekseri yüksek devirli büyük turbo - alternatörlerin etrafı tamamen soğutma sistemiyle kaplıdır. Soğutucu ortam olarak da hidrojen kullanılır. Hidrojenin soğutucu olarak kullanılmasının birçok sebepleri vardır. Hidrojenin yoğunluğu yaklaşık olarak havanın ancak yüzde 10 u kadar olduğundan yüksek devirli alternatörlerin hava sürtünme kayıpları büyük ölçüde azaltılmış olur. Ayrıca hidrojen, yaklaşık olarak ısıyı havadan 7 kere daha iyi iletmediğinden stator gövdesi ve sargıların soğumasında daha etkili olur. Hidrojenin patlama özelliği ve boşaldıkça yenisinin doldurulmasının paraya bağlı oluşu alternatör karkasının hava sızdırmaz şekilde yapılmasını zorunlu kılar. Hidrojenin turbo - alterna-

tör içerisindeki kanallarda sirkülasyonu bir vantilatör tarafından sağlanır ve alternatör bir su soğutma sistemiyle soğutulur.

Şekil 12-11 de iki kutbun döner alan yapısı içerisinde meydana getirdiği manyetik akımın, duran endüvi ile alan kutuplarının hareket hattı, aynı yatay düzlem içerisinde sağdan sola doğru dönecek şekilde gösterilmiştir. Sabit alanla endüvi arasında rölatif bir hareket sağlamak için, kutuplar sabit tutularak endüvi iletenleri soldan sağa doğru döndürülür. Fleming'in ge-

neratör kaidesini kullanarak endüvi iletenlerinin sabit bir alan içerisinde sola doğru hareket ettiğini düşünürsek; endüvinin A iletenleri içerisinde indüklenen gerilimin, elektronların okuyucudan sayfaya doğru gitmelerini sağladığı görülür. Aynı anda, B iletenleri içerisinde indüklenen gerilimin de elektronların okuyucuya doğru gelmelerine sebep olduğu görülecektir. Bu resimdeki iki ileten kapalı bir bobin devresi teşkil edecek şekilde bağlanacak olursa iki iletenin gerilimleri birbirine eklenir. Elde edilecek gerilimin değeri, gaus olarak (B) akı yoğunluğuna, endüvi iletenlerinin aktif (L) uzunluğuna ve endüvi iletenlerinin (V) hızına bağlıdır.



Şekil 12-11. İndüklenen E.M.K. ve Sabit Endüvi.

Buna göre :

$$\text{İndüklenen E gerilimi} = \frac{BLV}{10^8}$$

olur.

Aynı formül birinci bölümde verilmiştir. Alan kutupları sinüsoidal bir akı dağılımı içerisinde sabit bir hızla döndüğü sürece bobin içerisinde indüklenen E.M.K. in şekli sinüsoidal olacaktır :

İndüklenen gerilimin frekansı bölüm 1 de anlatıldığı gibi; kutup sayısına ve A. A. generatörünün hızına bağlıdır. Bölüm 1 gözden geçirildiğinde, güney ve kuzey kutuplar bir bobinin önünden geçecek şekilde döndürülecek olursa bir sayıklık gerilimin meydana geldiği görülecektir. O halde, döner alanın bir devri esnasında meydana gelen gerilimin sayıklık adedi, rotor üzerinde bulunan çift kutup sayısına eşit olacaktır. (Bir çift kutup, bir güney ve bir kuzey kutuptan ibarettir.) Aşağıdaki formülde; toplam kutup adedi P, çift kutup adedi P/2, dakikadaki devir adedi n, saniyedeki devir

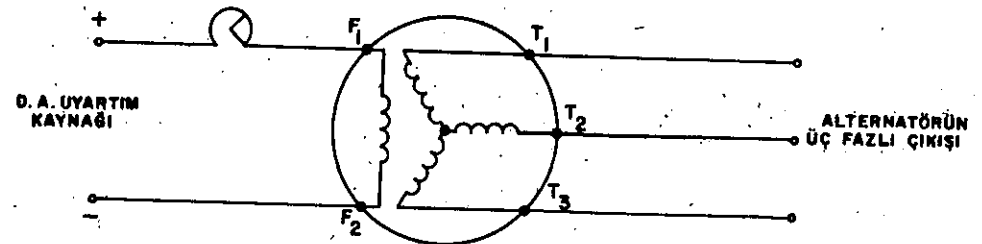
adedi n/60 ve saniyedeki sayıklık adedi de frekans olarak alınırsa :

$$F = \frac{P}{2} \times \frac{n}{60} \times \frac{pn}{120} \text{ olur.}$$

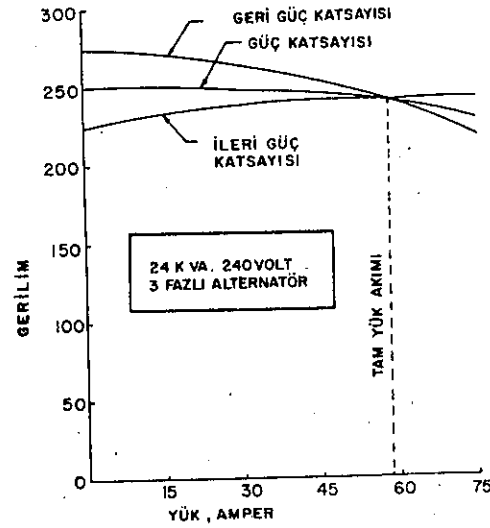
Şimdi bölüm 1 deki frekans tablosuna bakalım. Bu tablo bize, çeşitli rotor hızı ve alan kutup sayısıyla elde edilecek frekansları verir.

Herhangi bir alternatörde indüklenen gerilim değeri, alan şiddetine ve rotorun hızına bağlıdır. Sabit bir frekans elde etmek için, alternatörlerin sabit bir devirle döndürülmesi şarttır. İndüklenen gerilimin genliği ise, D. A. alan uyarımının değerine bağlıdır. Çıkış gerilimini değiştirmek veya kontrol etmek için kullanılan en basit metot, alan devrelerine seri olarak konan alan reostasının direnç değerini değiştirmektir.

Şekil 12-12 de bağımsız uyarımlı üç fazlı bir alternatörün çıkış gerilimini ayarlamak için uyarım devresinde kullanılan bir reosta görülmektedir. Sabit bir de-



Şekil 12-12. Üç Fazlı Alternatör.



Şekil 12-13. Alternatörün Yük Eğrileri.

virle döndürülen ve sabit bir uyarım akımıyla beslenen bir alternatörün çıkış gerilimi, ancak, yük akımı artarsa değişir. Meydana gelecek değişme miktarı, endüvi sargılarının empedansına ve yük dev-

$$\frac{\text{Yüksüz gerilim} - \text{tam yükteki gerilim}}{\text{Tam yükteki gerilim}} \times 100$$

ENDÜVİ GERİLİM DÜŞMELERİ

Bir alternatörün endüvi sargılarında, sargıların etkin direncinden dolayı bir gerilim düşmesi olduğu gibi, sargıların endüktif reaktansından dolayı da yine bir gerilim düşmesi meydana gelir. Bu geri-

resinin güç faktörüne bağlı olacaktır.

Şekil 12-13 de yük güç faktörünün çıkış gerilimi üzerine olan etkisi görülmektedir. Şekil 12-13 de görülen her yük gerilim karakteristik eğrisi, alternatörün alan reostası çıkışta tam yük akımında 240 volt elde edilecek şekilde ayarlanmak suretiyle elde edilmiştir. Sabit devir ve sabit uyarım akımı altında, çıkış geriliminde tam yük ve yüksüz durumlar arasında meydana gelecek değişmeye «yüzde gerilim regülasyonu adı verilir».

Sabit devirde, uyarım akımı sabit tutulan bir alternatörün yük akımının, tam yük değerinden sıfıra düşürülmesiyle çıkış geriliminde meydana gelecek yüzde değişme miktarına o alternatörün yüzde gerilim regülasyonu denir.

$$\frac{\text{Yüksüz gerilim} - \text{tam yükteki gerilim}}{\text{Tam yükteki gerilim}} \times 100$$

lim düşümlerinin ikisine birden endüvi empedans gerilim düşmesi adı verilir. Aşağıdaki misalde görüleceği üzere, endüvi sargılarında indüklenen gerilimi bulmak için; endüvi sargılarında meydana

gelen empedans gerilim düşüm miktarının çıkış gerilimine vektöriyel olarak eklenmesi gerekir.

Tek fazlı 50 C/S lik bir alternatörün tam yükteki gücü 240 voltta 30 kva dır. Endüvi sargılarının etkin direnci 0,04 om ve endüktif reaktansı ise 0,1 omdur. Tam yük akımında güç faktörü 1 olan bu alternatörün sargılarında indüklenen gerilimi bulmak için; endüvi sargılarında meydana gelen empedans gerilim düşüm miktarının çıkış gerilimine vektöriyel olarak eklenmesi gerekir.

Tek fazlı 50 C/S lik bir alternatörün tam yükteki gücü 240 voltta 30 kva dır. Endüvi sargılarının etkin direnci 0,04 om ve endüktif reaktansı ise 0,1 omdur. Tam yük akımında güç faktörü 1 olan bu alternatörün sargılarında indüklenen E.M.K. ne kadardır ?

Alternatörün verilen yükteki çıkış akım değeri :

$$I = \frac{VA}{E} = \frac{30000}{240} = 125 \text{ amper.}$$

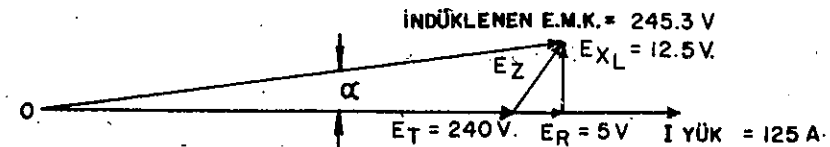
Endüvi sargılarında tam yükte, etkin direnç ve endüktif reaktansdan dolayı meydana gelecek gerilim düşmeleri ise :

$$E_R = I \cdot R = 125 \times 0,04 = 5 \text{ Volt}$$

$$E_{X_L} = I \cdot X_L = 125 \times 0,1 = 12,5 \text{ Volt.}$$

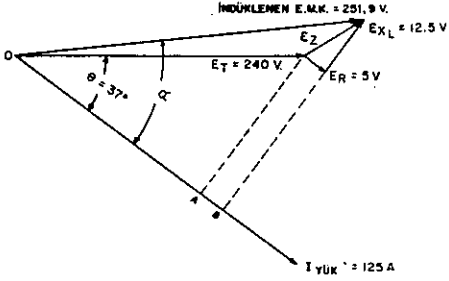
Şekil 12-14 de güç faktörü 1 olan bir yükte yüklenmiş tek fazlı bir alternatörün vektör diyagramı görülmektedir. Burada, alternatörün bir direnç ile endüktif reaktansdan meydana gelen seri bir devre gibi yük akımının da referans doğrusu olarak kullanıldığı görülecektir. Buradaki 125 amperlik yük akımı, çıkış gerilimi ve endüvi sargılarının direncinden dolayı meydana gelen gerilim düşmesiyle aynı fazdadır. Endüvi sargılarının endüktif reaktansından dolayı meydana gelen gerilim düşmesi ise yük akımından 90° ileridedir. Etkin direnç ve endüktif reaktansdan dolayı meydana gelen gerilim düşümlerinin vektöriyel toplamı IZ veya endüvi empedansı gerilim düşmesi olarak ifade edilir.

Vektör diyagramında dik açılı bir üçgenin hipotenüsü olarak gösterilen, indüklenen E.M.K. değeri :



Şekil 12-14. Güç Katsayısı Bir Olan Yükle Yüklü Alternatör.

$$\begin{aligned} \text{İndüklenen } E &= \sqrt{E_T + IR)^2 + (I \times L)^2} \\ &= \sqrt{(240 + 5)^2 + 12,5^2} \\ &= \sqrt{60180} = 245,3 \text{ V.} \end{aligned}$$



Şekil 12-15. Geri Güç Katsayılı Yükü Taşıyan Alternatör.

Generatörün çıkış uçlarında 240 V. luk gerilim yük akımıyla aynı fazda iken, endüvide indüklenen E.M.K. 245,3 V. ve yük akımı bundan α açısı kadar geridedir.

Şekil 12-15 de aynı 30 KVA lık alternatörün geri güç faktörlü bir yüke göre vektör diyagramı görülmektedir. Çıkış uçlarında 240 volt gerilim bulunan alternatör, geri güç faktörü 0,8 olan yüke, 125 amperlik bir yük akımı beslemek-

$$\begin{aligned} \text{İndüklenen } E &= \sqrt{(\text{Cos } \phi \cdot E_T + IR)^2 + (\text{Sin } \phi \cdot E_T + I \times L)^2} \\ &= \sqrt{(0,8 \times 240 + 5)^2 + (0,6018 \times 240 + 12,5)^2} \\ &= 251,9 \text{ Volt.} \end{aligned}$$

Endüvideki empedans gerilimi aynı olmasına rağmen, geri güç faktörlü durumda indüklenen gerilim; güç faktörü 1 olan duruma nazaran daha yüksektir. İndük-

tedir. Yük akımı çıkış gerilimine göre ϕ açısı kadar geride, bu durumda 37° geridedir. Endüvi sargılarının 5 voltluk IR gerilim düşmesi, çıkış geriliminin sonuna yük akımıyla aynı fazda olacak şekilde konmuştur. Endüvi sargılarının endüktif reaktansından dolayı meydana gelen gerilim düşmesi ise yük akımından 90° ileridedir. Endüvide indüklenen E.M.K. değerini bulmak için, endüvi empedansı gerilim düşmesi IZ (IR ve $I \times L$ nin bileşkesi) ile çıkış gerilimi vektörel olarak toplanır. Vektör diyagramı bize, yük akımı çıkış gerilimine göre geride olursa, küçük endüvi empedansı üçgeninin saat yelkovanı yönünde kayarak bunun sonucunda indüklenen gerilim vektörünün, güç faktörü 1 olan yüke göre daha büyük bir değer alacağını gösterir.

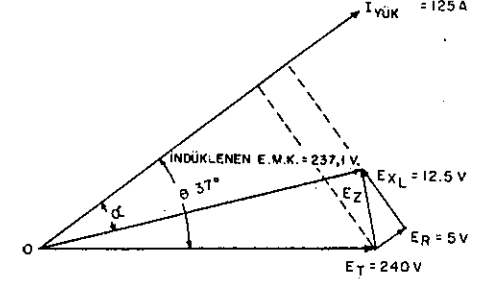
Şekil 12-15, 0,8 geri güç faktörü için indüklenen gerilimin aşağıdaki formül yardımıyla bulunabileceğini göstermektedir:

nen E.M.K. sabit kalmak şartıyla, yük akımının çıkış gerilimine nazaran gerilik derecesini gösteren açı büyürse, çıkış gerilimi azalır. Şekil 12-15 den, çıkış geriliminde-

ki bu azalmaya, endüvi empedansı gerilim düşmesinin, indüklenen E.M.K. den vektöriyel olarak çıkarılmasından meydana gelen açının sebep olduğu görülecektir.

Yük akımı çıkış gerilimine göre ileride ise, endüvide indüklenen E.M.K. in çıkış geriliminden daha düşük değerde olacağı görülür.

Şekil 12-16 da daha önce iki örnekte kullanılan tek fazlı 30 kva.lık aynı alternatöre ait vektör diyagramı, yük akımı çıkış gerilimine göre 37° ileride olacak şekilde verilmiştir. Endüvideki empedans gerilim düşmesi ile indüklenen gerilim arasındaki faz münasebeti dolayısıyla, çıkış gerilimi, indüklenen gerilimden daha büyük olacaktır. Yük akımı ile çıkış gerilimi arasındaki ileri faz açısı büyüdükçe, endüvi empedansı gerilim vektörü saat yelkovanının ters yö-



Şekil 12-16. İleri Güç Katsayılı Yükü Taşıyan Alternatör.

nünde hareket ederek aynı çıkış gerilimi için, indüklenen gerilim vektörünün boyunu kısaltır. İleri güç faktörü 0,8 olan bir yüke, 125 amperlik tam yük akımı beslendiğinde çıkış gerilimini 240 voltta sabit tutabilmek için, endüvide indüklenmesi gereken gerilim:

$$\begin{aligned} \text{İndüklenen } E &= \sqrt{(\text{Cos } \phi \cdot E_T + IR)^2 + (\text{Sin } \phi \cdot E_T - I \times L)^2} \\ &= \sqrt{(0,8 \times 240 + 5)^2 + (144,43 - 12,5)^2} \\ &= 237,1 \text{ Volt olur.} \end{aligned}$$

Bu üç örnek, endüvi sargılarında ki IR ve $I \times L$ kayıplarının çıkış gerilimi üzerine olan etkisini göstermektedir. Alternatörler ekseriya geri güç faktörlü yük devrelerini beslerler: Son bahsedilen ileri güç faktörlü duruma ise çok az rastlanır.

Bir alternatörün gerilim karakteristiğine etki yapan diğer bir faktör de, endüvi reaksiyonudur. Güç faktörü 1 olan alternatörde

endüvi reaksiyonu distorsiyonlu bir manyetik akı meydana getirir.

Bir alternatör geri güç faktörü ile çalışıyorsa, endüvi sargılarında ki akım tarafından meydana getirilen MMK. esas alana göre zıt yönde bulunacağından; bu alanın manyetik akı değerinin azalmasına sebep olur. Bu, ayrıca, indüklenen gerilim değerinin azalması sonucunu da verir. Güç faktörünün gerilik değeri azaldıkça zıt yönde

bulunan endüvi MMK'i artarak esas alanı zayıflatacaktır.

Bir alternatör ileri güç faktörlü bir yükü beslerse; endüvi akımı endüvi içerisinde bir M.M.K. meydana getirir. Bu M.M.K. esas alana yardım edecek yönde olduğundan bu alanın manyetik akı değerinin artmasına sebep olur. Dolayısıyla yük akımındaki bir artma alternatörün çıkış gerilimini yükseltir.

Aşağıdaki şekil 12-17 de görülen örnekler, yük güç faktörlerinin değişik değerleri için endüvi MMK'nin esas alan akısına nasıl etki yaptığını göstermektedir. Bu etkiyi kolay olarak izah etmek için döner endüvili tipte iki kutuplu bir alternatör kullanılmıştır. Döner kutup tipinde alternatör için de durum aynıdır.

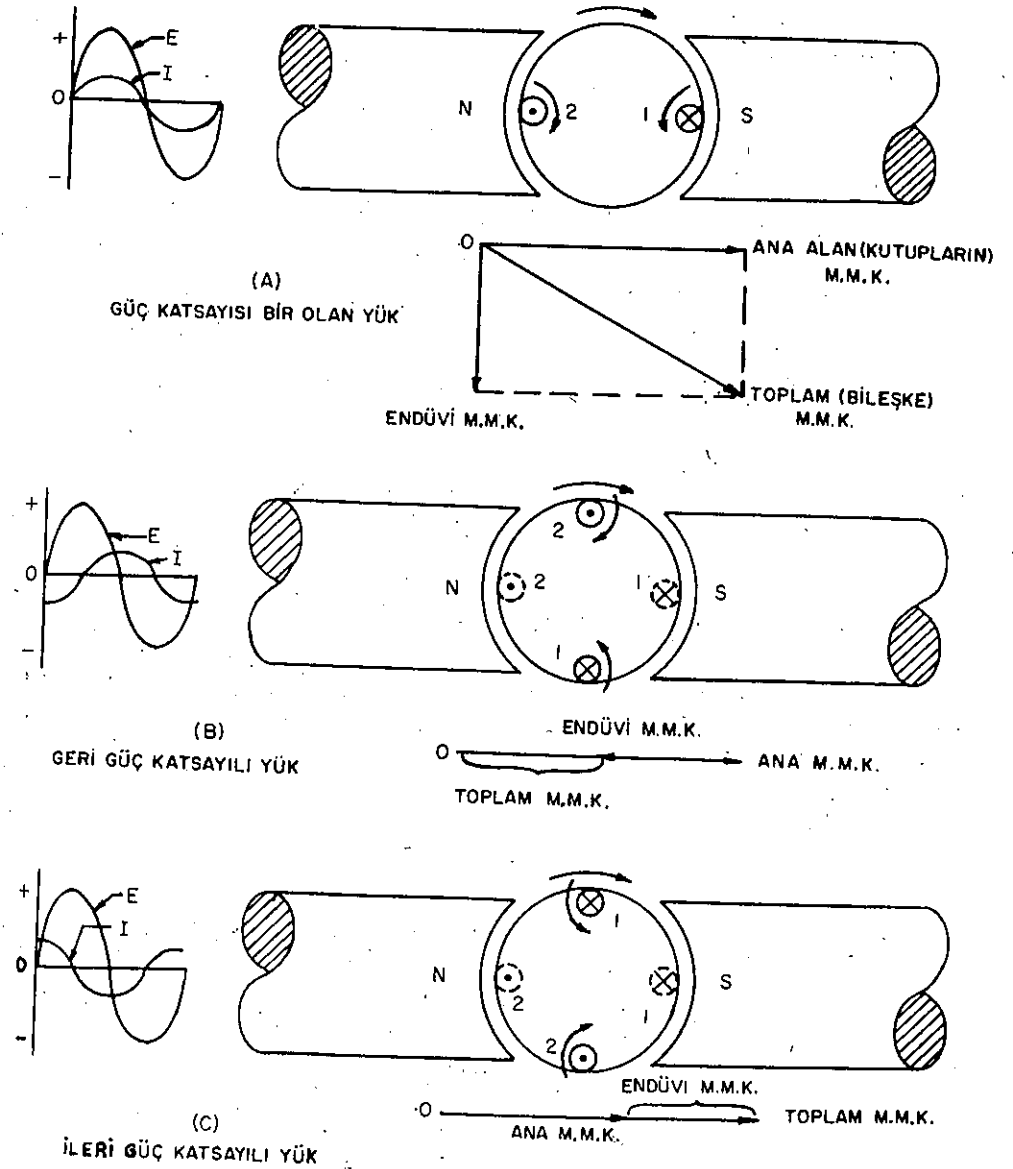
Şekil 12-17 deki misaller ve değişik güç faktörlü yüklere ait vektör diyagramlar incelendiğinde, endüktif reaktans ve endüvi reaksiyonunun çıkış geriliminde meydana gelecek gerilim düşümü üzerine aynı etkiyi yaptıkları görülür. Bu etkilerin her ikisi de endüvi akımıyla orantılıdır. Genellikle bu iki etki bir isim altında toplanarak senkron reaktans adını alır.

Şekil 12-18 de bir alternatörün duran endüvi sargıları için kullanılan tipik bir oluk düzeni görülmektedir. Endüvi iletkenleri, statorun paket haline getirilmiş demir saçtan meydana gelen çekir-

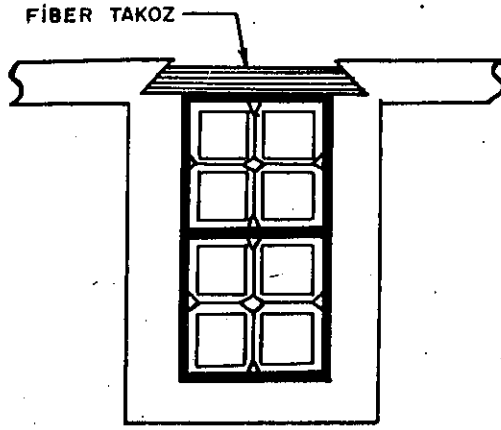
deği tarafından kuşatılmıştır. Demir çekirdek yapısı içerisindeki fuko akımı kayıpları ile histerizis kayıpları bir güç kaybını temsil ederler. Çekirdek içerisindeki molekül sürtünmesi kaybı (histerizis kaybı) ve fuko akımı kayıpları olarak harcanan gücün, endüvi sargıları içerisindeki akım tarafından beslenmesi şarttır. Bu, etkin direncin omik dirençten daha yüksek değerde olacağını ifade eder. Genellikle, 25 sayıklık alternatörlerin etkin dirençleri, omik dirençlerinin 1,1 veya 1,2 katı iken; 50 sayıklık alternatörlerin etkin dirençleri, omik dirençlerinin 1,3 veya 1,4 katıdır. 50 sayıklık alternatörlerin etkin dirençlerini bulmak için bunların doğru akım direnci ölçülür sonra bu değer 1,3 ile çarpılır.

Senkron empedansını ölçmek için alternatörü, çıkış uçları kısa devre olarak çalıştırmak gerekir. Şekil 12-9 da tek fazlı bir alternatörün S anahtarı kapatıldığında çıkış uçlarının bir ampermetre üzerinden kısa devre oluşu görülmektedir.

S anahtarı kapalı iken alan uyarım akımı; endüvi amper değeri, tam yük akımının yaklaşık olarak % 150 si oluncaya kadar artırılır. Akım değeri alındıktan sonra S anahtarı açılır ve generatör çıkış uçları arasına bir voltmetre bağlanarak çıkış gerilimi okunur. Alternatörün hızı gibi alan uyar-



Şekil 12-17. Endüvi Reaksiyonunun Etkileri.



Şekil 11-18. Stator Sargıları için Tipik bir Oluk Yerleştirilişi.

tım akımı da sabit tutulur. Endüvi sargılarının senkron empedansı, açık devre gerilimini kısa devre akımına bölmek suretiyle bulunur. Alternatör kısa devre edildiğinde, bu gerilim endüvi sargıları içerisinde büyüyerek çalışma frekan-

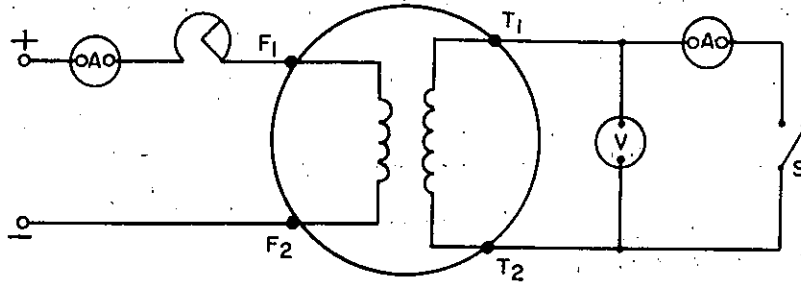
sında kendi empedansı üzerinden geçen akımın devamını sağlar.

$$Z_s = \frac{\text{açık devre gerilimi } E}{\text{kısa devre akımı } I} \text{ olarak yazılır.}$$

Senkron reaktans değeri ise, daha önceden bilinen etkin direnç yardımı ile bulunur. Senkron reaktansı veren formül ise :

$$X_{Ls} = \sqrt{Z_s^2 - R^2} \text{ dir.}$$

24 kva, 240 voltluk tek fazlı 60 sayıklık bir alternatörün senkron empedansı, şekil 12-19 da görülen bağlantıdan faydalanılarak hesaplanmıştır. Alan uyarım akımı ampermetrede 150 amper okunucaya kadar arttırılır. S anahtarı açıldığında alan uyarım akımı ile hız aynı kalmak şartıyla voltmetrede 105 volt okunuyor. Endüvi sargılarının omik direnci 0,1 om olduğuna göre,



Şekil 12-19. Bir Fazlı Alternatörün Senkron Empedans Deneyi için Bağlantısı.

Güç faktörü 1 için :

1. Tam yükte indüklenen EMK i
2. Yüzde gerilim regülasyonunu hesaplayınız.

Çözüm :

1. Senkron empedans :

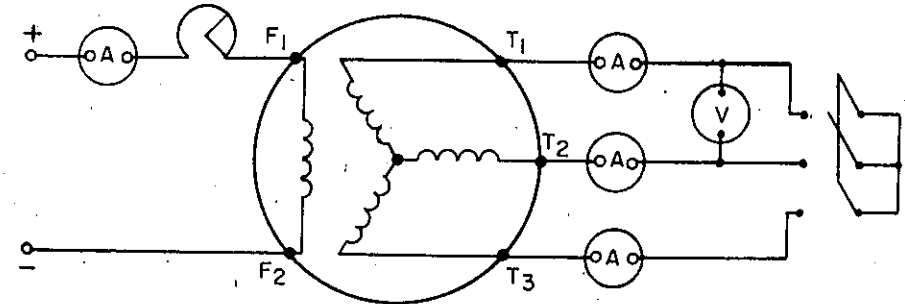
$$Z_s = \frac{\text{Açık devre gerilimi } E}{\text{Kısa devre akımı } I} = \frac{105}{150} = 0,7 \text{ om olur.}$$

$R = 0,1 \times 1,5 = 0,15 \text{ om,}$
etkin direnç

$$\text{İndüklenen gerilim } E = \sqrt{(E_T + IR)^2 + (IX_L)^2} = \sqrt{(240 + 15)^2 + 68,4^2} = 264 \text{ volt.}$$

$$1 - \text{Yüzde gerilim regülasyonu} = \frac{\text{Yüksüz gerilim - tam yükteki gerilim}}{\text{Tam yükteki gerilim}}$$

$$= \frac{264 - 240}{240} \times 100 = \frac{24}{240} \times 100 = 10 \text{ olarak bulunur.}$$



Şekil 12-20. Üç Fazlı Bir Alternatörün Senkron Empedans Deneyi için Bağlantısı.

$$X_{Ls} = \sqrt{Z_s^2 - R^2} = \sqrt{0,7^2 - 0,15^2} = 0,684 \text{ om.}$$

Tam yükteki akım ise :

$$I = \frac{VA}{E} = \frac{24000}{240} = 100 \text{ amperdir.}$$

$$E = 240$$

Etkin dirençten dolayı meydana gelen gerilim düşmesi :

$$E_R = IR = 100 \times 0,15 = 15 \text{ volt.}$$

Endüktif reaktansdan dolayı meydana gelen gerilim düşmesi ise :

$$E_{XL} = IX_L = 100 \times 0,684 = 68,4 \text{ volt.}$$

Üç fazlı bir alternatörün gerilim regülasyonu, aynı senkron empedans metodunu kullanarak da bulunabilir.

Şekil 12-20 de yıldız bağlı bir A. A. generatörünün senkron empedansını bulmak için kullanılan bağlantı görülmektedir. Üç kutuplu kısa devre anahtarı kapatılır; alan uyartım akımı ampermetrelerde esas akımın % 150 si elde edilinceye kadar yavaş yavaş artırılır, sonra üç ampermetrede okunan değerler kaydedilir. Her iki okuma için de alan uyartım akımı değeri ve hız sabit tutulur. Yıldız bağlı bir alternatörde her faza ait sargıların gerilimi; çıkış uçlarındaki açık devre geriliminin $\sqrt{3}$ e bölümüne eşittir.

Üç çıkış iletkeni üzerinde bulunan ampermetreler de bobin akım değerlerini gösterir. (Bir yıldız bağlantıda, bobin ve çıkış akım değerlerinin aynı olduğunu hatırdan çıkarmayınız.) Her faz sargısının senkron empedansı :

$$Z_s = \frac{E_s / \sqrt{3}}{I_s}$$

$$Z_s = \frac{E_s}{\sqrt{3} I_s} \text{ olur.}$$

Aşağıdaki örnekte, yıldız bağlı bir alternatörün gerilim regülasyonunun nasıl bulunacağı gösterilmiştir.

Örnek Problem

Yıldız bağlı üç fazlı 2100 kva-2400 voltluk bir alternatör şekil 12-20 de görüldüğü gibi üç ampermetre kullanılarak kısa devre edilmiştir. Uyarım akımı, üç ampermetrenin her birinde 434 amper okununcaya kadar artırılmıştır. Alan uyartım akımı ve hız sabit tutularak anahtar açıldığında voltmetrede 1125 volt okunmaktadır. Çıkış uçları arasındaki D. A. direnci 0,4 om ve etkin direncin omik dirence oranı 1,5 olduğuna göre :

1. Senkron empedans
2. Etkin direnç
3. Senkron reaktans
4. Güç faktörü 1 için gerilim regülasyonu
5. 0,8660 geri güç faktörü için gerilim regülasyonu
6. 0,8660 ileri güç faktörü için gerilim regülasyonu değerlerini bulunuz.

Çözüm

$$1. Z_s = \frac{E_s}{\sqrt{3} I_s} = \frac{1125}{1,73 \times 434} = 1,5 \text{ om. her faza ait sargının empedansı.}$$

$$2. \text{ Etkin direnç} = R \times 1,5 = 0,4 \times 1,5 = 0,6 \text{ om}$$

$$\text{Her faza ait sargının etkin direnci} = \frac{0,6}{2} = 0,3 \text{ om.}$$

$$= \frac{0,6}{2} = 0,3 \text{ om.}$$

$$3. X_{Ls} = \sqrt{Z_s^2 - R^2} = \sqrt{1,5^2 - 0,3^2} = 1,47 \text{ om.}$$

4. Esas bobin akımı :

$$V. A. = \sqrt{3} \times E \text{ çıkış} \times I \text{ çıkış}$$

$$I \text{ çıkış} = \frac{V. A.}{\sqrt{3} E \text{ çıkış}}$$

$$= \frac{1200000}{1,73 \times 2400} = 289 \text{ amper.}$$

Esas bobin gerilimi :

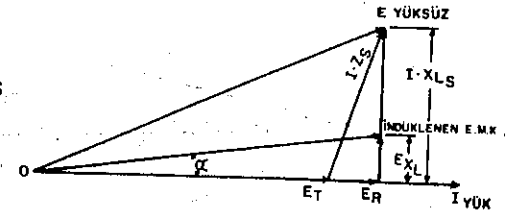
$$E \text{ bobin} = \frac{E \text{ çıkış}}{\sqrt{3}} = \frac{2400}{1,73} = 1387 \text{ volt.}$$

Etkin direnç ve senkron reaktanstan dolayı her faza ait sargıda meydana gelen gerilim düşmeleri ise :

$$\text{İndüklenen } E = \frac{\sqrt{(E \text{ bobin gerilimi } E + IR)^2 + (IX_{Ls})^2}}{\sqrt{(1387 + 87)^2 + 425^2}} = 1534 \text{ volt.}$$

$$\text{Yüzde gerilim regülasyonu} = \frac{\text{Yüksüz gerilim-tam yükteki gerilim}}{\text{Tam yükteki gerilim}} \times 100 = \frac{1534 - 1387}{1387} \times 100 = \% 10,6 \text{ olur.}$$

5. Yükün güç faktörü ne olursa olsun, tam yükteki akım aynıdır.



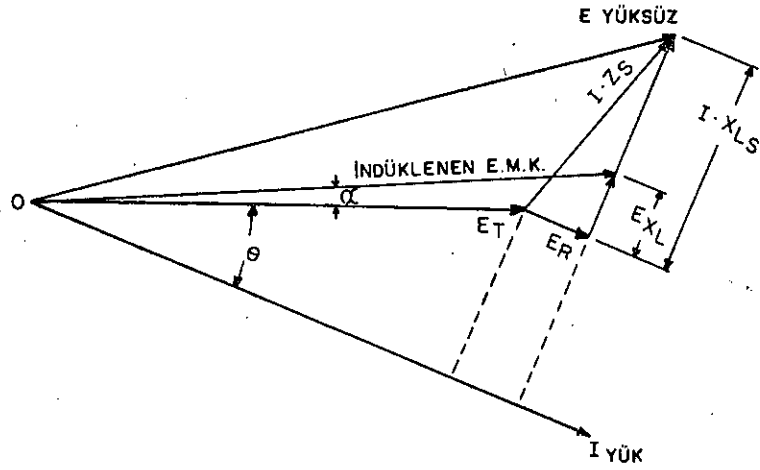
Şekil 12-21. Senkron Empedans Vektör Diyagramı (Güç Katsayısı Bir Olan Yük).

$$E R = I R = 289 \times 0,3 = 87 \text{ volt.}$$

$$E X L = I X L_s = 289 \times 1,47 = 425 \text{ volt olur.}$$

Şekil 12-21 de tam güç faktörlü yük ile çalışan bir alternatörde endüvi reaktansı ve endüvi reaksyonunun etkileri vektör diyagramı olarak gösterilmiştir. Bu vektör diyagramıyla, şekil 12-14 de endüvinin yalnız endüktif reaktansı ve etkin direnci gözönünde tutularak verilmiş olan vektör diyagramı arasındaki benzerliğe dikkat ediniz.

Bu sebepten, endüvi sargılarının etkin direnç ve endüktif reaktan-



Şekil 12-22. Senkron Empedans Vektör Diyagramı (Geri Güç Katsayılı Yük).

sından dolayı meydana gelecek gerilim düşmesi güç faktörü 1 olan yük durumundakinin aynı olacaktır. Buna karşılık, güç faktörü 1 için yüklü ve yüksüz durumlarda hesaplanan gerilim değerleri birbirinden farklı olacaktır.

Şekil 12-22 ve aşağıdaki hesaplamalar bize, yüksüz gerilimin, geri güç faktörlü tam yükteki gerilime göre neden daha yüksek olduğunu göstermektedir. Bu, tabiiyle daha kötü bir gerilim regülasyonunu ifade eder.

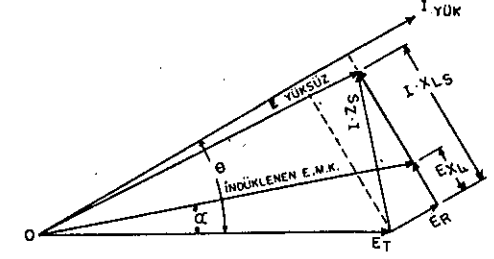
$$\text{İndüklenen } E = \frac{\sqrt{(\cos \theta \cdot E_{\text{bobin}} + IR)^2 + (\sin \theta \cdot E_{\text{bobin}} + IX)^2}}{\sqrt{(0,8660 \times 1387 + 87)^2 + (0,5 \times 1387 + 425)^2}} = 1705 \text{ volt.}$$

$$\text{Yüzde gerilim regülasyonu} = \frac{\text{Yüksüz gerilim-tam yükteki gerilim}}{\text{Tam yükteki gerilim}} \times 100 = \frac{1705 - 1387}{1387} \times 100 = 22,9 \text{ olur.}$$

Şekil 12-23 de 0,8660 ileri güç faktörlü bir yükü besleyen alternatörün vektör diyagramı görülmektedir. Bu durumda, yüksüz

gerilim tam yükteki gerilimden daha azdır. Bunun sonucu olarak da yüzde gerilim regülasyonu negatif bir değer taşır. Her hangi

durumda, yüzde gerilim regülasyonu negatifse, yüksüz gerilim tam yükteki gerilimden daha azdır. Şekil 12-23 de verilen vektör diyagramındaki faz bağıntıları ve aşağıda görülen örnek hesaplamalar incelenecek olursa, yüksüz gerilimin tam yükteki gerilimden neden daha az olduğu görülecektir.



Şekil 12-23. Senkron Empedans Vektör Diyagramı (İleri Güç Katsayılı Yük).

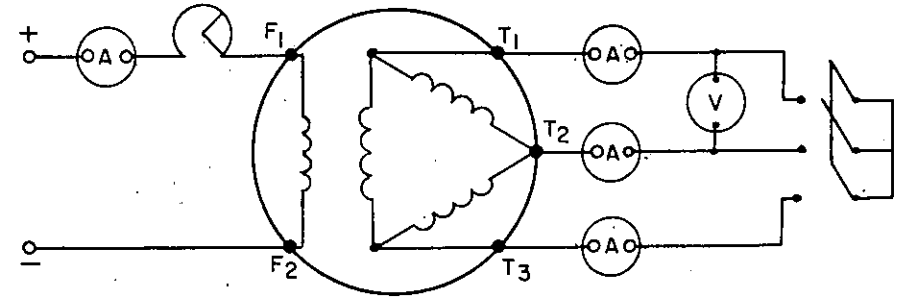
İndüklenen gerilim E

$$= \sqrt{(\cos \theta \cdot E_{\text{bobin}} + IR)^2 + (\sin \theta \cdot E_{\text{bobin}} - IX)^2} = \sqrt{(0,8660 \times 1387 + 86,7)^2 + (0,5 \times 1387 - 425)^2} = 1315 \text{ Volt.}$$

$$\text{Yüzde gerilim regülasyonu} = \frac{\text{Yüksüz gerilim-tam yükteki gerilim}}{\text{Tam yükteki gerilim}} \times 100 = \frac{1515 - 1387}{1387} \times 100 = \% -5,2$$

Şekil 12-24 de ise, aynı ölçü işleminin üçgen bağlı üç fazlı bir alternatörün gerilim regülasyonu bulmak için nasıl kullanılacağı gösterilmiştir. Bir üçgen bağ

lantıda, hat akımının faz akımının $\sqrt{3}$ katına ve faz gerilimi ile hat geriliminin birbirine eşit olduğunu hatırlayınız.



Şekil 12-24. Senkron Empedans Deneyi İçin Üç Fazlı bir Alternatörün Bağlantısı.

Buna göre, üçgen bağlı bir generatörde her faz sargısının senkron empedansı :

$$Z_s = \frac{E_s}{I \text{ hat}} = \frac{E_s}{\sqrt{3}}$$

Bu da $\frac{E_s \sqrt{3}}{I \text{ hat}}$ olur.

Bir önceki örnekte görülen aynı alternatör aşağıda, faz sargıları üçgen bağlı olarak, gerilim regülasyonu bulunmak üzere verilmiştir. Her faz sargısı aşağıda verilen esas yük değerlerine sahip bulunmaktadır. Bobin akımı = 289 amper ve bobin gerilimi = 1387 voltur.

Her faz sargısı, esas yükün % 150 si değerinde yüklenirse bobin akımı, $289 \times 1,5 = 533,5$ amper olur.

Üç faza ait sargılar üçgen olarak bağlandığından kısa devre durumundaki hat akımı, $433,5 \times \sqrt{3} = 750$ amper olur.

Her faza ait sargının açık devre gerilimi ise, alternatör yıldız bağlı olduğu zamanki değerine eşit yani,

$$\frac{1125}{\sqrt{3}} = 650 \text{ volt olacaktır.}$$

Buna göre, senkron empedans :

$$Z_s = \frac{E_s}{I} = \frac{650}{433,5} = 1,5 \text{ om.}$$

her faz sargısının empedansı

Her faza ait sargının senkron empedansı, daha önce üçgen bağlı alternatör için verilen formül kullanılarak da bulunabilir :

$$Z_s = \frac{E_s \sqrt{3}}{\text{çıkış akımı } I} = \frac{1,73 \times 650}{750} = 1,5 \text{ om.}$$

Üçgen bağlı bir endüvi sargısının çıkış uçlarından herhangi ikisi arasındaki omik direnç ölçüldüğünde; birbirine seri bağlı iki faza ait sargılar; diğer faza ait sargının uçlarına paralel bağlanmış olacaktır. Örneğin, alternatör yıldız bağlandığında her faz sargısının omik direnci 0,2 om olsun. Eğer bu üç sargı üçgen olarak bağlanmış olsaydı, çıkış uçlarından herhangi ikisi arasında ölçülecek omik direnç değeri 0,133 om olurdu.

Her faza ait sargının omik direnci yine yıldız bağlantıda olduğu gibi 0,2 om olacaktır, şöyle ki ;

$$\frac{1}{2 R_o} = \frac{1}{R_o} + \frac{1}{2 R_o}$$

$$2 R_o = 0,4$$

$$R_o = 0,2 \text{ om.}$$

Her faz sargısının etkin direnci:

$$R = 1,5 \times 0,2 = 0,3 \text{ om.}$$

Her faz sargısının senkron reaktansı ise :

$$X_{LS} = \sqrt{Z_s^2 - R^2} = \sqrt{1,5^2 - 0,3^2} = 1,47 \text{ om.}$$

Etkin direnç ve senkron reaktansın dolay meydana gelecek gerilim düşmeleri :

$$E_R = IR = 289 \times 0,3 = 87 \text{ volt}$$

$$E_{X_{LS}} = IX_{LS} = 289 \times 1,47 = 425 \text{ volt}$$

Üçgen bağlı bir alternatörün yüksüz gerilimi ile yüzde gerilim regülasyonunu bulmak için yapılacak işlem, yıldız bağlı alternatörde olduğu gibidir. Aşağıda, üçgen bağlı ileri güç faktörlü yüklenen bir alternatör için yapılan hesaplamalar, faz sargıları yıldız bağlanmış olsaydı yine aynı sonucu verirdi.

$$\text{Yüksüz gerilim } E = \sqrt{(bobin gerilimi E + IR)^2 + (IX_{LS})^2} = \sqrt{(1387 + 87)^2 + 425^2} = 1534 \text{ Volt.}$$

$$\text{Yüzde gerilim regülasyonu} = \frac{\text{Yüksük gerilim-tam yükteki gerilim}}{\text{Tam yükteki gerilim}} \times 100 = \frac{1387}{1534 - 1387} \times 100 = \% 10,6 \text{ olur.}$$

OTOMATİK GERİLİM KONTROLU

Endüvi reaktansı ve endüvi reaksiyonunun birlikte yapmış olduğu etkiler, bir alternatörün çıkış geriliminde oldukça büyük bir değişmeye sebep oldukları gibi, yük akımı ve güç faktöründe de değişmeler yaparlar. Değişen yük durumlarında çıkış gerilimini ol-

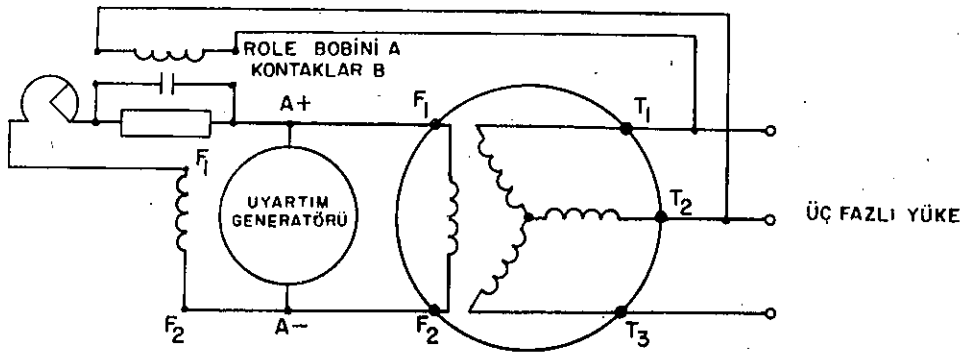
dukça sabit bir değerde tutmak için, ekseriya otomatik gerilim regülörleri kullanılır.

Otomatik gerilim regülörleri, yük akımındaki değişmeleri alternatörün uyarım akımını değiştirerek kompanse eden bir prensibe göre çalışırlar. Çıkış geriliminde

bir azalma olunca, bir röle kontaktörü kapayarak uyarım devresindeki direnci kısa devre eder. Bunun sonucu olarak, uyarım akımında ve manyetik akı değerinde bir artma olur, dolayısıyla indüklenen gerilim de artar. Buna karşılık, çıkış geriliminde meydana gelen bir artma, rölenin uyarım devresinde bulunan direnç uçlarındaki kontaktörün açılmasına sebep olur. Bu ise, uyarım akımını azaltır, dolayısıyla manyetik akı ve indüklenen gerilim değerini düşürür.

Şekil 12-25 de bir otomatik gerilim regülâtörünün basitleştirilmiş şematik diyagramı görülmektedir. Röle bobini A, üç fazlı alternatörün çıkışında fazlardan biri arasına bağlanmıştır. Normal çalışma esnasında, röle bobini A, B kontaktörünün saniyede bir çok defa açılıp kapanmasına sebep olur. Böylece, uyarım generatörü alternatörün uyarım devresine

oldukça sabit değerinde bir D.A. gerilimi ve akımı beslemiş olur. Çıkış gerilimi düştüğünde, röle uçlarındaki gerilim azalır, bunun sonucu olarak kontaktör daha uzun zaman aralıkları için kapalı kalacağından; uyarım akımı artmak suretiyle alternatörün A.A. çıkışını daha önceki değerine yükseltir. Yükteki bir değişiklik, alternatörün çıkış geriliminin artmasına sebep olursa kontaktör daha kısa zaman aralıklarında açılıp kapanarak; D.A. uyarım generatörünün şönt sargısına seri bağlı direnci daha az kere kısa devre yapmış olur. Bunun sonucu olarak da çıkış gerilimi normal değerine düşer. Alternatörlerde bu maksat için, elektronik lâmbalar, amplidinerler, manyetik amplifikatörler, ateşlemeli redresörler ve kontrolü silisyum redresör gibi çeşitli tipte otomatik gerilim regülâtörleri kullanılır.



Şekil 12-25. Üç Fazlı Bir Alternatör için Gerilim Regülâtörü.

DOYMA EĞRİSİ

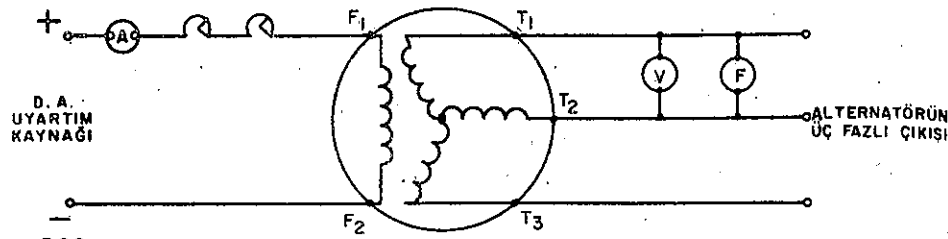
Bir generatörün hızı sabit tutulursa, indüklenecek gerilimin değeri doğrudan doğruya kutup başına düşen manyetik akıya bağlı olur. Yüksüz durum için, kutup başına düşen akı miktarı, kutup başına düşen amper devir sayısına göre hesaplanır. Her kutbu teşkil eden alan sargılarının sarını sayısı sabit olduğuna göre, manyetik akı miktarı, D.A. uyarımının amper cinsinden değeriyle orantılı olacaktır.

I. Kitapta demir manyetize edildiği zaman, moleküllerin belli bir konum aldıklarından bahsedilmiştir. Demir moleküllerinin daha büyük bir kısmını istenen belli bir konuma getirmek için, amper-sarımının bununla orantılı olarak artırılması gerekir. Diğer bir deyimle, manyetik akı artışı, yaklaşık olarak amper sarımındaki artışla doğru orantılıdır. Bununla beraber, demir içerisinde sıraya getirilemeyen molekül sayısı azaldıkça, manyetik devre içerisindeki akıyı yükseltmek daha çok zorlaşır. İşte akı artışının M.M.K. artışıyla orantılı olarak yükselmeye başladığı bu noktaya doyma

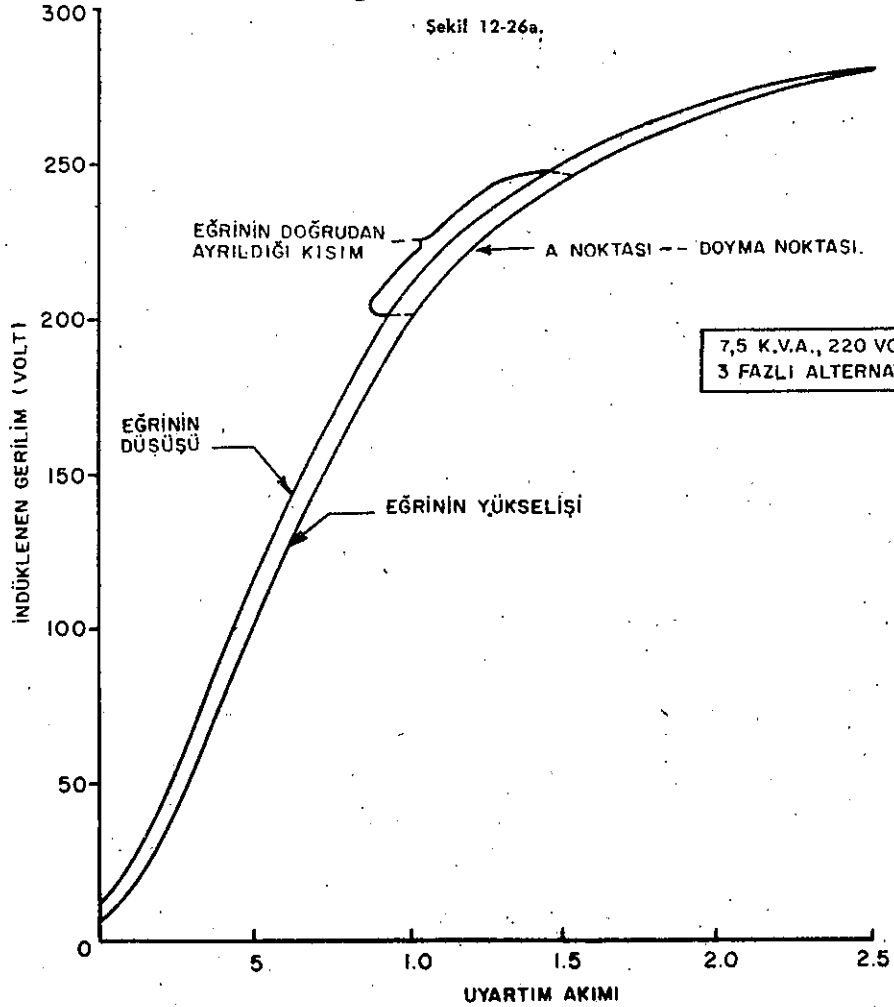
noktası adı verilir. M.M.K. doyma noktasının ilerisinde arttırılmaya devam edilirse, demir içerisinde istenen konuma getirilemeyen molekül sayısı daha da azalmış olacağından akı miktarında meydana gelecek artış da devamlı olarak düşecektir.

Şekil 12-26 A da doyma eğrisini çıkarmakta kullanılan bir bağlantı görülmektedir. Şekil 12-26 B ise, A.A. generatörüne ait tipik bir doyma eğrisini göstermektedir. Şekil 12-26 A da, uyarım sargılarının bir D.A. kaynağına nasıl bağlandığına ve uyarım akımının bir reosta yardımıyla kontrol edilmesine dikkat ediniz. Uyarım devresine konan ampermetre uyarım akımının değerini gösterir. Çıkış uçlarından ikisi arasına bağlanan voltmetrede ise, indüklenen gerilim değeri okunur. Genlikleri aynı olduğundan, üç voltmetre kullanarak gerilimlerin üçünü de ölçmeye lüzum yoktur.

Doyma eğrisini çıkarmak için uyarım devresine enerji uygulanmış bulunan alternatör, normal hızla çalıştırılır. Alan kutuplarının artık manyetizmasından dola-



Şekil 12-26a.



ÜÇ FAZLI BİR ALTERNATÖRÜN DOYMA EĞRİSİ

Şekil 12-26b.

yi, alternatörün çıkış uçlarında düşük bir gerilim meydana gelir. Alan reostasının maksimum direnci devrede olarak D.A. uyarım devresine enerji uygulanır. Bu durumda uyarım akımı ve E.M.K. değerleri kaydedilir. Sonra, uyarım akımı eşit miktarlarda artırılarak her uyarım akımına tekabül eden gerilim değerleri kaydedilir. Eşit miktarlarda artırılan uyarım akımı maksimum değerine geldiğinde, uyarım akımını aynı eşit aralıklarla tekrar sıfıra kadar azaltmak suretiyle, alçalan bir eğri de çıkarılabilir.

Şekil 12-26 B deki doyum eğrisinin yükselen kısmı, artık manyetizmadan dolayı, uyarım akımı sıfır olduğu halde küçük bir indüklenme E.M.K. i değerinden başlar, uyarım akımı sıfırdan itibaren yükselmeye başlayınca, indüklenen E.M.K. i, doyum noktası adını verdiğimiz «A» noktasına kadar yaklaşık olarak bir doğru şeklinde yükselir. Uyarım akımı bu noktanın ilerisinde arttırılmaya devam edilirse; eğriden de görüleceği gibi, akı ve indüklenen E.M.K. deki artış miktarı azalır. Diğer bir deyimle, demir içerisinde istenilen konuma getirilemeyen mole-

kül sayısı oldukça azaldığından manyetik devrede bulunan demiri manyetize etmek gittikçe zorlaşır. Şekil 12-26 B de eğrinin alçalan kısmında belli bir uyarım akımı için indüklenen E.M.K. değerleri, aynı eğrinin yükselen kısmındaki gerilim değerlerine nazaran biraz daha büyüktür. Bu küçük farka, molekül sürtünmesi sebep olur. Manyetik devrede bulunan demirin molekülleri, M.M.K. azaltılsa dahi eski konumlarını muhafaza ederler. Bu sebepten Molekül sürtünmesine, histeresiz etkisi denir.

Doyma eğrisinin pratikteki kullanma yerleri şunlardır :

1. Bu eğri, uyarım devresinde aşırı bir I^2R kaybı olmadan, çıkışta maksimum bir A.A. gerilimi elde etmek için; alan uyarım akımının yaklaşık olarak hangi değerinde olması gerektiğini gösterir. Bu çalışma noktası genellikle, eğrinin dirsek kısmının ortası civarında bulunur. (Şekil 12-26 B de A ile gösterilen doyum noktası civarında.)

2. Verilen bir alan uyarım akımı için, eğrinin yükselen ve alçalan kısımları arasındaki fark küçükse; manyetik devre içerisinde

bulunan demirin histerezis kaybı az demektir. Buna karşılık, eğrinin yükselen ve alçalan kısımları arasında göze çarpan bir fark ve-

ALTERNATÖRÜN ETİKETİ

Bir makina tam güç faktörlü yükten başka yükleri de besleyebileceğinden; bir alternatörün kapasitesi kilovat yerine kilovoltamper olarak verilir. Güç faktörü ve kva. cinsinden çıkış bilindiğine göre, kilovat olarak çıkış gücü aşağıdaki formülden kolayca hesaplanabilir.

$$Kw = Kva. \cos. \Theta$$

Bir alternatörün etiketinde bundan başka şu değerler bulunur: Tam yükteki çıkış gerilimi, her fazın tam yükte vereceği akım,

ALTERNATÖRÜN VERİMİ

Pratik olarak bir alternatörle bir D.A. generatörünün kayıpları aynıdır. Sabit kayıplar veya kaçak güç kayıpları içerisine; yatak ve fırça sürtünme kayıpları, hava sürtünme kayıpları ve demir kayıpları girer. (Demir kayıpları fu-ko kayıpları ile histerezis kayıplarından teşekkül eder.) Bakır ka-

ya aralık varsa, manyetik devre içerisindeki demirde oldukça büyük bir histerezis kaybı bulunduğu anlaşılır.

kaç fazlı olduğu, frekansı, dakikadaki devir sayısı, güç faktörü, uyarım akım ve gerilimi, çalışma esnasında sıcaklığın çıkabileceği maksimum değer.

ALTERNATÖRÜN ETİKETİ	
K.V.A. - 100	ÜÇ FAZLI
FREKANS - 50	1800 R.P.M.
GERİLİM - 2400 V.	FAZ AKIMI - 25
GÜÇ KATSAYISI %80	UYARTIM GERİLİMİ - 125
UYARTIM AKIMI - 15 A.	SICAKLIK YÜKSELMESİ - 50° C
İMALEDEN FIRMA	MODEL NO.
MOTOR NO.	SERİ NO.

yıpları ise, endüvi sargularında meydana gelen I²R kaybı ile müstakil alan uyarım devresinde harcanan güçten teşekkül eder.

Bir alternatörün verimini bulmak için, alternatör etiketinde yazılı gücü verecek şekilde yüklenir. Sonra giriş ve çıkış güçleri ölçülerek :

$$\text{Verim, } \eta = \frac{\text{Çıkış gücü}}{\text{Giriş gücü}} \times 100 \text{ olarak bulunur.}$$

Böyle olmakla beraber, alternatörlerin kva olarak kapasiteleri çok büyük olabileceğinden; akım, gerilim ve güç faktörü, istenen şartlara uyan bir yük bul-

mak zor olabilir. Bunun için, büyük kapasitedeki alternatörlerin verimi, genellikle kendi kayıplarını kullanmak suretiyle bulunur :

$$\eta = \frac{\text{Kva olarak çıkış} = \cos \Theta + \text{Toplam bakır kayıpları} + \text{Sabit kayıpları}}{\text{Kva olarak çıkış} - \cos \Theta} \times 100$$

Aşağıda verilen örnek problemler, alternatör kayıplarını ve yüzde verim değerini kapsamaktadır.

Örnek problem

480 Volt, 50 sayıklık tek fazlı bir alternatör % 75 geri güç faktörlü bir yüke, 18 kw. lık bir güç vermektedir. Generatörün verimi % 80 ve kaçak güç kayıpları 1500 wattır. Müstakil alan uyarım devresi, 125 voltluk bir D.A. kaynağından 8 amper çektiğine göre :

1. Yük akımını
2. Alternatör endüvisindeki bakır kayıplarını
3. Alternatör endüvisinin etkin direncini
4. Türbinin alternatöre verdiği gücü bulunuz

Çözüm

$$1. \text{ kw} = \frac{E \times I \times \cos \Theta}{1000}$$

$$360 I = 18000; I = 50 \text{ amper.}$$

$$2. \eta = \frac{\text{Çıkış gücü}}{\text{Giriş gücü}}$$

$$0,8 = \frac{18000}{\times} \text{ (giriş gücü)}$$

Toplam kayıplar = Giriş gücü - Çıkış gücü = 22500 - 18000 = 4500 Vat. Müstakil alan uyarım devresindeki kayıp = W = EI = 125 × 8 = 1000 Vat. Endüvideki bakır kayıpları ise :

= Toplam kayıplar - (kaçak güç kayıpları + alan kayıpları)

$$= 4500 - (2000 + 1000) = 1500 \text{ vat.}$$

$$3. W = I^2 R$$

$$1500 = 50^2 \times R$$

$$1500 = 2500 R$$

$$R = 0,6 \text{ om.}$$

$$\text{Hp olarak alternatör girişi} = \frac{\text{Giriş gücü}}{736} = \frac{22500}{736} = 30 \text{ hp.}$$

Örnek Problem

Dakikada 1500 devir yapan 25 Kva. 250 volt, 50 sayıklık tek fazlı bir alternatörün endüvi sargılarının etkin direnci 0,1 om, endüktif reaktansı ise, 0,5 om'dur. Generatör bir ısıtıcıyı beslediğine göre, aşağıdaki istenenleri bulunuz :

1. Yük akımını,
2. Endüvi sargılarındaki bakır kayıplarını,
3. Giriş 38 hp. olduğuna göre alternatörün verimini,

Cözüm

$$1. I = \frac{V. A.}{E} = \frac{2500}{250} = 100 \text{ amper.}$$

$$2. W = I^2 R = 100^2 \times 0,1 = 1000 \text{ vat.}$$

$$3. W = \text{hp.} \times 736$$

$$= 38 \times 36$$

$$= 27970 \text{ vat. (Giriş)}$$

ALTERNATÖRLERİN PARALEL BAĞLANMASI

Elektrik gücü üreten ekseri merkez santrallerinde aşağıdaki sebeplerden dolayı büyük tek bir

generatör yerine; alternatörler paralel bağlı olarak çalıştırılır :

Türbin beygir gücü cinsinden çıkışıyla, alternatörün giriş gücü aynı olacağından :

$$\eta = \frac{\text{Çıkış gücü}}{\text{Giriş gücü}} \times 100$$

$$= \frac{25000}{27970} \times 100 = \% 89,3$$

Maksimum verim sağlamak için, bir alternatörün tam yükte veya buna yakın şartlar altında çalıştırılması gerekir. Düşük yük değerlerine tekabül eden noktadaki sabit kayıplar, girişin oldukça büyük bir kısmını ihtiva ettiğinden, bu noktalardaki verim nisbeten düşüktür. Buna karşılık, bir alternatörün yük çıkışı yükselirse ; sabit kayıplar, girişin çok küçük bir kısmı haline gelir. Bu sonuç ise, verimin yükseldiğini gösterir. 200 000 kva gibi çok büyük kapasiteli alternatörlerin tam yükteki verimleri en çok % 96 kadardır.

1. Paralel bağlı sistemde bir çok A.A. generatörü bulunacağından, belli zamanlarda yapılan bakım ve tamir işleri yalnız bir alternatör üzerinde yapılırken diğerleri paralel olarak yükü beslemeye devam ederler. Böylece, bir generatörde meydana gelen arızadan dolayı beslenen gücün tamamen kesilmesi söz konusu olmaz.

2. Merkez olarak çalışan elektrik üreten bir santralin yük durumu devamlı olarak değişir. Az yüklü durumlarda bir veya iki alternatör tam yüke yakın çalışarak isteğe cevap verebilir. Böylece, bunlar yüksek bir verimle de çalışmış olacaktırlar. Günün belli zamanlarında, merkezî santraldan istenen güç miktarında bir artma olursa, diğer alternatörler devreye paralel sokularak şebeke için gerekli maksimum güç sağlanır. Bu hiç şüphesiz, günün belli zamanlarında tam yükteki kapasitesinin çok altında düşük bir verimle çalışan dev yapılı bir makina kullanmaktan daha iyidir.

3. Herhangi bir bölgede kullanılan güç artarsa elektrik üreten şirketler bölgenin bu isteğine cevap verebilmek için, santrallerine yeni alternatörler ekleyebilirler. Bu alternatörler daha önce kurulmuş ünitelerle paralel olarak çalışırlar. Bu ise, merkez durumunda olan bir santralin üretim kapasitesini arttırmak için en uygun ve ekonomik yol olur.

D.A. generatörlerini paralel bağlamak için, bunların gerilim ve polaritelerinin aynı olması gerekir. Buna karşılık A.A. generatörlerini paralel bağlarken, bunların çıkış gerilimlerinin, gerek genlik gerekse polaritelerinin belli bir frekansta devamlı olarak değiştiği hatırdan çıkarılmamalıdır. Bu sebepten, alternatörleri paralel bağlarken aşağıdaki şartlar mutlaka sağlanmalıdır :

- Çıkış gerilimleri eşit olmalıdır.
- Frekansları eşit olmalıdır.
- Çıkış gerilimleri aynı fazda olmalıdır.

Bu şartlar sağlandığında, alternatörler senkronize edilmiş demektir. Üç fazlı iki alternatörü senkronize etmek için gerekli işlemler aşağıda sıra ile anlatılmıştır.

1. 1 numara ile isimlendirilen alternatörlerden birinin, santralin ana barlarına belli frekans ve gerilimde enerji verdiğini farzedelim.

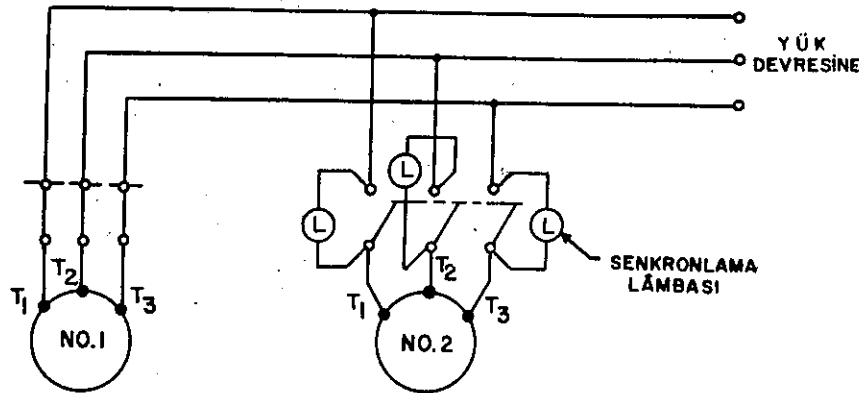
2. Paralel bağlanacak 2 numaralı alternatörün 1 numaralı alternatör ile senkronize edileceğini kabul edelim. 2 numaralı alternatörün hızı istenen frekans elde edinceye kadar yükseltilir. Aynı zamanda, 2 numaralı generatörün gerilimi, alan reostası yardımı ile 1 numaralı generatörünkine eşit olacak şekilde ayarlanır.

3. 2 Numaralı generatörün üç çıkış geriliminin, 1 numaralı generatörün gerilimleriyle aynı fazda olması için; her iki alternatörün faz sırası ve frekanslarının birbirine eşit olması şarttır. Bu şartların sağlanıp sağlanmadığı senkronizasyon lâmbaları yardımıyla kolayca kontrol edilebilir.

Şekil 12-27 de üç fazlı iki alternatörü senkronize etmek için kullanılan bir devre görülmektedir. 1 Numaralı alternatör yüke enerji vermekte, 2 numaralı alternatör ise buna paralel bağlanacaktır. Çalışma gerilimleri, alternatörün çıkış gerilimine uygun üç lâmbadan her biri, şekil 12-27 de görüldüğü gibi birer anahtara bağlanmıştır. Her iki alternatör birlikte çalışırken, şu iki durumdan biri ile karşılaşmak mümkündür.

1. Her üç lâmba, 1 ve 2 numaralı alternatörlerin frekansları arasındaki farka bağlı bir hızla hep birlikte yanıp sönebilirler.

2. Her üç lâmba, iki generatör frekansları arasındaki farka bağlı bir hızla *fakat birlikte yanıp sönmeyebilirler*. Bu durumda, 2 numaralı alternatör ile 1 numaralı makina arkasındaki faz bağlantısı veya sırası aynı değildir. Şimdi, 2 numaralı alternatörün faz durumunun, 1 numaralı alternatörüne eşit olacak şekilde düzeltilmesi gerekir. Bu durum, 2 numaralı alternatörün bağlantı uçlarından herhangi ikisinin yerlerini değiştirmekle düzeltilir. Yukarıda söz konusu edilen işlem yapıldığında, senkronizasyon lâmbalarının üçü birlikte sönüp yanacaklardır. Bu ise alternatörler arasındaki faz bağıntısının doğru olduğunu ifade eder. 2 numaralı alternatörü döndüren makinanın hızı biraz ayarlanmak suretiyle, 2 numaralı alternatörün hızı 1 numaralı alternatöre eşit duruma getirilir. Alternatörler arasındaki frekans farkı azaldıkça, senkronizasyon



Şekil 12-27. Alternatörleri Senkronlama ve Paralel Bağlama.

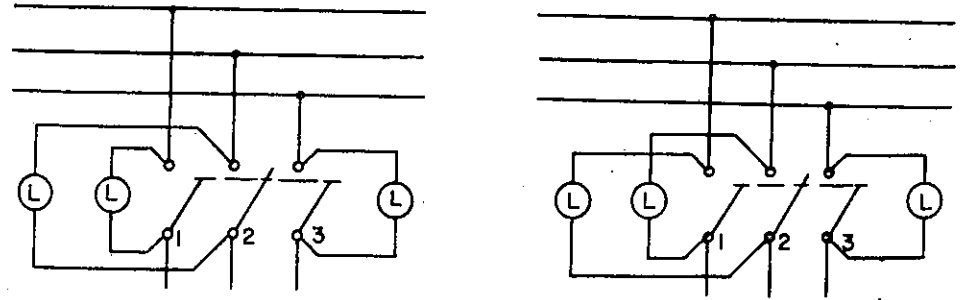
lâmbalarının belli bir hızdaki kızarıp parlamaları esnasındaki ışık şiddeti değerinde de bir azalma olacaktır. Parlaklıkların azalıp çoğalma hızı, iki alternatör arasındaki frekans farkını gösterir.

Örneğin, 1 numaralı alternatörün frekansı 50 saykıl ve devreye yeni giren alternatörün (2 numaralı alternatör) frekansı da 49 saykıl ise, frekanslar arasındaki fark 1 saykıl/saniyedir. Buna göre, senkronizasyon lâmbaları saniyede bir defa yanıp bir defa sönecektir. Lâmbalar söndüğü anda, 2 numaralı alternatörün ani polaritesi, 1 numaralı alternatörünki ile aynıdır. Bu anda 2 numaralı alternatörün şalteri kapatıldığında iki A.A. generatörü paralel bağlanmış olur.

Senkronizasyon lâmbaları şalterin uçları arasına direkt olarak bağlanırsa, buna üç lâmbalı karanlık bağlama adı verilir. Bir al-

ternatörün faz sırasını tayin etmek için bu metot her zaman kullanılabilir. Bir alternatörün faz sırası tayin edilip stator sargıları ile şalter ve santralin ana barları arasındaki bağlantılar bir kere yapıldıktan sonra; alternatörü devreye paralel olarak her sokuşta, faz sırasını tayin için yapılan işlemi tekrarlamaya lüzum kalmaz. Şekil 12-28 A da, faz sırasının tayin edilmesinde üç lâmbalı karanlık metodun kullanılışı görülmektedir. Bu metot ayrıca, alternatörlerin senkronize olduklarını göstermek için de kullanılır.

Şekil 12.28 B de ise, bazan kullanılan ve iki parlak bir karanlık lâmba adı verilen diğer bir metot için yapılan bağlantı görülmektedir. Bu ikinci metot yalnız senkronizasyonu göstermek için kullanılır. Hiç bir zaman faz sırasını tayin maksadı ile kullanılmaz. Devreye yeniden giren alternatör



A - KARANLIK METOT

B - İKİ YANIK, BİR SÖNÜK METOT

Şekil 12-28. Senkronlama Lâmbalarının Bağlanışları.

şebekeyle senkronize durumda ise; 1 ve 2 numaralı fazlar üzerinde bulunan lâmbalar maksimum parlaklıkta,, 3 numaralı faza bağlı lâmba ise karanlık durumda olacaktır.

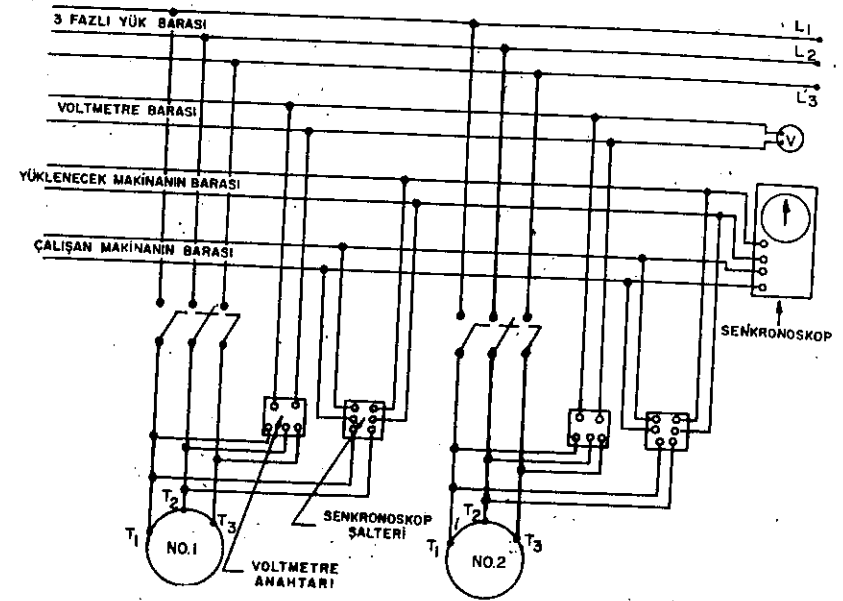
Şekil 12-28 de görülen her iki senkronizasyon lâmba bağlantısının da göze çarpan bir zararlı tarafı vardır. Örneğin, «üç karanlık lâmba metodu» kullanıldığında, senkronizasyon lâmbaları sönmekle beraber bunların uçlarında farklı gerilimler bulunabilir. Bunun sonucu olarak da, devreye yeniden girecek alternatörle daha önce çalışan makineler arasında gerek faz, gerekse gerilim bakımından büyük farklar olduğu halde, yeni alternatör bar sistemine paralel sokulmuş olabilir. Bu ise alternatör sargılarında oldukça büyük zararlara sebep olabilir.

Faz sırası doğru olarak bilindikten ve bağlantılar buna göre sabit olarak yapıldıktan sonra; senkronizasyonu hassas olarak göstermek için, senkronoskop adı verilen tek fazlı bir alet kullanılır. 11. bölümde senkronoskopların yapım ve çalışmaları hakkında bilgi verilmiştir.

Bir senkronoskop, iki gerilim arasındaki faz bağıntısı ve frekans farkını hassas olarak gösterir. Üç fazlı bar sisteminden alınan bir fazın gerilimi, senkronoskopun grup halindeki bobinlerin-

den birine bağlanır. Devreye yeniden girecek alternatörün aynı fazından alınan gerilim, aletin grup halindeki diğer bobinlerine uygulanır. Senkronoskopun rotoruna tutturulmuş bulunan ibre bir ıskala üzerinde döner. İbrenin dönmesi durursa, iki alternatörün frekansları eşit demektir. Eğer ibre, ileriye doğru dik pozisyonda durursa, frekansların eşit ve gerilimlerin aynı fazda olduğu anlaşılır. Bu durumda, alternatörler senkronize halde olduklarından yeniden devreye girecek alternatörün şalteri kapatılabilir.

Şekil 12-29 da, iki alternatörün senkronize halde olduğunu göstermek için kullanılan, bir senkronoskopun özel anahtarlarla birlikte komple bağlantısı görülmektedir. Her alternatörün aynı fazına ait gerilim, senkronoskopun bobinlerine, özel senkronoskop anahtarları yardımı ile uygulanır. Her senkronoskop anahtarı üzerine, «çalışan» ve «paralel girecek» diye iki işaret bulunur. Senkronoskop, santralin barlarıyla senkronize hale getirilecek alternatörlerden herhangi biri için kullanılabilir. Ayrıca iki adet voltmetre anahtarı yardımı ile alternatörlerden her hangisinin üç ayrı faz gerilimini tek bir voltmetre ile ölçmek mümkün olur. Şekil 12-29 da, yalnız senkronoskop ve voltmetre için tablo



Şekil 12-29. Üç Fazlı Alternatörleri Senkronizasyon ve Paralel Bağlama Şeması.

üzerinde yapılan bağlantılar gösterilmeye çalışılmıştır. Pratikte, alternatör tablosu üzerinde; üç fazlı bir voltmetre, üç fazlı bir kosinüs metre, ampermetreler ve anahtarlar bulunur.

İki alternatör bir kere paralel olarak çalışmaya başlayınca, bunlar üzerine bindirilecek yük; makinelerin güçleri oranında, aralarında bölünmelidir. Yükün makineler arasında uygun şekilde taksim edilebilmesi, D.A. generatörlerinin alan uyarım değerini değiştirerek sağlanır. A.A. generatörlerinde ise vatl gücü, alternatörlerin uyarımını ayarlamakla bölünemez.

Paralel olarak çalışan alternatörlerden sabit değerde fre-

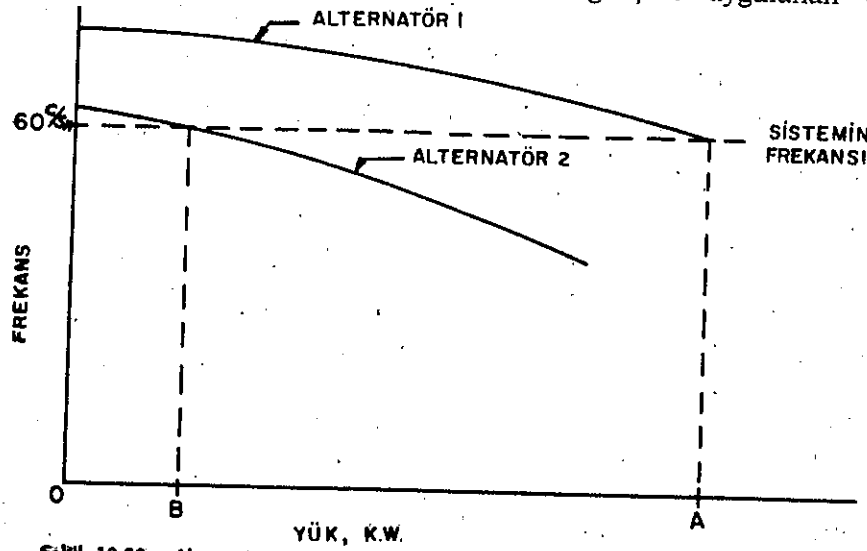
kans elde etmek için, makinelerin sabit devirle dönmelerinin şart olduğu hatırdan çıkarılmamalıdır. Bunu sağlamak için, buhar türbinlerinin, su türbinlerinin ve dizel ünitelerinin girişleri, hassas regülatörler tarafından kontrol edilir. Bunların girişi, regülâtör kontrolü yardımı ile sabit değerde tutulursa, alternatörün girişine uygulanan enerji de sabit değerde kalacaktır. Bu sebepten, paralel olarak çalışan makinelerin kilovat cinsinden vatl gücünde, alan uyarımları değiştirilse dahi hissedilir derecede bir değişiklik olmayacaktır.

O halde, vatl gücün paralel olarak çalışan alternatörler arasındaki taksimi nasıl yapılacaktır? İlk

olarak, alternatörleri döndüren sistemlerin, yüke göre hızın düşme değerlerini veren karakteristik eğrilerinin elde bulunması gerekir. Bir önceki şekildeki 1 numaralı alternatör 50 saykıl çalışıyorsa, 2 numaralı alternatörün de 1 numaralı ile paralel bağlandıktan sonra aynı şekilde 50 saykıl çalışması şarttır. Bununla beraber, 2 numaralı alternatör, sistemin frekans doğrusunu sıfıra yakın bir noktada kestiğinden, üzerine çok az bir yük alacaktır. 1 Numaralı alternatörün hız-yük eğrisi, sistemin frekans doğrusunu sıfırdan oldukça uzak bir mesafede kestiğinden bu alternatör ağır bir şekilde yüklenmiş olacaktır.

Şekil 12-30 da, bu durum görülmektedir. A noktasıyla gösterildiği gibi, 1 numaralı alternatör ki-

lovat olarak yükün büyük bir kısmını beslerken; 2 numaralı alternatör barlara, B noktasıyla belirtildiği gibi oldukça küçük bir güç vermektedir. Bu iki makina arasında eşit güç taksimini sağlamak için, 2 numaralı alternatörü döndüren ünitenin girişinin artırılması gerekir. Bu ise, adı geçen üniteye ait regülâtörün biraz açılmasını zorunlu kılar. Bu durum, 2 numaralı alternatörün kilovat cinsinden girişinin yükselmesine sebep olacağından böylece 2 numaralı makinanın kilovat cinsinden çıkışı da yükselmiş olur. Aynı zamanda, 1 numaralı alternatörü döndüren ünite üzerindeki regülâtör biraz kısılarak, 1 numaralı alternatörü döndüren ünitenin girişi azaltılır. 1 Numaralı alternatörün girişine uygulanan vat-



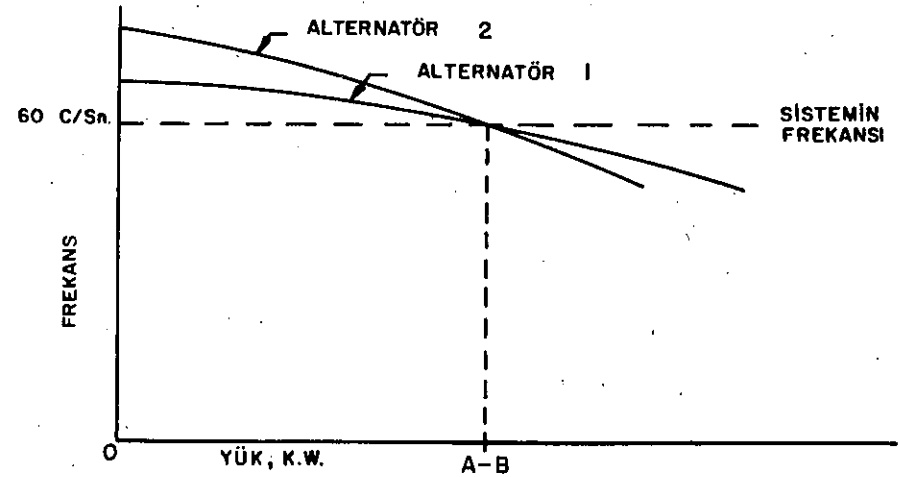
Şekil 12-30. Alternatörleri Döndüren Tahrir Makinaları Devir Regülâtörlerinin Devir-Yük Karakteristikleri.

lı güçteki bu azalma, bu alternatörün kilovat cinsinden çıkış gücünde bir düşmeye sebep olur. Her iki ünite üzerindeki regülâtörler dikkatle ayarlanmak suretiyle şekil 12-31 de görüldüğü üzere, her iki hız-yük eğrisinin, sistemin frekans doğrusunu aynı yük noktasında kesmesi sağlanabilir.

Böylece her iki alternatör, sant-ralın ana barlarına eşit değerde vatlı güç verirler. Alternatörleri döndüren üniteler üzerindeki regülâtörler ekseriya elektrik kumandalı olup kontrol tablosundan çalıştırılırlar.

Operatör, kumanda tablosu üzerindeki âletlerin gösterdiği değerlere bakarak; makinalar arasındaki yük bölüşümü tatmin edici değere gelinceye kadar, regülâtör-

leri elektrik kumandalar yardımıyla çok hassas bir şekilde ayarlanabilir. Paralel olarak yalnız iki makina çalışıyorsa frekansın değişmemesi için makinalar arasındaki yük bölüşümünün sağlanmasına dikkat edilmelidir. Örneğin, 2 numaralı regülâtör biraz açılsa alternatörlerin frekansı yükselecektir. Buna göre, orijinal frekansı elde edebilmek için, 2 numaralı yük-hız eğrisi yükseldiğinden aynı zamanda 1 numaralı yük-hız eğrisinin düşürülmesi şarttır. Şekilde. 12-31 e göre, 2 numaralı makinanın yük-hız eğrisinin sarkıklığının azalıp 1 numaralı makinanınkinin çoğaldığına ve böylece her iki eğrinin, sistemin orijinal frekans doğrusunu (50 saykıl) aynı yük noktasında kestiğine dikkat ediniz.



Şekil 12-31. Alternatörlerin Devir Regülâtörleri Ayarlandıktan Sonraki Devir-Yük Karakteristikleri.



Şekil 12-32. Alternatör Paralel Çalışıyor ve Herbirinin Güç Katsayısı Birdir.

Çok kere, paralel çalışan alternatörler kullanan muhtelif santaller, aynı şebeke sistemi içerisinde çalışırlar. Eğer, regülâtör mekanizmasındaki bozukluktan dolayı bir alternatörün hızı yükselmeye başlayarak makinayı senkronize durumdan çıkarmaya zorlarsa, generatör içerisindeki reaksiyonlar buna mani olur. Aynı şekilde, regülâtördeki bir arızadan dolayı, regülâtör tamamen kapatılarak alternatörü çeviren sistemin girişi kesilse alternatör, regülâtör üzerindeki arıza giderilinceye kadar senkron motor gibi çalışır.

Paralel çalışmada, alternatörler arasında kilovat cinsinden yük bölüşümündeki bir dengesizlik, bunların alan uyarımlarını değiştirerek değil, makinaları çeviren sistemlerin giriş gücünü ayarlayarak düzeltilir. O halde paralel olarak çalışan alternatörlerin alan uyarımlarının değiştirilmesi ne gibi etki yapar?

Yine 2 numaralı 1 numaralıya paralel bağlanmış olsun. Bu durumda 2 numaralı generatör barlara oldukça küçük bir güç verirken esas gücün hâla 1 numaralı generatör tarafından beslendiğini

farz edelim. Her iki alternatörün tam güç faktörü ile çalıştıklarını ve yükün de tam güç faktörlü bir yük ($\cos \Theta = 1$) olduğunu düşünelim.

Şekil 12-32 deki bu devreye ait vektör diyagramında, ilgili alternatörler tarafından verilen I_1 ve I_2 akımlarının, şebeke gerilimi ile aynı fazda oldukları görülmektedir. İki alternatörün akımlarının cebirsel toplamları, yüke verilen toplam akıma eşittir. Yük, tam güç faktörlü olduğundan yüke verilen bu akım da şebeke gerilimi ile aynı fazda olacaktır.

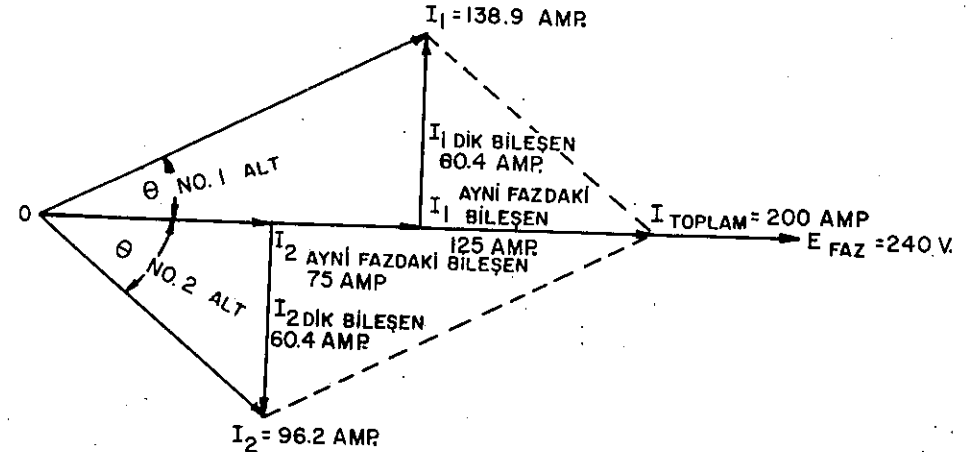
İki alternatör arasındaki güç bölüşümünü eşitlemek için, 2 numaralı alternatörün alan uyarımını yükseltmek ve 1 numaralı alternatörün yükünü azaltmak gereksin, Alternatörleri çeviren sistemlerin girişleri değişmez olarak kabul edilirse, gerekli uyarım değişiklikleri yapıldıktan sonra; her alternatörün çıkış gücünün aşağı yukarı aynı değerde kaldığı görülecektir. Bununla beraber, alternatörlerin çıkış akımları yükselecek ayrıca makinaların hiç biri tam güç faktörü ile çalışmayacaktır. 2 numaralı genera-

törün alan uyarım akımı arttıracak olursa, bu makinanın içerisinde indüklenen E.M.K. in yükseleceği gayet tabiidir.

Böylece, güç faktörü de «bir» değerinden geri güç faktörü değerleri veren bölgeye düşecektir. Bunun mânası, aynı çıkış gerilimini elde etmek için, daha yüksek değerde bir indüklenme E.M.K. ine ihtiyaç var demektir. 1 Numaralı generatörün uyarımı azaltılırsa, bu generatörün içinde indüklenen gerilim de azalır. Yine 1 numaralı generatörün uyarımı azaltılırsa güç faktörü, «bir» değerinden ileri güç faktörü değerlerini veren bölgeye düşecektir. İleri güç faktörü ile çalışmada çıkış gerilimini aynı değerde tutmak ise, içerde indüklenen gerilimi daha düşük değerde tutarak sağlanır. (Bu bölümde daha önce anlatılmış bulunan endüvi reaktansı ve endüvi reaksiyonunun, değişik, güç faktörlü

yük kullanılan bir alternatörün çıkış gerilimine olan etkilerini hatırlayınız). Endüvi reaktansı ve endüvi reaksiyonunun sebep olduğu iç çalışma şartları dolayısıyla alternatörler, alan uyarımındaki değişmelere karşı kendi kendilerini ayarladıklarından, paralel çalışmakta olan alternatörlerden her birinin çıkış gerilimi ve çıkış güçleri oldukça sabit kalır.

Şekil 12-33 de, her iki alternatörün alan uyarımları değiştirildikten sonraki devre şartları görülmektedir. 2 Numaralı alternatörün alan uyarımı kuvvetlendirilerek bu makinanın akımı, değer bakımından yükseltilmiş, faz açısı ise çıkış gerilimine göre geri duruma düşmüştür. Bununla beraber, bu makinadaki akımın aynı fazdaki bileşenleri, alan uyarımını değiştirilmeden önceki ile aynı değerdedir.



Şekil 12-33. Paralel Çalışan Alternatörlerden Birinin Uyarımı Artırılmış, Diğerinin Düşürülmüştür.

1 Numaralı alternatörün uyarıtım alanı zayıflatılırsa, aynı şekilde bu makinanın akımı, değer bakımından yükselir, faz açısı bakımından çıkış gerilimine göre ileri duruma geçer. Bu generatörün aynı fazda olan akımı da, alan uyarıtımı değiştirilmeden önceki değerine eşit olur. Yarım alternanslık akımın alternatörler arasında ileri ve geri dalgalanmaları, her iki alternatördeki I²R bakır kayıplarının artmasına sebep olur. Her alternatörün beslediği aynı fazdaki akımın, alan uyarıtımı değişmeden önceki değere eşit olduğuna dikkat ediniz. Buna göre, her alternatörün barlara kilovat cinsinden beslediği güç aynı kalıyor demektir. Yukarıdaki egride yüke göre tayin edilen akım ve güç değeri de tabiiyle aynı kalacaktır.

Örnek Problem :

Her biri 30 Kva. 240 V. 50 sayıklık tek fazlı iki alternatör, paralel olarak, 240 V. da 48 kilovat güç isteyen ve güç faktörü bir olan bir yükü beslemektedirler. Alternatörlerin ikisi de «bir» güç fak-

törü ile çalışmaktadır. 1 numaralı alternatörün çıkış 30 kilovat ve 2 numaralı alternatörün çıkışı 18 kilovat olduğuna göre :

1. Her alternatörün verdiği akımı 2. yükün çektiği toplam akımı bulunuz.

Vektör şekil 12-32 dekinin aynıdır. Her iki alternatör «bir» güç faktörü ile çalıştığından, her alternatörün akımı çıkış gerilimi ile aynı fazda olacaktır. Aynı şekilde, yükünde güç faktörü «bir» olduğundan toplam çıkış akımı da çıkış gerilimi ile aynı fazda olacaktır.

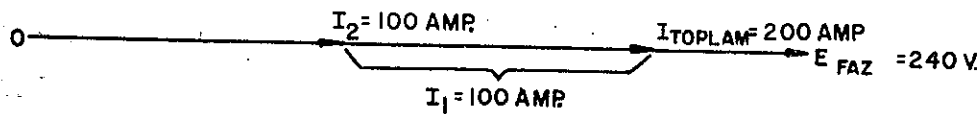
Çözüm :

$$1. I_1 = \frac{W_1}{E} = \frac{30.000}{240} = 125 \text{ Amp.}$$

$$I_2 = \frac{W_2}{E} = \frac{18.000}{240} = 75 \text{ Amp.}$$

$$2. I = \frac{W}{E} = \frac{48.000}{240} = 200 \text{ Amp.}$$

$$I = I_1 + I_2 = 125 + 75 = 200 \text{ Amp.}$$



Şekil 12-34. Paralel Çalışan Alternatörlerin Güç Katsayıları Bir, Besledikleri Yükler ve Akımlar Aynıdır.

Akımlar ayrı ayrı, çıkış gerilimi ile aynı fazda olduklarından, iki alternatörün akımlarının cebirsel toplamı, yüke verilen toplam akıma eşit olacaktır.

Yanlış bir hareketle, alternatörler arasındaki yük bölüşümü, 1 numaralı alternatörün alan uyarıtımını azaltıp 2 numaralı alternatörünkünü çoğaltarak değiştirilmek istenirse şekil 12-34 de görüldüğü gibi her iki makinanın kilovat olarak çıkış gücü yaklaşık olarak sabit kalır. (Alternatörleri çeviren sistemlerin girişleri sabit kalıyor). 1 numaralı alternatörün alanı azaltılıp 2 numaralı alternatörün alanı artırıldıktan sonra 1 numaralı alternatörün güç faktörü 0,90 ilderde olsun. Bu duruma göre :

- 1 numaralı alternatör tarafından verilen akımı.
- Alternatörler arasında dolaşan reaktif akımı.
- 2 numaralı alternatör tarafından verilen akımı.
- 2 numaralı alternatörün geri güç faktörü değerini.
- Yükün çektiği akımı bulunuz.

Çözüm :

$$1. \cos \theta_1 = \frac{\text{aynı fazdaki } I}{I_1}$$

$$0,9 = \frac{125}{I_1} \Rightarrow I_1 = 138,9 \text{ Amp.}$$

$$2. \cos \theta_1 = 0,9; \theta_1 = 25,8^\circ$$

$$\sin \theta_1 = \frac{I_1 \text{ in reaktif bileşeni}}{I_1 \text{ in reaktif bileşeni}}$$

$$0,4352 = \frac{I_1 \text{ in reaktif bileşeni}}{138,9}$$

$$I_1 = 60,4 \text{ Amp.}$$

I_1 in reaktif bileşeni ile I_2 nin reaktif bileşenleri birbirine eşit ve ve 60,4 amperdir.

$$3. \tan \theta_2 = \frac{I_2 \text{ nin reaktif bileşeni}}{I_2 \text{ nin aktif bileşeni}}$$

$$= \frac{60,4}{75} = 0,8053$$

$$\theta_2 = 38,8^\circ \text{ geri}$$

$$\cos \theta_2 = \frac{I_2 \text{ nin aktif bileşeni}}{I_2}$$

$$0,793 = \frac{75}{I_2}; I_2 = 96,2 \text{ A}$$

$$4. \cos \theta_2 = 0,779 \text{ geri güç faktörü}$$

5. Yükün güç faktörü yine yükün kendi elektrik karakteristilerine bağlı olduğundan aynı değer-

de kalacaktır. Çıkış gerilimi 240 V. da sabit tutulursa, yük akımı da aynı değerini muhafaza eder. Yani $I = 200$ Amp. olarak kalır. Her iki alternatörün akımlarının aynı fazdaki bileşenleri birbirine eklendiğinde, $125 + 75 = 200$ Amp. i verdiği dikkat ediniz.

Bir önceki misalde paralel olarak çalışan alternatörlerin alan uyartımlarının değiştirilmesi, bunların çıkış güçlerini yükseltmeyip yalnız her alternatörün reaktif yükünü arttırdığı görülmektedir. İyi bir yük bölüşümü yapmak için, 1 numaralı alternatörü çeviren ünitenin girişi azaltılırken, 2 numaralıyı çeviren ünitenin girişi çoğaltılmalıdır. 1 Numaralı alternatörü çeviren ünitenin girişi azaltılacak olursa, bu grubun yük-hız eğrisinin sarkıklığı artacaktır. Aynı zamanda 2 numaralı alternatörü çeviren ünitenin girişi yükseltirse, bu grubun yük-hız eğrisinin sarkıklığı azalacaktır. Her iki ünitenin regülâtör kontrollerini ayarlamak suretiyle, bu iki yük-hız eğrisinin 50 sayıklık sistem frekans doğrusunu aynı yük noktasında

KARARSIZ DÖNME

Alternatörü çeviren ünitenin dönme momenti sabit kalmayıp palsli olarak değişiyorsa bu, alternatör rotorunun ileri doğru çekilip tekrar normal çalışma duru-

kesmesi sağlanabilir. İki makina paralel olarak bağlandıktan sonra alternatörlerin alan uyartımı sabit tutulduğu takdirde, her iki alternatörün kilovat olarak çıkışları bir birine eşit ve güç faktörleri 1 olacaktır.

Şekil 12-34 de, generatörleri çeviren ünitelerin girişlerini değiştirmek suretiyle, aralarında eşit yük bölümü sağlanan iki alternatörün vektör diyagramı görülmektedir. Her alternatörün güç faktörü 1 ve akımları 100 er amper olduğuna göre, kilovat cinsinden her gruba isabet eden yük :

$$\begin{aligned} Kw. &= \frac{E. I. \cos \theta}{1000} \\ &= \frac{240.000 I}{1000} = 24 Kw. \end{aligned}$$

Güç faktörü = 1 için bulunan bu çıkış gücü, her generatörün normal kapasite sınırları içerisinde olup, aşırı bir yüklenme durumu da söz konusu değildir.

muna gelmesine sebep olabilir. Alternatörleri çevirmek için bazan, dönme momenti palsli bir şekilde değişen dizel motorları gibi üniteler kullanılır. Bunun sonucu ola-

rak alternatörün rotoru periyodik olarak bazan hızlı bazan daha yavaş döner. Bu pals veya osilasyon etkisine «kararsız dönme» adı verilir ve paralel bağlı alternatörler arasında birinden diğerine veya bunun aksi yönde bir akım dalgalanmasına sebep olarak, hoşagitmeyen bir durum yaratır. Alternatörler arasındaki bu osilasyon etkisi birikerek röleyi yüklemek suretiyle devrenin açılmasına sebep olacak kadar büyük değerler alabilir.

Bu kararsız dönme, ağır bir volan yardımı ile osilasyon etkisini azaltarak düzeltilebilir. Bu palsli moment durumunu minimum değere indirmek için, ekseriya döner alan yapısı içerisinde bir amortisör sargısı kullanılır. Şekil 12-2 de döner alan meydana getiren her

kutbun alın kısımlarındaki oluklar içerisine yerleştirilmiş bulunan bir amortisör sargısı görülmektedir. Kalın iletkenlerden meydana gelen bu amortisör sargısı iki baş uçtaki bileziklere pirinç lehimli veya kaynakla tutturulmuştur. Kararsız dönme anında meydana gelen osilasyon, endüvi akısının yolunu, amortisör sargısının kısa devreli iletkenlerini kesecek şekilde değiştirir. Akı yolundaki bu değişme, amortisör sargısı içerisinde, kendisini meydana getiren kuvvetin zıt yönünde indüklemeye akımlarının doğmasına sebep olur. (Lenz kanununa göre). Amortisör sargısı iyi bir şekilde hesaplanacak olursa, kararsız çalışmanın etkileri kısa devreli iletkenler içerisinde indüklenen akımlar sayesinde tamamen ortadan kaldırılmış olur.

HATIRDA TUTULMASI GEREKEN NOKTALAR

- Alternatörler, döner endüvili ve döner alanlı olmak üzere iki sınıfa ayrılırlar.
- Döner endüvili alternatörler yerine şu sebepten dolayı döner alanlı alternatörler kullanılır :
 - a. Yalıtma hususunda hiç bir güçlük karşışmadan daha yüksek değerlerde gerilimler elde edilebilir.
 - b. Fırça ve bileziklerde herhangi bir ark veya ısı problemi ile karşışmadan daha büyük değerlerde akımlar elde edilebilir.
- Çıkıntılı kutup ve silindirik alanlı olmak üzere iki tip döner alan vardır. Çıkıntılı kutup alan tipi, hızı dakikada 1500 devri geçmiyen düşük devirli alternatörlerde kullanılır. Silin-

dirik alan kutuplu rotorlar ise dakikada 1500-3000 devir yapan yerlerde kullanılır.

- Müstakil alan uyarımlı bir alternatörün, alan deşarj devresinin çalışmasını iyice öğreniniz.
- Değişik tipte alternatörlere ait rotor ve statorların basit konstrüksiyon prensiplerini öğreniniz. Aynı zamanda, büyük güçlü alternatörlerdeki havalandırma ve soğutmanın nasıl yapıldığını iyi bir şekilde anlayınız.

a. Tam güç faktörü için :

$$\text{İndüklenen } E = \sqrt{(E_r + IR^2) + (IX_L)^2}$$

b. Geri güç faktörü için :

$$\text{İndüklenen } E = \sqrt{(E_r \cos \theta + IR)^2 + E_r \sin \theta + IX_L)^2}$$

c. İleri güç faktörü için :

$$\text{İndüklenen } E = \sqrt{(E_r \cos \theta + IR)^2 + (E_r \sin \theta - IX_L)^2}$$

- A. A. generatörlerinin değişik güç faktörlü yüklere göre gerilim regülasyonu konusundaki endüvi reaktansı ile endüvi reaksiyonu ve bunların bileşimi olan senkron reaktans kavramını iyice anlayınız.
- Yıldız ve üçgen bağlı üç fazlı alternatörlerdeki senkron empedans, senkron reaktans ve etkin direnç değerlerinin standart ölçü işlemini kullanarak nasıl bulunduğunu bütünüyle anlayınız. Aynı zamanda, bir senkron empedans ölçmesinden elde edi-

- Fleming'in generatör kaidesinin duran endüvi iletkenine veya dönen bir alana nasıl uygun boşdaki gerilim (yüksüz) ve gerilimin nasıl üretildiğini iyice anlayınız. 1. Bölümde verilen bilgilerin tekrar gözden geçirilmesi bu bakımdan yardımcı olacaktır.

- Bir alternatörde, değişik güç faktörlü yüklere göre indüklenen gerilimi bulmakta kullanılan aşağıdaki formüller ile vektör diyagramlarını iyice anlayınız.

len bilgileri kullanarak herhangi güç faktörlü bir yük için, boşdaki gerilim yüksüz) ve gerilim regülasyonu değerini hesap edebilecek duruma geliniz.

- Bir alternatörün doyma eğrisini izah edebilmelisiniz. Ve bu eğrideki «dirsek» ile «doyma» deyimlerinin mânasını anlayınız.
- Tipik bir A. A. generatörü plâkası üzerinde verilen değişik faktörlerden bilhassa kva değeri, kilovat olarak çıkış yükü ve yük güç faktörü gibi deyimleri önemini anlayınız.

- Sabit kayıplar ve bakır kayıplarının mânalarını ve aşağıda verilenlerin hesabında nasıl kullanıldığını öğreniniz.
 - a. Alternatörün verimi
 - b. Alternatörün girişine uygulanan güç
- Alternatörlerin paralel olarak çalıştırılmasındaki üç sebebi cevaplandırarak duruma geliniz.
- Alternatörleri senkronize ederken dikkat edilecek üç hususun neler olduğunu cevaplandırabilmelisiniz.
- Üç karanlık lâmba metodunu, iki parlak bir karanlık lâmba metodunu ve senkronskopun kullanılmasını anlatınız.

- Kilovat olarak yükün alternatörler arasında, bunları çeviren ünitelerin yük-hız eğrilerinin sarkıklığını aşağı ve yukarı kaydırarak nasıl bölüştürüldüğünü öğreniniz.
- Paralel bağlı alternatörlerin alan uyarımlarının değiştirilmesinin, kilovat olarak çıkış yükünü değiştirmeyip yalnız kvar çıkışını değiştirdiğini ve sebebini öğreniniz.
- Düşük devirli alternatörlerde bahis konusu olan «kararsız dönme» deyiminin mânasını ve bir amortisör sargısı kullanarak bunun meydana getirdiği etkilerin nasıl minimum değere düşürüldüğünü iyice öğreniniz.

TEKRARLAMA SORULARI

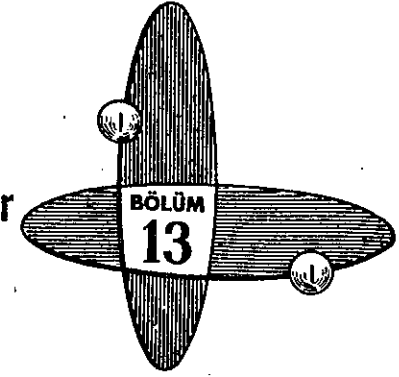
1. Döner alan tipi alternatörün döner endüvili tip A. A. generatörüne göre iki üstünlüğünü yazınız.
2. a. Çıkıntılı kutuplu rotor nerede kullanılır?
b. Şilindirik tipte alanlı rotor nerede kullanılır?
3. a. Müstakil uyarımlı alan devresinde, niçin bir alan deşarj direnci kullanıldığını anlatınız.
b. Bir alan deşarj anahtarı, bir adet alan deşarj direnci bir ampermetre ve alan reostası kullanan bir alternatörün müstakil uyarım devresi montaj şemasını çiziniz. Devrenin bağlantısını, alan reostası ve ampermetre, alan deşarj devresi yolu üzerinde bulunmadığına göre yapınız.
4. a. Büyük kapasiteli, yüksek hızlı türbo alternatörlerin sargılarını soğutmak için hangi metodlar kullanılır?
b. Çıkıntılı alan kutuplu rotor kullanılan düşük devirli alternatörlerin sargılarını soğutmak için daha az zorlukla karşılaşılar. Niçin?
5. 25 kva. 250 V. 60 sayıklık tek fazlı bir alternatör dakikada 1800 devir yapıyor. Endüvi direnci 0,12 om ve endüvi reaktansı 0,5 omdur. Generatör güç faktörü 1 olan bir yükü beslenmektedir. İndüklenen gerilimin değerini bulunuz.
6. a. Soru 5 deki alternatör, geri güç faktörü 0,8660 olan bir yükü bes-

- lediğine göre, indüklenen EMK'in değerini hesaplayınız.
- b. Soru 5 deki alternatör, ileri güç faktörü 0,8660 olan bir yükü beslediğine göre, indüklenen EMK'in değerini bulunuz.
7. a. Alternatör konusundaki regülasyon deyimini açıklayınız.
- b. Bir alternatörün tam yükteki çıkış gerilimi 240 voltur, hızı ve alan uyarım değeri sabit kalmak şartıyla; alternatörün yükü üzerinden alındığında çıkış gerilimi 265 volta yükseliyor, alternatörün yüzde gerilim regülasyonu ne kadardır?
8. Yıldız bağlı üç fazlı bir alternatör, 2000 kva, 4800 volt ve 60 sayıklıktır. Kısa devre senkron empedans ölçmesinde alan uyarım akımı, üç hat üzerindeki ampermetrelerde esas akım değerinin % 150 si yani 360 amper okununcaya kadar yükseltilmiştir. Alan uyarım akımı ve hız sabit tutularak üç kutuplu anahatar açıldığında voltmetrede 2250 volt okunuyor. Hatlar arasındaki direnç 0,4 om ve etkin direncin omik dirence oranı 1,5 olduğuna göre:
- a. Senkron emedans değerini,
- b. Etkin direnç değerini,
- c. Senkron reaktans değerini bulunuz.
9. Problem 8 deki alternatör, güç faktörü 1 olan omik bir yükü beslediğine göre; bu alternatörün yüksüz çıkış gerilimi ile yüzde regülasyon değerini hesaplayınız.
10. a. Problem 8 deki alternatör, geri güç faktörü 0,8 olan bir yükü beslediğine göre; bu alternatörün yüksüz çıkış gerilimi ile yüzde regülasyon değerini bulunuz.
- b. Alternatör ileri güç faktörü 0,8 olan yüke normal çıkış akımını verdiği göre, alternatörün yüksüz çıkış gerilimi ile yüzde gerilim regülasyon değerini bulunuz.
11. Aşağıdaki deyimleri açıklayınız:
- a. Senkron reaktans,
- b. Senkron empedans.
12. a. Bir alternatöre ait tipik bir doyum eğrisini gösteriniz,
- b. Doyum eğrilerinin kullanılma nedenlerinden ikisini yazınız.
13. a. Bir alternatörün sabit kayıpları nelerdir?
- b. Bir alternatörün bakır kayıpları nelerdir?
- c. Bir alternatörün tam güçteki verimi nasıl bulunur?
14. Üç fazlı, 500 kva. 2400 volt, 50 sayıklık bir alternatör yıldız olarak bağlanmıştır. Buna göre:
- a. Güç faktörü 0,80 olduğuna göre, generatörün tam güçteki çıkış gücünü kilovat cinsinden bulunuz.
- b. Alternatörün tam yükteki hat akımlarını bulunuz.
- c. Her faz'a ait sargıların tam yükteki akım değerini bulunuz.
- d. Her faz'a ait sargıların gerilim değerini hesaplayınız.
15. Dizel motoru ile döndürülen, üç fazlı, 50 kva, 250 volt, 60 sayıklık bir alternatör üçgen olarak bağlanmıştır. Buna göre:
- a. Alternatörün tam yükteki hat akımlarını bulunuz.
- b. Her faza ait sargıların tam yükteki akım değerlerini bulunuz.
- c. Her faz'a ait sargıların gerilim değerini hesaplayınız.
- d. Alternatör dakikada 240 devir

- yaptığına göre, döner alan için kaç kutup gereklidir?
16. 5 kva, 208 volt, üç fazlı bir alternatör yıldız olarak bağlanmıştır.
- a. 1) Tam yükteki hat akımlarını,
- 2) Tam yükteki bobin akımlarını
- 3) Her faz'ın sargı gerilimini bulunuz.
- b. Bu alternatör üçgen olarak bağlansaydı, yeni durum için tam yükteki hat gerilim ve akım değerleri ne olurdu, hesaplayınız.
17. Üç fazlı, 60 sayıklık yıldız bağlı bir türbo alternatörün üç faz'a ait sargılarından her biri 8000 voltta 265 amper verecek şekilde hazırlanmıştır. Alternatör 4 kutuplu olduğuna göre:
- a. Alternatörün kva olarak gücünü,
- b. Normal akımını 0,80 güç faktörlü bir yüke beslediğine göre, alternatörün kilovat olarak çıkış gücünü,
- c. Hat gerilimini,
- d. Her yükteki hat akımını,
- e. Alternatördeki döner alanın hızını, dakikada devir cinsinden hesaplayınız.
18. Aşağıdaki soruları, soru 17 deki büyük güçlü, yüksek devirli türbo alternatörü esas alarak cevaplandırınız.
- a. Döner kısım niçin endüvi değil de alandır?
- b. Burada niçin çıkıntılı kutuplar değil de silindirik döner alan kullanılmıştır?
- c. Döner alanlı alternatörlerin D. A. uyarımı nasıl beslenir?
19. A. A. generatörlerinin paralel olarak çalıştırılmalarının üç nedenini açıklayınız.
20. 10.000 kva, 11.000 volt, 50 sayıklık üç fazlı bir alternatör yıldız olarak bağlanmıştır. Buna göre:
- a. A. A. generatörünün 0,80 geri güç faktörü için, tam güçteki çıkış gücünü kilovat olarak bulunuz,
- b. Alternatörün tam güçteki hat akımını hesaplayınız,
- c. Her üç sargının gerilim değerlerini bulunuz,
- d. 0,80 geri güç faktörü ile çıkışa normal yük veren ve verimi % 92 olan bir alternatörün giriş gücünü HP. olarak hesaplayınız.
21. 240 Volt, 50 sayıklık tek fazlı döner alan tipinde bir alternatör omik bir yüke 30 kilovat veriyor. Generatörün verimi % 86 ve sabit kayıpları 2000 wattır. Müstakil uyarım için 240 volt 6 amper lik bir D. A. gerektiğine göre:
- a. Tamyükteki akımı (Cevap 125 A)
- b. Stator sargılarındaki bakır kayıplarını (C. 1444 W.)
- c. Stator sargılarının etkin direncini,
- d. Beygir gücü cinsinden, generatöre uygulanan giriş gücünü hesaplayınız.
22. a. Üç fazlı bir alternatörü diğer bir A. A. generatörü ile paralel bağlamak için gerekli işlemleri sıra ile yazınız. Bu işi yaparken, alternatörün ilk kez servise girmediğini farzediniz.
- b. Paralel bağlama işi bittikten sonra, kilovat cinsinden yükün iki alternatör arasında tekrar bölüştürülmesi deyimini ne manâda kullanılır? Frekansın sabit tutulduğunu farz ediniz.
23. a. Bir alternatörü santralin barları ile senkronize hale getirmek için

- kullanılan «üç karanlık lâmba» metodunu bir diyagramla gösteriniz.
- b. «Üç karanlık lâmba» metodu, bir alternatörün faz sırasının santral barlarına göre doğru olup olmadığını anlamak için nasıl kullanılır?
24. a. «İki parlak, bir karanlık lâmba» metodunu bir diyagram üzerinde gösteriniz.
- b. «İki parlak, bir karanlık lâmba» metodu, devreye yeni giren bir alternatörün, barlarla aynı fazda olup olmadığını anlamak için nasıl kullanılır?
25. a. «Kararsız dönme» deyimini, düşük devirli alternatörler için ne manâ ifade eder?
- b. Rotor üzerinde bulunan amortisör sargıları «kararsız dönme» etkilerini nasıl azaltır?
- c. «Kararsız dönme» etkilerini azaltmanın diğer yolları nelerdir?
26. Paralel çalışmada, alternatörler arasında eşit yük bölüşümü nasıl elde edilir? anlatınız.
27. Vath gücü, alan uyartımını değiştirmek suretiyle alternatörler arasında kaydırmağa çalışılsa ne olur? Burada alternatörleri çeviren ünitelerin girişleri sabit olarak kabul edilecektir.
28. Bir alternatörün plâkası üzerinde bulunan bilgileri liste halinde yazınız.

Transformatörler



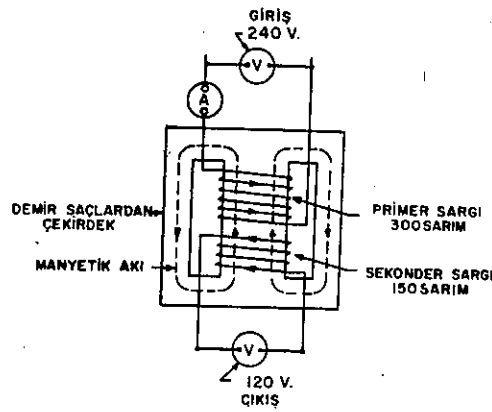
Frekansta bir değişiklik yapılmadan, gerilimi değiştirerek bir alternatif akım devresinden diğer bir alternatif akım devresine enerjiyi iletmek için kullanılan; bir cihaz, «statik transformatör» olarak tarif edilir. Transformatör giriş sargılarına bir gerilimde enerji alır ve enerjiyi çıkış sargısından daha alçak gerilimde verirse, buna «gerilim düşürücü transformatör» denir. Çıkış sargısından daha yüksek gerilim verene de, «gerilim yükseltici transformatör» denir. Nominal plâka gerilimi, giriş olarak yüksek veya alçak gerilim sargısı kullanıldığına göre transformatör, gerilim düşürücü veya gerilim yükseltici olarak kullanılır.

Transformatör sabit bir cihazdır ve en basit şekliyle, üzerine giriş ve çıkış sargıları sarılmış demir saç çekirdekten ibarettir. Güç kaynağına bağlanan giriş sargısı, primer sargı olup, yüke bağlı olan çıkış sargısı da sekonder sargıdır.

Primer sargıdan sekonder sargıya enerjiyi ileten primer sargının yarattığı alternatif manyetik akıdır.

Primerden sekonder sargılara enerjiyi iletmek için, dönen veya hareketli parçalara ihtiyaç duyulmadığından; sürtünme kayıpları yoktur. Bundan başka, diğer kayıplar da nispeten azdır, böylece transformatörün verimi yüksek olur. Tam yükte verim % 96 - % 97 kadar olabilir ve çok büyük güçlü transformatörlerde, verim % 99 a kadar yükselir. Dönen sargıları olmadığından, transformatörler çok yüksek gerilimlerde kullanılabilir ve sabit bobinler direkt olarak yalıtkan yağa batırılabilir. Dönen parçaların bulunmaması, aynı zamanda, transformatörün bakım ve onarım masraflarını da oldukça azaltır.

Bir transformatörün primer sargıları, alternatif bir gerilime bağlandığında; sekondere hiçbir yük bağlanmasa bile, giriş sargısında



Şekil 13-1. Bir Transformatörün Basit Diyagramı.

«uyarma akımı» denen ufak bir akım vardır.

Bu uyarma akımı, ters yönlerde azalıp çoğalırken her iki sargının sarımlarını kesen alternatif bir akı meydana getirir. Bu akı, sekonder sargının sarımlarını keserken; sekonderde, primer sargısının aynı frekansında, alternatif bir gerilim endüktür. Bu aynı akı, her iki sargının sarımlarını kestiği için, her iki sargının her bir sarımında da aynı gerilimi endükleme mecburiyetindedir. Bu, her bir sargıdaki toplam endükleme elektromotor kuvvetini, bu sargıdaki sarım sayısı ile doğru orantılı yapar.

$$\frac{E_p}{E_s} = \frac{N_p}{N_s}$$

burada, E_p = Primer sargıdaki endükleme gerilimi

E_s = Sekonder sargıdaki endükleme gerilimi

N_p = Primer sargıdaki sarım sayısı

N_s = Sekonder sargıdaki sarım sayısı

Yukarıdaki orantıda, E_p primerde endüklenen zıt emk'dir. (Lenz Kanunu). Bu endükleme gerilimi, tipik bir transformatörde, tatbik edilen primer geriliminden, yaklaşık olarak sadece % 1 veya % 2 kadar az olduğundan; E_p ve E_s transformatörün giriş ve çıkış gerilimleri olarak kabul edilebilir.

Örnek Problem 1

Bir transformatörün, yüksek gerilim sargısında 300 sarım ve alçak gerilim sargısında ise 150 sarım vardır. Yüksek gerilim sargısına 240 volt tatbik edilmişken, gerilim düşürücü bir transformatör olarak kullanılırsa; sekonder sargıdaki endükleme elektromotor kuvvetini tayin ediniz.

$$\frac{E_p}{E_s} = \frac{N_p}{N_s} = \frac{240}{150}$$

$$36000 = 300 E_s \quad E_s = 120 \text{ volt}$$

UYARMA AKIMI

Sekonder sargısına yük bağlı değilken, primer sargıya akım girişi; ekseriya tam yükteki akımın % 2 sinden % 5 ine kadardır. Bu yüksüz primer akımına, uyarma akımı denir. Bu akım, alternatif bir akı meydana getirir ve transformatör çekirdeğinde kayıplar meydana getirir. Bu çekirdek kayıpları, fuko kayıpları ile histerezis kayıplarından ibarettir. Alternatif akı, değer bakımından çoğalıp azalırken; primer ve sekonder bobinlerinin sarımlarını olduğu kadar, metal çekirdeği de keser. Sonuç olarak; metal çekirdekte endüklenen gerilimler, çekirdek içinde dolaşan fuko akımlarının akmasına sebep olurlar ve uyarma akımı tarafından verilmesi gereken I^2R kayıpları meydana getirirler. Bu kayıp, çekirdeği ince sac levhalardan yapmakla minimuma indirilir. Genellikle, bu kayıpları azaltmağa yardım edecek şekilde, her bir ince sac levha üzerinde ince bir tabaka halinde yalıtkan vernik vardır. Eğer vernik kullanılmazsa, sac levhaların oksitle kap-

lanması da fuko kaybını azaltır.

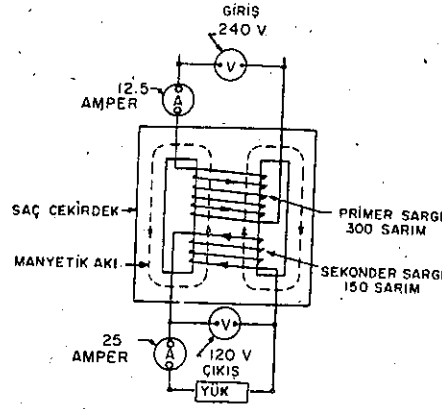
Diğer kayıp, histerezis kaybıdır. Alternatif akı, çekirdek yapısında ki milyonlarca molekülünü saniyede birçok defa ters çevirir. Çekirdekteki molekül sürtünmesini yenmek için primer sargısı tarafından verilen güç, silisyum çeliği denen özel bir çelik veya diğer özel, alçak histerezis kayıplı çelikler kullanılarak azaltılır. Fuko akımı ve histerezis kayıplarına, çekirdek kayıpları denir ve normal bir transformatörde, bu kayıplar oldukça azdır.

Uyarma akımı mıknatıslama akısını beslemek için oldukça büyük 90° lik bileşen veya mıknatıslama akımı ile; çekirdek kayıplarını besleyen akımın nispeten ufak aynı fazda bileşeninden, meydana gelir. Pratikte, transformatörün yüksüz durumdaki güç faktörü, çoğu zaman 0,05 ile 0,10 geri faz arasındadır. Bu, uyarma akımı ile tatbik edilen primer gerilimi arasındaki faz açısının, 84° ile 87° geri faz arasında olduğu manâsına gelir.

PRİMER VE SEKONDER AKIM MÜNASEBETLERİ

Sekonder sargının uçları arısına bir yük bağlandığı zaman; akımın ani yönü, kendisini meydana getiren tesire karşı koyacak şekildedir.

Sekonder sargısının uçlarına endüktif olmyan bir yük bağlı, basit bir transformatör Şekil 13-2 de görülmektedir. Sekonder akımı, primer sargısının akısına (ϕ)



Şekil 13-2. Bir Transformatörün Basit Diyagramı.

karşı koyacak bir manyetomotor kuvvet meydana getirir. Netice olarak, primer akısı değerce azalır ve benzer şekilde, primer sargısındaki zıt elektromotor kuvvet de azalır. Tatbik edilen primer gerilimin zıt elektromotor kuvvetten veya endükleme geriliminden daha az zıtlığı olduğu için; primer akımı artar. Primer akımındaki bu artma, sekonder sargısına bağlanan yükün ihtiyacı olan enerjiyi verir.

Sekonder amper - sarımı, primer manyetomotor kuvvetine zıt tesir ederken; primer amper - sarımı

$$1. N_p = 300 \text{ sarım}; N_s = 150 \text{ sarım}; I_s = 25 \text{ amper}$$

$$I_p N_p = I_s N_s \quad I_p \times 300 = 25 \times 150 \quad I_p = 12,5 \text{ amper}$$

$$2. \text{ Sekonder Amper - sarımı} = I_s \times N_s = 25 \times 150 = 3750 \text{ amper - sarım}$$

$$3. \text{ Vat çıkışı} = E_s \times I_s \cos \theta = 120 \times 25 \times I_s = 3000 \text{ vat.}$$

nın da mıknatıslama akısını çoğalttığı ve böylece mıknatıslama akısının azaldığına dikkat edilmiştir.

Daha önce söylendiği gibi, nominal akım ile mukayese edilirse, uyarma akımı nispeten küçüktür. Transformatörlere ait birçok hesaplamalarda, uyarma akımı ihmal edilir ve primer ile sekonder amper sarımlarının eşit olduğu kabul edilir :

$$I_p N_p = I_s N_s \text{ burada, } I_p = \text{Primer akımı; } I_s = \text{Sekonder akımı; } N_p = \text{Primerin sarım sayısı; ve } N_s = \text{Sekonderin sarım sayısı.}$$

Örnek Problem 2

Şekil 13-2 de verilen transformatör; bir'e eşit güç katsayılı yüke, 120 volt ve 12 amper vermektedir. Eğer uyarma akımı ihmal edilirse, aşağıdakileri tayin ediniz: (1) Primer akımı; (2) Sekonder amper - sarımı; (3) Yük tarafından alınan gücün vat değeri.

KAÇAK AKI

Tipik transformatörde, primer sargı tarafından meydana getirilen akımın bir kısmı, sekonder sargının sarımlarını kesmez. Buna karşılık, bu primer kaçak akısı için manyetik devre havadan tamamlanır. Bu kaçak akı, çekirdeğin devre yolunu takip etmez. Primer sargısının sarımlarını keser, fakat sekonder sargının sarımlarını kesmez. Bu kaçak akı dolayısıyla, primer sargısında bir reaktif gerilim düşmesi meydana gelir. Sonuç olarak, sekonder endükleme geriliminde azalır. Ayrıca, sekonder sarımlarını kesen fakat primer sarımlarını kesmeyen,

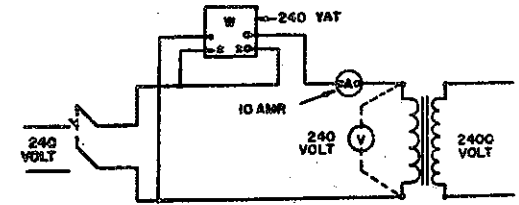
bir de sekonder kaçak akısı vardır. Bu akımın da manyetik yolu çekirdek içinde olmayıp, hava içindedir. Sekonder kaçak akısı, sekonder akımı ile orantılıdır ve sekonder sargısında bir reaktif gerilim düşmesine sebep olur. Primer ve sekonder kaçak akılarının tesirlerinin, yükte bir artma ile transformatörün sekonder gerilimini azalttığı görülebilir. Transformatörün kaçak akı miktarı, kullanılan çekirdeğin tipi ile çekirdeğin ayaklarındaki primer ve sekonder bobinlerin tertibi veya yerleştirilmesine bağlıdır.

ÇEKİRDEK KAYIPLARI

Uyarma akımının, akımın 90° lik geri veya mıknatıslama bileşeninden ibaret olduğu, bu bölümde daha önceden izah edilmişti. Akımın aynı fazda bileşeni, çekirdeğin fuko kayıpları ve histerezis kayıplarını karşılar.

Çekirdek kayıplarını ölçmek için yapılması gereken bağlantılar, Şekil 13-3 A da görülmektedir. Bu transformatörün, 2400 voltta çalışan yüksek gerilim sargısı vardır. 240 voltta çalışan alçak gerilim sargısı, transformatörün primer tarafı olarak kullanılır. Vat-

metre ve voltmetrenin gerilim devreleri için düşük gerilim kullanılması uygun olduğundan bağlantı bu şekilde yapılmıştır. Bundan

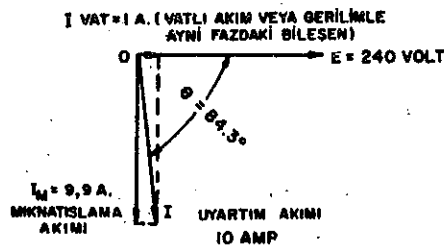


Şekil 13-3a. Transformatörün Demir Kayıpları Deneyi.

başka, 240 volt nispeten emniyetli bir gerilim olarak kullanılır. Bununla beraber, bu yüksek gerilim devresine hiç kimsenin temas etmeyeceği şekilde, yüksek gerilim sargı tellerinin ve uç bağlantılarının iyi yalıtılmasına dikkat edilmelidir.

Transformatörün yüksüz durumundaki kayıpları azdır ve bunun için, ölçme aletinin hataları kontrol edilmelidir. Şekil 13-3 A daki, noktalı hatlı voltmetre bağlantısının manâsı; vatmetre, voltmetre tarafından alınan gücü de göstereceğinden, vatmetre okuması yapılırken voltmetrenin devreden çıkarılması gerektiği anlamındadır.

Şekil 13-3 A daki görülen devrede, nominal gerilim ve frekans kullanılırsa, çekirdekte nominal alternatif akı vardır ve çekirdek kaybı normal değerindedir. Ampermetre uyarma akımını gösterirken, vatmetre de vat cinsinden çekirdek kaybını gösterir.



Şekil 13-3b. Transformatörün Uyarım Akımı (Boş Akım) Vektör Diyagramı.

Uygun âletler ve 2400 voltluk bir kaynak varsa; yüksek gerilim tarafını primer sargısı olarak kullanmak suretiyle de, çekirdek kaybı ölçülebilir ve âletlerin kayıpları çıkarılırsa, çekirdek kaybının aynı olduğu görülür. Çünkü iki sargının da sarıldığı çekirdek aynıdır ve sargının herhangi birini primer olarak kullanmak suretiyle, aynı miktarda amper-sarım aynı alternatif akıyı meydana getirdiğinden vat cinsinden çekirdek kaybı da aynı olacaktır.

Şekil 13-3 B, uyarma akımının (10 amperlik), aynı fazda bileşeni (1 amper), ve 90° lik geri (miknatıslama) bileşeninin vektör münasebetini göstermektedir. Hat gerilimi ile uyarma akımı arasındaki, 84,3° lik büyük faz açısına dikkat edilmelidir. Çekirdek kaybı 240 wattır.

Örnek Problem 3

Şekil 13-3 A, yüksek gerilim sargısı 2400 voltta çalışan ve alçak gerilim sargısı 240 voltta çalışan, 50 KVA, 60 sayıklık, tek fazlı transformator üzerindeki bir deneyi göstermektedir. Alçak gerilim sargısını primer olarak kullanmak suretiyle, bu transformatorün, çekirdek kaybı deneyi yapılmaktadır. Primer sargısına 240 volt tatbik edilmişken, vatmetre 240 voltluk bir çekirdek kaybı gösterirken, ampermetre de 10 amperlik bir uyarma akımı göstermektedir. Aşağıdakileri tayin ediniz :

Çözüm

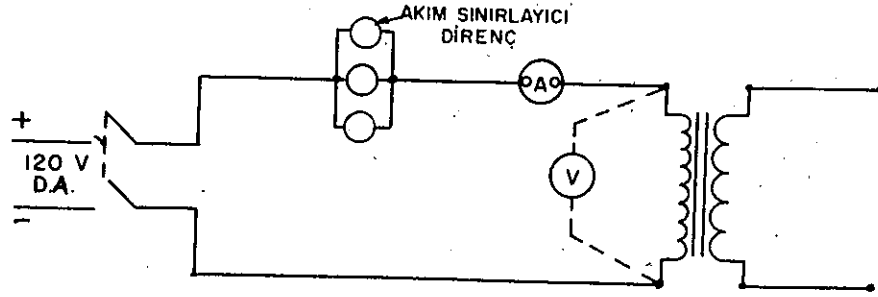
- Güç katsayısı ve faz açısı
 - Güç Katsayısı = $\frac{I \text{ aynı fazda}}{I}$
 - Akımın aynı fazdaki bileşeni
 - Akımın 90° lik geri veya miknatıslama bileşeni
- $$= \frac{10}{10} = 1 \text{ aynı fazda}$$
- $$3. \sin \theta = 0,9951$$
- $$\sin \theta = \frac{I \text{ } 90^\circ \text{ lik}}{I}$$
- $$0,9951 = \frac{I \text{ } 90^\circ \text{ lik}}{10}$$
- $$I \text{ } 90^\circ \text{ lik} = 9,9 \text{ amper, miknatıslama akımı}$$
- $$1. \text{ Güç Katsayısı} = \frac{W}{E I}$$
- $$= \frac{240}{240 \times 10}$$
- $$= 0,10 \text{ geri güç katsayısı}$$
- $$= 84,3 \text{ geri}$$

BAKIR KAYIPLARI

Transformatörün bakır kayıpları, primer ve sekonder sargıların her ikisindeki I²R kayıplarından ibarettir. Primer ve sekonder sargıların etkin direnci biliniyorsa, transformatorün bakır kayıplarının hesaplanması basit bir meseledir. Hatırlanacak olursa, alternatör çalışmasında; alternatif akım direncinin yaklaşık değerini elde etmek için, doğru akım direnci 1,4 veya 1,5 ile çarpılmaktaydı. Bununla beraber, transformator çalışmasında; sargılar, statorun olukları içine yerleştirilmeyip; çekirdeğe bobin şeklinde sarılmış-

tır. Bu sebepten, omik direnç ile etkin direnç arasındaki fark nispeten azdır. Alternatif akım (etkin) direnci elde etmek için en çok kullanılan metot, transformator sargısının doğru akım direncini ölçmek ve 1,1 ile çarpmaktır.

Ölçülen doğru akım direnci veya omik direnç, Şekil 13-4 de gösterilmiştir. Akımı kontrol etmek için, bu devrede akım sınırlayan bir direnç kullanılır. Bu usulde, küçük doğru akım değerleri kullanılmalıdır. Bu deneyi yaparken; sargıların endüktansı



Şekil 13-4. Transformator Sargılarının D.A. Direncinin Ölçülmesi.

fazla ise, devreyi kesmeden önce, voltmetrorenin devreden çıkarılması önemlidir. Yüksek endükleme gerilimi dolayısıyla, voltmetrorenin hareketli kısmı ve ibresi hasara uğrayabilir.

Örnek Problem 4

50. KVA, 2400/240 volt, 60 sayıklık, tek fazlı, gerilim düşürücü transformatorün sargılarının

direnci; doğru akım ile ölçülmektedir. Yüksek gerilim sargısının doğru akım direnci 0,68 om ve alçak gerilim sargısının direnci de 0,0065 omdur. Aşağıdakileri tayin ediniz :

1. Herbir sargının etkin direnci
2. Tam yük durumundaki toplam bakır kayıpları.

Cözüm

1. Primer sargının, R etkin = $0,68 \times 1,1 = 0,75$ om
Sekonder sargının, R etkin = $0,0065 \times 1,1 = 0,0072$ om
2. Transformatorün kayıpları az olduğundan, herbir sargının tam yük akımının değerinin tayin edilmesi gerektiği zaman, volt- amper giriş ve çıkışının aynı olarak farz edilmesi, sık sık yapılan bir iştir.

Bu sebepten,

$$I_p = \frac{VA}{E_p} = \frac{50000}{2400} = 20,83 \text{ amper} \quad I_s = \frac{VA}{E_s} = \frac{50000}{240} = 208,3 \text{ amper}$$

Bakır Kayıplarının

$$\text{Toplam Vat Değeri} = I_p^2 R_p + I_s^2 R_s = 20,83^2 \times 0,75 + 208,3^2 \times 0,0072 = 637,8 \text{ vat}$$

TRANSFORMATÖR KAYIPLARI VE VERİM

Bir transformatorde iki türlü kayıp vardır: Bakır kayıpları, ve çekirdek (demir) kayıpları. Bakır kayıpları, primer sargılarındaki $I^2 R$ kayıplarıdır. Bakır kayıpları, primer ve sekonder sargılarındaki yük akımı ile orantılıdır. Herbir sargının akımı ile etkin direncinden, bakır kayıplarının hesaplanması basit bir meseledir.

Bütün hallerde; verim, vat çıkışının vat girişine oranıdır. Çoğu zaman, sekondere bağlanan yükün güç katsayısı bir'den farklıdır. Bunun için, vat çıkışı, sekonder gerilimi, sekonder akımı ile yükün güç katsayısının çarpımına eşittir. Vat girişi, vat çıkışı ile bakır kayıpları ve çekirdek kayıplarının toplamına eşittir.

Şekil 13-3 A da görülen bağlantıları kullanarak, çekirdek kayıpları ölçülebilir. Feko kayıpları ile histerezis kayıplarından ibaret olan çekirdek kayıpları; frekans ve primer gerilimi sabit kalırsa; bütün yük noktalarında pratik olarak sabit kalacaktır.

Verilen herhangi bir yük noktası için, kayıplar biliniyorsa veya hesaplanabilirse; basit verim formülünü kullanarak, transformatorün verimi (η) tayin edilebilir :

$$\eta = \frac{\text{Vat Çıkışı}}{\text{Vat Girişi}} \times 100$$

Transformator hesaplamalarında kullanılabilmesi için; bu formül, daha pratik bir şekilde şöyle yazılabilir :

$$\eta = \frac{E_s \cdot I_s \cos \Theta}{(E_s \cdot I_s \cos \Theta) + \text{Vat cinsinden Çekirdek Kaybı} + (I_p^2 R_p) + (I_s^2 R_s)} \times 100$$

$E_s \cdot I_s \cos \Theta$ = Sekonder sargının vat çıkışı

$I_p^2 R_p$ = Primer sargıdaki bakır kaybı

$I_s^2 R_s$ = Sekonder sargıdaki bakır kaybı

Bir transformatorün verimini metodu, yüksüz durumdan tam yük durumuna kadar çeşitli yük noktalarında transformatorü yüklemek ve güç girişi ile güç çıkışını ölçmektir. Fakat, kayıplar az olduğundan, çok hassas aletler kullanılmazsa sonuçlar hatalı olur.

Mesela, bir transformatorün tam yükteki verimi, çoğu zaman % 96 dan % 98 e kadardır. Tipik bir vatmetre, % 1 hatalıdır. Böylece okunan değerlerde hata, % 50 ye kadar olabiliyor demektir. Bundan başka, transformatorleri yüklemek için, gerekli akım, gerilim güç

faktörü ve aletleri bulmak imkân-sız olabilir. Çok büyük güçlü transformatörler için, bu husus özellikle doğrudur.

En çok kullanılan metot, kayıpları ölçmek ve bu kayıpları etiketindeki çıkışla toplayarak girişi bulmaktır. Kayıpların ölçülmesi suretiyle, verimin elde edilmesinde kullanılan usuller, aşağıdaki örnekte görülmektedir.

Örnek Problem 5

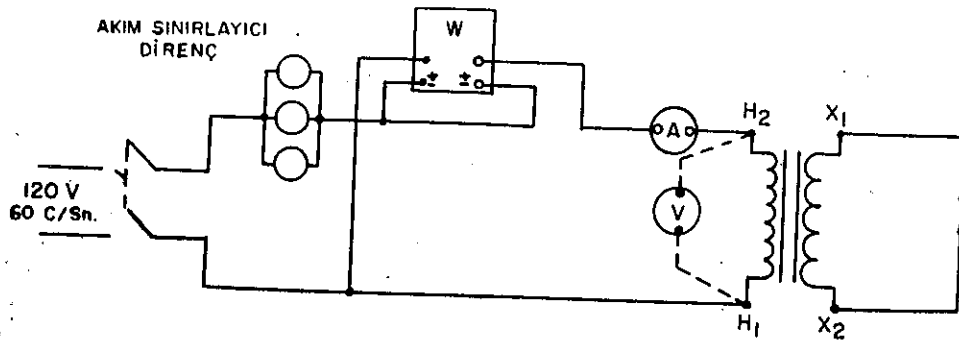
Bu bölümde daha önce kullanılan, 50 KVA, 2400/240 voltluk transformatör, bir'e eşit güç kat-sayılı nominal yük çıkışını besle-mektedir. Çekirdek kayıpları, 240 vat olarak bulunmuştur. Sekonder bakır kaybı 312,4 vat iken, primer bakır kaybı 324,4 vattır. Bir'e eşit güç faktöründe ve nominal çıkış-taki verim :

$$\eta = \frac{E_s I_s \cos \Theta}{(E_s I_s \cos \Theta) + \text{Vat cinsinden Çekirdek Kaybı} + (I_p^2 R_p) + (I_s^2 R_s)} \times 100$$

$$= \frac{50000 \times 1}{50000 \times 1 + 240 + 325,4 + 312,4} \times 100 = \% 98,3$$

Transformatörün veriminin ta-yin edilmesinde, transformatörün bakır kayıplarını ölçmek için, sık sık kullanılan diğer bir metot; «Kısa Devre Deneyi» dir. Bu de-neyde; yüksek gerilim sargısı, pri-mer olarak kullanılır ve alçak ge-rilim sargısı, kısa devre edilir.

Kısa devre deneyi için bağlantı-lar, Şekil 13-5 de görülmektedir. Akım girişini kontrol edecek şekil-de, primer sargısı ile seri halde bir de-ğişken direnç devreye sokul-muştur. Primer ve sekonder sar-gıların her ikisinde de tam yük akımı geçinceye kadar, seri direnç



Şekil 13-5. Transformatörün Kısa Devre Deneyi.

ayar edilir. Transformatörün al-çak gerilim tarafı kısa devre edil-diği zaman, her iki sargıda da tam yük akımını elde etmek için; no-minal primer geriliminin sadece % 3 ünden % 5 ine kadar bir ge-rilime ihtiyaç vardır.

Sekonder kısa devre iken, her iki sargıda da nominal akımın ak-ması için gerekli olan gerilime, empedans gerilimi denir. Empe-dans gerilimi terimi, sekonder ve primer sargılarının empedansla-rından nominal akımın akışını ge-rektiren gerilim manasında kulla-nılır. Empedans gerilim yüzdesi; empedans geriliminin nominal ge-rilime oranıdır ve genellikle % 3 ile % 5 arasındadır.

Şekil 13-5 deki vatmetre, pri-mer tarafa göre, transformatörün toplam bakır kayıplarını göstere-

$$I_p^2 R_p + I_s^2 R_s = 20,83^2 \times 0,68 + 208,3^2 \times 0,9965 = 577 \text{ vat.}$$

Sargıların doğru akım veya saf omik direnci ile mukayese edildiği zaman; kısa devre deneyi ile el-de edilen 640 vattın, doğru akım direnç değerleri kullanılarak bul-unan 577 vatlık toplam bakır kaybı-na oranı :

$$\frac{640}{577} = 1,11 \text{ olur.}$$

Bu değer, transformatörlerde, etkin direncin bulunması için tav-

cektir. Bu deneyde primer sargı-lara tatbik edilen gerilim çok az olduğu için, vatmetre okumasın-daki çekirdek kayıpları ihmal edi-lecek kadar azdır.

Bu deneyde, Şekil 13-3 teki bağlantılar kullanılarak, transfor-matörün çekirdek kayıpları tayin edilebilir. Önceki örnek proble-mde kullanılan 50 KVA lık aynı transformatör tekrar bu şekilde kullanılırsa; çekirdek kaybı, 240 vat olacaktır. Şekil 13-5 e bakılır-sa; ampermetrenin 21 amper, vat-metrenin 640 vat ve voltmetrenin 80 volt gösterdiği görülür. Bu güç değeri, transformatörün bakır ka-yıplarını temsil eder. Yüksek ve alçak gerilim sargılarındaki bakır kayıplarını hesap etmek için, doğ-ru akım omik değerleri kullanılır-sa, toplam bakır kayıpları şöyle bulunur :

siye edilen 1,10 değerinin doğru olduğunu gösteriyor.

Yaklaşık olarak 21 amperlik akımda vatmetre 640 vat gösterir-se primer tarafa göre transforma-törün eşdeğer etkin direnci (R_{OP}) :

$$R_{OP} = \frac{W}{I_p^2} = \frac{640}{21^2} = \frac{640}{441} = 1,45 \text{ om olur.}$$

Sekonder tarafına göre eşdeğer etkin direnç değeri ise :

$$R_{os} = R_{op} \left(\frac{N_s}{N_p} \right)^2 = 1,45 \left(\frac{1}{10} \right)^2 = 0,0145 \text{ om olur.}$$

Yukarıdaki formülde niçin sarım oranlarının karesi alındı diye bir soru sorulabilir. Önce, alçak gerilim sargısının yüksek gerilim sargısına göre sarımları sayısı sadece onda bir olacaktır. Yüksek ve alçak gerilim sargılarının, gerilim ve sarım sayısı, doğru orantılıdır: $240 : 2400 = 1 : 10$.

Amper sarım, herbir sargı için aynı olduğundan; alçak gerilim akımının değeri, yüksek gerilim sargısının on mislidir. Bu örnekte;

$$I_s = \frac{VA}{240} = \frac{50000}{240} = 208,3 \text{ amper, tam yük akımı}$$

Toplam Bakır Kayıpları $= I_s^2 \times R_{os} = 208,3^2 \times 0,0145 = 629 \text{ vat}$
Nominal yükte ve bir'e eşit güç katsayısında, transformatörün verim yüzdesi :

$$\eta = \frac{E_s I_s \cos \Theta}{E_s I_s \cos \Theta + \text{Vat Cinsinden Çekirdek Kayıpları} + \text{Toplam Bakır Kayıpları}} \times 100$$

$$\eta = \frac{240 \times 208,3 \times 1}{(240 \times 208,3 \times 1) + 240 + 629} \times 100 = \% 98,3$$

$$\eta = \frac{240 \times 208,3 \times 1}{(240 \times 208,3 \times 1) + 240 + 629} \times 100 = \% 98,3$$

Kısa devre deneyi kullanılarak elde edilen verim yüzdesinin, önceki problemde bulunan değerini aynı olduğuna dikkat ediniz.

alçak gerilim sargısındaki telin kesitinin, yüksek gerilim sargısındaki tel kesitinden on misli fazla olduğu manâsına gelir. Eğer alçak gerilim sargısı, yüksek gerilim sargısındaki sarımların, 1/10 u kadar sarımlı ve on misli büyük kesit alanlı ise; 1/10 un karesi, transformatörün primer eşdeğer direncinin alçak gerilim tarafına çevrilmesi için kullanılan bir çarpan olur. Bu formül, herhangi bir transformatör oranı ile kullanılmakta geçerlidir.

Nominal yükte, bu transformatörün toplam bakır kayıplarını bulmak için :

Bir'e eşit güç katsayılı bir yüke nominal akım kapasitesinin % 50 sine eşit akım vererek, aynı transformatör çalıştırılırsa; miknatis-

lama akısı aynı olduğundan, çekirdek kaybı da aynı olacaktır. Bununla beraber; bakır kayıpları, tam yükteki değerinin dörtte birine kadar azalacaktır, çünkü; $I^2 R$ formülündeki kare alma iş-

lemi, I^2 çarpanında ilk değerinin sadece dörtte birini meydana getirir. Bu yük durumunda, verimi hesaplamak için aynı formül kullanılarak,

$$\eta = \frac{240 \times 104,2 \times 1}{(240 \times 104,2 \times 1) + 240 + 157} \times 100 = \% 98,4 \text{ bulunur.}$$

Transformatörün beslediği yükün güç katsayısı birden farklı ise; vat çıkışı azalır, fakat kayıplar sabit kalır. Meselâ, % 60 gerilim güç katsayılı nominal yükte verim :

$$\eta = \frac{E_s I_s \cos \Theta}{E_s I_s \cos \Theta + \text{Vat Cinsinden Çekirdek Kaybı} + \text{Toplam Bakır Kayıpları}} \times 100$$

$$= \frac{240 \times 208,3 \times 0,6}{(240 \times 208,3 \times 0,6) + 240 + 629} \times 100 = \% 97,2$$

GERİLİM REGÜLASYONU

Tatbik edilen primer gerilimi sabit tutulurken; yük, tam yükten, yüksüz akım durumuna kadar azaltılırsa, transformatörün gerilim regülasyonu, sekonder gerilimindeki değişim yüzdesidir. Gerilim regülasyonu, aşağıdaki formül ile hesaplanabilir :

$$\text{Gerilim Regülasyon Yüzdesi} = \frac{E_s \text{ Yüksüz} - E_s \text{ Tam Yük}}{E_s \text{ Tam Yük}} \times 100$$

Kısa devre deneyinde, önceki şekilde kullanılan 50 KVA lık trans-

formatörün primer ve sekonder sargılarında nominal akımın akmasına sebep olacak empedans gerilimi, 80 volttu. Yüksek gerilim tarafına göre transformatörün empedansı $Z_{op} = E_p / I_p$ olur.

12 nci bölümde alternatörler için gösterildiği şekilde, transformatörün yüksüz geriliminin hesaplanması mümkündür. Şekil 13-5 deki kısa devre deneyindeki bilgiler kullanılarak; eşdeğer empedans, eşdeğer etkin direnç ve eşdeğer reaktans elde edilir.

$$Z_{OP} = \frac{E_p}{I_p} = \frac{80}{21}$$

= 3,81 om, yüksek gerilim tarafına göre transformatörün eşdeğer empedansı

$$R_{OP} = \frac{W}{I_p^2} = \frac{640}{21^2} = \frac{640}{441}$$

= 1,45 om, yüksek gerilim tarafına göre transformatörün eşdeğer direnci

$$X_{OP} = \sqrt{Z_{OP}^2 - R_{OP}^2}$$

$$= \sqrt{3,81^2 - 1,45^2}$$

= 3,52 om, yüksek gerilim tarafına göre transformatörün eşdeğer reaktansı

Yüksek gerilim tarafının direnci ve reaktansının eşdeğer değerleri, şimdi, transformatörün alçak gerilim tarafının eşdeğer değerlerine çevrilebilir.

$$R_{OS} = R_{OP} \left(\frac{N_s}{N_p} \right)^2 = 1,45 \left(\frac{1}{10} \right)^2$$

$$E_s \text{ Yüksüz} = \sqrt{(E_s + I_s R_{OS})^2 + (I_s X_{OS})^2}$$

$$= \sqrt{(240 + 208,3 \times 0,0145)^2 + (208,3 \times 0,0352)^2}$$

$$= 243 \text{ volt}$$

$$\text{Gerilim Regülasyon Yüzdesi} = \frac{\text{Yüksüz Gerilim} - \text{Tam Yük Gerilimi}}{\text{Tam Yük Gerilimi}} \times 100$$

$$= \frac{243 - 240}{240} \times 100 = \% 1,25$$

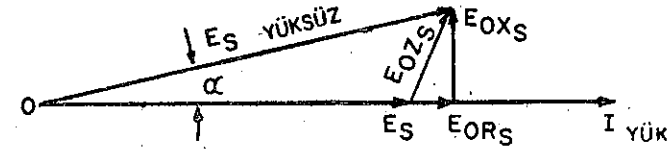
= 0,0145 om, sekonder sargıya göre transformatörün eşdeğer direnci.

$$X_{OS} = X_{OP} \left(\frac{N_s}{N_p} \right)^2 = 3,52 \left(\frac{1}{10} \right)^2$$

= 0,0352 om, sekonder sargıya göre bütün transformatörün eşdeğer reaktansı.

50 KVA lık transformatörün gerilim regülasyonu istenilirse, yüksüz ve tam yük gerilim değerlerinin elde edilmesine lüzum vardır. Bu özel transformatör için, tam yükteki gerilim 240 voltur. Yüksüz durumdaki gerilimi tayin etmek için; 12 nci Bölümdeki alternatifler için verilen aynı tip vektör diyagramı ve hesaplamalar kullanılır.

Aşağıdaki problemde, bir'e eşit güç katsayısı için, gerilim regülasyonu tayin edilecektir. Şekil 13-6, 50 KVA lık transformatörün bu özel yük durumu için, verilen vektör diyagramıdır.



Şekil 13-6. Güç Katsayısı bir Olan Yükü Besleyen Transformatörün Vektör Diyagramı.

Tam yük ve yüksüz noktaları arasında, sekonder geriliminin, gerilim değişim yüzdesinin sadece % 1,25 olduğu yerde; bir'e eşit güç katsayısı olan bir yük için, transformatörün gerilim regülasyonunun mükemmel olduğuna dikkat ediniz.

Aşağıdaki iki örnekte 0,866 geri ve 0,866 ileri yük güç katsayısı için, aynı transformatörde gerilim regülasyonu elde edilmektedir. Bu

yük durumlarının herbiri için, transformatörün vektör diyagramları, Şekil 13-7 de görülmektedir.

Örnek Problem 6

50 KVA lık aynı transformatörün gerilim regülasyonunu aşağıdaki hallerde tayin ediniz :

1. 0,866 geri güç katsayılı yük
2. 0,866 ileri güç katsayılı yük

Çözüm

$$1. E_s \text{ Yüksüz}$$

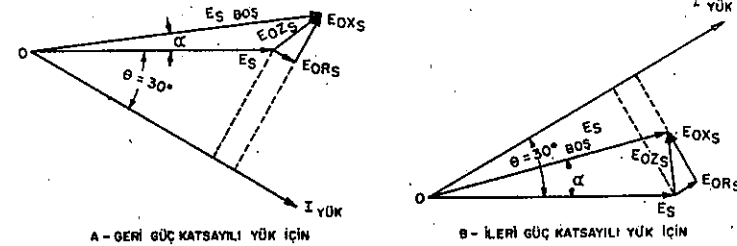
$$= \sqrt{(E_s \cos \theta + I_s R_{OS})^2 + (E_s \sin \theta + I_s X_{OS})^2}$$

$$= \sqrt{(240 \times 0,866 + 208,3 \times 0,0145)^2 + (240 \times 0,5 + 208,3 \times 0,0352)^2}$$

$$= 246,2 \text{ volt, yüksüz durumda gerilim}$$

$$\text{Gerilim Regülasyon Yüzdesi} = \frac{\text{Yüksüz Gerilim} - \text{Tam Yük Gerilimi}}{\text{Tam Yük Gerilimi}} \times 100$$

$$= \frac{246,2 - 240}{240} \times 100 = \% 2,6$$



Şekil 13-7. Transformatörün Vektör Diyagramları.

$$2. E_s = \sqrt{(E_s \cos \Theta + IR_{os})^2 + (E_s \sin \Theta - I X_{os})^2}$$

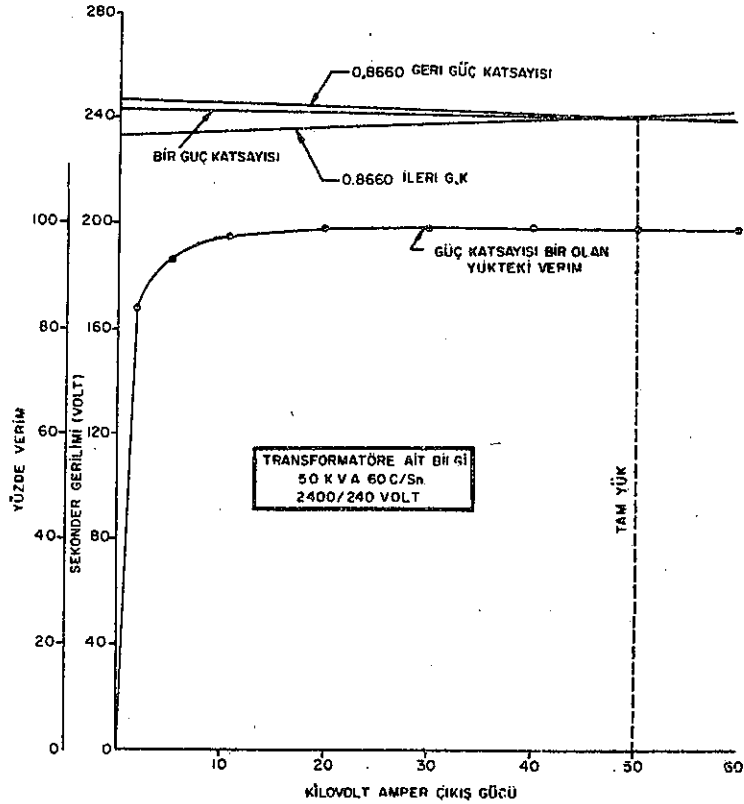
$$= \sqrt{(240 \times 0,866 + 208,3 \times 0,0145)^2 + (240 \times 0,5 - 208,3 \times 0,0352)^2}$$

$$= 239 \text{ volt, yüksüz durumda gerilim}$$

$$\text{Gerilim Regülasyon Yüzdesi} = \frac{\text{Yüksüz Gerilim} - \text{Tam Yük Gerilimi}}{\text{Tam Yük Gerilim}} \times 100$$

$$= \frac{239 - 240}{240} \times 100 = \% -0,4$$

50 KVA lık transformatörün karakteristik eğrileri, Şekil 13-8 de görülmektedir. Verim, nominal yükün % 10 u kadar olan, hafif yük noktalarında bile çok fazladır. Yaklaşık olarak, nominal yükün



Şekil 13-8. Transformatörün Verimi ve Yük-Gerilim Karakteristikleri.

% 20 sinden, aşırı yükün % 20 sine kadar, pratik olarak verim eğrisi düzdür. Gerilim regülasyonuna ait önceden yapılan hesaplamalarda gösterildiği gibi, yüksüz durumdan tam yük durumuna kadar, yük - gerilim karakteristiklerinin incelenmesi, gerilimde az değişiklik olduğunu gösterir. Geri güç

katsayılı sekonder gerilimindeki değişiklik, bir'e eşit güç katsayılı yüklerden biraz daha fazladır. Fakat bu halde de, gerilim regülasyon yüzdesi tatmin edicidir. İleri güç katsayılı yük ile, negatif bir gerilim regülasyonu verecek şekilde, yükün artması ile gerilim de artar.

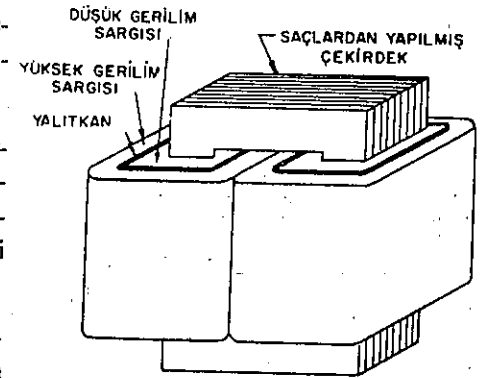
YAPISI

Tek fazlı transformatör, nispeten basit bir alternatif akım cihazıdır. Çekirdek, nice silisyumlu saçların bir araya gelmesinden meydana gelir. Bu yapraklar, dikdörtgen şeritler veya L şeklindeki preslenmiş saçlardan yapılabilir; veya çekirdek, uzun bir şeritten spiral şeklinde sarılabilir. Birinci tipte saçlar ek yerleri üst üste gelmeyecek şekilde sıralanır. Böylece manyetik direnç azaltılmış olur. Spiral şeklinde sarılmış çekirdeğin ekleri yoktur ve manyetik direnci daha azdır.

Çekirdeklerin üç esas tipi vardır. Bunlar; çekirdek, ceket ve çekirdekle ceket tiplerinin karışımıdır. Şekil 13-9 da çekirdek tipi transformatör, görülmüştür.

Şekilde görüldüğü gibi, alçak gerilim sargısı genellikle çekirdeğin, hemen üzerindedir ve yüksek gerilim sargısı da, alçak gerilim sargısının üzerine yerleştirilir. Alçak ve

yüksek gerilim sargıları, dikkatlice birbirlerinden yalıtılır. Alçak gerilim sargılarını, çekirdeğin hemen üzerine yerleştirmek suretiyle, yüksek gerilim sargılarını uygun olarak yalıtma için istenilen yalıtkan madde miktarını minimuma

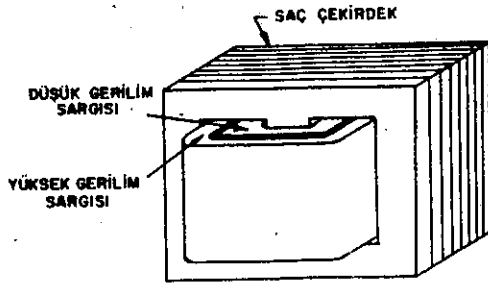


Şekil 13-9. Çekirdek Tipi Transformatörde Bobinlerin Yerleştirilişi.

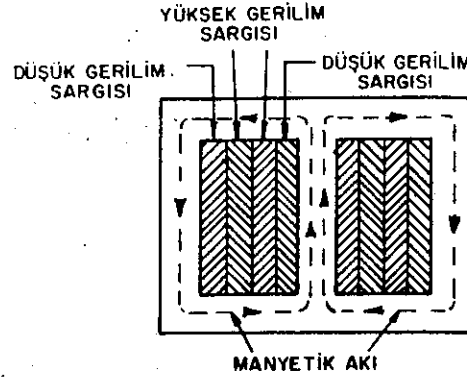
indirmek mümkündür. Transformatörlerin çok basitleştirilmiş bir çok şekillerinde; primer ve sekonder sargıları çekirdeğin iki ayrı ayağı üzerinde gösterilir. Bununla beraber, kaçak akı çok fazla olacağından, pratikte bu çok az yapılır. Kaçağı minimuma indirmek için; primer ve sekonder sargıların her ikisi de çekirdeğin aynı ayağı üzerine yerleştirilir.

Ceket tipi çekirdek, Şekil 13-10 da görülmektedir. Bu tip yapıda, çekirdek, sargıların etrafını çevirir. Akının hepsi, çekirdeğin orta ayağından geçer ve sonra akı iki dıştaki ayağın ikisinden de geçecek şekilde ikiye ayrılır.

Şekil 13-11, tipik ceket tipi çekirdekle beraber kullanılan bobin tertibini göstermektedir. Alçak gerilim bobin sargıları, saç levhaları çekirdeğin üzerine yerleştirilirken; yüksek gerilim sargıları da bunların arasına konur. Bu bobin tertibi, yüksek gerilim bobinleri



Şekil 13-10. Ceket Tipi Transformatörde Bobinlerin Yerleştirilişi.



Şekil 13-11. Ceket Tipi Transformatörde Manyetik Akımın Devresi.

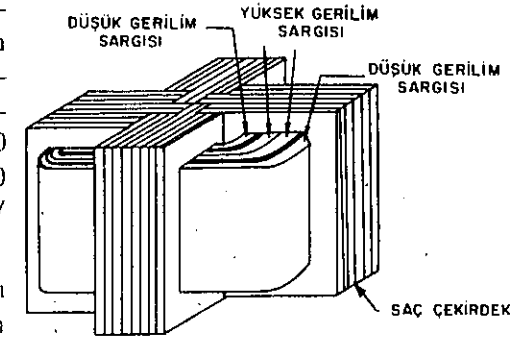
çekirdek yapısının yanında olmadan da bobinler arasındaki uygun yalıtmayı sağlar ve daha az yalıtıma ihtiyaç gösterir. Bazı hallerde, bu tip çekirdek ile, dikdörtgen kesitli bakır tellerden sarılmış yassı bobinler kullanılır. Bobin sargılarının çekirdeği sarması ve çekirdeğin de bobinleri sarması suretiyle, kaçak akı az bir değere indirilir.

Şekil 13-12, bobin sargıları olan, H tipi bir çekirdeğe üstten bakılınca, bobin haç şeklindedir. Yüksek gerilim sargıları, iki alçak gerilim sargısının arasına yerleştirilir. Bu bobin tertibiyle, yalıtma istekleri minimuma indirilir ve yüksek gerilim yalıtmasına da, sadece yüksek gerilim ve alçak gerilim bobin sargıları arasında ihtiyaç duyulur. Bundan başka, bobin sargıları orta ayak üzerine sarılır ve çekirdek yapısının dört dış ayağı tarafından çevrilirse, kaçak akı

minimum olur. Bu tip çekirdek yapısı ekseriya, herbiri 2400 volta çalışan iki yüksek gerilim sargısı ve herbiri 120 voltta çalışan iki alçak gerilim sargısı olan dağıtım transformatörlerinde kullanılır. Bu tip transformatör, 2400 volt veya 4800 volt gerilimi 120 volt, 240 volta indirir veya 120/240 volt şeklinde kullanılabilir.

Yalıtkan sargıların etrafına sıkı bir spiral şeklinde sarılmış, uzun silisyum şeridinden ibaret bir sarırlı çekirdek kullanan, H tipi transformatörün özel bir şekli, General Elektrik Firması tarafından geliştirilmiştir. Bu tip çekirdeğin çeşitli üstünlükleri vardır. İnce saç levhaların istiflenmesinden ve bir araya sıkıştırılmasından meydana gelen alışılmış tipteki çekirdekten daha kolay imâl edilebilir. Bundan başka, manyetik devrenin uzunluğu nisbeten kısadır ve kesiti büyüktür. Çekirdek yapısı, akı kaybını azaltmağa da yardım eder. Diğer bir üstünlüğü de, akı yolunun daima silisyumlu çeliğin damarları boyunca olmasıdır. Bu, demir kayıplarının azaltmasına yardım eder.

Bütün çekirdek ve bobin takımı, pres edilmiş çelik tank içerisinde-



Şekil 13-12. H Tipi Transformatörde Çekirdek ve Bobinlerin Yerleştirilmesi

ki, yalıtkan yağa batırılır. Çekirdek ve bobinleri tamamen örten bu yalıtkan yağ; sargıları, çekirdek ve transformatör kabından yalıtılmakla kalmayıp, çekirdek ve bobin sargılarından ısıyı da alır. Yağın dolaşarak ısıyı almasına müsaade edecek şekilde; çekirdek ve bobin takımında kanallar veya tüpler kullanılır. Yağ ısıtılınca, yoğunluğu azalır ve sıcaklığı artar. Yağ, transformatörün içinde dolaşırken, yağı soğutan tank duvarları ile temas eder. Yağ soğuyunca, özgül ağırlığı artar ve yağ, tankın altına doğru akar ve soğutma işini tekrar edecek şekilde yağ tüplerinde dolaşır.

SOĞUTMALI TRANSFORMATÖRLER

Çekirdek kayıpları ve bakır kayıpları tarafından meydana getirilen ısıyı almak için, çeşitli me-

totlar kullanılır. En çok kullanılan metot, bundan önce izah edilen, yağın ve havanın tabii dolaş-

mı suretiyle soğutmaz. Çekirdek ve bobinlerin kanalları ve tüplerinden akan yağ; ısıyı, hayvanın tabii dolaşımı ile soğuyan transformator tankının duvarlarına verir. Çok büyük kapasiteli transformatorlerde, transformator kabının normal yüzey alanından daha büyük yüzeye ihtiyaç vardır.

Çelik tankın bir parçası olan tüpler veya kanatçıklar kullanılarak yüzey alanının nasıl büyütüldüğü, Şekil 13-13 te görülmektedir. Böylece, ısıyı yaymak için, sıcak yağın daha büyük yüzey alanı olacaktır. Yağ, daha hızlı soğur ve birim zaman içinde daha fazla ısı kaybeder.

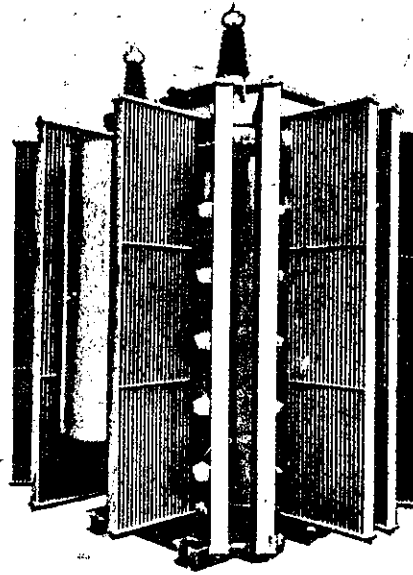
Transformator yağı, herhangi bir yabancı maddesi ve nemi olmayan yüksek kalitede bir yalıtkan yağ olmalıdır. Pratikte, yağın yalıtma kalitesi, zaman zaman kontrol edilir. Eğer nem veya yabancı madde olduğu anlaşılırsa, yağ filtre edilir veya yenilenir. Bazı hallerde, General Elektrik Firmasının Pyranol'ine benzeyen, yanmayan ve patlamayan sıvı kullanılır. Bu tip sıvı, soğutma ve yalıt-

KUTUP İŞARETLERİ

Transformatorleri soğutmanın diğer metodları; havanın basınçlı dolaşımı, havanın tabii dolaşımı, ve su soğutması ile yağın tabii dolaşımıdır. Basınçlı yağ dolaş-

mı, birçok büyük transformatorlerde kullanılır.

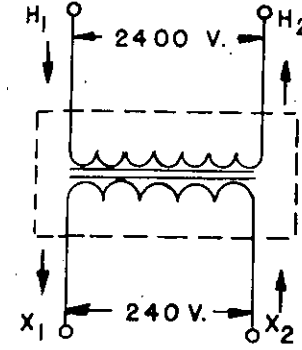
ASA (Amerikan Standartları Enstitüsü), transformator tellerinin işaretlenmesi için standart bir



Şekil 13-13. Yağlı Transformator.

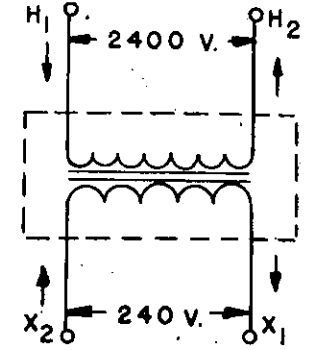
ma özellikleri üstün olan sentetik bir dielektriktir.

Yangın tehlikesi olan yerlerde yağ soğutmalı yerine, hava soğutmalı transformatorler kullanılır. Bu transformatorler, havanın tabii dolaşımı ile çekirdek ve bobinlerden ısının alınmasını kolaylaştıracak şekilde yapılır. Çekirdek ve sargıları mekanik olarak korumak ve sargılarda havanın dolaşımını sağlamak için; delikli bir metal muhafaza kullanılır.



ÇIKARMALI POLARİTELİ

Şekil 13-14. Transformator Uçlarının Polaritelerinin Tesbiti.



TOPLAMALI (EKLEMELİ) POLARİTELİ

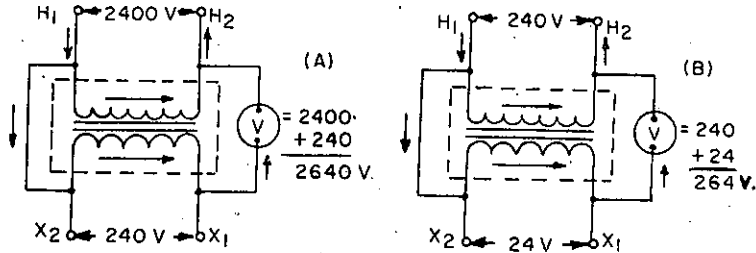
sistem meydana getirmiştir. Yüksek gerilim tarafı, H_1 ve H_2 ile ve alçak gerilim tarafı da X_1 ve X_2 ile işaretlenir. Transformatorde alçak gerilim tarafından bakıldığı zaman, H_1 daima sol taraftadır. H_1 in pozitif olduğu anda, X_1 de pozitifdir.

Çıkarma kutuplu bir transformator ile ekleme kutuplu bir transformator, Şekil 13-14 te görülmektedir. H_1 ve X_1 telleri, yan yana veya tam karşı karşıya olan bir tip, çıkarma kutuplu transformatördür. H_1 ve X_1 de köşegen uçlarında kalacak şekilde birbirinden ayrı ise, bu bir ekleme kutuplu transformatördür.

Uçlar, normal olarak H_1 , H_2 ve X_1 , X_2 vs. şeklinde işaretlenir. Fakat işaretler kaybolur veya silinirse, uçların tesbiti imkânsızdır. Bunun için, uçların tayin edilmesinde, standart bir deneme usulü geliştirilmiştir.

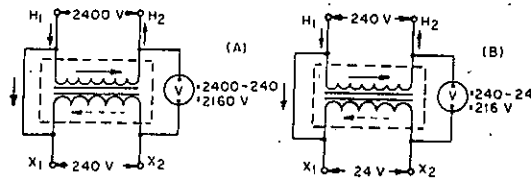
2400 ile 240 voltta çalışan eklemeli kutuplu bir transformator üzerinde yapılan deneme, Şekil 13-15 A da görülmektedir. Bu deneyde, yüksek gerilim teli H_1 den, direk olarak bu telin karşısında bulunan alçak gerilim teline, bir kısa devre teli geçici olarak bağlıdır. Yüksek gerilim teli H_2 den, direk olarak bu telin karşısında bulunan alçak gerilim teline, bir voltmetre bağlıdır. Eğer voltmetre, bu resimde, $2400 + 240 = 2640$ volt olan primer giriş gerilimi ile sekonder geriliminin toplamını gösterirse; transformator, ekleme kutupludur. H_1 pozitif olduğu zaman, sekonder sargıda 240 volt endükler. 2400 volt, X_2 ye geçici kısa devre bağlantısı ile tatbik edilir ve X_1 den H_2 ye bağlı voltmetrede, 2640 volt gerilim okunur.

Yüksek gerilimde, bu deneyin yapılışı tehlikeli olduğundan;



Şekil 13-15. Toplamalı Polariteli Transformator Deneyi.

transformator kutuplarını tayin etmek için, düşük bir gerilim kullanılır. Meselâ, Şekil 13-15 B de, deneme gerilimi olarak 240 volt kullanılmıştır. Bu gerilim, lâboratuvar veya tamirhanelerde her zaman bulunabildiğinden elverişli bir deney kaynağıdır. 2400 voltluk sargıya, 240 volt tatbik edilirse, oranı 10 da 1, olan transformatorün sekonder sargısında 24 volt endüklenecektir. H_2 ile alçak gerilim teli X_1 arasına bağlı voltmetre, şimdi, $240 + 24 = 264$ volt gösterecektir. Bunun için, kutupları tayin etmekte; 0-300 volt skalalı bir alternatif akım voltmetresi, kullanılır. Yüksek gerilim teli H_2 den, bu telin tam karşısında bulunan alçak gerilim teline bağlanan voltmetre, primer ve sekonder gerilimlerinin toplamını gösterir. Bu tip kutup işaretli bir transformatorün ekleme kutupları vardır.



Şekil 13-16. Çıkarmalı Polariteli Transformator Deneyi.

Çıkarma kutuplu transformatorde kullanılan bağlantılar Şekil 13-16 A da görülmektedir. Kısa devre bağlantısından, X_1 e giren 2400 volta, sekonder sargıda endüklenen 240 volt zıt tesir eder. Bunun için, H_2 den alçak gerilim teli X_2 ye bağlanan voltmetre, $2400 - 240 = 2160$ voltluk bir değer gösterecektir. Şekil 13-16 B de ise 240 voltluk alçak gerilim kullanılmıştır. Burada; voltmetre, primer ve sekonder gerilimlerinin farkı olan, $240 - 24 = 216$ voltu gösterir.

Tek fazlı transformatorleri paralel ve üç fazlı olarak bağlarken, her bir transformatorün kutuplarının bilinmesi gerekir. Uçları kontrol etmek suretiyle, bu bilgi elde edilebilir. Bununla beraber, kutuplar belli değilse; aşağıda izah edilen standart kutup deneme usulü, çoğu zaman kutup kontrolü için kullanılır.

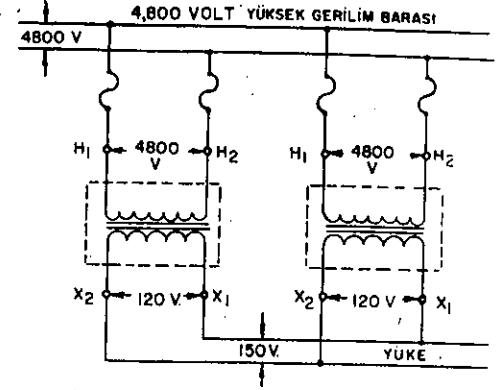
PARALEL TRANSFORMATÖRLER

Tek fazlı transformatorleri, çoğu zaman paralel olarak çalıştırmak gerekir. Transformatorlerin KVA kapasiteleriyle akım çıkışlarının orantılı olması için, çeşitli şartlar karşılanmalıdır. Birincisi, transformatorlerin sekonder gerilimleri eşit olmalıdır. İkincisi, kutuplar doğru bağlanmalıdır. Üçüncü, transformatorlerin empedans yüzdesi, aynı olmalıdır.

Şekil 13-17 deki iki gerilim düşürücü transformatorün, gerilim değerleri ile empedans yüzde değerleri aynı ise ve her ikisinin de toplama kutpu varsa, bunları paralel bağlamak basit bir meseledir. Her iki transformatorün iki aynı yüksek gerilim ucu (H_1) bir hat teline ve diğer iki primer ucu (H_2) de diğer hat teline bağlanır. İki aynı alçak gerilim teli (X_1), ikinci bir hat teline bağlanırken; diğer iki alçak gerilim teli de, diğer alçak gerilim hat teline bağlanır. Bu iki transformator, önceden verilen üç isteği karşılar ve her ikisi de, KVA değerleri ile orantılı olarak yüke sekonder akımları verirler.

Transformatorlerin yapılarının farklı olması ve toplama veya çıkarma kutuplu olup olmadıklarının bilinmemesi halinde, aşağıdaki deneme usulü kullanılabilir. Bu usulde, bir transformatorün 120 voltluk dağıtım çubuklarına enerji

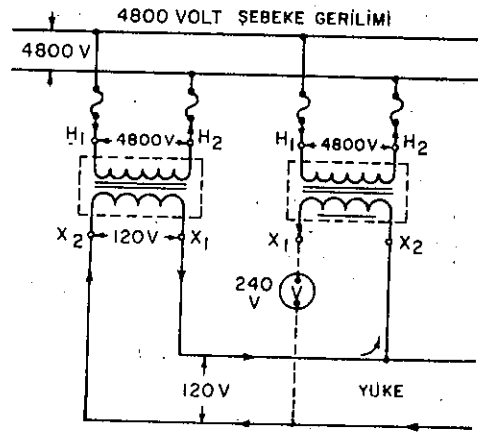
vermek için, gerilim düşürücü bir transformator olarak çalışmakta olduğu farz edilecektir. Bu



Şekil 13-17. Paralel Bağlı Bir Fazlı Transformatorler.

transformatöre, 1. transformator denecektir. 2. transformator, birinci ile paralel olacaktır. Bu ikinci transformatorün gerilim değeri ve empedans yüzdesi aynıdır; fakat transformator uçlarında etiketler olmadığından, toplama veya çıkarma kutuplu mu olduğu bilinmemektedir.

Şekil 13-18, 1. transformatorün toplama kutuplu olduğunu gösterir. 2 nci transformatorün kutuplaşmasına bağlı olmadan; alçak gerilim kenarından bakıldığı zaman, bu transformatorün H_1 teli daima sol kenardadır. Bunun için, 1. transformatorün H_1 teli gibi, bu



Şekil 13-18. Paralel Bağlamadan Önce Transformatörlerin Polaritelerini Kontrol Ediniz.

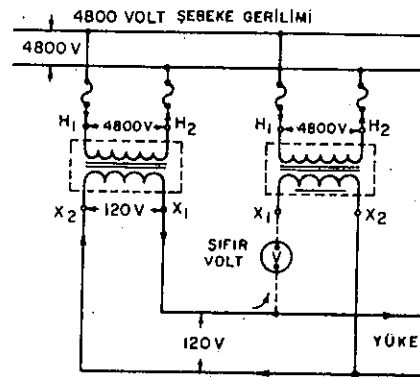
tel de aynı yüksek gerilim hat teline 2. transformatörün H_2 teli de yüksek gerilim hattının diğer kenarına bağlanır. Alçak gerilim telinin biri, 120 voltluk sekonderin bir kenarına bağlanır. 120 voltluk sekonderin diğer tarafı ile henüz bağlı olmayan 2 nci transformatörün sekonder teli arasına, bundan sonra, bir voltmetre bağlanır. 2. transformatör çıkarma kutuplu ise; voltmetre, bu halde 240 volt olan sekonder bobin geriliminin iki katını gösterir.

Şekil 13-18 de, gerilimin ani yönleri gösterilmektedir. Bu şekildeki gerilim ani yönünün kontrolü, voltmetrede niçin 240 volt okunduğunu gösterecektir. Voltmetrenin bağlı olduğu sekonder hat teline bu tel bağlanmak istenirse;

kısa devre yaratacak bağlantı noktasında, 240 voltluk bir gerilim olacaktır.

Şekil 13-19, 2. transformatörün sağ alçak gerilim telinin, diğer sekonder hat teli ile değiştirildiğini gösterir. Bu halde, voltmetre sıfır gerilim göstererek, her iki transformatörün sekonder tellerinin ani kutbunun aynı olduğunu gösterir. Voltmetre, şimdi devreden çıkarılabilir ve kısa devre korkusu olmadan son bağlantı yapılır.

Şekil 13-17 de gösterildiği gibi gerilim düşürücü transformatörler paralel çalıştırılırken onarım için, transformatörlerden birini devreden çıkarmak gerekebilir. Bunun için daima, önce alçak gerilim tarafı devreden çıkarılır ve sonra primer devresi açılır. Sadece primer devresini açıp diğer



Şekil 13-19. Transformatörleri Paralel Bağlamadan Önce Polarite Kontrolü.

transformatör tarafından hala enerjili olan 120 voltluk hatlara alçak gerilim tellerini bağlı bırakmak tehlikelidir. Transformatörün alçak gerilim tarafı, primer sargısı gibi çalışarak; yüksek gerilim sargısını, yüksek gerilim sekonderi haline getirir, primer devresi açık olduğu için, yüksek gerilim sargısının enerjilenmediği zannedilirse;

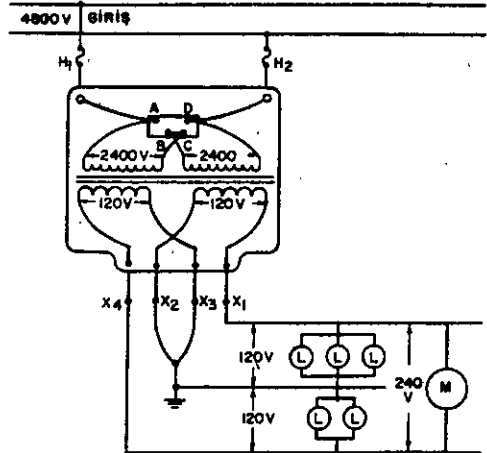
DAĞITIM TRANSFORMATÖRÜ

Standart bir dağıtım transformatörü Şekil 13-20 de görülmektedir. Bu transformatörün, herbiri 2400 voltta çalışan iki yüksek gerilim sargısı vardır. Yüksek gerilim sargıları, transformatörün yalıtkan yağının seviyesinin biraz aşağısındaki bir uç blokuna bağlanır. Ufak metalden bağlantılar sayesinde; iki yüksek gerilim sargısı 4800 volt primer için seri veya 2400 volt giriş için paralel bağlanabilir.

Şekil 13-20 de, 4800 volt çalışması için, B ve C uçları arasına bağlanan ufak bir metal bağ vasıtasıyla; iki 2400 voltluk primer bobini seri olarak bağlanır. 2400 volt çalışmasında; iki 2400 voltluk bobini paralel yerleştirmek için, bir metal kısa devre elemanı A ve B uçları arasına bağlanırken, ikinci kısa devre elemanı da C ve D uçları arasına bağlanır. H_1 ve H_2 standart işaretli, sadece iki dış yüksek

primer sigortalarının açık olmasına rağmen, yüksek gerilim sargısının uçlarında hala 4800 volt bulunacağından, çalışan şahıs elektrige çarpılıp ölebilir. Bu tehlikeyi azaltmak için, «TEHLİKE-GERİ BESLEME» ibareli bir işareti, her bir primer devre kesicisi üzerine yerleştirmek; istenilen bir emniyet tedbiridir.

gerilim telinin var olduğuna dikkat edilmelidir. H_1 , A ucuna ve H_2 de D ucuna devamlı olarak bağlıdır.



Şekil 13-20. Bir Fazlı Transformatörün, Bir Faz Uç Hatlı Sistem Elde Edilecek Şekilde Bağlantı Şeması.

Dört tane alçak gerilim teli vardır. H₁ pozitif iken, X₁ ve X₃ de pozitif olacaktır, aynı zamanda X₂ ve X₄ telleri de negatif olacaktır. Eğer X₁ ile X₃ beraber bağlanır ve X₂ ile X₄ te beraber bağlanırsa; 120 voltluk çıkış verecek şekilde, alçak gerilimli 120 voltluk bobinler paralel bağlanmış olur.

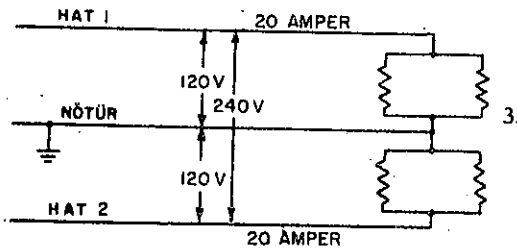
Eğer X₂ ile X₃ telleri beraber bağlanırsa; X₁ ile X₄ telleri arasında 240 voltluk bir çıkış verecek

TEK FAZLI, ÜÇ TELLİ SİSTEM

Ticarethane ve evlerde kullanılan bütün tesisatta, pratik olarak, Şekil 13-20 de görülene benzer şekilde tek fazlı, üç telli hizmete ihtiyaç duyulur.

Bu sistemi kullanmanın bazı faydaları vardır:

1. Bu sistemde elverişli iki farklı gerilim vardır; 120 volt aydınlatma ve ufak cihaz yükleri için; 240 volt,



Şekil 13-21. Dengeli Bir Fazlı, Üç Hatlı Sistem.

şekilde iki alçak gerilim bobini seri olarak bağlanacaktır.

120/240 volt, tek fazlı, üç telli çalışma istenirse, iki 120 voltluk sekonder sargısı seri bağlanır ve Şekil 13-20 de görüldüğü gibi X₂ ile X₃ arasına topraklanmış nötrür teli bağlanır. Bu bağlantı, aydınlatma ve ufak cihaz yükleri için 120 voltluk çalışma verirken; ağır cihazlar ve tek fazlı 240 voltluk motor yükü için 240 volt kullanılır.

cihaz ve tek fazlı motor yükü içindir.

2. Dış tellerde 240 volt olduğundan; yük nötrür ve iki dış tel arasında dengelenirse, akım pratik olarak ikiye bölünür. Netice olarak, devre iletkenlerindeki gerilim düşmesi daha az, yükteki gerilim daha sabit olacaktır; ışığın azalması problemi, yavaş ısıtma ve cihazların tatminkar olmıyan performansları minimuma indirilecektir.

Aynı kapasitede ve iletim verimindeki 120 volt, iki telli sistemle mukayese edildiği zaman; tek fazlı, üç telli sistemde sadece 3/8 kadar bakır kullanılmaya ihtiyaç duyulur.

Aşağıdaki örnek, tek fazlı, iki telli, 120 voltluk devre ile mukayese edildiği zaman; tek fazlı, üç telli, 120/240 voltluk devrede niçin sadece 3/8 kadar bakır kullanılmağa ihtiyaç duyulduğunu gösteriyor.

Şekil 13-21, dengeli tek fazlı, üç telli bir devreyi göstermektedir. Bu devre sisteminin herbir kenarına, iki adet 10 amperlik endüktif olmıyan ısıtıcı bağlıdır. Bu devre için kullanılan telin kesit alanı 4 mm² dir. Yükten kaynağa kadar olan mesafe 30 metredir. Aşağıdakileri tayin ediniz:

1. Hat tellerindeki gerilim düşmesi
2. Gerilim düşmesinin yüzdesi
3. Üç telli sistem için kullanılan bakırın ağırlığı

Cözüm :

1. Hat 1 den nötrüre bağlanan iki endüktif olmıyan ısıtıcı tarafından çekilen toplam akım: 10+10=20 amperdir. Hat 2 den nötrüre bağlanan iki benzer ısıtıcı tarafından çekilen toplam akım da 20 amperdir.

Tek fazlı, üç telli endüktif olmıyan devrenin nötrüründeki akım, iki hat telindeki akımlar arasındaki farktır. Bu dengeli bir devre olduğuna göre, nötrür telindeki akımın değeri sıfırdır. Bunun için, 20

amperlik akımın hakiki yolu, İki 4 mm² lik hat tellerindedir. Hakiki gerilim düşmesi :

$$S = \frac{L I}{K.e}, 4 = \frac{60 \times 20}{56.e}$$

Burada,

S = İletkenin kesiti (mm²)

e = Gerilim düşmesi (volt)

L = Devrenin iki yöndeki uzunluğu (m)

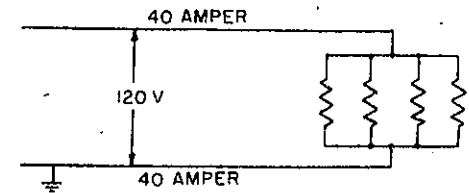
I = İletkendeki akım (amper)

K = İletkenlik

e = 5,3 volt

2. Sistemin iki dış ayağı arasındaki kaynak gerilimi 240 volt ise, gerilim düşme yüzdesi, $5,3/240 = 0,0221 = \% 2,21$.

3. Tek fazlı, üç telli sistemde kullanılan bakırın ağırlığı: 4 mm² lik telin 30 m sinin ağırlığı = 1,068 Kg. 4 mm² lik telin 90 m sinin ağırlığı = 3,204 Kg.



Şekil 13-22. Bir Faz, İki Hatlı Devre.

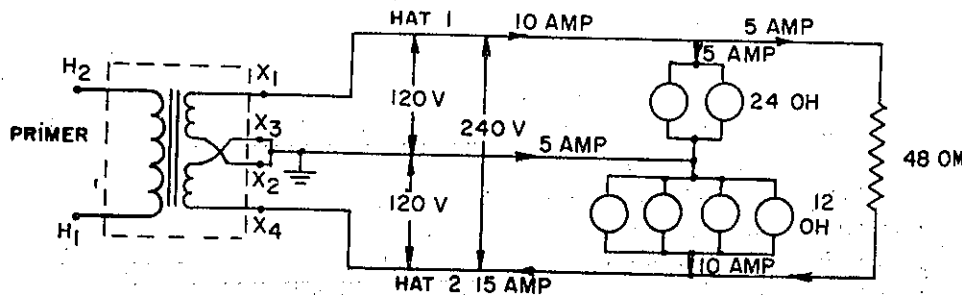
Şekil 13-22, 120 volt, iki bakırlı bir devreyi göstermektedir. Bu halde, dört adet endüktif olmıyan ısıtıcı, paralel olarak bağlanır. Isıtıcının herbiri 10 amper, çeker. Tek fazlı, üç telli sistemde olduğu gibi, müsaade edilen gerilim düşmesi % 3 tür.

1. Aynı gerilim düşme yüzdesini ve dolayısıyla, tek fazlı, üç telli sistemin aynı iletim verimini verecek, telin kesitini tayin ediniz.
2. 120 volt, iki telli sistemde kullanılan bakırın ağırlığını tayin ediniz.
3. Tek fazlı, üç telli sistemi kullanılarak, ne kadar bakırın tasarruf edileceğini tayin ediniz.

Cözüm :

1. Müsaade edilen gerilim düşmesi : $e = 120 \times 0,0221 = 2,65$ volt.

$$S = \frac{L I}{K e} = \frac{60,40}{56,2,65} = 16 \text{ mm}^2$$



Şekil 13-23. Bir Fazlı, Üç Hatlı Sistemde Dengesiz Yük Akımı.

2. 16 mm² lik telin 30 metresinin ağırlığı 4,27 Kg. dir. Bunun için, bu devrede kullanılan 60 metrelik telin ağırlığı 8,54 Kg. dir.
3. Tek fazlı, 120 volt, iki telli sistemin eşdeğeri ile mukayese edildiği zaman ; tek fazlı, üç telli sistemde kullanılan bakırın hakiki yüzdesi şudur :

$$\frac{3,204}{8,54} \times 100 = \% 37,5$$

Bunun için ; tek fazlı, üç telli sistemi kullanmak suretiyle bakırdan tasarruf, % 62,5 veya 5/8 olacaktır. Fakat, üç tel kesiti minimum kesitten, pratikte daima daha büyük alındığından; tasarruf çoğu zaman yaklaşık olarak % 50 veya 1/2 kadardır.

Aşağıdaki tek fazlı, üç telli sistemde, hat 1 den nötüre ve hat 2 den nötüre konan yükler dengesizdir. Akımların farklı olmasına rağmen,

sistem iki kenarı arasında pratik olarak sabit gerilimleri muhafaza ettiğinden, nötür şimdi önemli bir fonksiyon gösterir.

Dengesiz endüktif olmıyan aydınlatma ve ısıtıcı yükleri olan tek fazlı, üç telli bir devre, Şekil 13-23 te görülmektedir. Endüktif olmıyan alternatif akımlı devrede; topraklanmış nötüre telindeki akım, iki dış ayaktaki akımlar arasındaki farktır. Bu, bir alternatif akımlı devre olduğundan ; oklar, sadece akımın ani yönlerini göstermektedir. Gösterilen anda ; X₁ negatif ve hat 1 ile hat 2 ye 10 amper vererek, ani olarak pozitif olan X₃ e 15 amper olarak geri döner. Nötüre teli de, bu iki hat akımının farkı olan 5 amperi iletir.

Görülen anda, nötüre telindeki akımın yönü, transformatörden yüke doğru olacaktır. Hat 1, ısıtıcı yüke 5 amper ve hat 1 ile nötüre olan iki hat teli arasında bağlanan aydınlatma yüküne de 5 amper olmak üzere toplam olarak 10 amper verir. Fakat, nötüreden hat 2 ye bağlanan aydınlatma yükü için, 10 ampere ihtiyaç duyulur. Bu sebepten, hat 2 ile nötüre teli arasında bağlanan lampa dizisinin akımını karşılamak için, nötüre teli 5 amperlik farkı verir. Bu, Kirşof Kanununun bir tatbikatıdır.

Bu sistemde, nötüre teli daima topraklanır ve devrenin herhangi

bir anahtar kontrol noktasında ne koparılır ne de sigortalanır. Nötüre teli dolayısıyla direk bir toprak yolu varsa ; yıldırımın sebep olduğu yüksek gerilim, herhangi bir ani değerinde, ani olarak toprağa deşarj olacaktır. Bu şekilde, elektrik cihaz ve devre tellerinde yıldırımın meydana getireceği hasar minimuma indirilir.

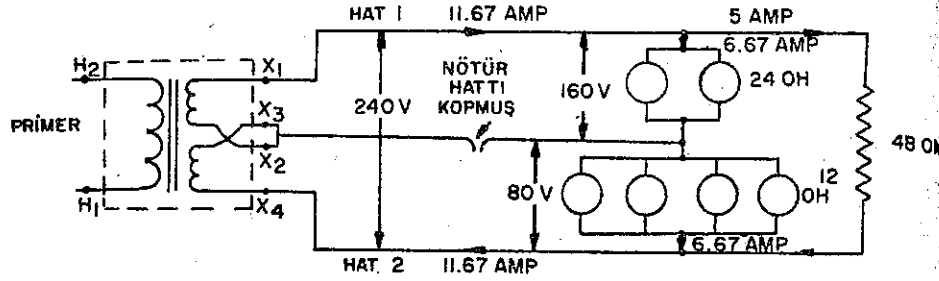
Nötürenin niçin kesilmemesi gerektiğinin diğer daha önemli bir sebebi vardır. Yüklerin dengesiz olmasına rağmen, nötüre tellerinin, herbir hat telinden nötüre kadar dengeli gerilimlerin devamını sağladıklarını biliyoruz. Şekil 13-23 te görülen devrede, nötüre telinin koştüğünü farz edelim. Bu halde, iki aydınlatma yükü, 240 voltta seri halindedir.

Nötüre kopan bu devre, Şekil 13-24 te görülmektedir. 48 om luk ısıtıcı, 240 voltta 5 amper çekmeye devam eder. Fakat, iki aydınlatma yükü, 240 voltta seri iki direnç gibi davranır. Seri haldeki iki aydınlatma yükünün toplam direnci : $24 + 12 = 36$ omdur.

Bu devredeki akım :

$$I = \frac{E}{R} = \frac{240}{36} = 6,67$$

amper



Şekil 13-24. Bir Fazlı, Üç Hatlı Devrede Kopuk Nötür Hatlı.

Hat 2 ile nötr arasına bağlanan aydınlatma yükündeki gerilim, şimdi şöyledir :

$$E = IR = 6,67 \times 24 = 160 \text{ volt.}$$

Hat 2 ile nötr arasına bağlanan diğer aydınlatma yükündeki gerilim, şimdi şöyledir :

$$E = IR = 6,67 \times 12 = 80 \text{ volt}$$

Bu, hat 1 ile nötr arasına bağlanan aydınlatma yükünde, 120

volt yerine 160 volt var, demektir. Bu lambalar yanacaktır. Hat 2 ile nötr arasına bağlı aydınlatma yükünde, 120 volt yerine sadece 80 volt olacaktır ki, lambalar normal yanmaz. Sigortalar veya anahtar kontrol aletleri, bu tip nötr teline yerleştirilirse; bu tip dengelessiz gerilim durumları her zaman meydana gelecektir. Bunun için, pratikte; nötr teli, bütün devre boyunca daima tek parçalı iletken olarak yerleştirilir.

UÇ DEĞİŞTİREN TRANSFORMATÖRLER

Yüksek gerilim dağıtım devrelerinde meydana gelen gerilim düşmesi sebebi ile, gerilim düşürücü transformatörlerin primer sargısına tatbik edilen gerilim, nominal primer geriliminden daha az olur. Bu da nominal değerinden daha az sekonder gerilimi meydana getirir.

Yüksek gerilimli primer hattındaki gerilim kaybını gidermek

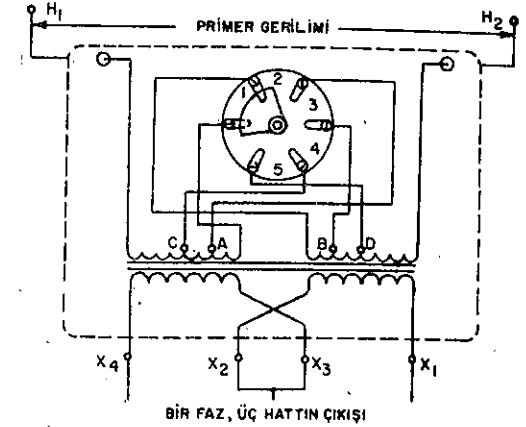
için; transformatörlerin bazılarında gerilim ayarları yapmak için uç değiştirme tertibatı vardır. En basit metot yüksek gerilim sargısındaki uç noktalarının, transformatörün içine yerleştirilen ufak bir uç bağlantı levhasına getirilmesidir. Uç bağlantı levhası üzerindeki uç bağlantılarını değiştirmek suretiyle, primer sargının sarım sayısında değişiklikler yapılır.

4800 volttan 120/240 volta düşüren bir transformatörün yüksek gerilim sargısıyla kullanılan tipik uç değiştirme anahtarı, Şekil 13-25 te görülmektedir. Yüksek gerilim tarafındaki her bir tam bobin sargısı, 2400 voltta çalıştırılır ve seri haldeki bu iki bobin sargısının gerilim değeri, 4800 voltur. Uç değiştirme anahtarının, her iki bobin sargısını seri halde yerleştiren 1 nci durumu, Şekil-13-25 te görülmektedir. Anahtar 2 nci duruma hareket ettirilirse; A kısmı, soldaki bir primer bobin sargısından kesilir. Bu, primer ve sekonder sargılar arasındaki sarım oranında bir azalmaya sebep olur ve sekonder gerilimi artırır. Uç değiştirme anahtarı, 3,4 ve 5 durumlarına sıra ile hareket ettirilirse, primer sargılarının B, C ve D kısımları, aynı sıra ile ortadan kaldırılacaktır. Primer sargısının her bir kısmı devreden kesilirken, sarım oranı azalır ve sekonder gerilimi artırır.

Bazı büyük transformatörlerin yük altında değiştirilebilen yağa batırılmış, özel uç anahtarları

FREKANS VE GERİLİM

Transformatörün, hesaplandığı bir frekanstaki alternatif akımlı bir devrede çalıştırılması önemlidir. Eğer alçak frekans kullanılırsa; uyarma akımında hissedilir



Şekil 13-25. Kademe Ayarlı Transformatörün Bağlantı Şeması.

vardır. Bu tip uç değiştirme mekanizması, ekseriya, transformatör tankından tamamen ayrı bir kompartıman içindedir. Bu, transformatör kabı içindeki yağın yüksek dielektrik mukavemetini azaltmadan, uç değiştirme mekanizmasının ark kesen alanındaki yağını, transformatör yağından ayırır. Uç değiştirme mekanizması, bir kontrol merkezinden çalıştırılan ufak bir motor tarafından hareket ettirilir.

bir artma yaratacak şekilde, primer sargısının reaktansı azalır. Bu demirde akı yoğunluğunun artmasına ve sonuç olarak ısının artması ve verimin azalmasına sebep

olur. Frekans, nominal frekanstan daha büyük olursa; reaktansta bir çoğalma ve uyarma akımında bir azalma olacaktır. Tabii olarak, daha az akı yoğunluğu olacak, fakat çekirdek kaybı pratik olarak sabit kalacaktır.

TRANSFORMATÖRÜN ETİKETİ

Aşağıda bir transformator etiketinde bulunan bilgiler görülmektedir. Sekondere bağlanan

TRANSFORMATÖRÜN ETİKETİ	
İMAL EDEN FIRMANIN ADI	
K. V. A. - 50	TEK FAZLI
YÜKSEK GERİLİM - 2400V	ALÇAK GERİLİM - 240 V.
FREKANS - 50	YÜZDE EMPEDANS - %3,5
EKLEMELİ POLARİTELİ	SICAKLIK YÜKSELMESİ - 55° C
SERİ NO.	YAĞ MİKTARI
TİP NO.	MODEL NO.

HATIRDA TUTULMASI GEREKEN NOKTALAR

- Transformator, gerilimi değiştirerek fakat frekansı değiştirmeden; enerjiyi, bir alternatif akımlı devreden diğer bir alternatif akımlı devreye iletir.
 - a. Gerilim yükseltici bir transformator, giriş (primer) sargısına bir gerilimde enerji alır ve bu enerjiyi daha yük-

Gerilim, nominal değerinde oldukça üstüne çıkarsa sargılar çok ısınır ve çekirdekdeki akı yoğunluğu artar. Bir transformator, plâka değerinden daha az gerilimde çalıştırılırsa; güç çıkışı da, gerilimdeki azalma ile orantılı olarak azalacaktır.

yük, transformatorün çıkış devresinin güç katsayısını tayin edeceği için; transformator kapasitesinin KW olmayıp KVA ile değerlendirilmesine dikkat ediniz. Bundan başka, KVA değeri, transformatorün tam yük çıkışını temsil eder, girişi temsil etmez. Diğer bilgiler; ekseriya, yüksek ve alçak gerilim sargılarının gerilim değerlerini, frekansı, faz sayısını, empedans yüzdesini, kutupları, maksimum sıcaklık yükselmesini ve ihtiyaç duyulan transformator yağının miktarını ihtiva eder.

- sek gerilimde çıkış (sekonder) sargısından verir.
- b. Gerilim düşürücü bir transformator, çıkış enerjisini daha alçak bir gerilimde verir.
- Primer ve sekonderde endüklenen gerilimler, sarım sayısı ile doğru orantılıdır :

$$\frac{E_p}{E_s} = \frac{N_p}{N_s}$$

- Primer ve sekonder sargıların amper-sarımları eşittir.

$$I_p N_p = I_s N_s$$

- Primer sargıdaki yüksüz durumdaki akıma uyarma akımı denir; bu akım nisbeten büyük 90° lik mıknatıslama bileşeni ile çekirdek kayıplarını verecek ufak bir aynı fazda bileşenden ibarettir. Uyarma akımının güç katsayısı, % 5 ten % 10 a kadar geridir.
- Primer ve sekonderin tam yük akımını tayin ederken, giriş ve çıkışın volt-amperinin aynı olduğu farz edilir.
- Kaçak akı, öyle bir akıdır ki; bobin sargılarının hepsinin bütün sarımlarını kesmez. Kaçak

$$\text{Verim Yüzdesi} = \frac{\text{Vat cinsinden çıkış}}{\text{Vat cinsinden giriş}} \times 100$$

Veya

$$\text{Verim Yüzdesi} = \frac{E_s I_s \cos \Theta}{E_s I_s \cos \Theta + \text{Çekirdek Kayıpları} + I_p^2 R_p + I_s^2 R_s} \times 100$$

- Toplam bakır kayıplarını ve empedans gerilimini elde etmek için, kısa devre deneyi kullanılabilir,
- Bir transformatorün gerilim regülasyonu, tatbik edilen primer gerilimi sabit tutulurken; yük tam yük akımından yüksüz

akımın yolu, çekirdeğin manyetik devresini takip etmeyip, havadadır.

- Transformatorün sargılarının etkin direnci, doğru akım veya omik dirençten yaklaşık olarak % 10 daha fazladır.
- Transformatorde güç kayıpları, çekirdek kaybı ve bakır kayıplarından ibarettir.
 - a. Fuko kaybı ve histerezis kaybindan ibaret olan çekirdek kayıpları, bütün yüklerde sabittir. Fuko akımları, çekirdeği ince saç levhalardan yapmak suretiyle minimuma indirilir. histerezis kaybı demire silüsyum katarak azaltılır.
 - b. Sargılardaki bakır kaybı, primer ve sekonder akımlarının artması ile artar.
- Bir transformatorün verimi; vat olarak çıkışın, vat olarak girişe oranıdır.

duruma kadar azaltılırsa, sekonder gerilimindeki değişim yüzdesidir.

$$\text{Gerilim Regülasyon Yüzdesi} = \frac{\text{Yüksüzde } E_s - \text{Tam Yükte } E_s}{\text{Tam Yükte } E_s} \times 100$$

- Çeşitli yük durumlarında, transformatorün yüksüz durumdaki gerilimini (E yüksüz) tayin etmek için, üç formül vardır:

$$\text{Bir'e eşit Güç Katsayısı} : \sqrt{(E_s + I_s R_{os})^2 + (I_s X_{os})^2}$$

$$\text{Geri Güç Katsayısı} : \sqrt{(E_s \cos \Theta + I_s R_{os})^2 + (E_s \sin \Theta + I_s X_{os})^2}$$

$$\text{İleri Güç Katsayısı} : \sqrt{(E_s \cos \Theta + I_s R_{so})^2 + (E_s \sin \Theta - I_s X_{os})^2}$$

- Transformatorlerde kullanılan üç tip çekirdek; çekirdek tipi, ceket tipi ve H tipi çekirdektir. Yüksek gerilim ve alçak gerilim bobinlerinin, bu tiplerin herbirinde nasıl yerleştirildiği bilinmelidir. Transformatorlerde kullanılan çeşitli soğutma metodları bilinmelidir.
- Tek fazlı bir transformatorün yüksek gerilim telleri, kabın alçak gerilim tarafından transformatöre bakıldığı zaman H_1 teli solda olduğu halde; H_2 , H_2 , vs. olarak işaretlenir. Alçak gerilim telleri, X_1 , X_2 , vs. olarak işaretlenir. X_1 telinin, H_1 in aynı olan, ani kutupları vardır. Çıkarma kutuplu bir transformatörde, H_1 ve X_1 telleri direk olarak birbirinin karşısındadır. Ekleme kutupluda ise, H_1 ve X_1 telleri köşegen uçlarına yerleştirilir.
- Paralel transformatorler, KVA değerleri ile orantılı çıkış verirlerse; empedans yüzde değerleri aynı olmalıdır, sekonder gerilimleri aynı olmalıdır ve her bir transformatorün sekonder tellerinin ani kutupları doğru olmalıdır.
- Tek fazlı, üç telli devrenin üstünlükleri şunlardır: Yükteki gerilim daha sabit kalır; aydınlatma yükü, cihaz yükü ve motor yükü için, 120 ve 240 voltların her ikisi de vardır; aynı kapasitede 120 volt, iki telli devre ile mukayese edildiği zaman, bakırdan tasarruf edildiği görülür.
- Frekansın azalması, uyarma akımında çoğalma yaratacak şekilde, transformatorün reaktansını azaltır. Çekirdekte akı yoğunluğu normalin üstüne çıkar. Isı kayıpları artar ve ve-

rim azalır. Frekansta bir artma, reaktansı arttırır ve uyarma akımı azalır. Akı yoğunluğu da azalır, fakat çekirdek kayıpları yaklaşık olarak aynı kalır.

- Bir transformator, fazla ısınmadan nominal gerilimin % 5 üstünde çalışacak şekilde hesaplanır. Çalışma gerilimi, bu değerden fazla ise; sargılarda ısı ve akı yoğunluğu artar. Normalden daha az gerilim ile çalışan bir transformatörde geri-

limdeki azalma ile orantılı olarak akım çıkışı da azalır.

- Tipik bir transformatorün etiketinde bulunan kayıplar şunlardır: KVA çıkışı, yüksek ve alçak gerilim sargılarının gerilim değerleri, faz sayısı, frekans, empedans yüzdesi, kutupla, yağın miktarı, sıcaklık yükselmesi, yapan firmanın adı, seri numarası, tip numarası, model numarası.

TEKRARLAMA SORULARI

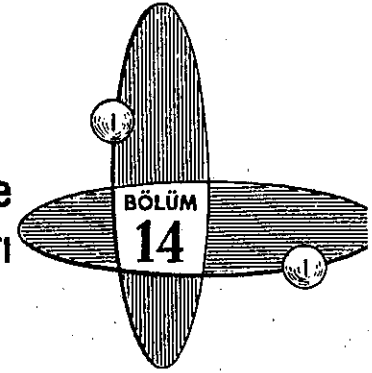
1. Statik transformatorü tarif ediniz.
2. Transformator çalışmasında kullanılan primer ve sekonder terimleriyle ne demek istendiğini izah ediniz.
3. a. Gerilim düşürücü transformator nedir?
b. Gerilim yükseltici transformator nedir?
4. a. Endüklenen primer ve sekonder gerilimleri ile iki sargının sarım sayıları arasında, ne gibi bir bağıntı vardır?
b. Primer sargıdaki, tatbik edilen ve endüklenen gerilim arasındaki fark nedir?
5. Bir transformatorün, 115 voltta çalışan primer sargısı ve 300 voltta çalışan sekonder sargısı vardır. Primer sargıda, 500 sarım vardır. Sekonder sargıdaki sarım sayısı nedir?
6. 5 nci sorudaki transformatorün, 300 voltta 300 volt - amperlik tam yük sekonder çıkışı vardır.
- a. Tam yükteki sekonder akımı nedir?
- b. Kayıpları ihmal ederek, tam yükteki primer akımını tayin ediniz.
- c. Primer ve sekonder akımları ile iki sargının sarım sayıları arasında ne gibi bir bağıntı vardır?
7. a. Uyarma akımı nedir?
b. Uyarma akımının bileşenleri nelerdir?
8. a. Çekirdek kayıplarıyla ne demek istendiğini izah ediniz.
b. Çekirdek kayıpları nasıl minimumda tutulur?
c. 2400 den 240 volta çalışan, 5 KVA'lık bir transformatorün çekirdek kayıplarının, primer sargıyı alçak gerilim tarafı olarak kullanarak, nasıl ölçülebileceğini bir devre diyagramı ile gösteriniz.
- d. Alçak gerilim tarafında çekirdek kayıplarını ölçerken, ne gibi emniyet tedbirleri gözetilmelidir?

- e. Yüksek gerilim sargısını primer gibi kullanarak, aynı çekirdek kaybı elde edilebilir mi?
9. Alçak gerilim tarafını primer gibi kullanarak, 8 nci sorudaki transformatörün çekirdek kaybı ölçülmüş ve aşağıdaki değerler elde edilmiştir:
- | | |
|--------------|-----------|
| Voltmetre | = 240 v. |
| Uyarma akımı | = 1 amper |
| Vatmetre | = 24 vat. |
- Aşağıdakileri tayin ediniz:
1. Vat cinsinden çekirdek kaybı,
 2. Güç katsayısı ve faz açısı,
 3. Çekirdek kayıpları için gereken uyarma akımının aynı fazdaki bileşeni,
 4. Akımın 90° lik geri veya mıknatıslama bileşeni.
10. Sekonder amper-sarınlarının niçin primer sargının mıknatıslama akısına zıt tesir ettiğini izah ediniz.
11. Yüke verilen sekonder akım çıkışındaki bir artma ile primer akım girişinde bir artmanın meydana gelişinde, bir transformatör içinde meydana gelen reaksiyonları sıra ile yazınız.
12. a. Primer kaçak akısı nedir?
b. Sekonder kaçak akısı nedir?
c. Bir transformatörün çalışmasına, kaçak akı nasıl tesir eder?
d. Bir transformatörün kaçak akısı, nasıl minimumla tutulur?
13. Transformatörlerde kullanılan üç tip çekirdek yapısını çiziniz.
14. a. Transformatörde meydana gelen kayıpları yazınız.
b. Bütün yük noktalarında, bu kayıpların hangisi nispeten sabit kalır?
- c. Bu kayıpların hangisi, yükte bir değişiklik varsa, değişir? (Cevaplarınızı izah ediniz.)
15. 5 KVA, 240/120 volt, 60 sayıklık bir transformatörün; 32 vat çekirdek kaybı, yüksek gerilim sargısında 0,05 omluk ve alçak gerilim sargısında 0,0125 omluk etkin direnci vardır. Nominal yükte ve bir'e eşit güç katsayısında transformatörün verimini tayin ediniz.
16. 25 KVA, 2400/240 volt, 50 sayıklık, gerilim düşürücü bir transformatörün, 120 vat çekirdek kaybı vardır. Primer sargının etkin direnci 1,9 om ve sekonder sargının etkin direnci 0,02 omdur. Aşağıdakileri tayin ediniz:
- a. Yüksek gerilim ve alçak gerilim sargılarının tam yükteki akım değeri. (Kayıpları ihmal ediniz ve giriş ile çıkışı aynı kabul ediniz.)
 - b. Nominal yükte transformatörün toplam bakır kayıpları.
 - c. Nominal yükte ve bir'e eşit güç katsayısında, transformatörün verimi.
17. Nominal yük çıkışının % 50 sinde ve 0,75 geri güç katsayısında, 15 nci problemdeki transformatörün verimini tayin ediniz.
18. 50 KVA, 4600/230 volt, 50 sayıklık, tek fazlı, gerilim düşürücü bir transformatör o şekilde hesaplanmıştır ki; tam yükte ve bir'e eşit güç katsayısında; çekirdek kayıpları, bakır kayıplarına eşittir. Bakır kayıpları, iki sargı arasında eşit olarak bölünmüştür. Tam yükte, verim % 96,5 tur. Aşağıdakileri tayin ediniz:

- a. Demir kayıpları
 - b. Toplam bakır kaybı
 - c. Primer ve sekonder sargıların nominal akımı. (Kayıpları ihmal ediniz ve giriş ile çıkışın aynı olduğunu farz ediniz.)
 - d. Primer ve sekonder sargıların etkin direnci.
19. Güç girişi ve çıkışının ölçülmesi suretiyle, bir transformatörün veriminin doğru olarak tayininin neden güç olduğunu izah ediniz.
20. a. 20 KVA, 50 sayıklı, 4800/240 volta çalışan tek fazlı bir transformatör için, empedans kısa devre deneyi bağlantı diyagramını çiziniz. Yüksek gerilim sargısı, giriş tarafıdır ve seri haldeki değişken dirençle 240 voltluk alternatif akım kaynağından beslenmektedir.
b. Bu sorunun (a) kısmındaki kısa devre deneyi için ölçmeler, niçin transformatörün yüksek gerilim tarafında yapılır?
21. 20 a sorusundaki 20 KVA, 4800/240 voltluk transformatör için, kısa devre testi kullanılarak aşağıdaki değerler elde edilmiştir:
- | | |
|--------------------|-------------|
| Empedans gerilim | = 160 volt |
| Ampermetre düşmesi | = 4,2 Amper |
| Vatmetre | = 280 vat |
- Diğer bir deney, demir kaybının 120 vat olduğunu göstermektedir. Aşağıdakileri tayin ediniz:
- a. Nominal yükte ve bir'e eşit güç katsayısındaki verim.
 - b. % 50 nominal yükte ve 0,80 geri güç katsayısındaki verim.
22. 21 nci sorudaki transformatörü ve verilen bilgileri kullanarak, bir'e eşit güç katsayılı bir yük için, transformatörün yüksüz durumdaki gerilimini ve gerilim regülasyon yüzdesini tayin ediniz.
23. 21 nci sorudaki transformatör için, yüksüz durumdaki gerilimi ve gerilim regülasyon yüzdesini aşağıdaki haller için tayin ediniz:
- a. 0,80 geri güç katsayısı
 - b. 0,80 ileri güç katsayısı
24. a. Empedans yüzdesini tarif ediniz.
b. Gerilim regülasyon yüzdesini tarif ediniz.
25. a. Transformatörün telleri nasıl işaretlenir?
b. Ekleme ve çıkarma kutuplarıyla ne demek istendiğini izah ediniz.
26. Tek fazlı bir yükü bestemek için; bir transformatör, 4800 voltluk primer gerilimini 240 volta düşürmekte kullanılmaktadır. Transformatörün tam yük çalışmasından fazla KVA yükü verecek şekilde, ilâve cihaz monte edilmiş ve aynı KVA kapasiteli ikinci bir transformatör, birinci transformatör ile paralel olarak çalıştırılmaktadır.
- a. Transformatörlerin yükü uygun şekilde pay etmeleri için, gözetmesi gereken üç şartı yazınız.
 - b. İkinci transformatörü paralel bağlarken, kullanacağınız usulü izah ediniz.
27. a. 2400/240 voltta çalışan bir transformatörün sarım oranının doğruluğu sorulmaktadır. Laboratuarda, 240 voltluk bir test kaynağı vardır. Uygun skalalı voltmetreler varsa, gerilim oranını nasıl tayin edeceğinizi izah ediniz. Cevaplarınızın açıklanması

- na yardım etmek için, bir şematik diyagram çiziniz.
- b. 240 voltluk bir kaynak kullanarak, bu transformatörün kutuplarının nasıl tesbit edilebileceğini izah ediniz.
28. 30 KVA, 2400/240 volt, 50 sayıklık bir transformatör, gerilim düşürücü bir transformatör olarak kullanılmaktadır. Çekirdek kaybı 150 vat, nominal primer akımı 12,5 amper, primer sargının direnci 1,5 om, nominal sekonder akımı 125 amper ve sekonder sargının direnci 0,015 omdur. Nominal KVA ve 0,75 geri güç katsayısında aşağıdakileri tayin ediniz:
- a. Toplam bakır kaybı
b. Transformatörün verimi
29. 20 KVA lık bir dağıtım transformatörü, yüksek gerilim tarafında 2400/4800 voltta ve alçak gerilim tarafında 120/240 voltta çalışmaktadır. Endüktif olmıyan aydınlatma yükünü beslemek için, gerilim düşürücü bir transformatör olarak çalıştığı zaman; nominal yükte, transformatörün verimi % 97 dir.
- a. Tek fazlı, üç telli sistemde çalışan, 2400 volttan 120/240 volta kadar gerilim düşürücü bir transformatörün iç ve dış bağlantılarını gösteren bir diyagram çiziniz. Ekleme kutup için, transformatör uçlarındaki kutup işaretlerini de gösteriniz.
- b. Yük dengeli ise, tam yükteki sekonder akımı nedir?
- c. Nominal yükte, primer tarafına güç girişi nedir?
- d. 240 voltluk sekonderin yüksüz gerilimi, tam yük geriliminden 4 volt daha fazla ise, gerilim regülasyon yüzdesi nedir?
30. 120/240 volt, tek fazlı, üç telli sistemin, niçin 120 volt, tek fazlı, iki telli sisteme tercih edildiğini izah ediniz.
31. a. Transformatörlerde niçin yağ kullanılır?
b. Transformatörlerde yağ yerine Pyranol kullanmanın ne gibi faydası vardır?
32. a. Yağ ve havanın tabii dolaşımı suretiyle, transformatörü soğutma usulünü izah ediniz.
b. Çok büyük KVA lı transformatörlerin ısı yayma yüzeyleri nasıl büyütülür?
33. a. Transformatör ile kullanılan uç değiştirme anahtarının kullanış maksadı nedir?
b. Uç değiştirme tertibatlı bir transformatör; nerede kullanılır?
34. Pratik olarak, nominal yükün % 10 undan tam yüke kadar, transformatörün veriminin niçin çok az değiştiğini izah ediniz.
35. Bir transformatörün etiketinde bulunan lüzumlu bilgilerin bir listesini yapınız.

Üç Fazla Devrelerde Transformatör Bağlantıları



Elektrik enerjisinin çok büyük kısmı 3 fazlı alternatif akım generatörleri ile elde edilir. Elektrik enerjisinin iletimi ve dağıtımı da 3 fazlı sistemler ile yapılır. Ekseriya 3 fazlı sistemin gerilimini değiştirmek gerekir. Bazan gerilim yükseltilir, bazan azaltılır.

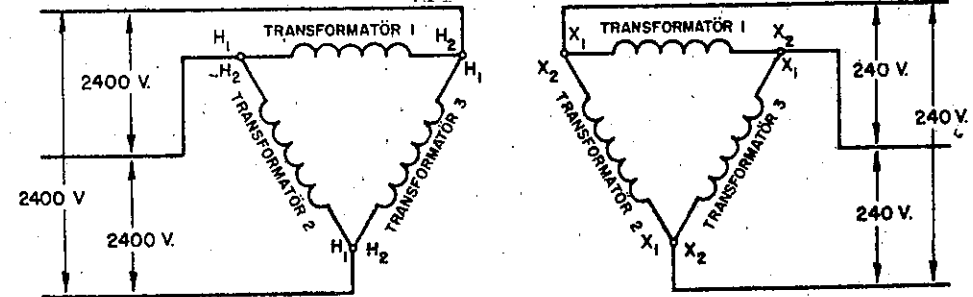
3 fazlı sistemlerde gerilim deği-

şimi, tek fazlı üç transformatörü aşağıdaki dört standart şekilden birine göre bağlamakla elde edilir: üçgen-üçgen, yıldız-yıldız, üçgen yıldız ve yıldız-üçgen bağlantı. Ayrıca açık üçgen veya V bağlantı vardır. Bu bağlantıda üç fazlı sistem-gerilimi tek fazlı iki transformatör ile değiştirilir.

ÜÇGEN BAĞLANTI

2400/240 voltluk tek fazlı üç transformatör, 2400 voltluk üç fazlı bir sistemi 240 voltluk üç fazlı

bir sisteme çevirmek için üçgen-üçgen bağlantıdır.



Şekil 14-1. Üçgen-Üçgen Transformatör Bağlantısı.

2400/240 voltluk tek fazlı üç transformatörün üçgen-üçgen bağlantısı şekil 14-1 de görülmektedir. Bu bağlantı ile 2400 voltluk 3-fazlı bir sistem 240 voltluk 3 fazlı bir sisteme çevrilmiştir. Yüksek gerilim sargısının uçları H_1 , H_2 ile ve alçak gerilim sargısının uçları ise X_1 , X_2 ile işaretlenir.

Yüksek gerilim primer sargılarını üç fazlı kaynağa üçgen bağlamak için üç sargı seri bağlanır: Primer sargının çıkışı diğerinin girişine bağlanır. Bölüm 13 de açıklandığı gibi bir transformatörün yüksek gerilim sargısı H ve alçak gerilim sargısı X ile işaretlenir. H_1 ucunun polaritesi pozitif iken X_1 ucunun polaritesi de pozitifdir. Bu bağlantıda H_1 ucu yüksek gerilim sargısının girişi ve H_2 ucu çıkışı olarak kabul edilir.

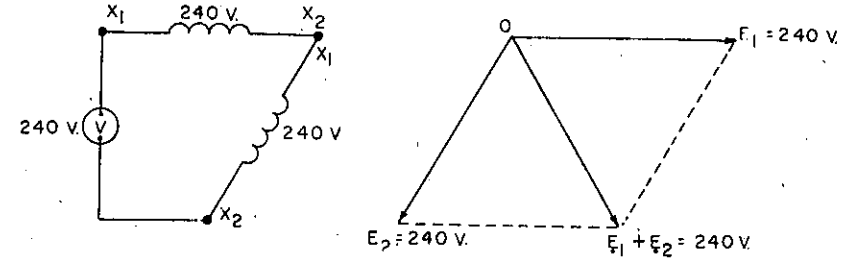
Şekil 14-1 den görüldüğü üzere her primer sargının çıkışı H_2 diğer primer sargının girişi H_1 e bağlıdır. İki primer sargının bağlandığı yere üç fazlı sistemin iletkenlerinden biri bağlanır. Her transformatörün primeri üç fazlı sistemin iletkenleri arasında bağlanır. Üç iletkenli sistemin iletkenleri arasındaki gerilim 2400 voltur. Primer sargı uçlarına uygun hat gerilimleri tatbik edilmiştir. Yüksek gerilim primer sargısının bağlantısı tamamlandıkça üç fazlı 2400 voltluk primer devreye akım verilebilir.

Bölüm 13 de açıklandığı gibi transformatöre alçak gerilim tarafından bakıldığında yüksek gerilim sargısının giriş ucu H_1 , transformatörün solunda bulunur. Böylece H_1 ve H_2 nin yeri herhangi bir transformatörde belirtilmiş olur. Yine aynı bölümde ifade edildiğine göre transformatörler gerilim ve kva değerlerine göre toplanan ve çıkarılan polariteli diye sınıflara ayrılmıştır. Bu sınıflamanın istisnaları vardır. Bir transformatörün polaritesi uçların işaretini veya transformatörün etiketini tetkik etmekle bulunur.

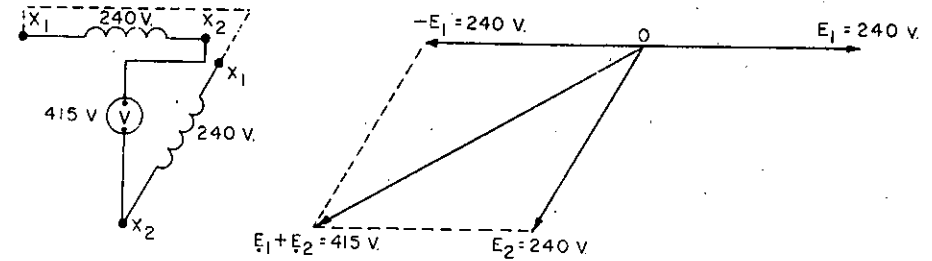
Üç transformatörün polariteleri bilinsin veya bilinmesin sekonder sargıları bağlamak için aşağıdaki usul tavsiye edilir:

1. Sekonder gerilimlerin etiket üzerindeki gerilimlere eşit olup olmadığını kontrol ediniz.
2. Şekil 14-2 A da görüldüğü gibi sekonder sargılardan birinin çıkışını diğerinin girişine bağlayınız. Eğer bağlantı doğru ise birer uçları bağlı olan iki sekonder sargının diğer uçları arasındaki gerilim sekonder gerilime, yani 240 volta eşittir. Vektör diyagramındaki bileşke gerilim sekonder gerilimlerine eşittir.

Şekil 14-2 B sekonder sargılardan birisinin bağlantısı değiştirildiği zamanki durumu gösteri-



Şekil 14-2a. Doğru Üçgen Bağlantıda, Açık Uçlar Arasındaki Gerilim Faz Gerilimine Eşit Olur.

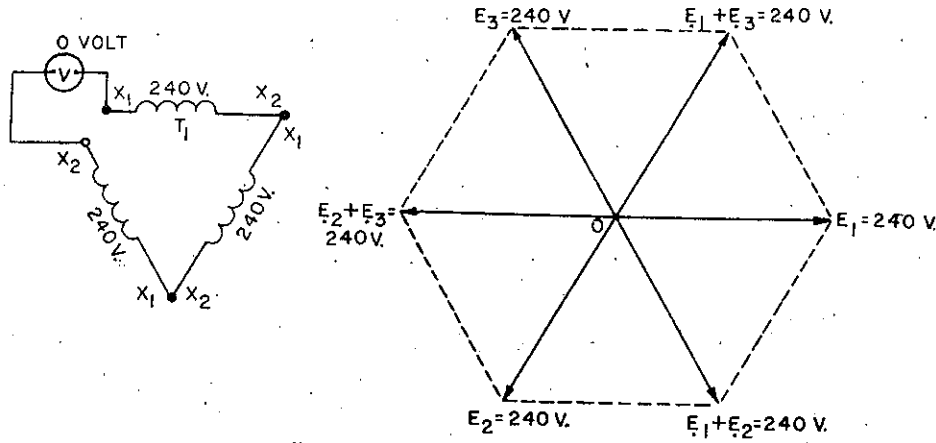


Şekil 14-2b. Yanlış Üçgen Bağlantı - Bir Transformatörün Sekonder Uçları Değiştirildi. Açık Uçlar Arasındaki Gerilim $\sqrt{3} \times$ Faz Gerilimi.

yor. Bu bağlantı doğru değildir ve açık iki uç arasındaki gerilim sekonder gerilimin $\sqrt{3}$ katına yani 416 volta eşittir. Şekil 14-2 B den görüldüğü üzere transformatörlerden birisinin gerilim yönü değişmiştir ve bileşke gerilim sekonder gerilimi E nin $\sqrt{3}$ ile çarpımına eşittir. Bağlantıyı düzeltmek için sekonder sargılarından herhangi birisinin bağlantısı değiştirilir. Yeni bağlantının vektör diyagramı şekil 14-2 A daki vektör diyagramına benzer.

3. Şekil 14-3 A üçüncü sargının sekonder sargısının doğru bağlantısını göstermektedir. Vektör diyagramı üçgen bağ-

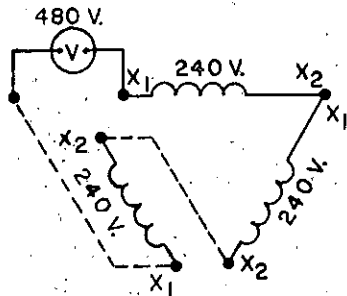
lantıda niçin son iki uç arasındaki gerilimin sıfır olduğunu göstermektedir. Her sekonder gerilime zıt, genlikleri eşit bileşke gerilim vardır. Bunun için üçgenin köşesini meydana getiren açık uçlar arasındaki gerilim sıfırdır. Eğer son iki sekonder uç arasındaki gerilim sıfır ise bu iki uç birleştirilerek sekonder sargının üçgen bağlantısı tamamlanır. Sekonder sargılarının bağlantı noktalarına birer iletken bağlanır. Bu üç iletken 240 voltluk üç fazlı sistemi meydana getirir. Sekonder sargı gerilimleri ile iletkenler arası gerilimleri



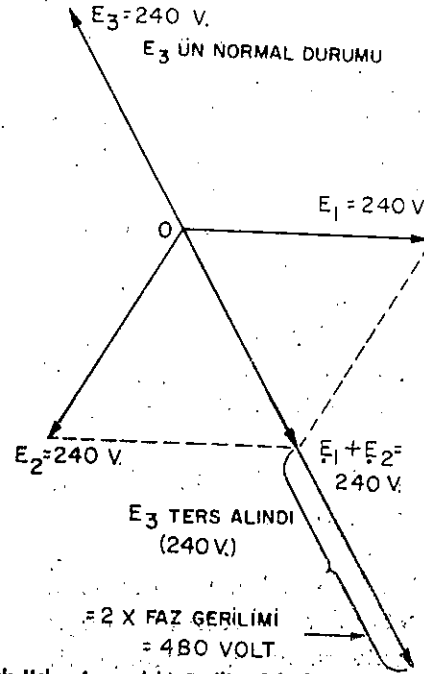
Şekil 14-3a. Doğru Üçgen Bağlantıda Son Açık Uçlar Arasındaki Gerilim Sıfırdır.

birbirine eşit yani 240 voltur.

Şekil 14-3B üçüncü sekonder sargının yanlış bağlantısını göstermektedir. Vektör diyagramı üçüncü transformatörün sekonder gerilimi E_3 ün yönü değişince bileşke gerilimin sekonder gerilimin iki katı yani 480 volt olduğunu gösterir. Bağlantıyı düzeltmek için üçüncü transformatörün sekonde-



Şekil 14-3a. Doğru Üçgen Bağlantıda Son Açık Uçlar Arasındaki Gerilim Sıfırdır.



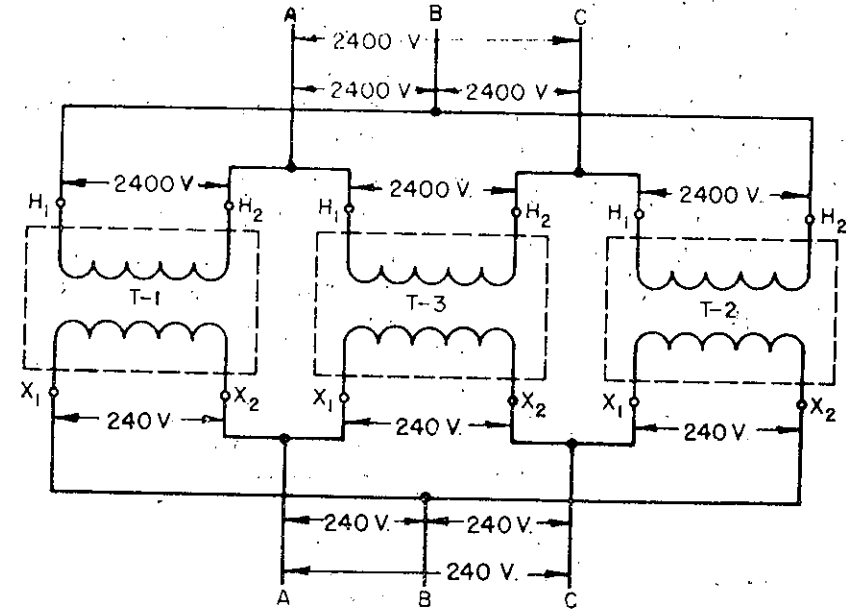
rinin bağlantısı değiştirilir. Bağlantı değiştirilerek son iki uç arasındaki gerilim sıfır yapılır ve üçgen bağlantı tamamlanır. Eğer son iki uç arasındaki gerilim sıfır ise bu iki uç asla birbirine bağlanmaz. Eğer bağlantı doğru ise bu son iki uç arasındaki gerilim sıfırdır.

Eğer bir transformatorun primer ve sekonder sargıları aralarında üçgen bağlanırsa bu bağlantıya üçgen-üçgen bağlantı denir. Bu bağlantı iki sembol ile de gösterilir: Δ - Δ bağlantı. Birinci sembol primerin ikinci sembolde sekonderin nasıl bağlandığını gösterir.

İki veya üç tek fazla transformator üç fazlı sistemlerde gerilim yükseltme ve düşürmede kullanıldığında bu transformatorlerin tamamına transformator bataryası denir.

Şekil 14-1 deki üçgen-üçgen bağlı transformator bataryası şekil 14-4 de görülmektedir. Bu diyagram üçgen biçiminde değildir, fakat yüksek ve alçak gerilim sargıları üçgen bağlıdır. Bu tip diyagramı daha ziyade tesisatçılar kullanır.

Gösterilen üçgen bağlantı 2400 voltluk üç fazlı bir sistemi 240 voltluk üç fazlı bir sisteme çevire-



Şekil 14-4. Üçgen-Üçgen Transformator Bağlantısı.

rek bir iş yerini beslemede kullanılabilir. Meselâ iş yerinin yükleri üç fazlı motorlardan ibaretse iletken akımları aynıdır. Ekseriya yük dengeli ve tek fazlı transformatörlerin KVA kapasiteleri aynıdır. Üçgen-üçgen bağlı transformatör bataryasının toplam kapasitesini hesaplamak için üç KVA görünen gücü toplanır. Eğer her transformatör 50 KVA lık ise toplam güç 150 KVA dır.

Üçgen bağlı devrelerin akım ve gerilim bağlantıları bölüm 10 da gösterildi. Aşağıdaki iki özellik üçgen bağlı sistemlere tatbik edilir.

1. Üçgen bağlantının tetkikinden görüleceği üzere her transformatörün sargısı iki iletken arasına bağlanır. Bunun için iletken gerilimi ile transformatör sargısının gerilimi aynıdır.
2. Üçgen bağlı transformatör bataryasında iletken akımı sargı akımının 1,73 katına eşittir. Üçgen bağlantıda her iletkeni iki sargı besler. Bu sargıların akımları aynı fazda değildir. Bunun için iletken

akımı sargı akımlarının vektör toplamına eşittir.

Örek Problemi

Tek fazlı üç transformatör şekil 14-4 de görüldüğü gibi üçgen-üçgen bağlıdır. Her transformatör 15 KVA, 240/240 voltur. Sekonder iletkenler arası gerilimi 240 volt ve iletken akımı 300 amperdir. Transformatöre bağlı üç fazlı yükün güç katsayısı endüktif ve 0,75 dir. Şunları hesaplayınız :

1. Transformatör bataryasının KVA yükü,
2. Transformatör bataryasının Kw. yükü,
3. Transformatör bataryasının KVA kapasitesinin yüzdesi olarak yükü,
4. Sekonder sargı akımları,
5. Sekonder sargı gerilimleri,
6. Her transformatörün KVA yükü,
7. Primer akımı (kayıpları ihmal ediniz),
8. Kayıpları ihmal ederek transformatör bataryasının girişi KVA'ı.

Çözüm

$$1. Kva. = \frac{\sqrt{3} \times E (\text{iletken}) \times I (\text{iletken})}{1000}$$

$$= \frac{1,73 \times 240 \times 300}{1000} = 124,6 \text{ kva.}$$

$$2. Kw. = \frac{\sqrt{3} \times E (\text{iletken}) \times I (\text{iletken}) \times \cos \theta}{1000}$$

$$= \frac{1,73 \times 240 \times 300 \times 0,75}{1000}$$

$$= 93,4 \text{ kva.}$$

3. Transformatör bataryasının toplam kva'sı tek fazlı transformatörlerin kva'larının toplamına eşittir. Toplam kva = 50 = 50 + 50 150 kva. Transformatör bataryasının

$$\text{yüzde yükü: } \frac{124,6}{150} \times 100 = \% 83$$

4. Sekonder sargı akımı :
 $I_s = 173 \text{ amper}$
5. Sekonder sargının uçlarındaki gerilim 240 voltur.
6. Her transformatörün kva yükü sekonder gerilimi ile sekonder akımın çarpımının 1000'e bölümüne eşittir.

Transformatör başına kva

$$= \frac{E_s \times I_s}{1000} = \frac{240 \times 173}{1000}$$

$$= 41,5 \text{ kva.}$$

7. Her transformatörün sekonder akımı 173 amperdir. Kayıplar ihmal edilirse primer akımı $173/I_p = 17,3 \text{ amper}$ olur.

Primer sargılar üçgen bağlıdır. İletken akımı primer sargı akımının 1,73 katına eşittir. İletken akımı = $1,73 \times 17,3 \text{ amper}$.

$$8. Kva girişi = \frac{\sqrt{3} E_{\text{hat}} \times I_{\text{hat}}}{1000}$$

$$= \frac{1,73 \times 2400 \times 30}{1000}$$

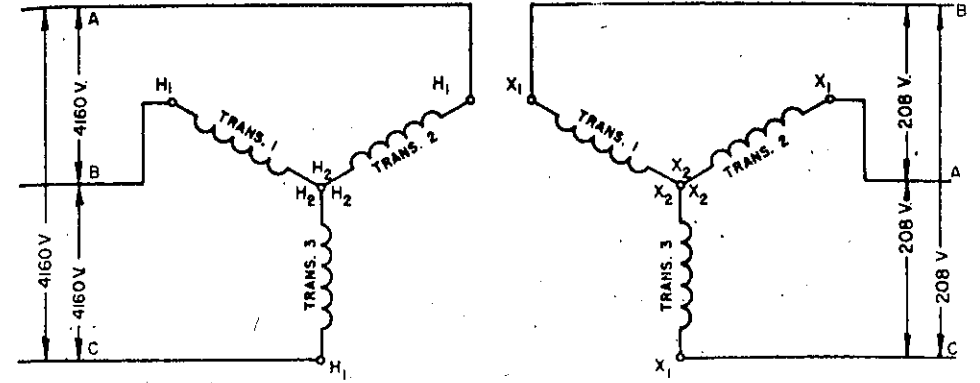
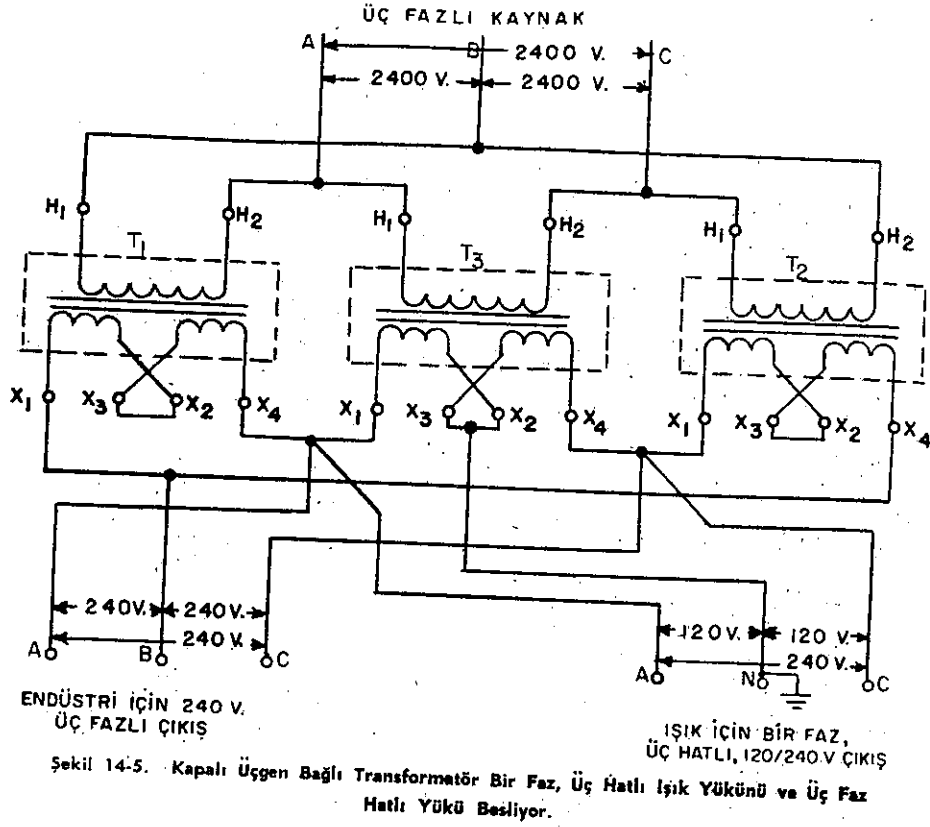
$$= 124,6 \text{ kva}$$

Bazı elektrik şirketleri üçgen-üçgen bağlı transformatör bataryaları ile iki çeşit yükleri beslerler :

1. 240 voltluk üç fazlı sanayi yükleri.
2. 120/240 volt, tek fazlı üç iletkenli aydınlatma yükleri.

Tek fazlı üç iletkenli aydınlatma yüklerini besleyen transformatörün gücü diğer iki transformatörün gücünden büyüktür. Bu transformatörün 240 voltluk sargısının ortasından bir uç çıkarılır. Böylece 120/240 voltluk üç iletkenli tek fazlı sistem elde edilir.

Bir çok transformatörlerin iki tane 120 voltluk sargısı vardır. Bu



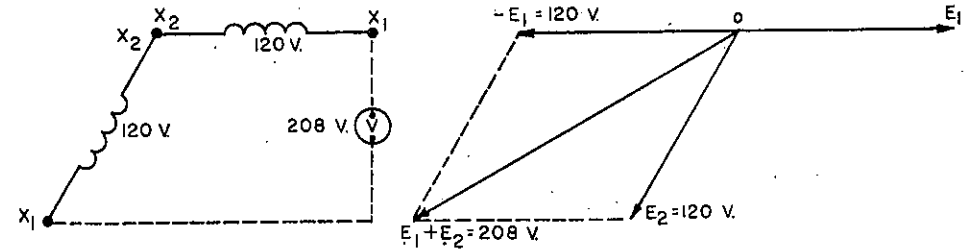
Şekil 14-6. Yıldız-Yıldız Bağlı Transformatorler.

YILDIZ BAĞLANTI

İkinci standart üç fazlı bağlantıda gerilim değiştirmek için tek fazlı üç transformatorün sargıları aralarında yıldız bağlanır. Tek fazlı transformatorlerin yıldız bağlanmasında hata yapmamak için sistematik bir bağlantı usulüne ihtiyaç vardır. Ayrıca bu bağlantıya ait akım ve gerilim bağlanmalarının bilinmesi gerekir. Bölüm 10'daki üç fazlı yıldız bağlantıdan hatırlanacağı üzere :

1. Hat ve sargı akımları aynıdır.
2. Hat gerilimi faz geriliminin $\sqrt{3}$ katıdır.

Şekil 14-6'da tek fazlı üç transformatorün yıldız bağlantısı şematik olarak görülmektedir. Yüksek gerilim sargısının H_2 uçları, kolaylık olsun diye, çıkış ucu olarak kabul edilir ve birbirine bağlanır. H_1 ,

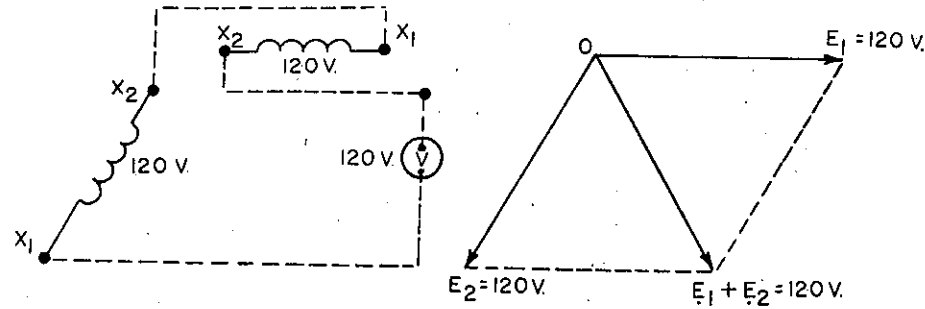


sargılar seri bağlanır ve orta noktası dışarı çıkarılarak 120/240 voltluk üç iletkenli sistem elde edilir.

Şekil 14-5 üç tane tek fazlı transformatorün üçgen-üçgen bağlantısını göstermektedir. Her transformatorün sekonderi iki tane 120 voltluk sargıdan meydana gelir. 240 volt elde etmek için bu iki sargı seri bağlanır. Yüksek gerilim primer sargıları üçgen bağlanır. 240 voltluk sistem elde etmek için alçak gerilim sekonder sar-

gıları da üçgen bağlanır. Ortadaki transformatorün orta ucu çıkarılmıştır, bu transformator 120/240 voltluk üç iletkenli tek fazlı yük devresini besler. Orta iletken üç iletkenli tek fazlı sistemin nötrünü meydana getirir ve topraklanır.

Şekil 14-5'in tetkikinden görüleceği üzere 240 voltluk sekonder devrenin A ve C faz iletkenleri ile toprak arasındaki gerilim 120 voltur. B faz iletkeni ile toprak arasındaki gerilim 208 voltur. Bu bağlantı bazen tehlikeli olabilir.

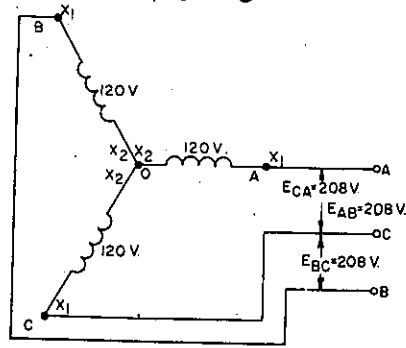


Şekil 14-7b. Yanlış Yıldız Bağlantı - Bir Transformatörün Sekonder Uçları Değiştirildi. Açık Uçlar Arasındaki Gerilim Faz Gerilimine Eşittir.

giriş uçları üç fazlı sistem iletkenlerine bağlanır. Bu bağlantıya yıldız bağlantı denir.

Alçak gerilim sargısının uçları işaretli ve polariteleri etiket üzerinde gösterilse dahi bu sargının bağlanmasında aşağıdaki sıra takip edilir.

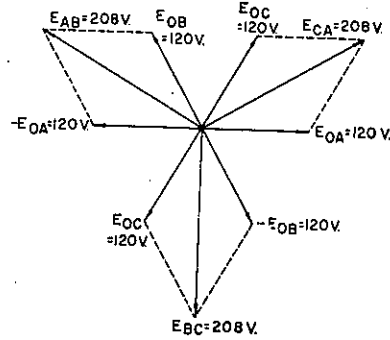
1. Yüksek gerilim sargısı akım verilir ve sekonder sargı gerilimlerinin aynı ve etiket üzerinde yazılı değerlerde olup olmadığı kontrol edilir.
2. Şekil 14-7A da görüldüğü üzere iki alçak gerilim sar-



Şekil 14-8a. Doğru Y Bağlantıda Bütün Hat Gerilimleri $\sqrt{3} \times$ Faz Gerilimine Eşittir.

gısının X_2 uçları birbirine bağlanır. Bağlantı doğru ise diğer iki uç arasındaki gerilim sekonder gerilimin $\sqrt{3}$ katı ve bu bağlantı için 208 voltur. Vektör diyagramı iki uç arasındaki bileşke gerilimin 208 volt olduğunu gösterir.

Şekil 14-7B transformatörün sekonderlerinin yanlış bağlantısını göstermektedir. Açık iki uç arasındaki gerilim sekonder gerilime eşit ve bu bağlantıda 120 voltur. Vektör diyagramı bu bileşkenin



Şekil 14-8b. Şekil 14-8a'nın Vektör Diyagramı.

120 volt olacağını gösterir. İkinci transformatörün bağlantısı değiştirilirse iki sargı doğru bağlanır ve iki uç arasındaki gerilim 208 volt olur.

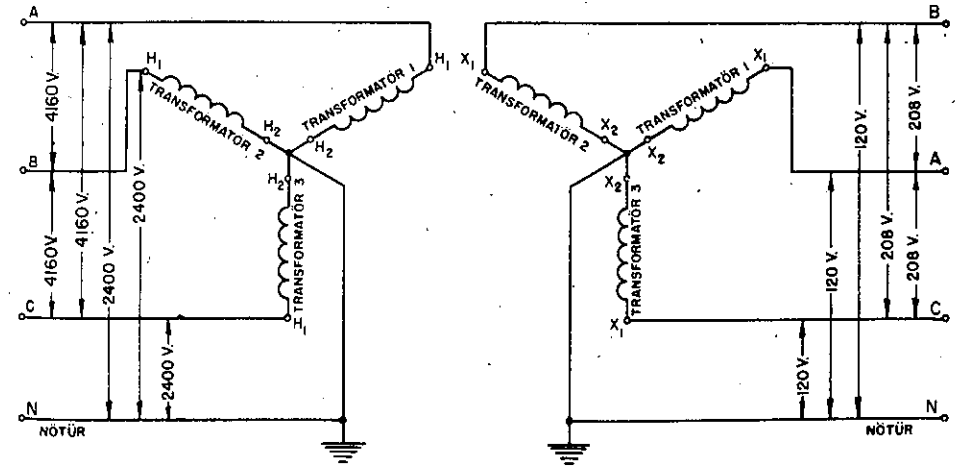
Şekil 14-8A üç transformatörün sekonderlerinin doğru bağlantısını göstermektedir. Her iki iletken arasındaki gerilim sekonder geriliminin $\sqrt{3}$ katı ve bu bağlantı için 208 voltur. Vektör diyagramı üç fazlı yıldız bağlantıda sargı gerilimi ile iletkenler arası gerilimler arasındaki bağıntıyı göstermektedir.

Yıldız-yıldız bağlantı, ikinci taraf dengeli ise uygundur. Meselâ bu bağlantı sekonder yükleri yalnız üç fazlı motorlardan ibaret ise kullanılır. Bu durumda iletken akımları aynıdır. Eğer sekonder yük dengesi ise bu bağlantı uygun değildir. Dengesiz yük transforma-

tör bataryasının gerilimlerini dengeleştirir.

Gerilim dengesizliği nötür denen dördüncü bir iletken kullanmakla önlenir. Nötür iletken akım kaynağının nötür noktası (ortak nokta) ile primer sargının nötür noktası arasında bağlanır.

Transformatör bataryasının üç fazlı, dört iletkenli, yıldız-yıldız bağlantısı şekil 14-9 da görülmektedir. Üç fazlı giriş 2400/4160 volt çıkış ise 120/208 voltur. Yüksek gerilim girişinde nötür hattı sargıların birleştiği ortak H_2 noktasına bağlanmıştır. Nötür ile giriş iletkenleri arasındaki gerilim 2400 voltur. Yüksek gerilim sargılarının her biri nötür ile bir giriş iletkeni arasında bağlanmıştır. Sargı uçlarındaki gerilim 2400 voltur. Her iki giriş iletkeni arasındaki

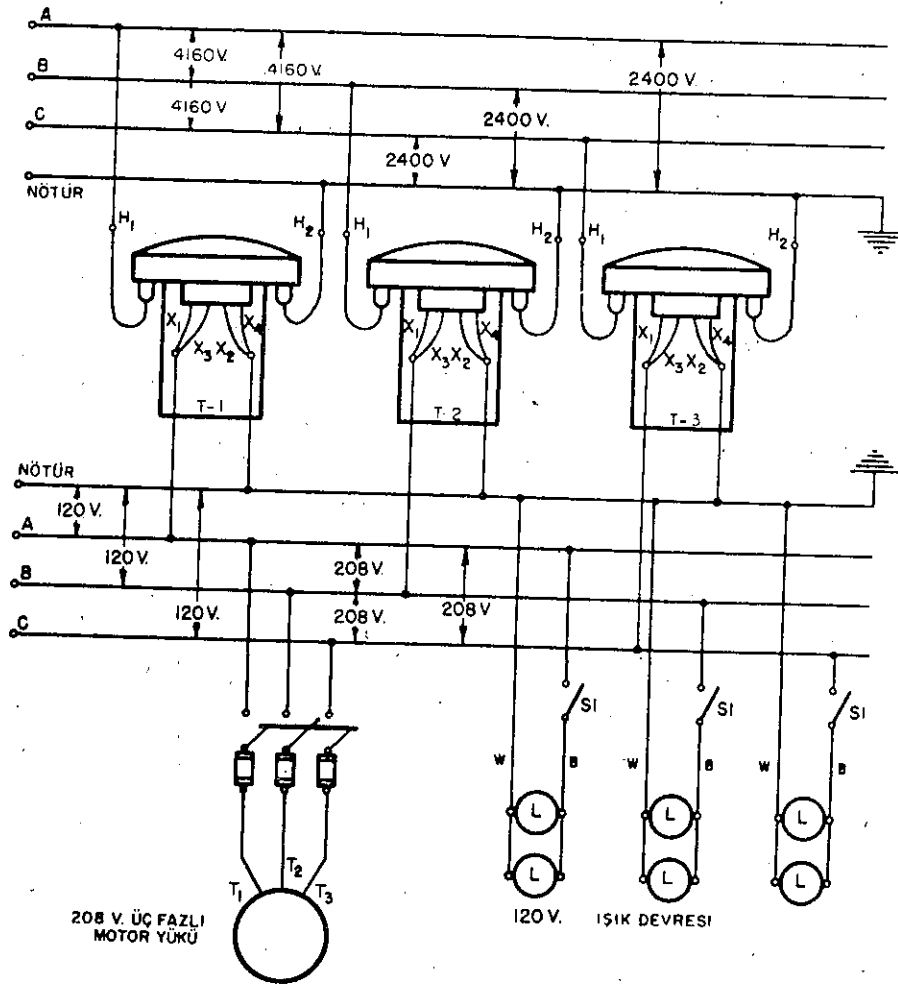


Şekil 14-9. Nötür Bağlantıları ile Y-Y Bağlı Transformatörler.

gerilim $\sqrt{3} \times 2400$ volt veya 4160 voltur. Nötür iletkeni ile yüksek gerilim sargısının uçlarındaki gerilimlerin nisbeten birbirinin aynı oluşu sağlanır. Yük dengesiz dahi olsa bu dengesizlik nötür iletkeni ile primer sargıdan akım kaynağına iletilir ve transformatör ba-

taryasının sargıları arasındaki gerilimler yaklaşık olarak birbirinin aynıdır. Yüksek gerilim sargılarını yıldırımından korumak için nötür iletkeni topraklanır.

Yük, üç fazlı dört iletkenli sistemin alçak gerilim tarafından beslenir. Her alçak gerilim sargısı



Şekil 14-10. Transformatörlerin Y-Y Bağlanmaları.

sekonderin nötür noktası ile bir çıkış iletkeni arasına bağlanır. Her sekonder sargısının uçlarındaki gerilim 120 voltur. Nötür ile her iletken arasındaki gerilimin 120 volt olduğu şekil 14-9 da görülmektedir. İletkenler arasındaki gerilim $\sqrt{3} \times 120$ yani 208 voltur. Üç fazlı dört iletkenli sekonder bağlantı kullanmakla değişik gerilimli iki tip yük için gerilim elde edilir.

1. Üç fazlı motor yükleri için 208 voltluk üç fazlı akım kaynağı.
2. Nötür iletkeni kullanmakla aydınlatma için 120 voltluk gerilim elde edilir.

Primer ve sekonderinde nötür iletkeni bulunan bir transformatör bataryasının yıldız-yıldız bağlantısı şekil 14-10 da görülmektedir. Her transformatörün birbirine paralel bağlı iki tane 120 voltluk sargısı vardır. Her tek fazlı transformatörün çıkış gerilimi 120 voltur.

ÜÇGEN-YILDIZ BAĞLANTI

İstenen gerilim değişimini elde etmek için bazan transformatörler üçgen-yıldız bağlanır. Üçgen-yıldız bağlantı gerilimin yükseltilmesinde ve düşürülmesinde kullanılır. Bu bağlantıda primer üçgen ve sekonder yıldız bağlıdır.

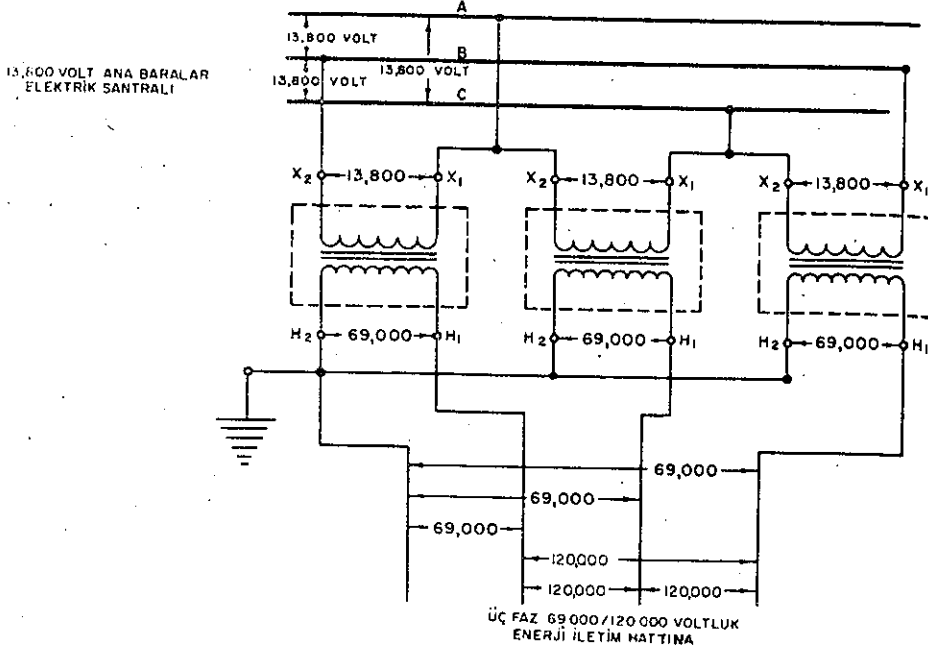
Üretim merkezinde gerilimi yükseltmek için, transformatör

Üç fazlı dört iletkenli bağlantı ile motorlar için üç fazlı 208 voltluk bir sistem ve aydınlatma için 120 voltluk bir sistem elde edilir. Aydınlatma devrelerinin bağlanmasında yüklerin üç transformatöre mümkün olduğu kadar eşit olarak bölünmesine dikkat edilir.

Yıldız yıldız bağlı transformatör bataryalarında, pratik olarak aynı kapasitede üç tane (tek) fazlı transformatör kullanılır. Yıldız-yıldız bağlı transformatör bataryasının kapasitesini hesaplamak için üçüncü gücü toplanır. Eğer her transformatör 25 kva lık ise toplam güç 75 kva dır.

Eğer transformatörün biri arızalanırsa, transformatör bataryasına akım vermeden bu transformatör değiştirilmelidir. Arıza halinde yalnız iki transformatör kullanılarak yıldız-yıldız transformatör bataryası kullanılamaz. İki transformatörlü batarya yalnız üçgen-üçgen bağlantıda kullanılabilir.

bataryasının üçgen-yıldız bağlantısı şekil 14-11 de görülmektedir. Bu tip bağlantı gerilimin yükseltilmesi için çok elverişlidir. Giriş gerilimi transformatör değiştirme oranının $\sqrt{3}$ katı kadar yükselir. Çıkış gerilimi doğrudan doğruya iletim iletkenlerine bağlanır. Bu iletim iletkenleri, üretim merke-



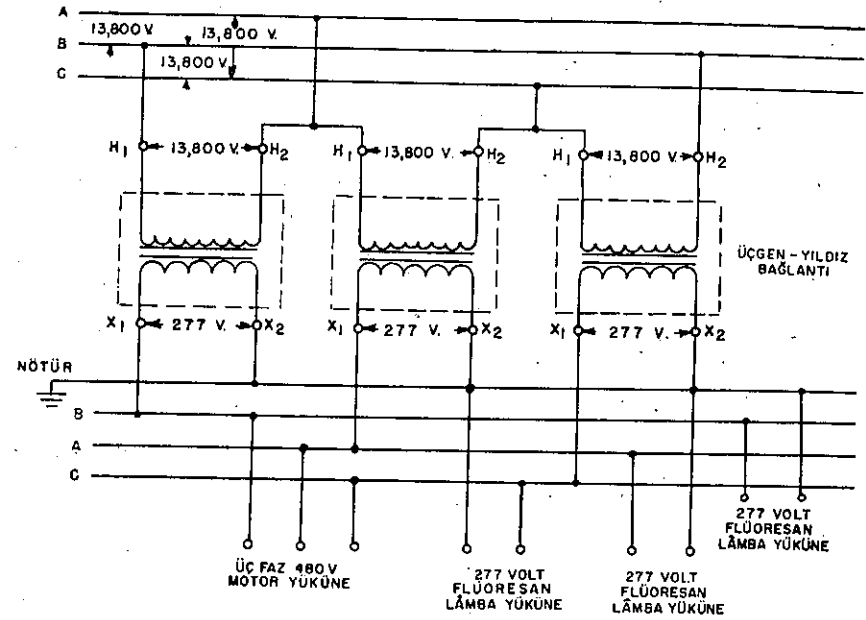
Şekil 14-11. Transformatörlerin Üçgen-Yıldız Bağlantısı.

zinden kilometrelerce uzaktaki şehir ve sanayi merkezine elektrik enerjisi taşır. Üçgen-yıldız bağlantı kullanılmasının ikinci sebebi sekonder sargının yalıtım seviyesinin az olmasıdır. Bu bağlantı sekonder gerilimi çok yüksek olan sistemlerde bilhassa faydalıdır. Şunu unutmamak gerekir ki sargı genilimi, iletkenler arası gerilim sadese $1/1.73 = 0.58$ yahut % 58 i dir.

Şekil 14-11 de generatörler elektrik enerjisini 13800 voltluk üç fazlı iletkenlerle generatör baralarına verir. 13800 voltluk tek fazlı transformatörün sargıları üçgen bağlıdır ve bağlantı noktaları generatör uçlarına bağlıdır. Bu bağlantı

da sargı gerilimleri iletken gerilimlerine eşit olduğundan primer sargıların uçlarındaki gerilimler 13800 volt olur. Transformatör çevirme oranı $1/5$ olduğundan sekonder sargısının uçlarındaki gerilim $13800 \times 5 = 69000$ volt olur. Sekonder sargılar yıldız bağlıdır. Yüksek gerilim sekonder sargıları nötr noktası ile dış iletken arasına bağlanmıştır. Nötür ile herhangi bir iletken arasındaki gerilim 69000 volt olur. İletkenler arasındaki gerilim $1.73 \times 69000 = 120000$ volt olur.

Yük akımları dengesiz dahi olsa nötr iletkeni kullanmakla dengeli iletken gerilimleri elde edilir. Nötür iletkeni transformatör ba-



Şekil 14-12. Üçgen-Yıldız Bağlı Transformatörler 277/480 Volt ile Işık ve Kuvvet Yüklerini Besler.

taryasında ve eşit aralıklarla iletme hattı boyunca topraklanır. Nötür iletkeni yüksek gerilim sekonder sargılarını yıldırımdan korur.

Üçgen-yıldız bağlantı gerilim düşürülmesinde de kullanılır. 13800 voltluk üç fazlı sistemden 277/480 voltluk üç fazlı, dört iletkenli dağıtım sistemine motor ve aydınlatma tesislerini beslemek için elektrik enerjisinin iletilmek istendiğini düşünelim.

Üçgen ve yıldız bağlantılı bir transformatör bataryasının bu maksatla kullanılışı şekil 14-12 de görülmektedir. Transformatör bataryasının primer sargısı 13800 voltluk üç fazlı bir dağıtım sistemine üçgen olarak bağlanmıştır. Bu bağlantıda iletken gerilimleri sargı ge-

rilimlerine eşit yani 13800 volt olur. Transformatör çevirme oranı $50/1$ olduğundan sekonder sargısının uçlarındaki gerilim $13800/50 = 277$ volt olur.

Transformatör bataryasının sekonder sargısı yıldız bağlantılıysa, topraklanmış nötr ile herhangi bir iletken arasındaki gerilim 277 volt olur. İletkenler arasındaki gerilim $1.73 \times 277 = 480$ volt olur. Genellikle aydınlatma devreleri 120 volt olur. Endüstri yükleri ise 208 yahut 240 volt olur. 277/480 volt üç fazlı, dört iletkenli sistemin aydınlatma ve endüstri yük devrelerinde nasıl kullanılacağı sorulabilir.

Bu gün bürolarda aydınlatma flüoresan tüplerle elde edilir, ay-

dınlatma şiddeti yüksektir. 120 voltluk (flüoresan) tüpler özel bağlantılarla 277 voltluk devrelerde kullanılabilir. Havalandırma, vantilatör, pompa ve asansör tesisleri daha çok 480 voltluk motorlarla çalıştırılır. Modern büroların aydınlatılmasında metre kare için 70-100 volt-ampere ve havalandırılmasında metre kare için 40 volt-ampere ihtiyaç vardır. Gerilimin yüksek oluşunun çeşitli faydaları vardır.

1. Besleme iletkenleri ile çıkış iletkenlerindeki gerilim düşümleri daha az olduğundan çalışma verimi yüksektir.
2. Küçük kesitli iletkenlerle küçük aygıtların kullanılması

YILDIZ-ÜÇGEN BAĞLANTI

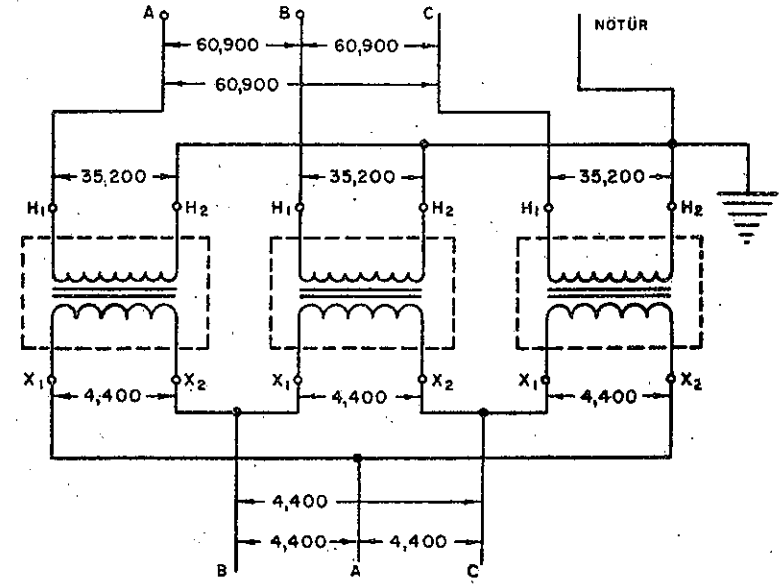
Yıldız-üçgen bağlı transformator bataryaları iletim iletkenlerinin oldukça yüksek olan gerilimlerini yük merkezlerinde düşürmede kullanılır. 60000 volt ve daha yüksek gerilimlerin düşürülmesinde kullanılan transformator bataryalarının çoğu yıldız-üçgen bağlıdır. Bu bağlantının kullanılmasının iki sebebi vardır. Birinci sebep gerilimin, çevirme oranının 1,73 katı kadar azalmasıdır. İkinci sebep yüksek gerilim primer sargısının yalıtıklık seviyesinin düşük oluşudur. Çünkü primer sargı gerilimi iletken geriliminin % 58 i kadardır.

Yıldız-üçgen bağlı transformator bataryasının şematik diyagramı Şekil 14-13 de görülmektedir. Üç fazlı, dört iletkenli iletim iletkenlerinin sonunda, yıldız-üçgen bağlı transformator bataryasının üç fazlı 60900 voltu üç fazlı 4400 volta düşürmesi istenmektedir. Yüksek gerilim tarafındaki her tek fazlı transformator sargısının gerilimi 35200 volt ve görünen gücü 1000 kva dır. Sekonder sargı gerilimi 4400 voltur. Her transformatorün çevirme oranı 8/1 dir. Primer iletken gerilimi 60900 volt ve primer sargılar yıldız bağlı ise,

sı tesis masrafında % 25 e kadar ekonomi sağlar.

3. 277/480 voltluk sistemde minimum değişiklik ve masrafla yük artmaları kolayca karşılanabilir.

Bürolarda masa, lâmba, büro makinası ve muhabere cihazları gibi çeşitli yükler bulunur. Bu yükler 120 volt ile çalışır. Bu tip yükler tam yükün küçük bir yüzdesini teşkil eder. Genellikle bu tip yükler için 120 voltluk gerilim her kata yerleştirilen tek fazlı, hava ile soğutulan transformatorlerle elde edilir. Bu transformatorler 277/480 voltluk sisteme bağlanır ve yukarıda belirtilen yüklere 120 voltluk gerilim sağlar.



Şekil 14-13. Yıldız-Üçgen Bağlı Transformatorler.

Primer sargı gerilimi

Primer iletken gerilimi

$$= \frac{60900}{\sqrt{3}} = 35200 \text{ voltur.}$$

Tek fazlı her transformatorün çevirme oranı 8/1 dir. Her transformatorün sekonderi uçlarındaki gerilim : $35000/8 = 4400$ voltur.

Primer devrede nötr iletkeninin kullanılması ile yük denge-

siz olsa dahi dengeli gerilimler elde edilir. Nötr iletkeni topraklanmıştır ve sistemi yıldırımından korur.

Genellikle, üçgen-yıldız ve yıldız-üçgenüçgen bağlantıda kullanılan tekfazlı transformatorlerin kva kapasiteleri aynıdır. Toplam kapasiteyi hesaplamak için tek fazlı transformatorlerin kapasiteleri toplanır. Meselâ, şekil 14-13 deki her transformatorün görünen gücü 1000 kva dır, toplam görünen güç 3000 kva olur.

AÇIK-ÜÇGEN BAĞLANTI

Enerjinin üç fazlı çevrimi iki tek fazlı transformatorle mümkündür. Bu tip bağlantıya açık üçgen veya V bağlantı denir. Açık

üçgen bağlantı üçgen-üçgen bağlı transformator bataryalarında bir transformator arızalandığı zaman kullanılır. Ekseriya, arıza anında,

müşteriye üç fazlı enerjinin sağlanması gerekir. Bu ancak arızalı transformatörün devreden çıkarılması ile sağlanır.

Açık üçgen bağlantının kullanıldığı yerler :

1. 2400/240 volt, 50 kva tek fazlı üç transformatör üçgen-üçgen bağlanmıştır. Bu bağlantı 2400 voltluk üç fazlı sistemi 240 voltluk üç fazlı sisteme çevirerek bir yerini beslemede kullanılmaktadır.
2. Yıldırım çarpması ile transformatörlerden biri arızalanmıştır ve iş yerine acele enerji sağlanması gerekmektedir.

Bu bağlantı şekil 14-14 de görülmektedir. Üç numaralı transformatör arızalıdır. Bu transfor-

matörün uçlarının açılması ile açık üçgen bağlantı elde edilir.

İlk bakışta iki transformatörün üçgen bağlantıdaki toplam görünen gücün 2/3 ünü sağlayabileceği sanılabilir. Halbuki açık üçgen bağlantının görünen gücü üçgen bağlantının görünen gücünün % 58 ine eşittir. Bu bağlantıda 50 kva. lık tek fazlı üç transformatör üçgen-üçgen bağlanmıştır. Üçgen bağlantının toplam görünen gücü $50 + 50 + 50 = 150$ kva. dir. Transformatörün biri devreden çıkarılınca açık üçgen bağlantı elde edilir ve toplam görünen güç $150 \times 0,58$ kva. dir.

Açık üçgen bağlı iki transformatörün gücünün neden üçgen bağlı üç transformatörün gücünün % 58 yerine % 66,7 olmadığı sorulabilir. Bu sorunun cevabı aşağıda verilecektir.

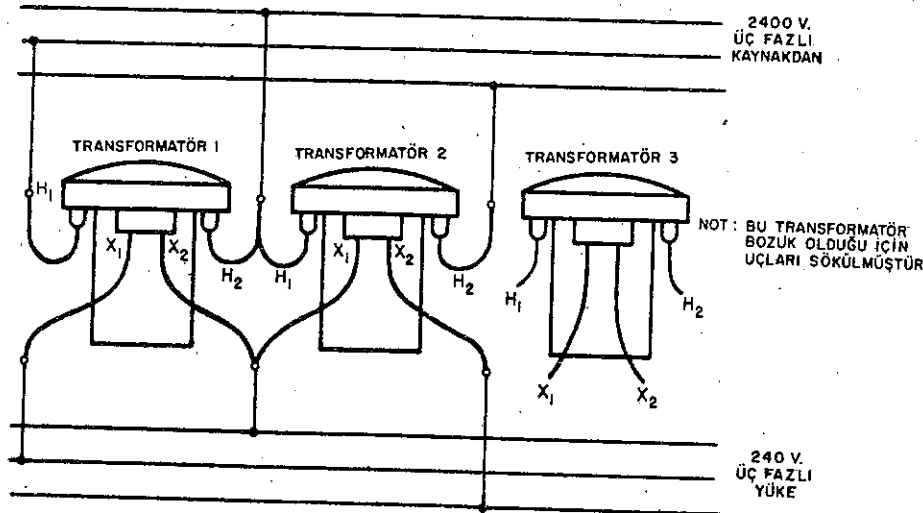
Tek fazlı üç transformatörün sekonder sargılarının akımlarının 10 amp gerilimlerinin 100 volt ve görünen güçlerinin 1 kva olduğunu kabul edelim. Bu üç transformatör üçgen-üçgen bağlanırsa toplam görünen güç 3 kva olur.

Her transformatör etiketi üzerinde yazılı gücü verdiğinde sekonder sargıdan geçen akımlarla iletkenlerden geçen akımların değerleri şekil 14-15 de verilmiştir. Güç katsayısı 1 iken üç transformatörün toplam gücü sargı akımları ile sargı gerilimleri cinsinden aşağıdaki formül ile verilir : $Vat = 3 \times E$ sargı gerilimi $\times I$ sargı akımı $\times \cos \theta = 3 \times 100 \times 10 \times 1,0 = 3000$ vat.

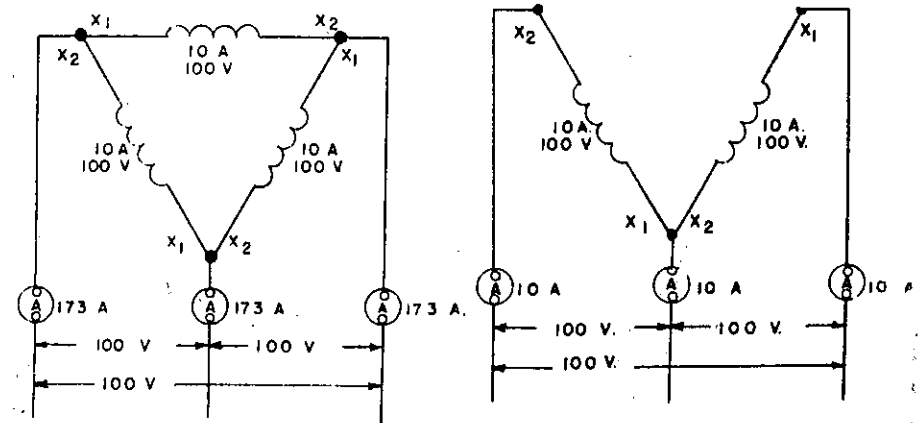
Şekil 14-16 da görüldüğü üzere transformatörlerden biri devreden çıkarılırsa açık üçgen bağlantı elde edilir. Sargı ve iletken akımları aynıdır. Güç katsayısı 1 ve her transformatör etiketi üzerinde yazılı gücü verirken toplam güç:

$$Wat = \sqrt{3} E_{nat} \times I_{nat} \times \cos \theta = 1,73 \times 100 \times 10 \times 1,0 = 1730 \text{ vat.}$$

Açık üçgen bağlantıda sargı akımları iletken akımlarına ve sargı gerilimleri iletken gerilimlerine eşittir. Bunun için, açık üçgen bağlantıdaki akım ve gerilim çarpımının üçgen bağlantıdaki akım ve gerilim çarpımına oranı :



Şekil 14-14. Açık Üçgen Bağlantı.



Şekil 14-15. Üç Sekonder Sargı Üçgen Bağlantısı.

Şekil 14-16. İki Sekonder Sargı Açık Üçgen Bağlantısı. Bu diagram, iki transformatörün sekonder sargılarının bir açık üçgen bağlantıya bağlanmasını göstermektedir. Her sargının 10 A akım ve 100 V gerilim olduğu belirtilmiştir. Üçgenin köşelerinde 10 A akım ve 100 V gerilim ölçülmüştür.

$$= \frac{\sqrt{3} \times E \times I}{3 \times E \times I} = \frac{\sqrt{3}}{3}$$

$$= \frac{1,73}{3} = 0,58 \text{ yahut } \% 58$$

Bu misaldeki üçgen bağlantının gücü 3000 vat ve açık üçgen bağlantının gücü 1730 wattır. Açık üçgen bağlantıdaki gücün üçgen bağlantıdaki güce oranı: $1730/3000 = 0,58$ yahut $\% 58$ dir.

Bazı tesislerde başlangıçta açık üçgen bağlı transformator bataryası kullanılır. Ancak istenen güç arttığı zaman transformator bataryasına üçüncü transformator ilâve edilir. Üçüncü transformatorün bağlanması ile transformator bataryası üçgen bağlanmış olur.

ÜÇ FAZLI TRANSFORMATÖRLER

Bir üç fazlı sistemin değişik gerilimli diğer bir üç fazlı sisteme değişimi üç fazlı bir transformatorle elde edilebilir. Bu transformator göbeğinin üç bacağı vardır. Her faza ait alçak ve yüksek gerilim sargıları aynı bacak üzerinde bulunur.

Üç fazlı bir transformatorün alçak ve yüksek gerilim sargıları ile birlikte komple bir resmi şekil 14-17 de görülmektedir. Sargı bacaklarından geçen akılar arasındaki açı farkı 120° dir. Bu akılar de-

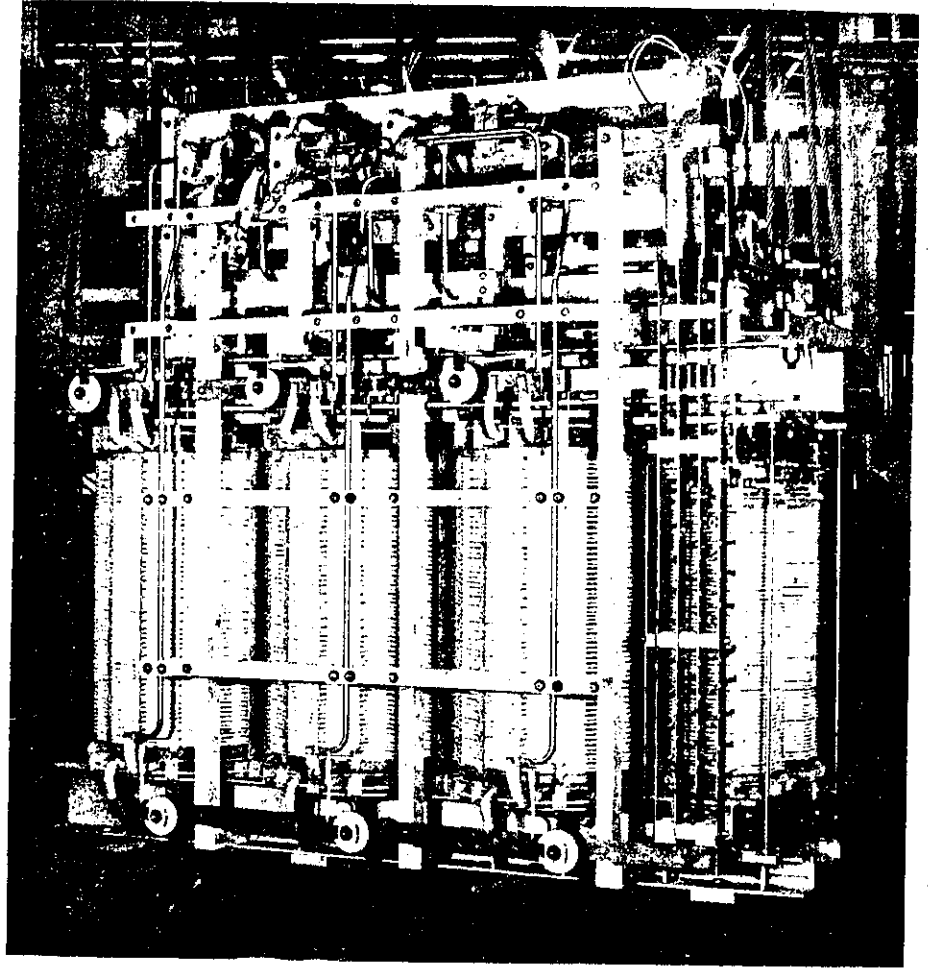
Açık üçgen bağlı transformator bataryasının gücü aşağıdaki gibi bulunur:

1. İki transformatorün kva güçleri toplanır. (Tek fazlı transformatorün gücünü 50 kva olarak kabul edelim.) İki transformatorün güçlerinin toplamı: $50 + 50 = 100$ kva.
2. İki transformatorün güçlerinin toplamı $\% 86,5$ ile çarpılır. Bu çarpım açık üçgen bağlantının toplam gücünü verir.

$$100 \times 86,5 = 87 \text{ kva.}$$

Açık üçgen bağlı bir transformator bataryasının toplam gücü iki tek fazlı transformatorün güçlerinin toplamının $\% 86,5$ ine eşittir.

ğişik anlarda maksimum değerlerini alırlar. Herhangi bir anda bacaklardan birisi diğer bacaklardan geçen akılara dönüş yolu sağlar. Transformator göbeği ve sargılar madeni bir muhafaza içindeki transformator yağı veya piranol adlı alev almıyan bir yağ içine daldırılır. Sargılar arasındaki ara bağlantılar transformator muhafazası içinde yapılır. Transformatorler üçgen-üçgen yıldız-yıldız, üçgen-yıldız veya yıldız üçgen bağlanır. Üçgen-üçgen bağlı transfor-

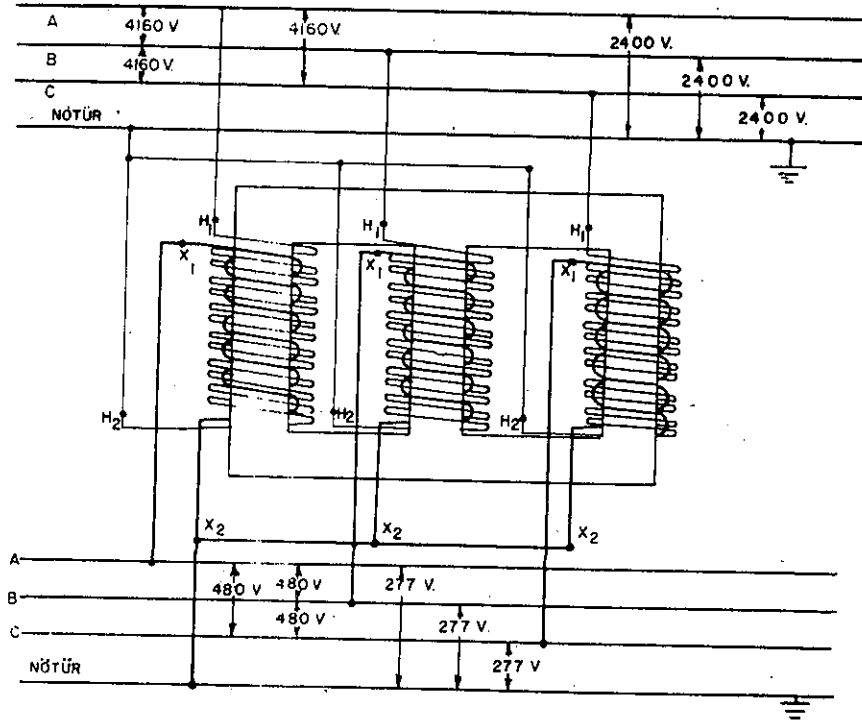


Şekil 14-17. Üç Fazlı Bir Transformator.

matörlerin üç tane gerilim ve üç tane alçak gerilim uçları vardır. Transformator uçları izalâtörlerle transformator tankı üzerine çıkarılır. Eğer sargılar yıldız bağlanırsa tank üzerine dört uç çıkarılır, dördüncü uca nötr iletkeni bağlanır.

Yıldız-yıldız bağlı üç fazlı bir transformatorün bağlantı şeması şekil 14-18 de görülmektedir. Giriş iletkenler arası gerilimi 4160 volt ve sargı uçlarındaki gerilim $4160/\sqrt{3} = 2400$ voltur.

Sekonder sargılarının herbirinde endüklenen gerilim 277 voltur.



Şekil 14-18. Y-Y Bağlı, Primeri 2400/4152 V., Sekonderi 277/480 Volt Olan Üç Fazlı Bir Transformatörün Çekirdek ve Sargıları.

Sekonder sargılar yıldız bağlıdır, iletkenler arasındaki çıkış gerilimi $\sqrt{3} \times 277 = 480$ voltur. Bu üç fazlı transformatörün gerilimleri 2400/4160 veya 277/480 voltur.

Son yıllarda gerilimin yükseltilmesinde ve düşürülmesinde daha çok üç fazlı transformatörler kullanılmaktadır. Bunun sebepleri şunlardır:

1. Üç fazlı bir transformatörün verimi bir transformatör bataryasının veriminden yüksektir.

2. Üç fazlı bir transformatör bir transformatör bataryasından daha hafiftir ve az yer kaplar.
3. Üç fazlı bir transformatörün fiyatı aynı güçteki bir transformatör bataryasının fiyatından azdır.
4. Üç fazlı bir transformatörün bara, şalter ve bağlantı tesisi bir transformatör bataryasının donatımından daha kolay ve sadedir.

Üç fazlı transformatör kullanımının tek sakıncası vardır. Eğer sargılardan biri arıza yaparsa üç fazlı transformatörü devreden çıkarmak gerekir. Halbuki bir transformatör bataryasının bir sargısı arıza yaparsa o transformatör devreden çıkarılır ve geri kalan iki transformatör açık üçgen olarak çalışır ve yedek transformatör gelinceye kadar devreyi düşük güçle besler. Fakat modern transformatörler çok sağlamdır ve hemen bütün büyük transformatörler üç fazlı olarak yapılır.

Örnek Problem 1

2400 voltluk üç fazlı, üç iletkenli bir sistemi 240 voltluk üç fazlı, üç iletkenli bir sisteme çevirmek için bir transformatör bataryası kullanılmıştır. Transformatör bataryasının her transformatörünün gücü 20 kva'dır. Her transformatörün polaritesi eklemelidir. Her transformatörün yüksek gerilim sargısının gerilimi 2400 voltur. Alçak gerilim sargısı iki kısımdır ve her kısmın gerilimi 120 voltur.

1. Bu devrenin şematik bağlantı diyagramını çizin. Transformatör polaritelerinin eklemeli olması için uç işaretlerinin uygun olarak işaretlenmesine dikkat ediniz.
2. Normal güç ile 0,8 endüktif güç katsayısında şunları hesaplayınız:

- a. Transformatör bataryasının kva gücü
- b. 0,8 endüktif güç katsayısında çıkış gücü (Kw)
- c. Sekonder iletken akımı
- d. Sekonder sargı akımı ile gerilimi
- e. Primer sargı akımı
- f. Primer hat akımı

Çözüm :

1. Üçgen bağlantıda sargı ve iletken gerilimleri eşittir. Primer iletkenler arası gerilimi ve primer sargı gerilimleri aynı, yani 2400 voltur. Sekonder iletkenler arası gerilimi 240 voltur. 240 volt elde etmek için sekonder sargısı seri bağlanır. Bunun için transformatör bataryası üçgen-üçgen bağlanır.
2. a. Transformatör bataryasının toplam kapasitesi:
 $20 + 20 + 20 = 60$ kva
 b. Transformatör bataryasının normal yük ve 0,8 endüktif güç katsayısındaki çıkış gücü = kva. \times Cos θ
 $= 60 \times 0,8 = 48$ kw.
 c. Normal yükteki sekonder iletken akımı:

$$kva = \frac{\sqrt{3} \times E_{\text{hat}} \times I_{\text{hat}}}{1000}$$

$$60 = \frac{1,73 \times 240 \times I \text{ hat}}{1000}$$

$$415,2 \times I \text{ hat} = 60000$$

$$\text{akımı } I = 144,5 \text{ amper}$$

- d. Üçgen bağlantıda sargı gerilimleri iletkenlerarası gerilimlerine eşittir. Sekonder fazlar arası gerilimi 240 volt ise sekonder sargı gerilimleri de 240 voltur. Hat akımı sargı akımının $\sqrt{3}$ katına eşittir. Hat akımı 144,5 amper olduğuna göre sargı akımı :
- $$= 83,5 \text{ amper.}$$

$$\text{sargı akımı} = \frac{144,5}{\sqrt{3}}$$

- e. Primer ve sekonder sargı gerilimlerinin oranı: $2400/240 = 10/1$ Bu oran aynı zamanda yüksek gerilim sargısının spir sayısının alçak gerilim sayısının spir sayısına oranına eşittir. 13. bölümden hatırlanacağı üzere spir sayılarının oranı akımlar oranının tersine eşittir.

$$\frac{I_p}{I_s} = \frac{N_s}{N_p} = \text{yahut} \frac{I_p}{83,5}$$

kva. cinsinden yük :

$$= \frac{1}{10} \text{ buradan } I_p = 8,35 \text{ amper.}$$

f. Primer taraftaki akımı :

$$I = \sqrt{3} \times 8,35 = 14,45 \text{ amper}$$

Örnek Problem 2

Birinci problemdeki üçgen-üçgen bağlı transformatör bataryasının bir transformatörü arızalanmış ve geri kalan iki transformatör açık üçgen bağlanmıştır.

1. Açık üçgen bağlantının kva. kapasitesi nekadardır ?
2. Açık üçgen bağlı transformatör bataryası normal kva kapasitesine kadar yüklense, endüktif 0,8 güç katsayısındaki :

- a. Çıkış gücü kw. hesaplayınız.
- b. Sekonder akımını hesaplayınız.

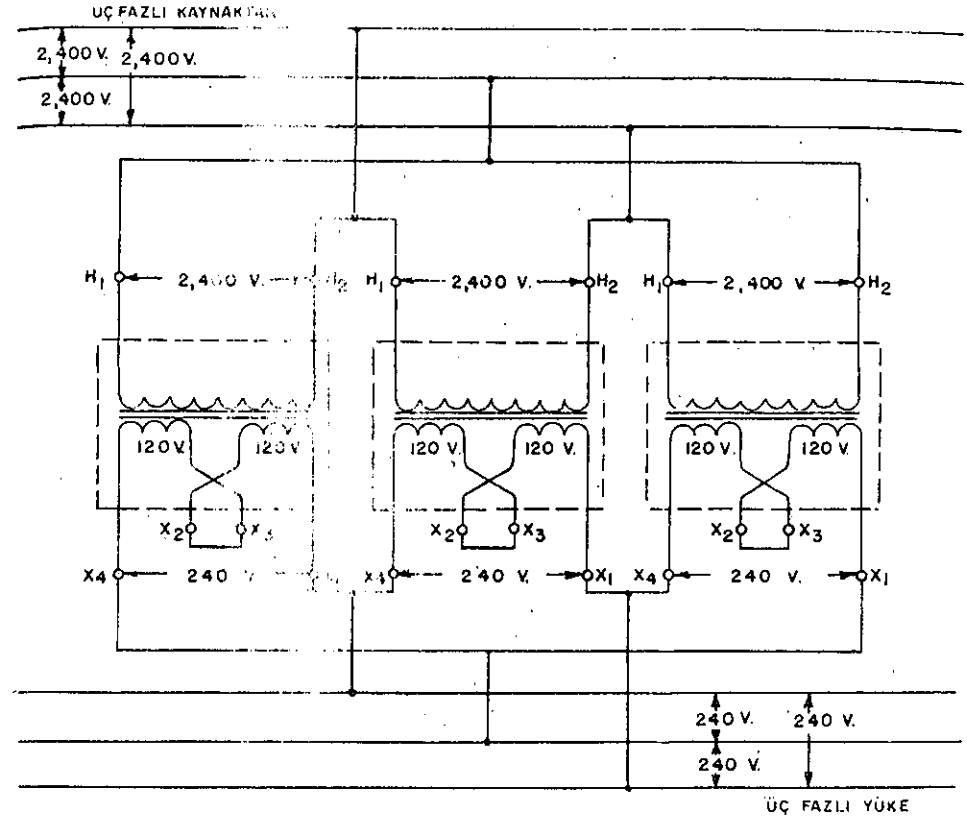
1. Açık üçgen bağlantının kva kapasitesi üçgen bağlı ikenki kapasitenin % 58 ine eşittir. Açık üçgen bağlantıda kva = $60 \times 0,58 = 34,8$ kva
2. a. $Kw = \text{kva.} \times \text{Cos. } \Theta = 34,8 \times 0,8 = 27,8$ kilovat

$$\sqrt{3} \times E \text{ hat.} \times I \text{ hat.}$$

$$\text{b. kva.} = \frac{1000}{1000}$$

$$34,8 = \frac{1,73 \times 240 \times I \text{ hat.}}{1000}$$

hat akımı $I = 83,8$ amper, tam yük sekonder akımı.



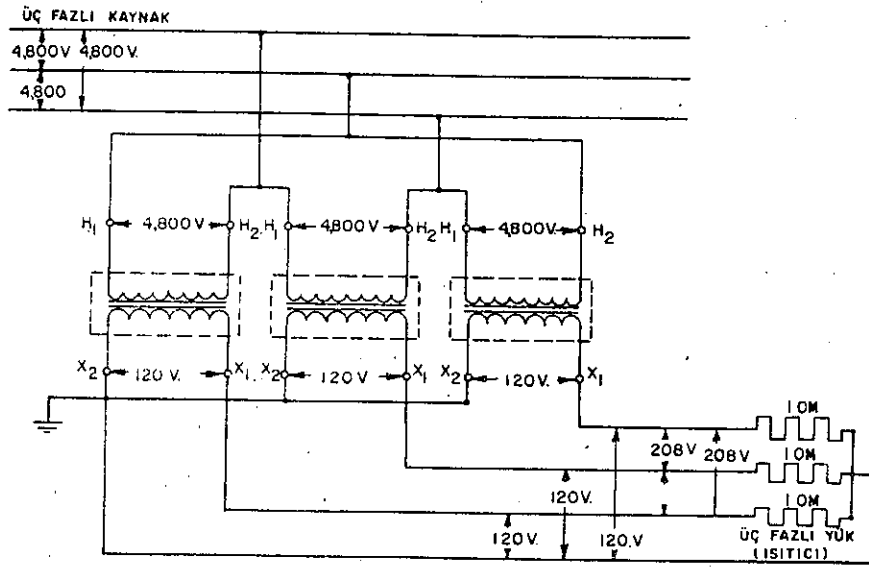
Şekil 14-19.

Örnek Problem 3

4800 voltluk üç fazlı, üç bir sistem bir transformatör bataryası ile 120/208 voltluk üç fazlı dört bir sistem ile çevrilmiştir. Transformatör bataryasını meydana getiren üç adet tek fazlı transformatörün herbirinin gücü 15 kva. ve gerilimleri 4800/120 voltur. Yük yıldız bağlı endüktif olmayan bir ısıtıcıdır. Yükün faz başına direnci 1 omdur ve üç fazlı dört devreye bağlanmıştır.

1. Transformatör bataryasının şematik bağlantısı diyagramını çiziniz. Her transformatörün polaritelerinin toplayıcı olduğunu kabul ediniz.

- a. Transformatör bataryasının kva. kapasitesini.
- b. Transformatör bataryasının kva. yükünü.
- c. Sekonder iletken akımını.
- d. Primer iletken akımını.



Şekil 14-20.

Çözüm

1. Primer hat gerilimi 4800 volt ve yüksek gerilim sargısının gerilimi 4800 voltur. O halde yüksek gerilim sargılarının üçgen bağlanması gerekir. Alçak gerilim sargılarının gerilimi 120 voltur. 120/208 voltluk gerilim elde etmek için alçak gerilim sargılarının yıldız bağlanması gerekir. Yıldız bağlantıda fazlar arası gerilim sargı geriliminin $\sqrt{3}$ katına eşittir. Bu bağlantıda iletkenler arası gerilim $\sqrt{3} \times 120 = 208$ voltur.

2. a. Transformatör bataryasının kapasitesi $15 + 15 + 15 = 45$ kva. dir.
b. Isıtıcı elemanından geçen akım $E/R = 120/1 = 120$ amperdir.

İletken akımları ısıtıcı eleman akımının aynı yani 120 amperdir.
Kva. cinsinden yük :

$$\text{kva.} = \frac{\sqrt{3} \times E \text{ hat} \times I \text{ hat}}{1000}$$

$$= \frac{1,73 \times 208 \times 120}{1000} = 43,2 \text{ kva.}$$

Bu toplam gücü elde etmek için ısıtıcı faz gücü hesaplanarak 3 ile çarpılır. Her iki halde sonuç aynıdır. Isıtıcının tek fazının gücü :

$$\frac{E \times I}{1000} = \frac{120 \times 120}{1000} = 14,4 \text{ kva.}$$

HATIRDA TUTULMASI GEREKEN NOKTALAR

- Üçgen bağlı bir sistemde :
 - a. Sargı ve hat gerilimleri aynıdır.
 - b. Hat akımı sargı akımının, $\sqrt{3}$ katıdır.
- Yıldız bağlı bir sistemde :
 - a. Hat gerilimi sargı geriliminin $\sqrt{3}$ katıdır.
 - b. Sargı ve hat akımları aynıdır.
- Üçgen ve yıldız bağlama için standart bağlantı usulünü öğreniniz.
- Açık üçgen bağlı transformatör bataryasında iki tane tek fazlı transformatör vardır. Bir açık üçgen bağlı transformatör bataryasının kva. gücü kapalı üçgen bağlı transformatör bataryasının gücünün % 58 i kadardır.
- Üçgen-yıldız bağlı transformatör bataryasının kullanıldığı yerler :
 - a. Nisbeten büyük yükseltme gerilim oranı istenen iletim hatlarında.
 - b. Değişik yükleri beslemek için iki farklı gerilim istenen alçak gerilim devrelerinde. Mesela motor ve aydınlatma devrelerini beslemek için 120/208 ve 277/480 voltluk üç fazlı sistemlerin elde edilmesinde kullanılır.
- Yıldız-üçgen bağlı transformatör bataryalarının kullanıldığı yerler :
 - a. İletim hatlarının gerilimlerinin büyük bir oranla düşürülerek yük devrelerinin beslenmesinde kullanılır.
 - b. Üç fazlı dört hatlı sistem gerilimlerini 240 veya 480 voltluk üç fazlı üç hatlı sistemlere çevirmede kullanılır.
- Üç fazlı dört hatlı 277/480 voltluk sistemlerin faydalarını öğreniniz.

Toplam kva. = $3 \times 14,4 = 43,2$ kva Transformatör bataryasının toplam gücüdür.

Isıtıcının güç I olduğu için bu değer aynı zamanda transformatör bataryasının kw. gücüdür.

- a. İletkenlerdeki gerilim düşmesi küçük ve sonuç olarak toplam verim yüksektir.
- b. Küçük kesitli iletken ve aygıt kullanılarak tesis masraflarından % 25 tasarruf yapılır.
- c. 277/480 voltluk bir sistemde minimum değişiklik ve masraf ile yük artışı karşılanabilir.
- d. Bir üç fazlı transformatörün bara, şalter ve bağlantı tesisatı bir transformatör bataryasının bara, şalter ve bağlantı tesisatından daha basittir.
- e. Sekonder hat akımı $I = E/R = 120/1 = 120$ amper.
- f. Sekonder sargı üçgen bağlı olduğu için hat akımları sargı akımlarının aynıdır. Her transformatörün gerilim ve spir oranı :

$$\frac{I_p}{I_s} = \frac{N_s}{N_p} \text{ buradan } \frac{I_p}{120} = \frac{1}{40}$$

$$I_p = \frac{120}{40} = 3 \text{ amper,}$$

Primer sargılar üçgen bağlıdır. Hat akımı :

$$I = \sqrt{3} \times 3 = 5,2 \text{ amper.}$$

TEKRARLAMA SORULARI

1. Bir fabrikanın 2400 voltluk üç fazlı, üç iletkenli sisteminde kullanılan transformatör bataryasının her transformatörünün gücü 100 kva. ve gerilim oranı 2400/240 voltuttur. Transformatör bataryası 240 voltluk üç fazlı, üç iletkenli bir sistemi beslemektedir. Her transformatörün polariteleri toplayıcıdır.
- a. Transformatör bataryasının bağlantı diyagramını çiziniz. Her transformatörün polaritesini işaretleiniz.
- b. 0,7 endüktif güç katsayısı olan 200 kilovatluk dengeli bir yük bu transformatör bataryası ile beslenmektedir. Şunları hesaplayınız :
1. Sekonder hat akımını.
 2. Sekonder sargı gerilimini
 3. Primer sargı akımını,
 4. Primer hat akımını.

2. Soru 1 deki transformatör bataryasının gücünü % kva. cinsinden hesaplayınız.
3. Tek fazlı üç transformatörün sekonder sargılarını üçgen bağlamada takip edilecek yolu anlatınız.
4. a. Soru 1 deki transformatör bataryası üçgen-üçgen bağlıdır, transformatörlerden birisinin yıldırım düşmesi ile arızalandığını ve devre dışı edildiğini kabul ediniz. İş yeri gücünün iki transformatörün kapasitesinden fazla olmayacağını düşünerek bu arıza anında devreyi beslemek için iki transformatörün nasıl bağlanacağını anlatınız.
- b. Güç katsayısı endüktif ve 0,7 olduğuna göre iki transformatöre bağlanabilecek maksimum dengeli gücün değerini kilovat cinsinden hesaplayınız.
5. Tek fazlı üç transformatörün sekonder sargılarını yıldız bağlamak için takip edilecek yolu anlatınız.
6. 2400/4160 voltluk üç fazlı, dört hatlı bir sistem ile 120 voltluk aydınlatma devrelerini ve 208 voltluk üç fazlı motorları beslemek için alçaltıcı bir transformatör bataryası kullanılmıştır. Kullanılan tek fazlı üç transformatörün herbirinin gücü 20 kva. ve gerilim oranı 2400/120 voltuttur. Transformatör polariteleri toplayıcıdır. Transformatör bataryasının bağlantı şemasını çiziniz.
7. a. Soru 6 daki transformatör bataryasına bağlanabilecek maksimum kva. gücünü hesaplayınız.
- b. Güç katsayısı endüktif ve 0,7 olduğuna göre soru 6 daki transformatör bataryasının maksimum kw. gücünü hesaplayınız.
8. Üçgen-yıldız bağlı transformatörlerin kullanıldığı yerlere ait iki ve yıldız üçgen bağlı transformatörlerin kullanıldığı yerlere ait bir misal veriniz.
9. Üç fazlı, dört hatlı, yıldız bağlı bir iletim sisteminin fazlar arası gerilimi 60550 volt ve faz nötr arası gerilimi 35000 voltuttur. Transformatör merkezinde bu sistem 5000 voltluk üç fazlı üç iletkenli bir sisteme çevrilecektir. Her transformatörün gücü 2000 kva. ve gerilim oranı 35000/5000 voltuttur. Transformatör polariteleri çıkarıcıdır. Bu devrenin şematik diyagramını çiziniz ve aşağıdaki soruları cevaplandırınız.
- a. Transformatör bataryasının kva cinsinden tam yükteki kapasitesini hesaplayınız.
- b. Transformatör bataryası tam yükü ile yüklü iken sekonder hat akımını hesaplayınız.
- c. Transformatör bataryası tam yükü ile yüklü iken primer hat akımını hesaplayınız. Kayıpları ikmâl ediniz.
10. 277/480 voltluk üç fazlı, dört hatlı yıldız bağlı sistem nerede kullanılır ve faydaları nelerdir ?
11. a. Bir üç fazlı transformatörü bir üç fazlı transformatör bataryası ile mukayese ederek üstünlüklerini anlatınız.
- b. Üç fazlı transformatör kullanımının bir mahzurunun söyleyiniz.
12. Bir üç fazlı transformatörün yüksek gerilim sargıları yıldız ve alçak gerilim sargıları üçgen bağlıdır. Yüksek gerilim sargısı ile alçak gerilim sargısı arasındaki oran 10/1 dir. Transformatörün primer sargısı 2400/4160 voltluk üç fazlı, dört

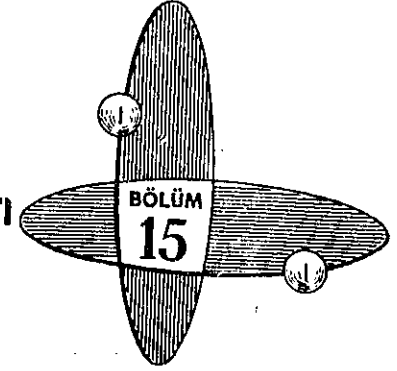
hatlı bir sistem ile beslenmektedir. Sekonder sargı üç fazlı ve üç hatlıdır. Sekonder sargı üç fazlı elektrik motorlarını beslemektedir.

a. Sekonder gerilimi hesaplayınız.

b. Sekonder iletken akımı 60 amper ise transformatörün çıkış gücü kaç kva'dır.

c. Primer hat akımını hesaplayınız. Kayıpları ikmâl ediniz.

Özel Transformatör Uygulamaları



ÖLÇÜ TRANSFORMATÖRLERİ

Bu cins transformatörler, ölçü ve kontrol devrelerindeki ölçü aletleri ve rölelerle beraber kullanılır. Yüksek gerilim ya da büyük akımların doğrudan doğruya ölçülmesi, çeşitli şekilde düzenlenmiş büyük ve pahalı ölçü aletleri ile röleler kullanmayı gerektirir. Ölçü aletleri transformatörleri, standart olarak düzenlenmiş, nisbeten küçük ve ucuz ölçü aletleri ile kontrol cihazları kullanmayı mümkün kılar. Böyle transformatörler orada çalışanlar ile ölçü ve kontrol aletlerini yüksek gerilimin tehlikelerinden korur. Bunların kullanılması sonucu olarak daha fazla emniyet, doğruluk ve kolaylık sağlanır.

Birbirinden farklı iki cins ölçü transformatörleri vardır. Birisi gerilim transformatörleri, diğeri de akım transformatörleridir.

Gerilim transformatörünün çalışması, bir güç ya da dağıtım

transformatöründeki prensibe dayanır.

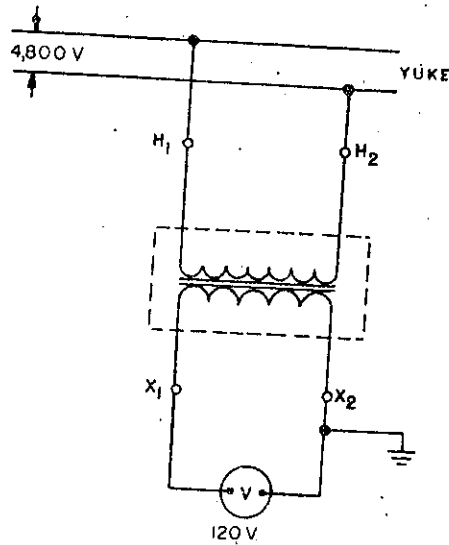
Güç transformatörleri ile karşılaştırıldığında esaslı fark olarak gerilim transformatörlerinin kapasiteleri oldukça küçüktür. Gerilim transformatörlerinin gücü 100-500 VA arasında ve alçak gerilim tarafı ise genel olarak 120 volt için sarılır. Çeşitli ölçü aletleri için alçak gerilim tarafında değişik gerilim sargıları bulunur. Bu sebepten, rölelerin gerilim bobinleri ve başka kontrol aletleri, gerilim transformatörünün sekonderine bağlanabilir. Çok zaman, yük oldukça küçük olduğundan gerilim transformatörlerinde 100 ile 500 volt-amperden daha büyük bir güce ihtiyaç yoktur.

Bir gerilim transformatörünün primer yüksek gerilim sargısının gerilimi ile primer devresi gerilimi aynı değerdedir. Farzedelim ki tek fazlı bir devrede 4800 volt-

luk bir gerilimi ölçmek gerekmektedir. Gerilim transformatorünün primer gerilimi 4800 volt, sekonderdeki alçak gerilim ise 120 volt olmalıdır. Primer ile sekonder arasındaki gerilim oranı,

$$\frac{4800}{120} = \frac{40}{1} \text{ dir.}$$

Gerilim transformatorünün sekonder uçları arasına bağlanan bir voltmetre 120 volt değer gösterir. Bu durumda yüksek gerilim devresindeki hakiki gerilim değerini tayin etmek için aletin gösterdiği 120 voltu 40 ile çarpmalıdır: $120 \times 40 = 4800 \text{ volt.}$



Şekil 15-1. Bir Gerilim Transformatorünün Bağlanması.

Bazı durumlarda voltmetre, primer tarafındaki hakiki gerilimi gösterecek şekilde işaretlenir (kalibre edilir). Bu suretle ölçü aletinin gösterdiği değeri bir sayı ile çarpmak gerekmediği gibi bu işlem dolayısıyla olabilecek hatalar da azaltılmış olur.

Şekil 15-1 de bir gerilim transformatorü için 4800 voltun primer girişine ve 120 voltluk sekonder çıkışına da voltmetreye bağlantısı gösterilmektedir. Sekonder uçlarından birisi, yüksek gerilim tehlikelerini azaltmak için emniyet tedbiri olarak topraklanmıştır.

Gerilim transformatorlerinde primer ve sekonder gerilim değerleri arasında çok hassas bir oran vardır. Çok zaman hata yüzdesi % 0,5 den azdır.

İkinci tip ölçü transformatorü akım transformatorü kullanılmakla ampermetre ve başka aletlerin akım bobinleri ile rölelerin doğrudan doğruya yüksek gerilim hattına bağlanması önlenmiş olur. Akım transformatorleri de belli oran içinde akım değerini düşürür. Bu sebeple yüksek gerilim hattından yalıtılmış, oldukça küçük ve hassas alet ve cihazların kullanılmasını temin eder.

Akım transformatorünün ayrı primer ve sekonder sargıları vardır ve primer sargısı yüksek gerilim hattının birisine seri olarak bağlanır. Primer sargısı demir saç

çekirdek üzerine sarılmış kalın telli ve yalnız bir kaç sarımdan ibarettir. Sekonder sargısı ise aynı çekirdek üzerine primerdeki gibi sarılmış çok sarım ve ince tellidir. Primer sargısının akım değeri buradan geçmesi gerekli en büyük akım değeridir. Sekonder sargısı akım değeri, Primer sargısının akımına bağlı olmaksızın daima 5 amperdir.

Farzedelim ki akım transformatorü primerindeki akım 100 amperdir. Bu akım transformatorü primerinde 3 sarım sekonderinde ise 60 sarım bulunur.

Sekonder sargısı standart akım değeri 5 amper olduğundan primer ve sekonder arasındaki akım-

ların oranı $\frac{100}{5}$ ya da 20 ye 1

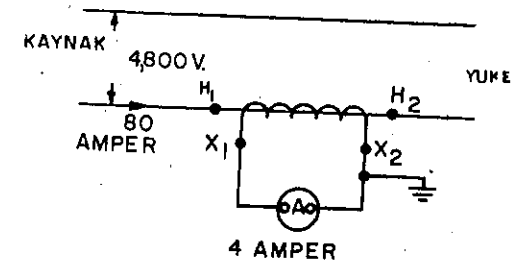
dir. Bu sebeple primer akımı sekonder akımından 20 kere büyüktür. Dikkat edilirse primer ve sekonder sargıları arasındaki sarım sayıları ve akım değerleri birbiri ile ters orantılıdır.

Şekil 15-2, 4800 voltluk tek fazlı devre düşürücü bir akım transformatorünün kullanımını göstermektedir. Bu transformator akım değeri 100/5 amper olduğundan akım düşürme oranı 20 ye 1 dir. Başka bir deyim ile sekonder sargısındaki her bir amper için primer sargısında 20 amper bulunur. Eğer ampermetre 4 amper gösteriyorsa, primerdeki hakiki akım,

sekonderdeki bu akımdan 20 kere fazla değerde ya da 80 amper olacaktır.

Şekil 15-2 de akım transformatorü üzerindeki kutup işaretleri gösterilmektedir. Yüksek gerilim primer bağlantı uçları H₁ ve H₂, sekonder bağlantı uçları ise X₁ ve X₂ olarak işaretlenmiştir. Aynı anda elektronlar H₁ den içeri girerken X₁ den dışarı doğru çıkarlar. Bazı imalatçı ya da fabrikalar bu uçları yalnız H₁ ve X₁ olarak işaretlerler. H₁ ucu akım kaynağından gelen hatta ve H₂ de alıcı ya da yükü besleyen hatta bağlanır. Sekonder uçları doğrudan doğruya ampermetreye bağlanır ve bu uçlardan birisi yüksek gerilim tehlikesini azaltmak için topraklanmıştır.

Akım transformatorü sekonder devresi, primer sargısında akım varken hiç bir zaman açılmamalıdır. Sekonder sargısında akım olmadığı zaman primer M.M.K. ine karşıt, sekonder M.M.K. de yoktur. Bu durum altında sekonderin herhangi karşıt ve engelleyici et-



Şekil 15-2. Akım Transformatorünün Bir Ampermetre ile Kullanılışı.

kisinden yoksun bir manyetik alan sebebi ile primer akımının yarattığı akı, sekonder sargılarında yüksek bir gerilimin indüklenmesine sebep olur. Bu gerilim, ciddi bir tehlike yaratacak kadar yüksek olabilir. Bazan primer sargısında akım varken ölçü aleti devresini açmak gerekir. Meselâ ölçü aleti devresindeki bağlantıları değiştirmek ya da başka onarımlar yapmak gerekebilir. İşçileri korumak için bazan, akım transformatörü sekonder uçlarını doğrudan doğruya kısa devre eden küçük bir anahtar konmuştur. Ölçü aleti devresi, onarım ya da bağlantı değiştirmek için açılması gerektiğinde bu anahtar kapatılır.

Akım transformatörleri, primer ve sekonder akım değerleri arasında çok hassas bir oran vardır. Modern akım transformatörlerinin çoğunda hata yüzdesi % 0,5 den daha azdır.

Primer akım değeri büyük olduğu zaman bunun sargısı, transformatörün çekirdek boşluğu ortasından geçen düz bir iletkenin ibarettir. Sekonder sargısı çekirdek üzerine sarılmıştır. Primer sargısı bakır bar'dan ibaret olacak şekilde yapıldığından bunlara bar tipi akım transformatörü denir. 1000 amper ve daha yukarı değerdeki bütün standard akım transformatörleri bu tiptir. Bazı durumlarda düşük değerli akım transformatörleride bar tipidir.

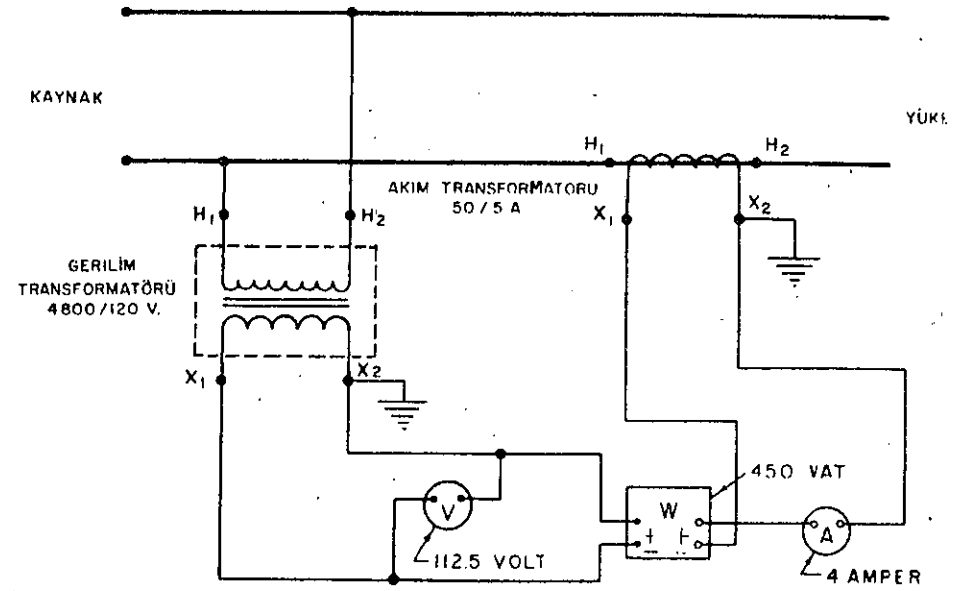
Şekil 15-3, 4800 Voltluk tek fazlı devrede standart ölçü aleti ile gerilim, akım ve güç ölçmek için kullanılan bir gerilim ve akım transformatörünü göstermektedir.

Akım transformatörü değeri $\frac{50}{5}$
amper iken gerilim transformatörü değeri de $\frac{4800}{120}$ voltur.

Voltmetre ve Vatmetrenin gerilim bobini, gerilim transformatörünün alçak gerilim çıkış uçları arasında paralel bağlanmışlardır. Bu sebepten her bir gerilim bobinin uçları arasındaki gerilim aynıdır.

Ampermetre ve Vatmetrenin akım bobini, akım transformatörünün sekonder çıkış uçları arasında seri bağlanmışlardır. Bunun sonucu olarak ampermetre ile vatmetrenin akım bobininden geçen akımlar aynı olur.

Gerilim transformatörü üzerindeki H_1 ucu ile akım transformatöründeki H_1 ucu bir an pozitif olduğu zaman her iki transformatörün sekonderindeki X_1 uçları da aynı anda pozitifler. Bu sebeple vatmetrelerin akım ve gerilim bağlantı uçları, aynı andaki kutup işaretleri daima benzer olduğundan (\pm) şeklinde işaretlenmiştir. Böylece vatmetredeki dön-



Şekil 15-3. Bir Fazlı Sistemde Akım ve Gerilim Transformatörleri ile Ölçü Aletlerinin Bağlanması.

dürme momenti ibreyi zıt yöne değil uygun yöne hareket ettirir. Her ölçü transformatörünün sekonder tarafı yüksek gerilim tebliğelerine karşı emniyet için topraklanmıştı.

Şekil 15-3 deki voltmetre 112,5 volt göstermekte ve ampermetrede 4 amper, vatmetrede ise 450 vat okunmaktadır. Primer gerilimini bulmak için,

$$\text{Voltmetre için gerilim transformatörünün} = \frac{4800}{120} = 40$$

dönüştürme oranı

$$\begin{aligned} \text{Primer gerilimi} \\ = 112,5 \times 40 = 4500 \text{ Volt} \end{aligned}$$

Primer akımını bulmak için,

Ampermetre için akım transfor-

$$\text{matörünün} = \frac{50}{5} = 10$$

dönüştürme oranı

$$\begin{aligned} \text{Primer akımı} \\ = 4 \times 10 = 40 \text{ Amper} \end{aligned}$$

Primer gücünü elde etmek için güç çarpımını bilmek gerekir. Güç; volt-amper ve güç faktöründen meydana geldiğinden güç çarpınları da akım ve gerilim transformatörlerinin dönüştürme oranlarının bilinmesi ile elde edilir.

$$\text{Vatmetre çarpanı} = \text{Gerilim transformatörü dönüştürme oranı} \times \text{Akım transformatörü dönüştürme oranı.}$$

$$= 40 \times 10 = 400$$

Primer gücü :

$$= 450 \times 400 = 180000 \text{ vat veya } 180 \text{ kilovat}$$

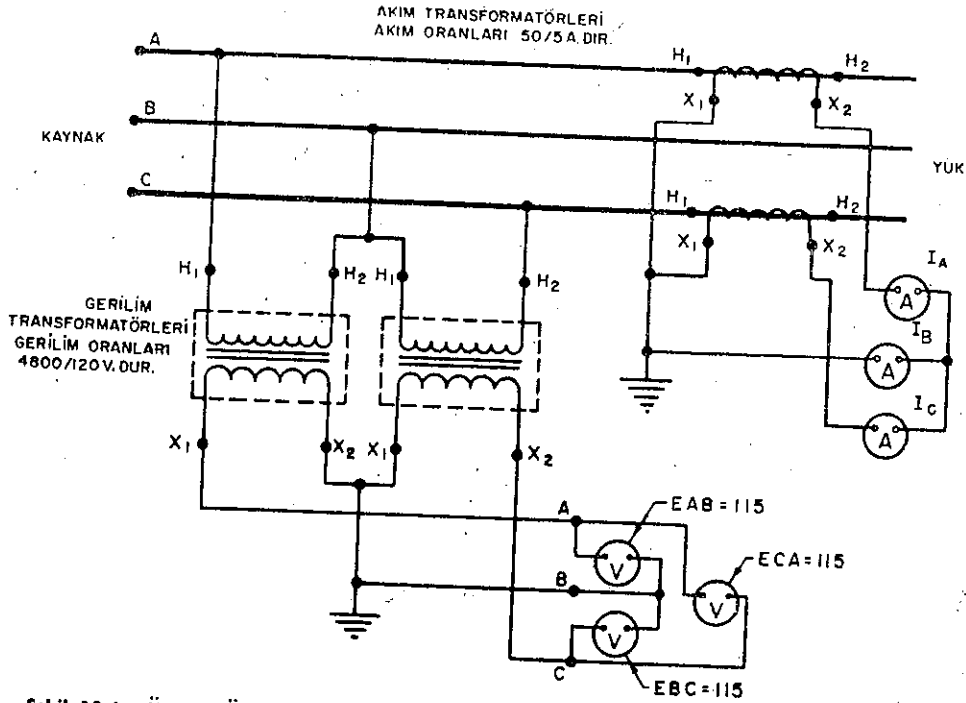
Primer devresinin volt - amper olarak görünür gücünü bulmak için bunun gerilim (volt) ile akımını (amper) çarpmak gerekir.

$$\text{Volt-amper} = E \times I = 4500 \times 40 = 180000 \text{ Volt-amper veya } 180 \text{ kva}$$

$$\text{Güç katsayısı} = \frac{\text{KW}}{\text{Kva}} = \frac{180}{180} = 1 \text{ dir. (birim güç faktörü)}$$

Yüksek gerilim ve büyük akım iletim ve dağıtım hatlarının hemen hepsi üç fazlıdır. Bir üç fazlı-üç hatlı sistem üzerinde aynı karakterde iki gerilim transformatörü ile iki akım transformatörü gereklidir.

Şekil 15-4 de üç faz-üç hat sistemi için ölçü transformatörleri ve ölçü aletlerinin bağlantıları görülmektedir. İki gerilim transformatörü 4800 voltluk üç fazlı hatta açık üçgen ya da (V) şeklinde bağlanmıştır. Sonuç olarak sekonderdeki üç gerilim değerinden her biri 120 voltur. İki akım transforma-



Şekil 15-4. Üç Faz, Üç Hatlı Sistemde Ölçü Aletlerinin Akım ve Gerilim Transformatörleri ile Bağlantıları.

törü kullanılmıştır. Akım transformatörlerinden birinin primer sargısı A hattı ile, ikincisinin primer sargısı da C hattı ile seri bağlanmıştır.

Dikkatle kontrol edilirse primer ve sekondere ait devreler arasında üç ampermetreden her birinde doğru bağlandığı görülür. Üç fazlı vatmetre, üç fazlı vat - saatmetre ya da bir üç fazlı fazmetre gibi diğer ölçü aletleri de kullanılabilir. Sekonder devrelerinde üç fazlı ölçü aletleri kullanıldığında, bunlar arasında uygun faz ilişkileri gerektiğinden doğru bağlanmaları çok önemlidir, aksi takdirde aletlerin gösterdiği değerler yanlış olabilir. Üç faz-üç hatlı ölçü sisteminde sekonder devresi gerilimlerinin bir birine bağlanan uçları, sekonder akım devresindeki birbirine bağlanan uçlar gibi topraklanmıştır. Şüphesiz bu topraklama, yüksek gerilim tehlikelerine karşı korunmak içindir.

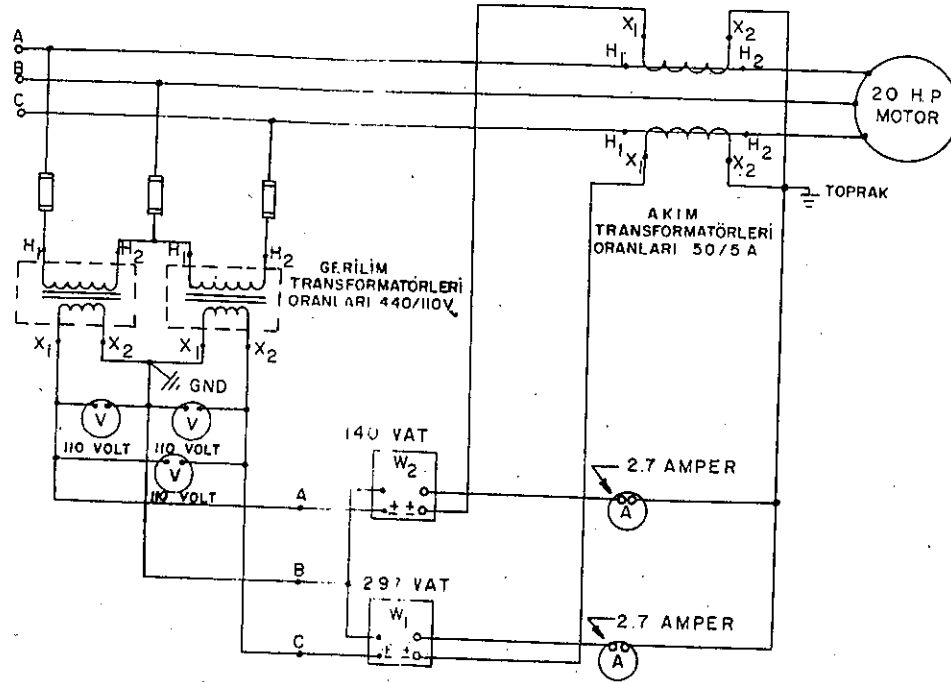
Çok zaman endüstri merkezlerinde üç fazlı motorlar ya da başka cihazların kontrolünde, geçici ölçü aleti bağlantıları yapmak ve bunlar içinde taşınabilir ölçü aletleri ve ölçü transformatörleri kullanmak gerekir. 20 beygirlik ve 440 voltluk üç fazlı bir motorun akım, gerilim ve vat olarak gücünü ölçmek için yapılan geçici ölçü bağlantıları şekil 15-5 de gösterilmektedir. Değerleri 440/110 voltluk iki gerilim transformatö-

rü açık üçgen ya da (V) şeklinde bağlanmışlardır. Değerleri 50/5 amperlik iki akım transformatörü A ve C hatlarına bağlı bulunmaktadırlar.

Şekil 15-5 de üç fazlı devrenin gücünü ölçmek için iki vatmetre metodu kullanılmıştır.

Akım transformatörünün sekonderi 2 numaralı vatmetrenin kendi akım bobinine ve primer ise A hattı ile seri bağlanır. Aynı vatmetrenin kendi gerilim bobini de, primer sargısı A ve B hatları arasında bağlı bulunan gerilim transformatörünün sekonderine bağlanmıştır. Öteki akım transformatörünün sekonderi 1 numaralı vatmetrenin kendi akım bobinine ve primer ise C hattı ile seri bağlıdır. Aynı vatmetrenin kendi gerilim bobini de, primer sargısı B ve C hatları arasında bağlı bulunan gerilim transformatörünün sekonderine bağlıdır. İki vatmetrenin de önceden işaretlenmiş kutup uçları doğru bağlanmıştır.

Mesela şebeke hatları A ve C bir an pozitif iseler aynı anda B hattı negatif olacaktır. Her iki akım transformatöründeki H₁ bağlantı uçları pozitif olacak ve bu sebepten gene aynı transformatörlerdeki X₁ uçları da aynı anda pozitif olacaklardır. Bunun sonucu olarak her iki vatmetredeki kutup işaretli bağlantı uçları aynı anda pozitifler. Gerilim transformatörü bağlantıları incelendiğinde,



Şekil 15-5. Üç Faz, Üç Hatlı Sistemde Ölçü Aletlerinin Akım ve Gerilim Transformatörleri ile Bağlanması.

iki vatmetrenin de kutup işaretli gerilim bağlantı uçlarına giden alçak gerilim tarafındaki A ve C uçlarının dahi bu aynı anda pozitif olduğu görülecektir. Bu sebepten iki vatmetrenin de yük güç katsayısı % 50 (geri) nin üstündedir ve iskala doğru değer gösterir.

Şekil 15-5 de sekonderdeki üç gerilimden her biri 110 volt, ampermetrelerin ikisi de 2,7 amper göstermekte, 1 numaralı vatmetre de 297 vat ve 2 numaralı vatmetrede ise 140 vat okunduğu görülmektedir. Motor gücü 20 HP verildiğine göre aşağıdaki istenenleri bulunuz :

1 — Vat olarak giriş gücü (Verilen güç) 2 — Güç katsayısı 3 — Motorun verimi

Çözüm :

1. Gerilim transformatörü dönüş-

$$\text{türme oranı} = \frac{440}{110} = 4$$

Akım transformatörü dönüş-

$$\text{türme oranı} = \frac{50}{5} = 10$$

Vatmetre çarpanı

$$= 4 \times 10 = 40$$

1 numaralı vatmetreye ait primer gücü

$$= 297 \times 40 = 11800 \text{ vat}$$

2 numaralı vatmetreye ait primer gücü

$$= 140 \times 40 = 5600 \text{ vat}$$

Toplam primer gücü = $W_1 +$

$$W_2 = 11800 + 5600 = 17480 \text{ vat.}$$

2. Primer gerilimi $E = 110 \times$

$$4 = 440 \text{ volt}$$

Primer akımı $I = 2,7 \times 10$

$$= 27 \text{ amper}$$

Volt - amper

$$= \sqrt{3} \times E_{\text{HAT}} \times I_{\text{HAT}}$$

$$= 1,73 \times 440 \times 27 = 20552$$

volt-amper

$$\text{Güç katsayısı } \cos \theta = \frac{W_1 + W_2}{\sqrt{3} \times E_{\text{HAT}} \times I_{\text{HAT}}} = \frac{17480}{20550} =$$

0,85 (Geri)

bulunan güç katsayısı 0,85 (geri) ile kontrol edilebilir.

Eğer iki güç değerlerinin oranı istenirse, iki vatmetre metodu için 10. bölümde verilen güç katsayısı eğrisine baş vurmak gerekir. Başkaca, bu oran doğrudan doğruya iki vatmetrenin gösterdiği değerlerden ya da primer gücü değerlerinden şöyle bulunabilir :

Sekonder değerleri kullanıldığında oran

$$= \frac{W_2}{W_1} = \frac{140}{297} = 0,47$$

Primer değerleri kullanıldığında oran

$$= \frac{W_2}{W_1} = \frac{5600}{11880} = 0,47$$

Bu 0,47 oranı güç katsayısı ($\cos \theta$) eğrisine uygulandığında 0,85 bulunabilir ve hesaplanarak

3. Alınan beygir gücüne göre motorun verimi :

Alınan güç (vat olarak)

$$\eta = \frac{\text{Alınan güç (vat olarak)}}{\text{Verilen güç (vat olarak)}}$$

Alınan HP $\times 736$

$$\times 100 = \frac{\text{Alınan HP} \times 736}{\text{Verilen güç}} \times 100$$

20×736

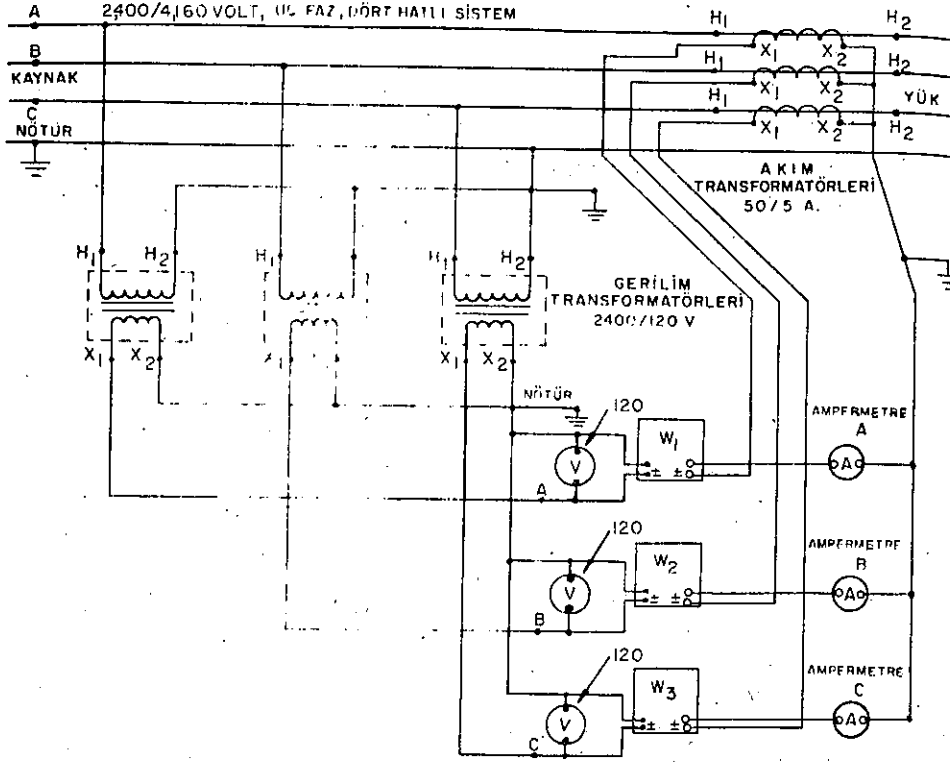
$$= \frac{14720}{17480} \times 100$$

14920

$$= \frac{14920}{17480} \times 100$$

$$= 0,853 \text{ veya } \% 85,3$$

2400/4160 voltluk üç faz-dört hatlı bir sistem için sekonder devresindeki ölçü aletlerinin bağlantıları şekil 15-6 da gösterilmiştir. Yıldız bağlanmış üç gerilim trans-



Şekil 15-6. Üç Faz, Üç Hatlı Sistemde Ölçü Aletlerinin Akım ve Gerilim Transformatörleri ile Bağlanması

formatörü üç fazlı bir çıkış verir ve sekonderdeki üç gerilimin de nötr hattına göre değerleri 120 voltur. 50 ye 5 amperlik bir akım transformatörü üç hattın, her birine seri bağlanmıştır.

Vatmetre ve vat-saatmetre elektrik sayacı) gibi üç fazlı ölçü aletleri kullanıldığı zaman uygun faz durumlarına göre bunların doğru bağlanmaları zorunludur. Aksi halde yanlış değer gösterirler. Akım ve gerilimin ani yönlerinin kontrolünü kolayca yapmak için şekil 15-6 da üç tane tek fazlı vat-

metre kullanılmıştır. Pratikte üç fazın çektiği toplam gücü bir ıskalada gösteren vat-metre ile gene üç fazın sarfiyatını bir ibrede okumayı temin eden elektrik sayaçları gibi kombine aletler kullanmak mümkündür. Her iki örnekte de bağlantılar aynı olabilir. Burada, tekrar gerilim transformatörü ile akım transformatörü sekonder devreleri yüksek gerilim tehlikelerini azaltmak için topraklanmışlardır.

Ototransformatörlerde, bilinen transformatörlerde yapıldığı gibi

OTOTRANSFORMATÖRLER

birbirinden yalıtılmış ayrı ayrı primer ve sekonder sargıları yoktur. Daha doğrusu, ototransformatörlerin primer ve sekonder sargıları bütün ve devamlı tek bir sargı şeklindedir. Genel olarak bu tek sargıdan, arzu edilen her gerilimi alabilecek şekilde, dışarıya çeşitli bağlantı uçları çıkarılmıştır. Tek sargı silisli saç çekirdek üzerine sarıldığından bu sargının primer ve sekonder bölümlerinin her ikisi de aynı manyetik devre üzerindedir.

Bir ototransformatörün şematik bağlantı diyagramı şekil 15-7 de görülmektedir. 240 voltluk giriş gerilimi, 1 ve 3 numaralı terminallerdeki tüm sargı uçları arasına bağlanmıştır. 2 ve 3 numaralı bağlantı uçları arasından alınan 180 voltluk çıkış gerilimi, endüktif etkisi olmayan 7,5 omluk ısıtıcı

cı yük direncine uygulanmıştır. Endüktif etkisi olmayan ısıtıcı yük direncinin çektiği akım kolayca bulunabilir.

$$I = E/R = 180/7,5 = 24 \text{ Amper.}$$

Ototransformatörden vat olarak alınan güç,

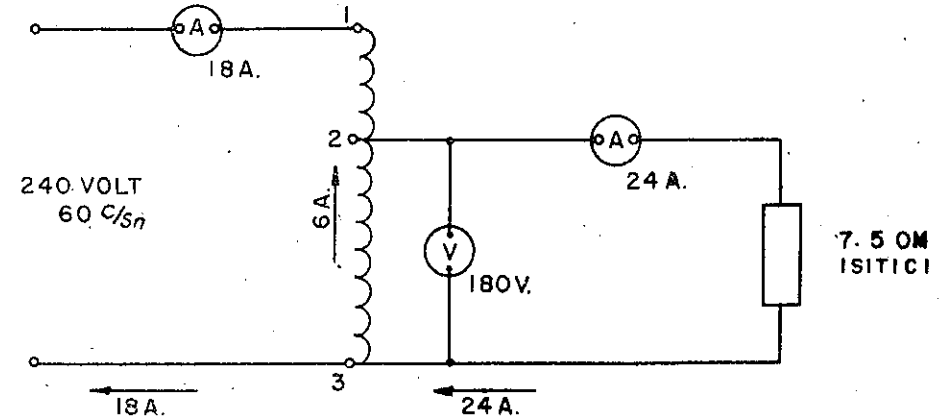
$$W = E \times I \times \cos \theta \\ = 180 \times 24 \times 1 = 4320$$

vat olacaktır.

Kayıpları yok farzederseniz verilen güç alınan güce eşit olur ve bu sebepten verilen güç de 4320 wattır. Bütün sargının şebekeden çektiği akım :

$$I = \frac{W \text{ verilen}}{E \text{ şebeke}} = \frac{4320}{240} \\ = 18 \text{ amperdir.}$$

Şekil 15-7 deki duruma göre şebekeden 1 numaralı bağlantı ucu-



Şekil 15-7. 4/3 Dönüştürme Oranlı Ototransformatör.

na 18 amper verildiği farzedilebilir. Sonra, bu 18 amperlik akım 1 numaralı bağlantı ucundan aşağı doğru ve sargıdan geçerek 2 numaralı bağlantı ucuna akacaktır. Biliyoruz ki yük için gerekli akım 24 amperdir. Bu demektir ki, bu aynı anda 3 numaralı bağlantı ucundan 2 numaralı bağlantı ucuna, yukarı doğru 6 amperlik bir akım geçecektir. 6 amperlik bu akım, sargının öteki kısmındaki 18 amperlik akım ile birleşerek yük için gerekli 24 amperi teşkil eder. 18 amperin girdiği 1 numaralı uçta 240 volt, fakat 2 numarada yalnız 180 voltluk gerilim vardır. 1 ve 2 numaralı uçlar arasında 60 voltluk gerilimi düşüyor demektir. Böylece buradaki güç değeri $60 \times 18 = 1080$ vattır.

Bu 1080 vatlık güç gerçekte sargının 1 ve 2 numaralı uçları arasından çekirdekteki mıknatıs akısına aktarılır. Transformator etkisi ile bu akı, 3 numaralı uçtan 2 numaraya doğru geçen 6 amperlik akımın gerilimini arttırarak değerinin 2 numaralı uçta 180 volt olmasını sağlar.

Dikkat edilirse 180 volt ve 6 amperin meydana getirdiği güç'de 1080 vata eşittir. Bu sebepten sargının 1 ve 2 numaralı uçları arasındaki kısım verilen 1080 vatlık bir güç ile birlikte primeri ve aynı sargının 3 ve 2 numaralar arasındaki kısım ise alınan 1080 vatlık güç ile sekonderi temsil eder. Bu

1080 vat, yük için gereken 4320 vattın sadece bir kısmıdır. 18 amperlik akım sargı içinde 1 numaradan aşağı doğru akar ve gerilimi 180 volt olan 2 numaralı uçtan sargıyı terkederek 180 volt ve 18 amperin meydana getirdiği vat olarak güç, doğrudan doğruya sargıların bir bölümünden iletilen güçtür ve yükü besleyen gücün bir kısmını temsil eder. Bu gücün değeri, $180 \times 18 = 3240$ vattır.

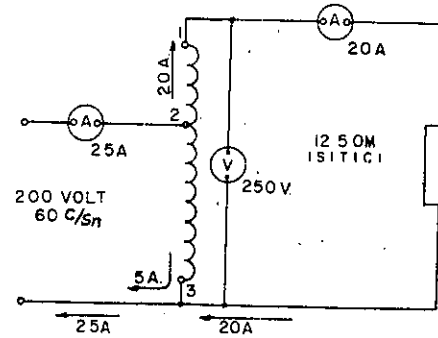
İletilen güç ve transformator prensibi ile aktarılan güç birbirine eklendiğinde, yükü besleyen 4320 vatlık toplam güce eşit olurlar.

Alınan güç = İletilen güç + transformator prensibi ile aktarılan güç

$$= 3240 + 1080 = 4320 \text{ Vat}$$

Ototransformatörler gerilim yükseltici transformator olarak da kullanılabilirler. Meselâ, Şekil 15-7 de sargının 2 ve 3 numaralar arasındaki kısmına 180 volt verip, sargının tümü olan 1 ve 3 numaralı uçlar arasından çıkış gerilimi olarak 240 volt almak mümkündür.

Şekil 15-8 yükseltici bir ototransformatörün uygulamasını göstermektedir. Bu durumda ısıtıcı yük direnci, gerilimi 250 volt olan tüm sargının uçları arasına bağlanmıştır. Yükü besleyen akım, $I = E : R = 250 : 12,5 = 20$ Amperdir.



Şekil 15-8. Oranlı Gerilim Yükseltici Bir Ototransformatör.

Eğer endüktif olmayan yük, 250 voltluk çıkış gerilimi altında 20 amper ile beslenirse bu durumda yükten alınan güç,

$$W = E \times I \times \cos \theta \\ = 250 \times 20 \times 1 = 5000 \text{ vattır.}$$

Kayıplar hesaba katılmazsa, verilen güç 5000 vat olacaktır. Ototransformatörün, verilen 200 voltluk gerilim altında şebekeden çektiği akım

$$I = W \div E = 5000 \div 200 = 25 \text{ Amper}$$

İşi kolaylaştırmak için 2 numaralı uca bağlanan şebeke hattının negatif olduğunu farzedelim. 25 amperlik akım 2 numaralı uçtan içeri doğru akacaktır. 1 ve 3 numaralı bağlantı uçları arasına bağlanan yük için gerekli akım sadece 20 amperdir. Bu sebepten 20 amper, sargının bu kısmında 2 numaradan 1 numaraya yukarı doğru akacaktır. 2 numaralı uçta arta kalan 5 amperlik akım sargı-

nın bu kısmında, 2 numaralı uçtan 3 numaralı uca aşağı doğru akacaktır. Bu gibi 5 amperlik akım 2 numaralı uçtan 1 numaraya aktığında 200 voltluk gerilim düşmesi olur, sargının 2 ve 1 numaralı uçlar arasındaki kısmından, buraya ait 1000 vatlık güç çekirdeğin manyetik akısına aktarılmış olur. O halde bobinin bu kısmı, 1000 vatlık güç verilen primerdir.

2 numaralı uçtan 1 numaraya yukarı doğru akan 20 amperlik akım sebebi ile 1 numaralı uç, 50 voltluk bir gerilim artışına sahip olur. 50 volt ve 20 amperin meydana getirdiği güç 1000 vattır. 1000 vatlık alınan güç ile beraber sargının 2 ve 3 numaralı uçlar arası, sekonderi teşkil eder. Bu 1000 vatlık güç; sargının bir kısmından 2 ci kısmına transformator etkisi ile aktarılan güçtür ve alınan toplam gücün bir parçasıdır. Gerçekte 2 numaralı uçtan, 1 numaraya, yukarı doğru akan 20 amperlik akımın meydana getirdiği güç, iletilen güç gibi düşünülebilir ve bunun değeri, $W = E \times I = 200 \times 20 = 4000$ vattır.

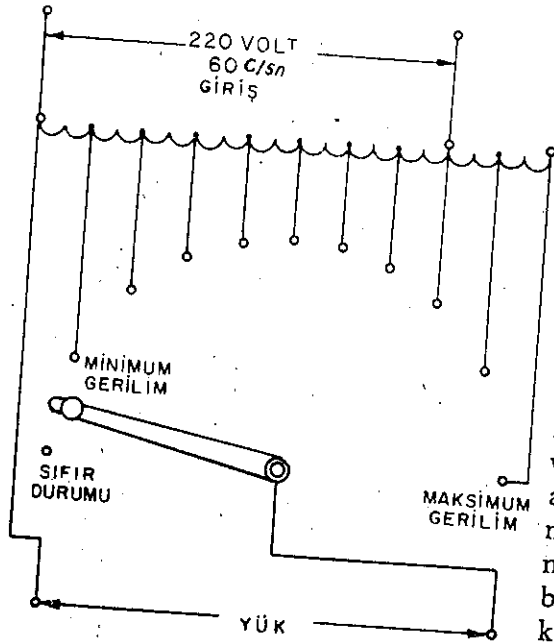
Eğer iki güç değeri birbirine eklenirse bunların toplamı, ototransformatörden alınan ve yükü besleyen toplam 5000 vatlık gücü verir.

Toplam güç = İletilen güç + transformator prensibi ile aktarılan güç

$$= 4000 + 1000 = 5000 \text{ vat}$$

Ototransformatördeki demir ve bakır kayıpları, primer ve sekonder sargıları ayrı ayrı sarılmış, bilinen sabit gerilimli transformatörlerden daha küçüktür. Bu tip transformatörlerin verimi bildiğimiz transformatörlere göre biraz yüksektir. Uyarma akımı ve kaçak reaktansının küçük olmasından dolayı pratikte her zaman verilen ve alınan güçlerin aynı olduğu kabul yada farzedilir.

Ototransformatörlerin, geriliminin az miktarda azaltılıp çoğaltılması ve aşağıda anlatılanlar gibi bir çok uygulama yerleri vardır

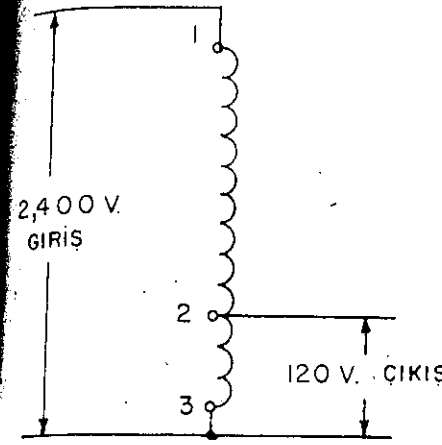


Şekil 15-9. Bir Ototransformatörden Elde Edilen Kademeli Gerilimler.

Meselâ tek ve üç fazlı uzun dağıtım hatlarındaki gerilim düşümlerini karşılayıp hattın gerilimini artırarak bir seviyede tutmak gerekir. Endüstriyel elektronik uygulamalarında, karışık devre sistemleri için çeşitli gerilimler istenir. Üç fazlı adi ve otomatik motor şalterlerinde, motorların yol almada çektikleri ani ve büyük akımı azaltmak için bunlara uygulanan gerilimin başlangıçta düşük olması gerekir. Elektronik laboratuvarlarında olduğu gibi, besleme devresinin çok kademeli gerilim kaynağı olması istenir.

Şekil 15-9 da çok kademeli bir gerilim düzeni görülmektedir. Giriş gerilimine göre çok küçük değerlerden ondan daha büyük değerlere kadar çeşitli gerilimler alınabilecek şekilde bir çok kontaklar tek sargının uygun yerlerine bağlanmışlardır. Meselâ 220 voltluk giriş geriliminden değerleri 15 volttan 250 volta kadar değişen gerilimler alınabilir. Ototransformatörler, repülsiyon motorları gibi tek fazlı ve değişken devirli tipteki motorları beslemek için, aynı şekilde çok kademeli gerilimler verebilirler. Kontak noktaları bir anahtar mekanizmasına bağlanması ile normal dönüş hızının geniş alanda aşağı ve yukarısında bir dönüş hızı elde etmek mümkündür.

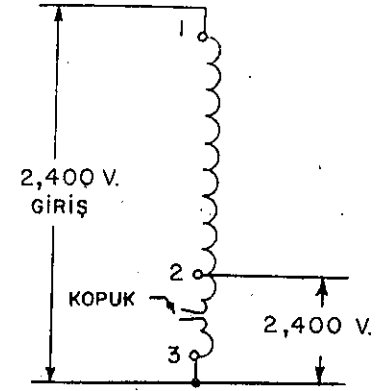
Ototransformatörlerin bir çok uygulama yerleri varsa da bunlar



Şekil 15-10 A. Normal Çalışma.

sınırlıdır. Meselâ, bir aydınlatma devresi için 2400 voltluk gerilim 120 volta düşürülecek ise ototransformatör kullanılmaz. Primer ve sekonder aynı sargı üzerine elektriksel olarak bağlı bulduklarından sargının alçak gerilim kısmında bir kopukluk olduğunda yüksek giriş gerilimi alçak gerilimin çıkış uçları arasına uygulanabilir.

Şekil 15-10 A da giriş gerilimi 2400 volt ve çıkışı 120 volt olan bir ototransformatörün normal çalışması gösterilmektedir. Şekil



Şekil 15-10 B. Sargının Düşük Gerilim Kısımındaki Kopukluk, Bu Kısımdaki Gerilimin Yükselmesina Sebep Olur. Bu da Alıcılar İçin Tehlikelidir.

15-10 B de sargının alçak gerilim kısmının arıza sebebi ile koparak açıldığı görülmektedir. Bunun sonucu olarak 2400 voltluk giriş gerilimi kopuk sargı ve aydınlatma devresi uçları arasına uygulanmıştır. Başka bir gerilim tehlikesi olarak, yüksek gerilim ucundan birisi topraklanmış olabilir, bunun sonucunda alçak gerilim hattının birisi ile toprak arasında yüksek gerilim bulunur. Bu tehlikelerden dolayı ototransformatörler, yüksek gerilimin, standart 110 veya 220 volta dönüştürülmesinde hiç bir zaman kullanılmamalıdır.

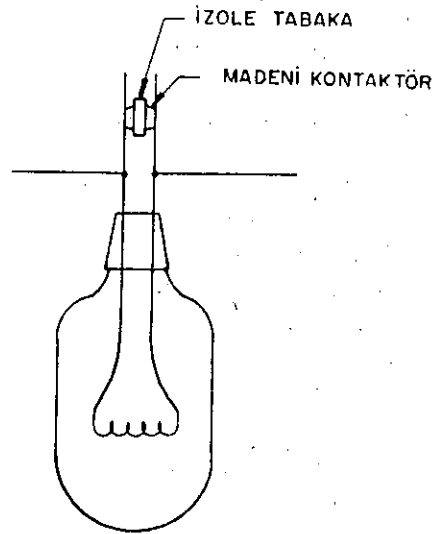
SABİT AKIM TRANSFORMATÖRLERİ

Elektrik işletme ve idarelerinin kendi işlerine geldiği şekilde, sokak lâmbaları, devreye iki şekilde biri olarak ya paralel ya da seri bağlanabilirler.

Seri devrede eğer herhangi bir durumda lâmbalardan birisi bozulursa bu bozuk lâmba devresini kısa devre yaparak devre dışı edecek bazı metodlar olmalıdır; yok-

sa devredeki bütün lâmbalar söner. Bu bozuk lâmba devresini kısa devre yaparak lâmbayı devre dışı bırakan küçük bir cihaz lâmba dipliği içine konmuştur. Bu kısa devre edici cihaz, araları ince yalıtkan bir tabaka ile birbirinden ayrılmış iki kontakten ibarettir. Eğer bir lâmbanın flâmanı koparsa seri devrenin bütün gerilimi bir anda bu ince yalıtkan yapıya delip iki kontağı birleştirilir ve bozuk lâmbayı kısa devre ederek, devredışı bırakır.

Şekil 15-11 de seri bağlı sokak lâmbaları devresinde kullanılan tipik bir lâmba duyu görülmektedir. Bu lâmbalar bozulduğunda seri devrenin toplam direnci dü-



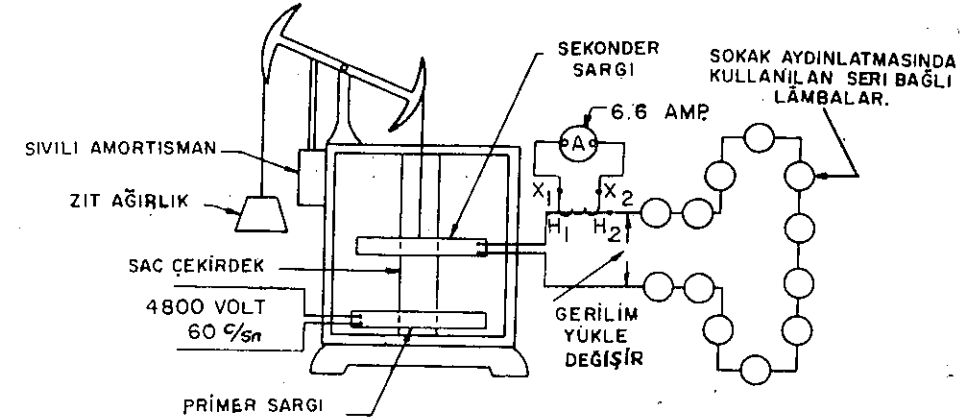
Şekil 15-11. Seri Sokak Aydınlatması İçin Lâmba Soketlerine Birer Lâmbayı Devreden Çıkaran Eleman İlâve Edilmiştir.

şer. Eğer devre sabit bir gerilim altında ise akım artacak ve öteki lambalarında flâmanlarını yakıp bozulmalarına sebep olacaktır.

Seri bağlı sokak lâmbaları devrelerinin çoğu 6,6 amperlik bir akım isterler. Seri bağlı devrenin gerilimi seri bağlı lâmba sayısına bağlı olacaktır. Bu devredeki sabit 6,6 amperlik akımı aynı değerinde tutmak için sabit akım transformatörü denen özel bir transformatör kullanılır. Bu transformatör kendi primer sargısına, sabit gerilim altında akımı değişken bir güç alır ve kendi gücünü sekonder sargısından sabit akım ve değişken gerilim altında verir.

Sabit akım transformatöründe primer sargısı sabittir ve kendi girişini sabit gerilim kaynağından alır. Sekonder sargısı hareket edebilir bir sargıdır, karşıt bir ağırlık ve frenleyici pompa düzeni ile dengelendirilmiştir. Sabit primer ve hareketli sekonder bobinleri silisli demir sac çekirdeğin orta göbeği üzerindedir. Sekonder sargısının çıkışı seri bağlı sokak aydınlatma devresine bağlanmıştır.

Şekil 15-2 de bir sabit akım transformatörü görülmektedir. Primer sargısı 4800 voltluk gibi sabit bir gerilim kaynağından enerji almaktadır. Hareketli sekonderin durumu, istenen sekonder akım değeri elde edilene kadar karşıt ağırlık yardımı ile ayarla-



Şekil 15-12. Bir Sabit Akım Transformatörü.

ır. Eğer bozuk lâmbalar yüzünden seri devredeki lâmba sayısı azalır, bu seri devrenin toplam empedansı da azalır. Seri devrenin akımının artması ile buna bağlı olarak hareketli sekonder bobini ve sabit primer bobininin akımları da artacaktır. Bobinler arasındaki itici kuvvet artacak (Lenz Kanununun bir uygulaması) ve hareketli sekonder bobini primer bobininden uzaklaşacaktır. Bunun sonucu olarak sekonder sargısını kesen primer mıknatıs akıları azalacağından sekonderde indüklenen gerilimin değeri de düşecektir. Sekonder akımı kendi 6,6 amperlik normal değerine geri gelinceye kadar sekonder bobini primerden uzaklaşmağa devam eder. Normal akım değerine geri gelmesi ile, bobinler arasındaki itme etkileri karşıt ağır-

lık sistemi ile dengeleştirilmiş olacaktır.

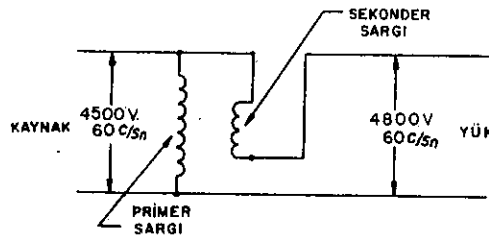
Bir çok uygulamalarda bu transformatörün primeri, bir fototüp ve amplifikatör devresi ile birleştirilmiş röle sistemiyle çalışan bir yağlı şalterden enerji alır. Normal ışık şiddeti önceden belirtilmiş seviyeden aşağı düştüğünde, fototüp yardımı ile amplifikatör devresi röle sistemini çalıştırarak primere ek enerji verir. Bundan sonra sekonder sargısı, devrede devamlı bulunması gereken 6,6 amperi elde edecek uygun bir duruma hareket eder. Işık şiddeti önceden belirtilmiş seviyeden yukarı çıktığı zaman fototüp ve onun röleye bağlı amplifikatör devresi yağlı şalteri açarak sabit akım transformatörü ve sokak aydınlatma devresi enerjisini azaltır.

ENDÜKSİYON GERİLİM REGÜLATÖRÜ

Uzun hatlı dağıtım devreleri üzerinde, yeter derecede sabit bir gerilim bulundurmak için, değişken yük durumları sebebiyle meydana gelen gerilim kayıplarının karşılanıp düzeltilmesi gerekir. Pratik olarak dağıtım devresinin yük merkezindeki sabit gerilimi aynı değerde tutabilmek, hatlarda olan omik ve reaktif gerilim düşümlerini karşılamak için bir endüksiyon gerilim regülâtörü kullanmak gerekir.

Tek fazlı endüksiyon gerilim regülâtörünün, demir saç çekirdekli rotor olukları içine sarılmış bir primer sargısı vardır. Rotor, bir küçük motor gibi 180 derece aç yapacak kadar dönebilir, kumanda veya hareketini sonsuz vidalı mekanizma düzeni içinden alır. Sabit duran sekonder sargısı demir saç çekirdekli stator olukları içine yerleştirilmiştir.

Şekil 15-13, tek fazlı bir endüksiyon regülâtörü için şematik bağ-



Şekil 15-13. Bir Enerji Dağıtım Devresinde Bir Fazlı Endüksiyon Gerilim Regülâtörü.

lantı diyagramıdır. Primer veya rotor sargısı doğrudan doğruya şebeke gerilimi arasına bağlı iken sekonder yada stator sargısı şebekenin bir hattı ile seri bağlıdır. Primer akısı bir durumda sekonder sargısını kesecek ve bu sargıda maksimum gerilim indükleyerek esas hattın gerilimine bunu ekleyip onda meydana gelen gerilim düşümünü karşılayacaktır. Eğer rotor veya primer sargısı yavaş döndürülürse, sekonder sargısını kesen primer akı azalacak ve sekonderde indüklenen gerilim değeri de düşecektir. Eğer rotor maksimum gerilimin indüklendiği noktadan 90° dönüş yaparsa bu durumda rotor sargısının akısı sekonder sargısını kesmeyecektir. Bu sebepten sekonder sargısında bir gerilim indüklenmeyecektir. Sekonder bobini bu 90° lik durumdaki şok bobini gibi bir etkiden korumak için üçüncü bobin diye adlandırılan bir bobin rotor olukları içine konmuştur. Bu üçüncü sargı etkisi, transformâtörün sekonderini kısa devre etmeğe benzer ve sekonder sargısının endüktansını ihmal edilebilir seviyeye indirir.

Eğer rotor, esas durumundan ileri 180° döndürülürse sekonder sargısında maksimum gerilim tekrar indüklenir. Böylece sekonder

veya statorda indüklenen gerilimin yönü şebeke geriliminin zıt yönünde olacaktır.

Dikkat edildiğinde sekonder sargılarının bir durumunda, bununla primerin en büyük akı bağlantısı olduğu zaman sekonderde en fazla gerilim indüklenir ve gerilim regülâtörü, gerilim değerini yükseltici bir etki yapar. Eğer primer veya rotor bu durumdan 180° hareket ederse sekonderde indüklenen gerilim tekrar maksimumdur; fakat bu sefer şebeke geriliminin zıt yönündedir. Rotorun değişik durumlara döndürülmesi ile gerilim bir miktar yükseltilecek ya da düşürülerek ayar edilebilir.

Sonsuz vida düzenini döndüren küçük motor, çeşitli kontaklar yardımı ile enerjilendirilen röleler ile kontrol edilir. Gerilim yükseldiğinde bir grup kontak kapanır ve motoru verilen belli yönde döndürerek gerilimi artırıp normal değerine erişmesine sebep olur. Eğer gerilim çok yükselmeğe başlarsa, başka bir kontak grubu etkisi ile regülâtör üzerindeki küçük motor ters yöne döndürülür, böylece primer yeni bir duruma hareket eder ve bunun sonucu olarak da gerilim kendi normal seviyesine indirilir.

Üç fazlı endüksiyon gerilim regülâtörü yapılış bakımından tek

fazlı regülâtörden farklıdır. Üç sabit primer sargısı demir saçlı stator çekirdeği olukları içerisine yerleştirilmiş ve üç hatlı dağıtım sisteminin yıldız veya üçgen devresinden birine bağlanmıştır. Sekonder sargılarının üçü de demir saçlı rotor olukları içine yerleştirilmiştir. Bu üç sekonder sargısı birbirinden yalıtılmıştır ve üç fazlı devrenin üç hattının birisi ile seri bağlanmışlardır.

Üç fazlı sabit primer sargısı enerjilendiğinde stator çekirdeği içinde düz bir manyetik alan meydana gelir. Böylece üç rotor ya da sekonder sargısında indüklenen gerilim, pratik olarak rotorun durumuna bağlı olmayacaktır. Bu sebepten statorla ilgili olarak rotorun hareketi ile indüklenen her emk. arasındaki faz ilişkileri ve onlara ait hat gerilimleri değişecektir. Bu suretle dağıtım devresinin üç fazlı geriliminde arzu edilen gerekli yükselme ve azalmayı temin edecektir.

Çok kullanılan başka bir tip üç fazlı endüksiyon gerilim regülâtörü, bir motor kumandası ile birlikte hareket eden ve bir araya getirilerek monte edilmiş üç standart tek fazlı endüksiyon gerilim regülâtöründen ibarettir.

HATIRDA TUTULMASI GEREKEN NOKTALAR

- İki tip ölçü transformatöründen birisi gerilim, öteki de akım ölçü transformatörüdür.
- Gerilim ölçü transformatörü, kapasitesi her yerde 100 ile 500 VA arasında olan bir sabit gerilim transformatörüdür. Sekonder gerilimi genellikle 110 120 voltur. Gördüğü başlıca iki iş :
 - a. Alçak gerilimli sekonderi yüksek gerilimli primerden yalıtılmak.
 - b. Değeri 150 voltluk bir gerilim bobini ile standart bir ölçü aletini kullanmayı mümkün kılmak.
- Akım ölçü transformatörü, primeri hattın birisi ile seri bağlanmış bir transformatördür. Onun sekonder akım değeri genellikle 5 amperdir. Gördüğü başlıca iki iş :
 - a. Alçak gerilim ve küçük akımlı sekonderi, yüksek gerilimli primerden yalıtılmak.
 - b. Değeri 5 amperlik bir akım bobini ile standart bir ölçü aletini kullanmayı mümkün kılmak.
- Sekonder uçları arasında yüksek bir gerilim meydana gelebileceğinden, primer sargısında akım varken akım transformatörünün sekonderini hiç bir zaman açmamalıdır.
- Primer gerilimini bulmak için sekonder uçlarına bağlı voltmetrenin gösterdiği değer ile çarpılması gereken sayı, gerilim ölçü transformatörü dönüştürme oranına eşittir.
- Primer akımını bulmak için sekonder uçlarına bağlı ampermetrenin gösterdiği değer ile çarpılması gereken sayı, gerilim ölçü transformatörü dönüştürme oranına eşittir.
- Güç çarpma sayısı, gerilim ve akım ölçü transformatörleri dönüştürme oranlarının çarpılması ile bulunur.
- Ototransformatör, aynı manyetik devre üzerine sarılmış tek ve devamlı bir sargıdan ibarettir ve primer ile sekonder uçları bu aynı sargı üzerinden alınmıştır.
- Ototransformatörler nisbeten küçük gerilim değişiklikleri ile düşürücü ya da yükseltici uygulamaların her ikisinde de kullanılabilir. Primer ve sekonder devreleri birbirine elektriksel olarak bağlı olduklarından giriş ve çıkış gerilimleri arasındaki farkın çok büyük olduğu yerlerde kullanılmamalıdır.

- a. Bir ototransformatörde, transformatör prensibi ile aktarılan güç, yükü besleyen toplam gücün bir kısmıdır ve primer bölümünden sekonder bölümüne çekirdekteki manyetik akı yolu ile yüke aktarılır.
 - b. Bir ototransformatörde iletilen güç, yükü besleyen toplam gücün bir kısmıdır, ve doğrudan doğruya transformatör sargı uçları arasından alınır.
- Sabit akım transformatöründe sabit primer ve hareketli bir sekonder sargısı vardır. Sekonder sargısı değişken bir gerilim ile sabit akım veririrken, primer sargısı sabit gerilim ister. Bu transformatörün maksadı seri bağlı sokak aydınlatma devrelerini sabit akım ile beslemektir.
 - Endüksiyon gerilim regülâtörü, gerilim oranı ayarlanabilen bir transformatördür. Bunun maksadı dağıtım devrelerinde omik ve reaktif direnç etkileri sebebi ile hatlarda meydana gelen gerilim kayıplarını karşılayarak düzeltmektir.
 - Tek fazlı endüksiyon gerilim regülâtörünün primer sargısı hatlar arasına paralel ve sekonder sargısı ise hattın birisi ile seri bağlıdır. Sekonder sargısı sabittir. Küçük bir motor, hareketli primer sargısını boydan boya 180° döndürür. Motorun hareketi röle kontakları yardımı ile kontrol edilir. Endüksiyon gerilim regülâtörü sayesinde primer gerilimi yükseltilir ya da düşürülebilir.
 - Üç fazlı endüksiyon gerilim regülâtörü dağıtım devresinin üç fazlı gerilimini kontrol eder; yıldız ya da üçgen bağlanmış üç primer sargısı vardır. Sekonder sargısının her biri şebeke hattının birisi ile seri bağlıdır. Sekonder sargıları hareketli iken primer sargıları sabittir. Motor kontrol sistemi tek fazlı gerilim regülâtörünün aynıdır.

TEKRARLAMA SORULARI

1. a. Bir gerilim ölçü transformatörünün yaptığı başlıca iki iş nelerdir ?
b. Bir akım ölçü transformatörünün yaptığı başlıca iki iş nelerdir ?
2. Bir akım transformatörünün sabit gerilim transformatöründen ayrıldığı farklı noktalar nelerdir ?
3. Bir akım ölçü transformatörünün primer devresinde akım varken sekonder devresinin niçin kapalı olması gerektiğini anlatınız.
4. Bir 2300/115 voltluk gerilim transformatörü ve 100/5 amperlik akım transformatörü tek fazlı bir hat üzerine bağlanmışlardır. Bir voltmetre, ampermetre ve vatmetre,

- ölçü transformatörlerinin sekonderine bağlı bulunuyorlar. Voltmetre 110 volt, ampermetre 4 amper ve vatmetre 352 vat göstermektedir. Bu devrenin şematik bağlantısını çiziniz. Ölçü transformatörlerinin bağlantı uçları ile vatmetrenin akım ve gerilim bağlantı uçlarının işaretlenmiş kutuplarını gösteriniz.
5. 4. sorudaki devreyi kullanarak aşağıda istenenleri bulunuz.
 - a. Primer gerilimi
 - b. Amper olarak primer akımı
 - c. Vat olarak primer gücü
 - d. Devrenin güç katsayısı
 6. 2400 voltluk, üç faz-üç hatlı dağıtım devresine, gerilim ve akım transformatörleri ile birlikte voltmetre, ampermetre ve vatmetrelerin bağlanması gerekmektedir. 2400/120 voltluk iki gerilim ölçü transformatörü ve 100/5 amperlik iki akım transformatörü kullanılmaktadır. Akım transformatörleri sekonderlerine bağlı iki ampermetrenin her biri 3,5 amper gösterirken, üç sekonder geriliminin her biri 116 voltur. İki adet tek fazlı vatmetre kullanılmıştır. 1 numaralı vatmetre 400 vat, 2 numaralı vatmetre ise 160 vat değer göstermektedir. Bu devrenin şematik bağlantı diyagramını çiziniz. Ölçü transformatörleri üzerindeki kutuplar ile her vatmetrenin akım ve gerilim bağlantı uçlarının işaretlenmiş kutuplarını gösteriniz.
 7. 6. sorudaki devreyi kullanarak aşağıda istenenleri bulunuz.
 - a. Primer gerilimi
 - b. Primer akımı
 - c. Üç fazlı primerin KW olarak toplam gücünü.
 - d. Primerin kva olarak zahiri gücünü
 - e. Devrenin güç katsayısını bulunuz.
 8. Bölüm 10 da iki vatmetre metodu için verilen güç katsayısı eğrisini kullanarak 6. sorudaki güç katsayısını bulunuz. Bulduğunuz bu değeri 7. sorudaki hesapla bulunan değer ile karşılaştırınız.
 9. a. Ototransformatör nedir?
b. Ototransformatör kullanmanın bir faydası nedir?
c. Bir ototransformatörün kullanılmasının sınırlıyan durum nedir?
 10. Ototransformatörlerde kullanılan aşağıdaki deyimlerin anlamı nedir, açıklayınız.
 - a. Transformator prensibi ile aktarılan güç
 - b. İletilen güç.
 11. Şekil 15-14 de kullanılan ototransformatör, 600 volttan 480 volta düşürücü bir transformatördür. 480 voltluk çıkış gerilimi 24 KW lık endüktif olmyan bir yükü beslemektedir. Transformator kayıpları hesaba katılmadığına göre aşağıda istenenleri bulunuz.
 - a. Yükün çektiği akımı
 - b. Şebekeden çekilen akımı
 - c. 3 ve 2 numaralı uçlar arasındaki akımı
 - d. Yüke beslenen vat olarak aşağıdaki güçler nedir?
(1) Transformator etkisi ile aktarılan güç
(2) İletilen güç.
 12. Şekil 15-15 deki ototransformatör, tek fazlı ve uzun bir hat üzerindeki gerilimi 2000 volttan, 2400 volta

Motorun manyetik şalterinin kontakları kapanınca bir gift kü-tak yol verme butonunun iki ucu- nu ve hız ayarlayıcının düz yüzeyi üzerindeki yol verme koruyucu düzeninin iki kontakğının uçlarını birleştirir. Bunun için röle bobini daima devrededir ve motor devamlı olarak dönmeye devam eder. Hız ayarlayıcının kontak ko- lu yavaş durumda değil ise moto- ra yol verilmez. Bu durumda yol verme koruma düzeninin kontak uçları açık olduğu için yol verme

Motorun manyetik şalterinin kontakları kapanınca bir gift kü-tak yol verme butonunun iki ucu- nu ve hız ayarlayıcının düz yüzeyi üzerindeki yol verme koruyucu düzeninin iki kontakğının uçlarını birleştirir. Bunun için röle bobini daima devrededir ve motor devamlı olarak dönmeye devam eder. Hız ayarlayıcının kontak ko- lu yavaş durumda değil ise moto- ra yol verilmez. Bu durumda yol verme koruma düzeninin kontak uçları açık olduğu için yol verme

Motorun manyetik şalterinin kontakları kapanınca bir gift kü-tak yol verme butonunun iki ucu- nu ve hız ayarlayıcının düz yüzeyi üzerindeki yol verme koruyucu düzeninin iki kontakğının uçlarını birleştirir. Bunun için röle bobini daima devrededir ve motor devamlı olarak dönmeye devam eder. Hız ayarlayıcının kontak ko- lu yavaş durumda değil ise moto- ra yol verilmez. Bu durumda yol verme koruma düzeninin kontak uçları açık olduğu için yol verme

SİNCAP KAFESLİ VE SARGILI ROTORLU MOTORLARIN MUKAYESESİ

Sargılı rotorlu motorun aşağı- rımında iken kontrol devresine ait iki küçük kontak kapalıdır. Bu kontaklar kontrol devresindeki normal olarak açık bulunan yol verme butonuna seridir. Motora doğru olarak yol verilirse, kontak kolu yavaş durumundadır ve bu iki kontak kapalıdır. O vaziyette yol verme butonuna bayılırsa, manyetik yol verme şalterinin röle bobini miknatıslanır. Manyetik motor şalterinin kontakları kapalıdır ve stator uçlarına normal se- beke gerilimi tatbik edilir. Moto- run devri hızlanır ve hız ayarlay- cı istenilen devri elde edinceye ka- dar hareket ettirilir. Kontak kolu yavaş durumundan uzaklaşınca düz yüzey üzerindeki yol verme koruma düzenine ait kontaklar açılır.

Eğer hız ayarlayıcının direnci- nin tamamı devre dışı iken moto- ra yol verilirse, yol alma stator akımı çok yüksek ve yol alma dön- me momenti nispeten azdır. Buna mani olmak için, düz yüzeyli hız ayarlayıcının yol verme koruyucu düzeni vardır. Şekil 16-18 yol ver- me şalteri ile birlikte kullanılan ve koruyucu düzeni olan düz yü- zeyli bir hız ayarlayıcıyı göster- mektedir. Motora yol vermek için kontak kolları bütün dirençlerin devrede olduğu yavaş durumunda olmalıdır. Kontak kolu yavaş du-

1. Yol vermede maksimum di- reng rotor devresine ilave edi- lirse, yol alma akımı düşük ve dönme momenti maks- mumdur.

2. Hızı değiştirilebilir.

3. Ağır yüklerde hızı yavaş ya- vaş artar.

Buna rağmen sargılı rotorlu motorun aşağıdaki kusurla- rı vardır :

1. Maliyeti fazladır.

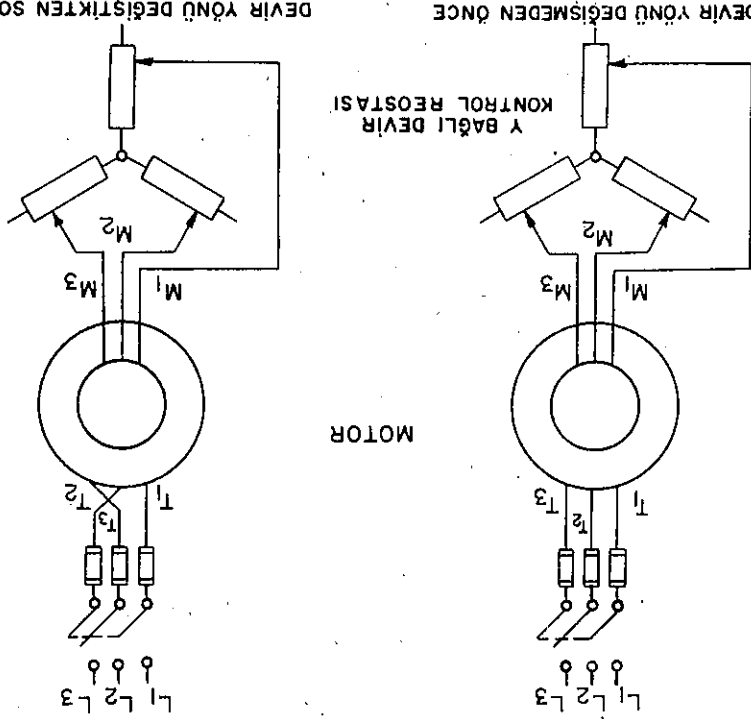
2. Bakım ve tamir masrafları yüksektir.

3. Direng rotor devresinde iken verimi düşük ve hız regülas- yon kötüdür.

Sargılı rotorlu motor hız ayarlan-
yıcının bütün direnç kademeleri
devre dışı iken çalıştırılırsa, ve-
rim, güç katsayısı, yüzde kayma,
hız ve dönme momenti eğrileri
sıncap kafesi endüksiyon motoru-
nun eğrilerinin aynıdır. Eğer ro-
tor devresine bir direnç ilâve edi-
lersek motor tam yükte çalıştırılır-
sa, rotor devresindeki ek dirençin
kaybı I²R tesiri ile motorun veri-
mi düşer. Yükün artması ile kay-
ma daha gabuk artar. Kaymanın
artması ile rotor akımı artar ve ar-
kompresörlerde, asansörlerde ve

ÇALIŞMA KARAKTERİSTİKLERİ

Şekil 16-16. Sargılı Rotorlu Asenkron Motorla Devir Yönu Değiştirmek için Gerekli Değişiklik.



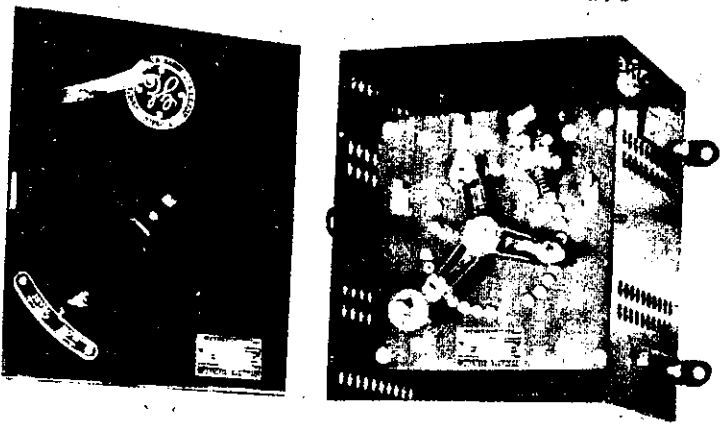
üç fazlı endüksiyon motorları 415

pompalarda kullanılır. Bu tip mo-
torlar ağır çelik sanayinde de-
ğışik hız isteyen yüklerde de kulla-
nılır.

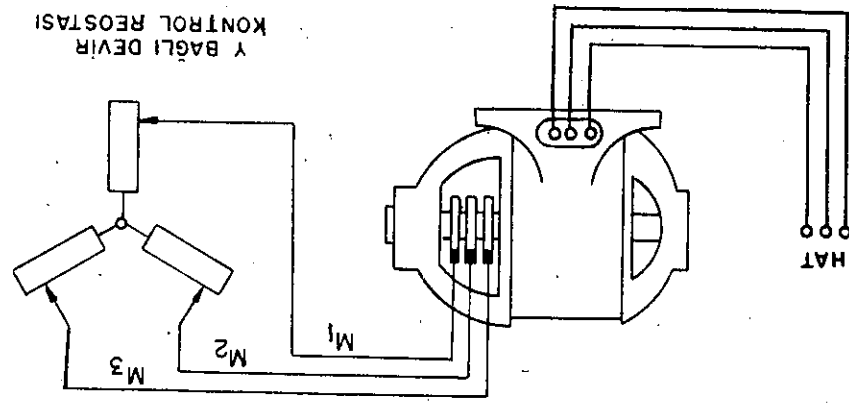
DÜZ KONTROL VEYA HIZ AYARLAYICI

El ile hız ayarlayıcının, en basi-
hasına kontaklar ve hareket ede-
bilen kontak kolları tesbit edilmiş-
tir. Bu el ile çalışan hız ayarlayı-
cının dirençleri aralarında yıldız
bağlıdır.

Sargılı rotorlu motora yol verir-
ken, hız ayarlayıcının bütün di-
rençleri rotor devresine sokulur.
Stator sargısı, kontrol butonuna
basarak yol verme şalteri ile sebe-
keye bağlanır. Rotor devresinin
direnç maksimum olduğu için yol
alma akımı sınırlanmıştır. Mo-
dönme momenti artırılmıştır. Mo-
tor yol aldıktan sonra, istenilen
devir elde ediliinceye kadar rotor
hız ayarlayıcının kutusu içine yer-
leştirilir. Hız ayarlayıcının ön lev-
hastırılır.



Şekil 16-17. Yardımcı Kontrol Anahtarlı Devir Ayar Reostası.



Şekil 16-14. Sargılı Rotorlu Asenkron Motorda Üç Fazlı Y Reosta ile Devir Kontrolü Bağlantısı.

si motorun yol alma momentini artırır. (Yüzde kayma büyüktür). Rotor direncinin artması ile empedansın artacağı ve bunun sonucu pedansın artacağıdır. Rotor direncinin artması ile empedansın artacağıdır. Fakat rotor empedansının direnci bileşeni fazla artması gerekir. Kayma ile artan toplam dönme momenti elde etmek için kaymanın fazla artması gerekir. Kayma büyük, reaktans bileşeni küçük olduğuna için rotor akımı yaklaşık olarak stator alanı ile aynı fazdadır. Böylece iki alan arasındaki test maksimum ve yol alma momenti büyüktür. Motorun hızı arttıkça yıldız bağlı hız değiştiricinin direnci yol almada dönme momenti yani yol almada dönme momenti maksimum olur. Eğer hız değiştirici direncinin tamamı devreden çıkarılarak motora yol verilirse yol alma momenti çok düşük olur. Bu durumda rotorun reaktif bileşeni büyük fakat direnci bileşeni küçüktür. Bunun için motorun yol alma momentinin eğrisi Şekil 16-3'teki sincap kafesli endüksiyon motorunun dönme momentinin eğrisinin aynıdır.

Şekil 16-15. Sargılı Rotorlu Bir Asenkron Motorun Dönme Momenti Eğrisi

Şekil 16-15. Sargılı Rotorlu Bir Asenkron Motorun Dönme Momenti Eğrisi

Şekil 16-15. Sargılı Rotorlu Bir Asenkron Motorun Dönme Momenti Eğrisi

Şekil 16-15. Sargılı Rotorlu Bir Asenkron Motorun Dönme Momenti Eğrisi

Şekil 16-15. Sargılı Rotorlu Bir Asenkron Motorun Dönme Momenti Eğrisi

Şekil 16-15. Sargılı Rotorlu Bir Asenkron Motorun Dönme Momenti Eğrisi

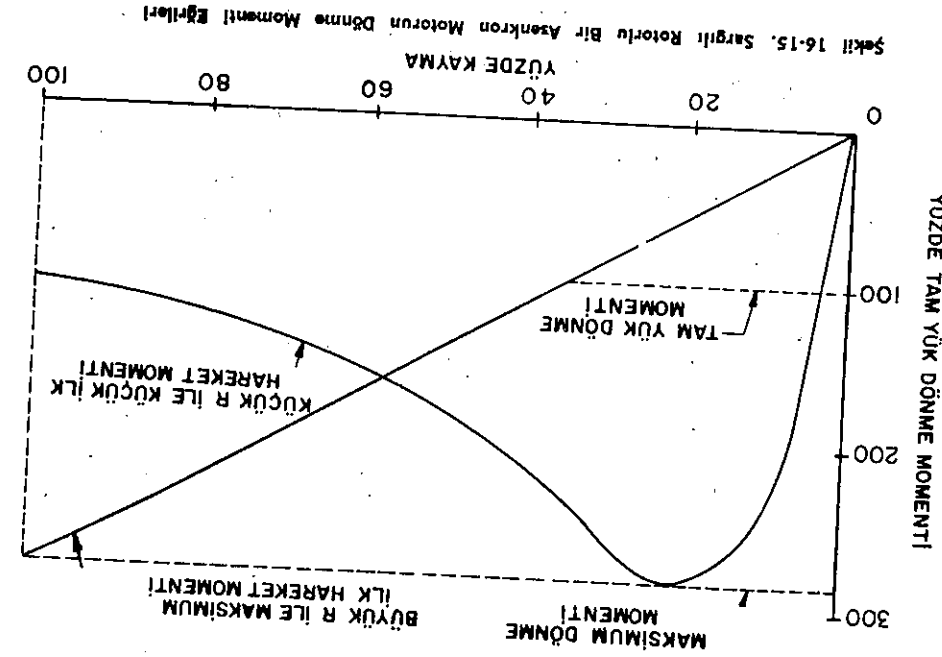
Şekil 16-15. Sargılı Rotorlu Bir Asenkron Motorun Dönme Momenti Eğrisi

Şekil 16-15. Sargılı Rotorlu Bir Asenkron Motorun Dönme Momenti Eğrisi

Şekil 16-15. Sargılı Rotorlu Bir Asenkron Motorun Dönme Momenti Eğrisi

Şekil 16-15. Sargılı Rotorlu Bir Asenkron Motorun Dönme Momenti Eğrisi

Şekil 16-15. Sargılı Rotorlu Bir Asenkron Motorun Dönme Momenti Eğrisi



ÜÇ FAZLI ENDÜKSİYON MOTORLARI 413

TERS DÖNÜŞ

Motorun dönüş yönünü değiştirme için, motoru besleyen hatlardan ikisinin yeri değiştirilir. Bu usul sincap kafesli endüksiyon motorlarında da kullanılır. Rotor sargılarının faz sırasını değiştirerek, döner alanın dönme yönü değiştirir ve buna tabi olarak rotorun dönüş yönü de değişir. Bu durumda rotorun dönüş yönü değişir. Fırçaları hız değiştiricilerle bağlayan iletkenlerin, kısmen değiştirilince motorun dönüş yönü değişmez.

TERMINAL VEYA ÜÇ İŞARETLERİ

Üç fazlı sargılı rotorlu endüksiyon motorunun stator uçları T_1 , T_2 ve T_3 ile işaretlenir. Aynı işaretlerle sincap kafesli endüksiyon motorlarında da kullanılır. Rotor sargılarının uçları M_1 , M_2 ve M_3 ile işaretlenir. M_1 ucu yataklara yakın bileziğe, M_2 ucu orta bileziğe ve M_3 ucu da sargılara yakın bileziğe bağlanır.

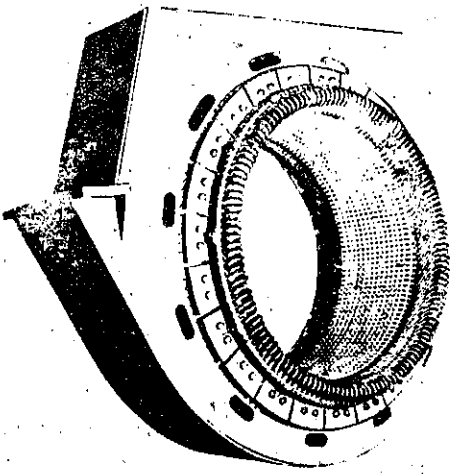
Normal çalışmadaki fazla yük korunması, motoru başlıyan hatları dan ikisine seri bağlı iki adet termik fazla yük elemanından ibarettir. Termik fazla yük elemanları, özel bir maden alaşımından yapılr. Motor akımı bu elemanlarda ısı meydana getirir. Yaklaşık olarak 1-2 dakika devam eden fazla yük akımları termik elemanlarda çok fazla ısı meydana getirir ve alaşım seriti ısı tesiri ile uzar. Alaşım seriti iki ayrı metaldendir ve iki termik elemanın çok yakınına tesbit edilmiştir. İki metalli alaşım seriti çalıştırma butonu ile kumanda edilebilir.

SARGILI ROTORLU ENDÜKSİYON MOTORU

Bir çok samayı yüklerinde üç fazlı değişik hızlı motora ihtiyaç vardır. Sincap kafesli endüksiyon motoru hemen hemen sabit hızlı bir motordur.

Değişik hız isteyen yerler için yeni tip bir motorun geliştirilmesi gerekmiştir. Bu sargılı rotorlu endüksiyon motordur. Bu tip motora statoru ile sargının yerleştirilmesi sincap kafesli motorun aynıdır. Sargılı rotorlu endüksiyon motorunun statoru şekil 16-12 de görülmektedir.

Rotor gelik saclardan yapılmış silindirik bir göbektir. 120 derece aralıklı üç adet tek fazlı kalıp sargısını yerleştirmek için rotor üzerine oyuklar açılmıştır. İzoleli rotor bobinleri stator kutup sayısı-



Şekil 16-12. Sargılı Stator

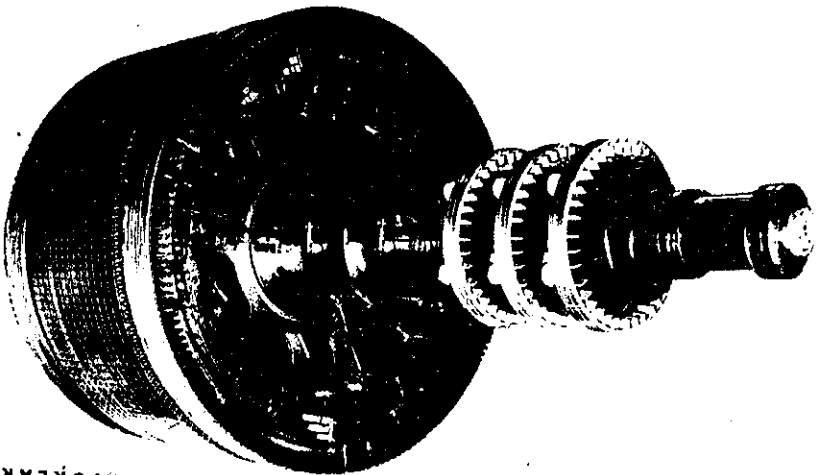
$$S = \frac{120 F}{P}$$

Sincap kafesli endüksiyon motorlarında olduğu gibi, stator sargılarında üç fazlı bir gerilim tatbik edilince, statorda bir döner alan meydana gelir ve bu alan statorun iç yüzü etrafında döner. Döner alanın hızı statorun kutup sayısı-na ve şebekenin frekansına tabidir. Bu senkron hız sincap kafesli motorlarda olduğu gibi aşağıdaki formülü ile bulunur:

ÇALIŞMA PRENSİBİ

Sargılı rotor, bilezikleri ile birleştirilmiştir. Üç fazlı rotor sargıları aralarında eşit kutup sayısı elde edecek şekilde gruplandırılmıştır. Üç tek fazlı rotor sargısı aralarında bir motor vardır. Sincap kafesli endüksiyon motorunda üç fazlı değişik hızlı motora ihtiyaç vardır. Sincap kafesli endüksiyon motoru hemen hemen sabit hızlı bir motordur.

Şekil 16-13. Sargılı Rotor



ÜÇ FAZLI ENDÜKSİYON MOTORLARI 411

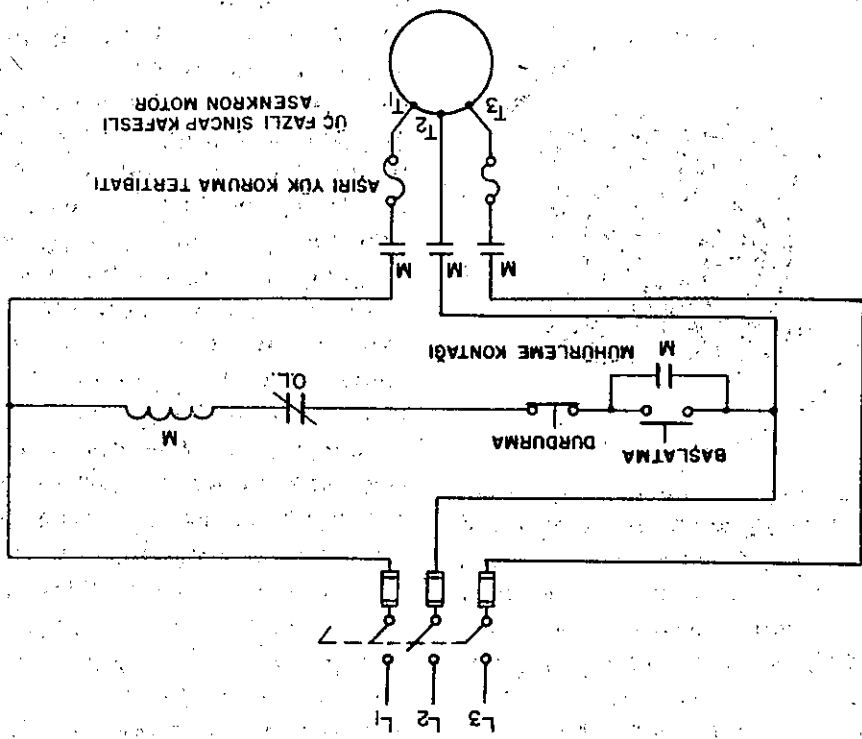
Yol vermede hız değiştiricinin bütün direnci devrededir. Yol vermede rotor devresine direnç ilavesi gerekir.

Döner alan senkron hızla dönerken rotor sargılarını keser ve sargılarında gerilim indükler. Rotor sargılarında indüklenen gerilimlerin akımları bilezik ve fırçalardan sargılarına bağlı hız değiştiriciye geçerek devrelerini tamamlarlar. Sargılı rotorlu endüksiyon motorunun yıldız bağlı bir hız değiştiriciye bağlanması şekil 16-14 de görülmektedir.

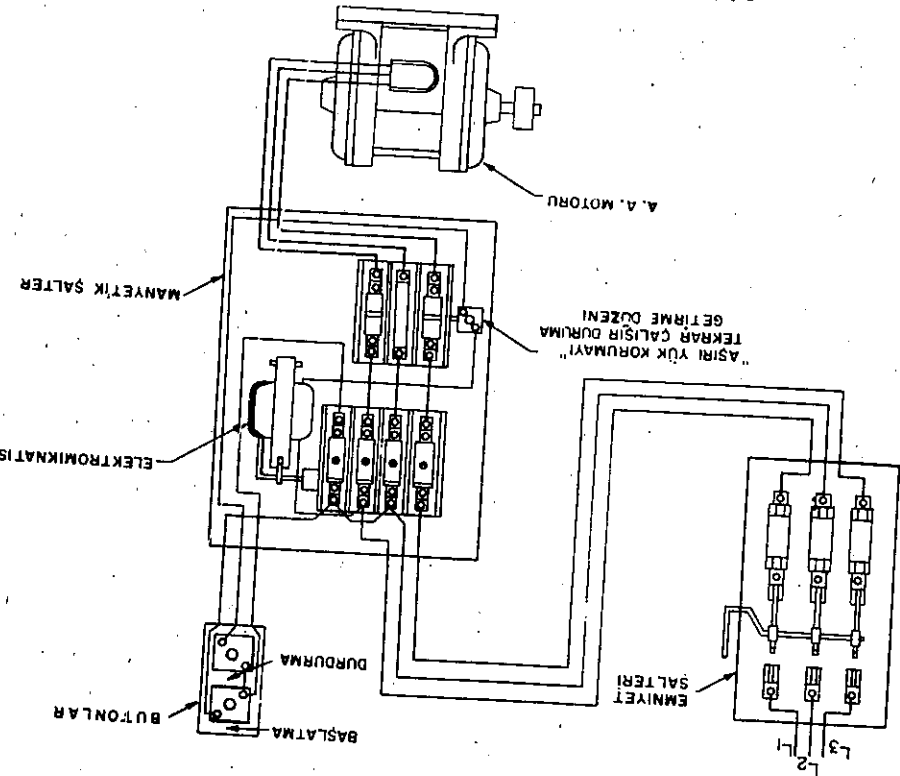
diği alanın kutupları stator kutup-
larmın tam ortasında bulunur.
Rotorun reaktansı oldukça yük-
sek ve direnci düşük olduğu için
rotor akımı gerilime nazaran 90°
geridedir. Bu durumda stator ve
rotor alanları arasındaki açı yak-
laşık olarak 90° dir ve iki alanın

MANYETİK YOL VERME ŞALTERİ

Üç fazlı sincap kafesi endüksiyon motorlarının doğru bir şekilde çalıştırılması için uygun bir yolla verimliliği artırarak, motorun doğru şekilde çalışmasını sağlar. Manyetik yol verme şalterinin 4 kontaklı olduğu vardır, bunların üçü doğru şekilde çalıştırılır. Moto-
kalin kesitli diğeri ince kesitlidir.
Manyetik yol verme şalterinin 4
kontaklı olduğu vardır, bunların üçü
doğru şekilde çalıştırılır. Moto-
ru bir yönde çalıştırmak için uc-
larına tam gerilim tatbik edilir.
şematik diyagramı Şekil 16-10 da

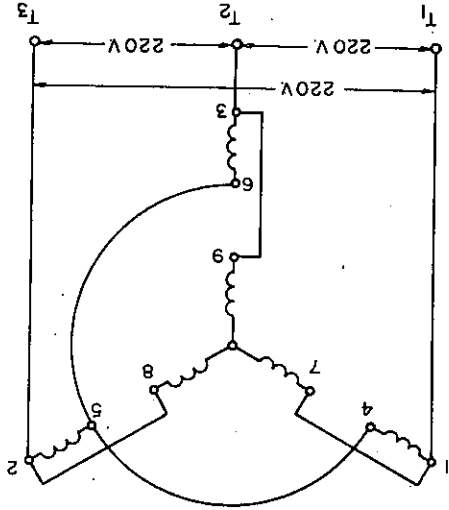


Şekil 16-10. Manyetik Otomatik Şalterle Asenkron Motora Yol Verme Diyagramı

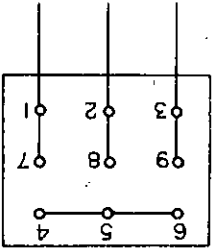


Şekil 16-11. Manyetik Otomatik Şalterin Bağlantı Şeması.

görülmektedir. Kalın kesitli kon-
taklar-motoru besleyen hatlar üze-
rindedir. Kontrol devresindeki kü-
çük M kontaklı motor çalışırken
ağık olan çalıştırma butonununun
iki ucunu birleştirilmeye yarar. Ça-
lıştırma butonunu serbest bırakılın-
ca, bu küçük kesitli M kontağı sa-
yesinde röle bobini devrede kalır.
M hatfı ile işaretli röle bobini yi-
ne M hatfı ile işaretli dört konta-
ğı çalıştırır.
Şekil 16-11 de bu manyetik şal-
terin tesisat bağlantısı görülmek-
tedir. İki diyagram kontrol edilir-
se her ikisinin aynı olduğu görü-
lür. Şekil 16-11 de manyetik şal-
terin önüne bir emniyet şalteri
konmuştur. Emniyet şalteri üç ku-
tuplu ve tek hareketlidir. Kutu
içerisinde, sert yaylıdır ve el
ile hareket ettirilir. Emniyet şalte-
rinin içinde üç adet sigorta vardır.
Bu sigortalar yol vermede koruy-
cu vazifesi görür. Bu sigortaların
kapasitesi yol verme akımına mü-
saade edecek ve sargılardaki bir
arıza anında motoru koruyacak
büyükükte olmalıdır. Önce izah
edildiği gibi sigortaların kapasite-
si motor sınıfını gösteren kod
harflerine bağlıdır.



Şekil 16-7-B.

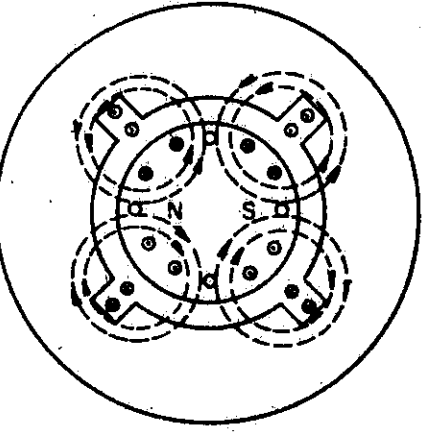
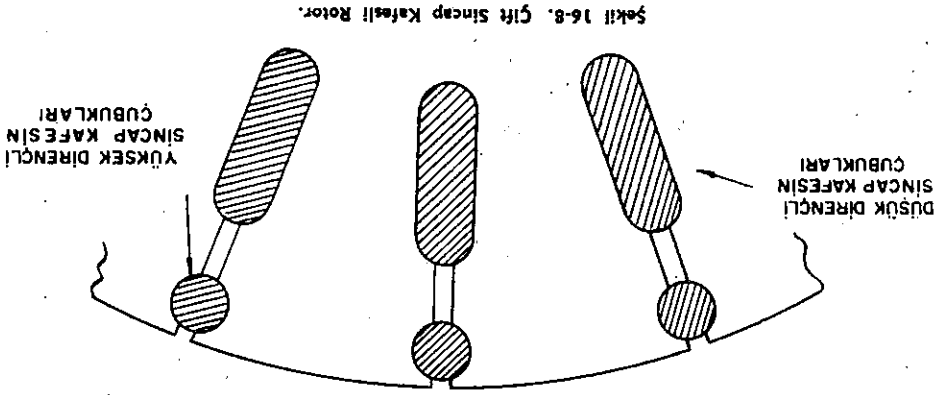
220 V
Y BAĞLI

ÇİFT SİNCAP KAPEESLİ ENDÜKSİYON MOTORU

Çift sincap kafesli motorun yol alma akımı nisbeten düşük, yol al-empedansından küçük, yüksek dirençli dış kares sargısından dolası. Bu motorun nisbeten küçük yol alma akımı ile yüksek yol alma momentine sahip olduğunu gösterir. Motor normal hızını alınca rotor frekans 2 ila 3 c/s ye düşer. Bu düşük frekansta iç sarğının endüktif reaktansı çok küçük bir değere düşer. Şimdi akımın doğru rın oluklara yerleştirilmiştir, her tarafı demir göbekte çevrilmiştir ve endüktif reaktansı yüksektir. Şekil 16-8, çift sipcan kafesli motorun, rotor sarğısının yerleştirilmesini göstermektedir. Yol al- mada rotor frekans 250 si kadar-

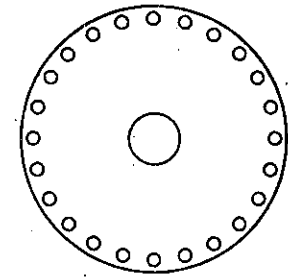
Dönen motoru basleyen üç hat- tan biri açılırsa motor tek fazlı olarak çalışır. Eğer motor doğru- dan doğruya tek fazlı bir sisteme bağlanırsa- önceki kadar dönme momenti elde edilemez. Eğer motor üç fazlı bir sistemde çalışırken bir üç açılırsa, motor kapasitesi düşük olarak aynı yönde dönmeye devam eder. Bu durumda motora tam yükü tabik edilirse, motor fazla ısınır ve yanabilir. Üç fazlı motorun tek fazlı sistemde yol al- mamasının sebebi rotorda döla- san akımların stator alanına kar- şı koyan bir alan meydana getir- meleridir. Bu Lenz kanununun sonucudur. Şekil 16-9 da görüldü- ğü üzere rotor ve stator kutupla- rının merkezleri aynı eksen üz- rindedir. Bunun neticesi ne saat- de bir dönme momenti yoktur.

ÜÇ FAZLI ENDÜKSİYON MOTORUNUN TEK FAZDA ÇALIŞMASI

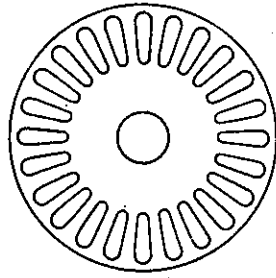


Şekil 16-9. Üç Fazlı Bir Motorun Bir Fazlı Çalışması.

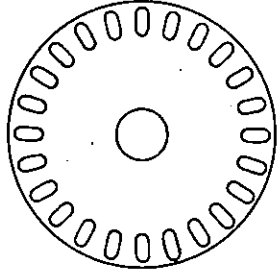
Üç fazlı motor tam hızı ile dö- nerken, hatın birisinin açılması ile tek fazlı olarak çalışma durumu hasil olursa motor dönmeye de- vam eder. Dönen rotor stator ala- mını keser ve rotor çubuklarında akım ile gerilimler indüklenir. Bu rotor akımlarının meydana getir-



ASENKRON MOTOR TİPİ "A"
BU TİP MOTORUN İNCE KİSA
DEVRE ÇUBUKLARINDAN YAPILMIŞ
REAKTANS VE BÜYÜK DİRENÇLİ RÖ-
TORUNUN DİRENÇİ YÜKSEK
OLDUĞUNDAN YOL ALMA MOMENTİ
YÜKSEK VE AKIMI DÜŞÜKTÜR.



ASENKRON MOTOR TİPİ "B-E"
BU TİP MOTORUN RÖTORU YÜKSEK
DÜŞÜK DİRENÇLİ VE ENDÜKTİF RE-
AKTANSIDA DÜŞÜKTÜR. LK HAREKET
AKIMI YÜKSEK VE OLUKÇA İYİ DÖNME
MOMENTİNE SAHİPTİR.



ASENKRON MOTOR TİPİ "F-V"
ASENKRON RÖTORU OLUKÇA
DÜŞÜK DİRENÇLİ VE ENDÜKTİF RE-
AKTANSIDA DÜŞÜKTÜR. LK HAREKET
AKIMI YÜKSEK VE OLUKÇA İYİ DÖNME
MOMENTİNE SAHİPTİR.

KULLANILDIĞI YERLER:
METAL KESMELEDE, PRESLEDE
VE HADELEDE KULLANILIRLAR.

MOTOR - GENERATÖR GURUP ARINDA,
VANİTALATÖR VE ASPİRATÖRLEDE,
SANTİFİYUJ TULUMBALARINDA, YÜKSEK
SANTİFİYUJ TULUMBALARINDA,
YÜKSEK LK HAREKET MOMENTİNE
İHTİYAÇ OLAN YERLERDE KULLANILIR.

Şekil 16-6. Çeşitli Tip Rotor Sağları.

kafeshi rotorun endüktif reaktansı ile smirlanmıştır. Rotor çubukları dar ve derin rotor olukları içine yerleştirilir. Bu tip rotorlu motor- lar, motor generator gurubu, van- tilatör, aspiratör, santifiyuj pom- pası gibi yol alma akımının az ol- ması istenen, fakat yol alma mo- mentinin çok yüksek olması isten- mayen yerlerde kullanılır. Genel makasatlar için yapılmış asenkrondaki oranı gösterir ve motor etiketi üzerine işaretleştir.

MOTOR ETİKETİNDEKİ BİLGİLER

Motor etiketi üzerinde genellikle mi, faz sayısı, frekans, ve kutup sayısı. Genellikle senkron hız ya- zılmaz. Ayrıca etiket üzerinde kod harfi, maksimum sıcaklık, model

numarası, gövde numarası seri nu- marası ve imalatçı firmanın adı bulunur.

Üç fazlı, sincap kafeshi, modern endüksiyon motorları değişik iki gerilim de çalışacak şekilde imal edilir. Yukarıdaki motorun çalış- ma gerilimleri 220 ve 440 voltur ve etiket üzerinde yazılır. Bu tip ilk motor 220 volt ile çalışır- ken akım 13,3 amperdir. Motor 440 volt ile çalışırken gücü yine 5hp.

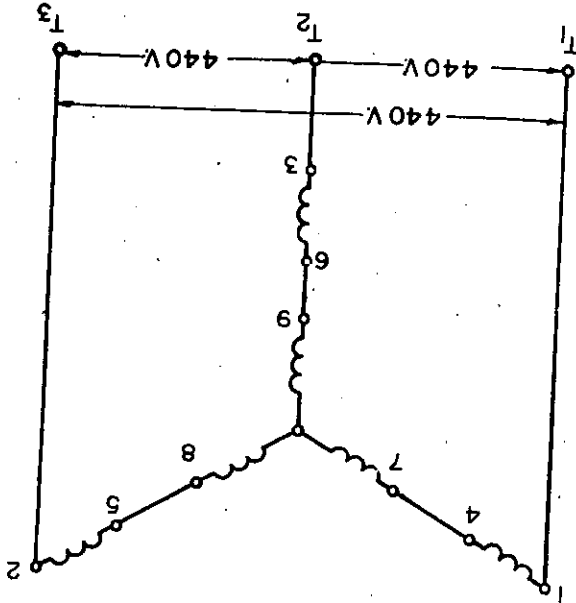
220 veya 440 volt ile çalışabile-

cek yıldız bağlı sargının bağlantı- ları Şekil 16-7 A görülmektedir. Bu

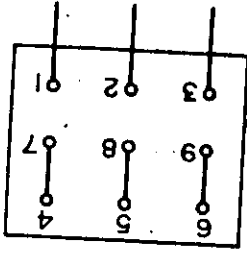
Her faz iki kısımdan ibaretir. Bu tip stator sargısının 9 uncu moto- run klemens tablosuna bağlantı. Şekil 16-7 A, 440 voltluk üç fazlı bir şebekede çalışmak için gerek-

ti şekilleri yapılabilir. İli bağlantıyı göstermektedir. Her faz seri bağlı iki kısımdan ibaretir. Şekil 16-7 B, 220 voltluk üç faz- lı bir şebekede çalışmak için ge- rekli bağlantıyı göstermektedir. Her faz paralel bağlı iki kısımdan ibaretir. Çift gerilimli ve üçgen bağlı motorlar için benzer bağlan-

MOTORUN ETİKETİ	
5 HP	ÜÇ FAZLI
220 / 440 VOLT	HAT AKIMI - 13,3 / 6,7 A.
60 SAKKIL	DEVİR/DK - 1735 R.P.M.
TİP	MODEL NO.
MOTOR NO.	SERİ NO.
İMAL EDEN	



440 V
YILDIZ BAĞLI



Şekil 16-7a. Çift Gerilimli Üç Fazlı V Bağlı Asenkron Motorun Çeşitli Bağlantıları.

$$4 \times 1000 = 1000 \frac{100}{960 \text{ Devir/dakika}}$$

2. Rotor frekansı: $P \times S = 6 \times 40 = 240$ Hz

$$F = \frac{120}{240} = 0.5 \text{ saniye}$$

3. Çıkış Hp gücünü bulmak için giriş gücü bulunur.

$$\text{Giriş} = \sqrt{3} \times E \times I \times \cos \theta = 1.73 \times 220 \times 13.4 \times 0.88 = 4522 \text{ Vat}$$

$$\eta = \frac{\text{Çıkış vat}}{\text{Giriş vat}} = 0.83$$

$$\text{Çıkış vat} = 0.83 \times 4522 = 3753 \text{ vat}$$

$$\text{Çıkış} = \frac{3753}{736} = 5 \text{ hp.}$$

MOTOR KAYIPLARININ TAYINI

$$M = \frac{960}{716.5} = 37.3 \text{ kgm}$$

$$= \frac{2 \pi \times 60}{5 \times 746} = 37.5 \text{ Newton-Metre}$$

Motorun tam yükteki dönme momenti: $n = \text{Rotor hızı devir/dak.}$
Burada $M = \text{Dönme momenti,}$

$$\text{Çıkış hp.} = \frac{716}{M \cdot n}$$

4. Proni freni ile beygir gücünün ölçülmesi 1. kitapta aşağıdaki formül ile verilmiştir:

Sıncap kafesli endüksiyon motorunun çıkış gücünü ve verimini hesaplamak için motorun kayıplarını ölçülmesi gerekir. Önce belirli bir motorun iki testi yapılır. Bu kayıplar bakımından farklıdır. Motorun girişi ölçülür ve bu kayıpların toplamı çıkarılır. Sıncap kafesli endüksiyon motorunun çıkış gücü elde edilir.

Örnek olarak, üç fazlı, sıncap kafesli bir endüksiyon motorunun deney sonuçları kullanılacaktır. Motorun girişi 5 Hp., hat gerilimi 220 volt Akım 13,3 amper, 1435 devir/dakika, 50 frekanslı ve 4 kutupludur. Motor yıldız bağlıdır. Önce motor sargılarının esdeğer dirençlerinin elde edilmesi gerekir. Rotor dönmeyecek şekilde tesbit

edilir ve motora sargılardan normal akım geçecek şekilde düşük gerilim tatbik edilerek akımlar ve devre deneyi denir. Deney sonuçları aşağıdaki tabloda verilmiştir.

HAT GERİLİMİ		HAT AKIMI				GÜÇ	
A-B	B-C	C-A	A	B	C	Watt. 1	Watt. 2
48	48	48	13.3	13.3	13.3	555	-5

Motorun geçtiği toplam güç: $W_2 555 - 5 = W_1$
Toplam vat = $W_1 - W_2 555 - 5 = 548$ vat
Vat 13,3 amperin geçmesi için 48 voltluk üç fazlı gerilim kâfidir. Gerilimin bu düşük değerinde demir kayıpları ihmal edilebilir. Bunun için toplam güç 550 vat bakır kayıpları olarak kabul edilir.
Yıldız bağlı sargının, alternatif akım esdeğer faz direnci aşağıdaki gibi bulunur: Bir fazdaki kayıpları $W = 3 I^2 R$ olur. Burada W devreden geçen toplam güç R ise esdeğer faz direncidir.

$$W = 3 I^2 R$$

$$550 = 3 \times (13.3)^2 \times R$$

$$R = 10.36 \text{ ohm}$$

Her faz sargısının etkin direnci bilinince, herhangi bir yük akımındaki bakır kaybını hesaplamak kolaylaşır.

Bos çalışmadaki bakır kayıpları $W = 3 I^2 R = 3 \times (4.2)^2 \times 10.36 = 54.8$ veya 55 Vat.
Bos çalışmadaki sabit kayıplar, bos çalışmadaki giriş gücü ile boş çalışmadaki bakır kayıplarının farkına eşittir.
Kagaz güç kayıpları = 260 - 55 = 205 Vat.

HAT GERİLİMİ		HAT AKIMI				GÜÇ	
A-B	B-C	C-A	A	B	C	Watt 1	Watt 2
220	220	220	4.2	4.2	4.2	515	-255
DEV/DK	R.p.m.						
HIZ							1795

Alternatif akım endüksiyon motorun tam yükünü geçerse bakır kayıpları hızla artar ve verim dü-

torunun veriminin tayini :

ser.

$$\eta = \frac{\text{Çıkış gücü}}{\text{Giriş gücü}} \times 100$$

$$\eta = \frac{\text{Giriş gücü} - (\text{Bakır kayıpları} + \text{Kaçak kayıplar})}{\text{Giriş gücü}} \times 100$$

Güç katsayısı eğrisi, boş çalış-

na sebep olacak kısımları olma-
dığı için, un, kereste ve kimya
fabrikaları gibi tehlikeli yerlerde
gösterir. Boş çalışmadaki akımın
yaklaşık olarak 0,15 olduğunu
gösterir. Boş çalışmadaki akımın
büyük bir kısmı miknatıslama
düksiyon motorunun tek mahzu-
ru hızının kademesiz olarak ayar-
lanamamasıdır. Bunun için, hız
devesini tamamlaması için gerek-
li manyeto motor kuvveti meydana
na getirir. Kayıplar az olduğu için
akımın aktif bileşeni küçüktür.
Bunun için boş çalışmada akım ile
gerilim arasındaki açı büyük ve güç
katsayısı küçüktür. Motorun yü-
küzü azaldıkça aktif bileşeni
kü artınca akımın aktif bileşeni
artar. Bunun için faz açısı küçü-
te denemmiş ve iki vatmetre meto-
du ile yapılan ölçüme göre değerler
verilmiştir :

yükteki güç katsayısı 0,75 ile 0,90

arasındadır.

Sıncap kafesi endüksiyon mo-

torunun birçok üstünlükleri var-

dır. Yüzde kayması küçük ve hız

regülasyonu mükemmeldir. Sabit

hızlı yükler için ideal bir motor-

dur. Motorun yapılışı basittir, faz-

la bakıma ihtiyaç göstermez. Fir-

ga ve bilezik gibi akım atlaması-

2. Tam yükteki güç katsayısını

1. Tam yükteki verimi yüzde cin-

Vatmetre 2 = 2500 Vat

Vatmetre 1 = 6500 vat

Hat akımı = 28 Amper

Hat gerilimi = 220 volt

Örnek Problem 1

Üç fazlı, yıldız bağlı, 10 hp, ilk

bir endüksiyon motoru tam yük-

te denemmiş ve iki vatmetre meto-

du ile yapılan ölçüme göre değerler

verilmiştir :

Çözüm

1. Verim çıkış gücünün giriş gü-

cüne bölümüne eşittir. Tam

gerlerin toplamına eşittir.

yükteki çıkış 10 hp. vat cin-

sinden belirtilmelidir. Giriş gü-

cü iki vatmetrede okunan de-

2. Güç katsayısı, gücün voltam-

per bölümüne eşittir. Üç fazlı

yük ister yıldız, ister üçgen

$$\eta = \frac{\text{Çıkış vat}}{\text{Giriş vat}} \times 100 = \frac{\text{Hp.} \times 746}{W_1 + W_2} \times 100 = \frac{10 \times 746}{6500 + 2500} \times 100 = \% 82,9$$

bağlınsın güç katsayısı aşağı-

daki formül ile hesaplanır.

Örnek Problem 2

220 volt, 50 frekanslı, 6 kutup-

lu, üç fazlı bir endüksiyon moto-

runun tam yükteki giriş akımı

13,4 amperdir. Güç katsayısı 0,88

ve verimi % 83 dür. Tam yükteki

kayma % 4 olduğuna göre :

1. Tam yükteki hızı nedir ?

2. Rotor frekansı nedir ?

Çözüm

1. Motorun senkron hızı :

$$S = \frac{120 \times F}{P} = \frac{120 \times 50}{6} = 1000 \text{ Devir dakika}$$

$$\text{Kayma} = \frac{\text{Senkron hız} - \text{Rotor hızı}}{\text{Senkron hız}} \times 100$$

$$\text{Rotorun hızı} = \text{Senkron hız} - \frac{\text{Kayma} \times \text{Senkron hız}}{100}$$

$S = \text{Ondalık kesir cinsinden yüz- de kayma}$

Dikkat edileceği üzere iki for- mül aynı rotor frekansını verir. Rotor frekansı çok mühimdir, çünkü rotor frekansının değişme- si ile rotor reaktansı ($X_L = 2\pi FL$) ve dolayısıyla rotor empedansı de- ğişir. Bu değişme ile motorun yol alma ve çalışma özellikleri de ği- şir.

Örnek Problem

3 Faz, 220 volt, 50 frekans ve 5 beygirlik bir sincap kafesli en- düksiyon motorunun kutup sayısı 8 dir. Tam yükteki hız dakikada 725 devirdir.

- Çözüm**
1. Senkron hızı hesaplayınız.
 2. Tam yükteki yüzde kayma- yı hesaplayınız.
 3. Yol almadaki rotor fre- kansını hesaplayınız.
 4. Tam yükteki rotor frekan- sını hesaplayınız.

1. Stator alanının senkron hızı frekans formülünden elde edi- lir :

$$S = \frac{120 F}{120 \times 50} = \frac{P}{8}$$

= 750 devir dakika, senk- ron hız

2. Tam yükteki yüzde kayma :

$$\text{Yüzde kayma} = \frac{\text{Senkron hız} - \text{Rotor hızı}}{\text{Senkron hız}} \times 100 = \frac{750 - 725}{750} \times 100 = 3,33\%$$

3. Yol alma anında rotor dön- mez ve kayma bir veya % 100 rotor dakikada 725 devirle dö- nerken, aşağıdaki metotlardan herhangi biri ile elde edilir :

Metot 1 : Kayma, dakikadaki devir = Senkron hız — Rotor hızı = 750 — 725 = 25 devir kayma

$$\text{Rotor frekansı} = \frac{P S}{8 \times 25} = \frac{120}{120} = 1,66 \text{ saykıl}$$

Metot 2 : Rotor frekansı = Stator frekansı \times Yüzde kayma = $50 \times 0,333 = 1,66$ saykıl

DÖNME MOMENTİ VE HIZ KARAKTERİSTİKLERİ

$\cos \theta_a = \text{Rotor güç katsayısı}$ Pratik olarak, motorun boş ga- lışması ile tam yükteki çalışması arasındaki farkınatılama

arasında statorun miknatıslama akısı ϕ_s ile rotor güç kat sayısı sabittir. Motorun yükü artınca rotor akımı artar. Bu artma ile yüzde kayma artar ve motorun devri biraz düşer. O halde, boş çalışmada ile tam yük arasında di- ğer faktörler pratik olarak sabit kalır ve dönme momenti rotor aki- mi ile orantılı olarak artar.

Bu bölümün başında belirtildiği üzere, bir endüksiyon motorunun alanları ile bunlar arasındaki faz farkına bağlıdır.

$$T = K_T \times \phi_s \times I_a \times \cos \theta_a$$

Burada $T = \text{Dönme momenti}$ Ki- logram-Metre

$K_T = \text{Dönme momenti}$

faktörü

$\phi_s = \text{Stator akısı}$

$I_a = \text{Rotor akımı}$

YOL ALMA KARAKTERİSTİKLERİ

Motor devreye bağlanınca kısa bir an için kayma % 100 dür ve bu anda rotor frekansı stator fre- kansının aynıdır. Bu anda rotor reaktansı rotor direncine nazaran çok büyük ve rotorun güç katsu- yısı çok küçüktür. Rotor akısı sta- tor akısının gerisinde ve araların- daki faz açısı oldukça büyüktür. İki alanın karşılıklı etkisi az ve yol alma dönme momenti küçük- tür.

Motorun hızı artınca yüzde kay- ma ve rotorun frekansı düşer. Ro- tor frekansının düşmesi rotor reaktansını ve empedansını düşü- rür. Stator alanı ile rotor alanı arasındaki faz açısı küçülür ve yaklaşık olarak, % 20 kaymada

Yol almada stator alanı, rotor çubuklarını, dönme anındaki na- zardan daha büyük bir hızla ke- ser ve rotorda oldukça yüksek gerilim endüktör ve rotor akımı

sa-yol alma anında endüksiyon motoru statik transformatöre ben- zer ve stator sargısı primer sargı- yı, rotor da sekonder sargıyı mey- dana getirir. Pratikte, birçok sin- cap kafesli rotorlu motorlara doğ-

Eğer üç fazlı, sincap kafesli endüksiyon motorunun her faz sargısı iki kutup için sarılmış ise, üç fazlı sargı 50 frekanslı üç fazlı bir şebekeye bağlandığında, dö-

Şekil 16-2C de döner alanın yarı saykıl esnasındaki yedi değ-işik durumu görülmektedir. Döner alan yarı saykıl da yarı devir yapmıştır.

Birinci durumda I_a akımı sıfır- dir, A sargısı bir alan meydana ge- tirmez. B ve C akımları eşit ve ters yönlüdür. Meydana gelen sta- tor alanının kuzeyi statorun sağın- da ve güneyi statorun solunda-

$$S = \frac{120 \times F}{2} = \frac{3000 \text{ devir-dakika. (alanın senkron hızı)}}{2}$$

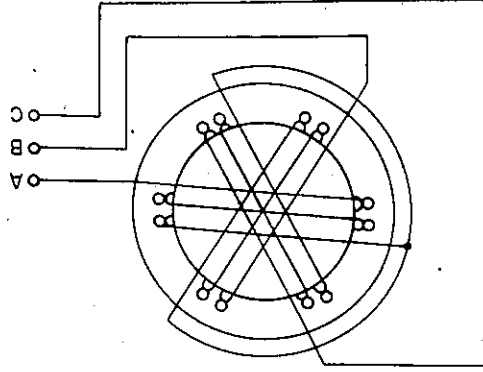
Değişik kutuplu üç fazlı endük- siyon motorlarının 25 ve 50 fre- kanstaki senkron hızları tabloda

verilmiştir.

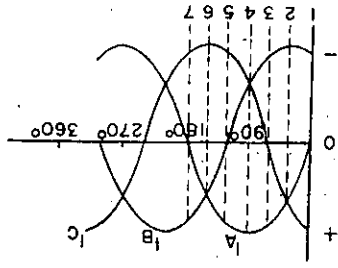
Şekil 16-2A da basit bir stator sargısı görülmektedir. Bu, iki ku- tuplu, yıldız bağlı stator sargısı- dir. Her faz iki kutup meydana getirecek şekilde sarılmıştır. Üç sargının girişleri 120° aralıklıdır ve çıkışlar yıldız bağlantı elde et- mek için birbirine bağlanmıştır. Şekil 16-2A da basit bir stator sargısı görülmektedir. Bu, iki ku- tuplu, yıldız bağlı stator sargısı- dir. Her faz iki kutup meydana getirecek şekilde sarılmıştır. Üç sargının girişleri 120° aralıklıdır ve çıkışlar yıldız bağlantı elde et- mek için birbirine bağlanmıştır.

Diagram 3, alanın C sargısında- ki akımlar aynı ve ters yönlü iken-

Şekil 16-2A. Basitleştirilmiş Üç Fazlı Stator Sargısı.



Şekil 16-2B. Üç Fazlı Akım.



30°'lik elektrik açısında A ve C sargılarındaki akımların yön ve değerleri aynı, B sargısındaki akı- mın değeri maksimum fakat yönü diğerlerinin aksidir. Diyagram 2 alanın saat ibresi yönünde 30° döndüğünü gösterir.

Diagram 3, alanın C sargısında- ki akımlar aynı ve ters yönlü iken-

Şekil 16-2C de döner alanın yarı saykıl esnasındaki yedi değ-işik durumu görülmektedir. Döner alan yarı saykıl da yarı devir yapmıştır.

Şekil 16-2B de 120° aralıklı faz sargılarını besleyen sinüsoidal I_a, I_b, I_c akımları görülmektedir.

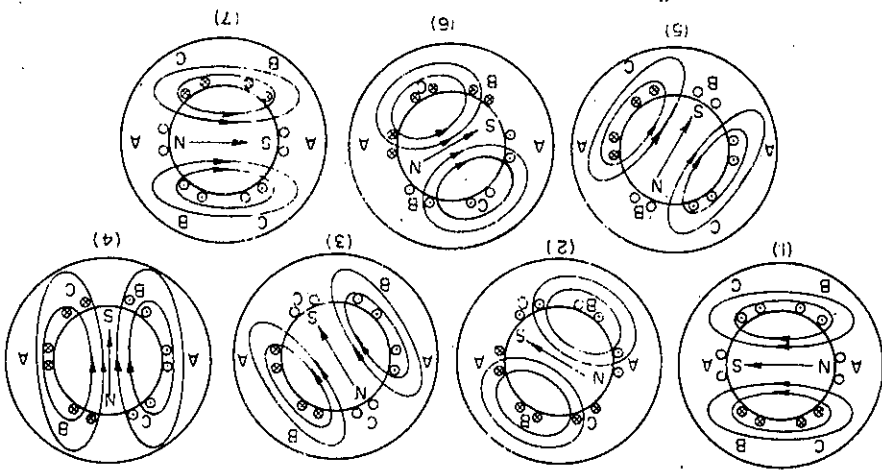
SENKRON HIZ VE YÜZDE KAYMA

Stator sargısını besleyen üç iletkenden ikisinin bağlantısı de- ğiştirilirse, motorun dönüş yönü değişir. Üç iletkenden ikisinin bağlantısının değişmesi, stator akımlarının faz sırasını ve döner alanın döme yönünü değiştirir. Rotor daima döner alan yönünde döndüğü için, yukarıda anlatılan değişme rotorun ters yönde dön- mesine sebep olur.

SINCAP KAFESLİ ENDÜKSİYON MOTORLARININ DÖNÜŞ YÖNLERİNİN DEĞİŞTİRİLMESİ

ki durumunu gösterir. Durum 3 de alan durumu I e nazaran 60° ileridedir. Diagram 4, 90°'lik elek- trik açısında A akımı pozitif mak- simum ve B, C akımları eşit de- ğerli negatif iken alanın durumu- nu gösteriyor. Dördüncü durum- da alan başlangıç durumuna naza- ran 90° dönmüştür.

Şekil 16-2C. Üç Fazlı Bir Endüksiyon Motorunun Döner Manyetik Alanı.



ÜÇ FAZLI ENDÜKSİYON MOTORLARI 389

Şekil 16-2C deki diagramlar, dö- ner alanın hızının frekans ile sta- tor kutup sayısına bağlı olduğunu gösterir. İki kutuplu ve 50 fre-

YAPILIŞI

Üç fazlı, sincap kafesli endüksiyon motoru esas itibarıyla, stator deneni sabit bir kısım ile rotor deneni dönen bir kısımdan ve motor milini taşıyan yatakların yerleştirildiği iki yan kapaktan ibarettir. Tipik bir stator, bir gelik sargı bölgesinin oluklarına yerleştirilmiş, üç fazlı bir sargıdan ibarettir. Sargı 120 elektrik derecesi aralık ile yerleştirilmiş, ara bağlantıları yapılmış, kahp bobinli üç tek fazlı sargıdan ibarettir. Üç tek fazlı sargı aralarında yıldız veya üçgen olarak bağlanır. Üç fazlı sargının rotorun dış yüzüne yakın yerlere yerleştirilmiş ve uçları yanlarda ki iki bakır çembere lehimlenmiş veya kaynatılmıştır. Bazı küçük sincap kafesli, endüksiyon motorlarında çubuklar ve yan çemberler yekpare olarak dökmeye alüminyumdan yapılır. Rotor milini, yan kapaklara yerleştirilen yataklar taşıır.

ÜÇ FAZLI SARGI İLE DÖNER ALANIN ELDE EDİLMESİ

$$F = \frac{P \times S}{120}$$

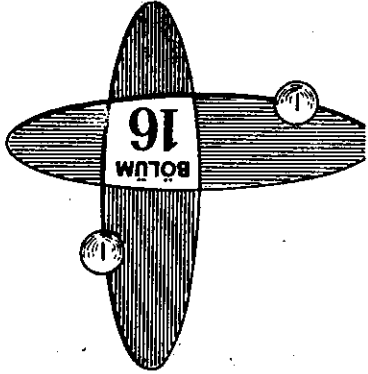
$$\text{ve } S = \frac{120 \times F}{P}$$

S = Senkron hız
F = Frekans
P = Kutup sayısı

DEVİR / DAK.		KUTUP SAYISI
25 SAYKIL	60 SAYKIL	
900	375	8
1200	500	6
1800	750	4
3600	1500	2

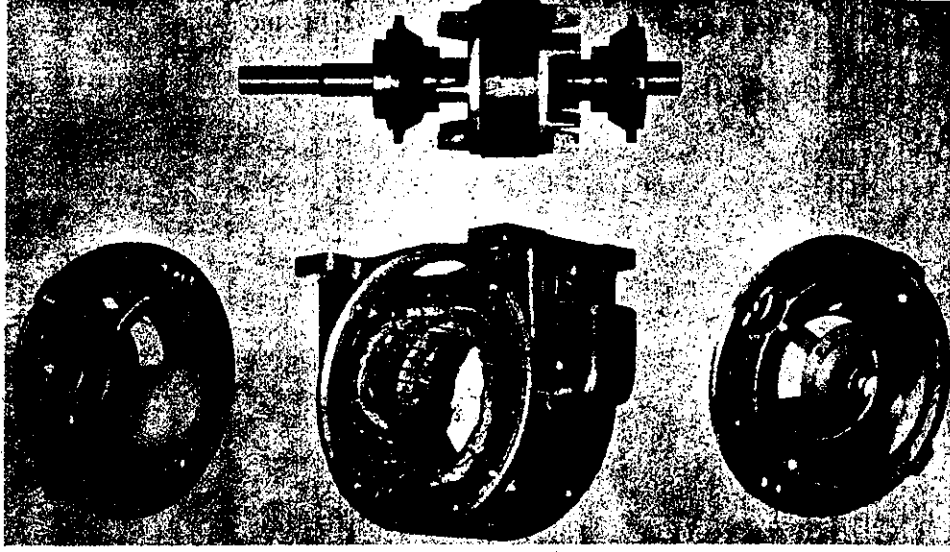
Statorda çıkıntısız kutup alanları elde etmek için, üç tek fazlı sargı stator oyuklarına yerleştirilmiştir. Stator oyuklarındaki tek fazlı sargıların aralıkları 120 elektrikk derecesidir. Eğer sargılardan 120° faz farklı üç akım geçerse, statorun üç yüzünde hareket eden, bir döner alan meydana gelir. Döner alanın hızı, statorun kutup sayısına ve sebekenin frekansına bağlıdır. Bu hız senkron hız denir ve alternatör frekansının aynı yininde kullanılan formül ile hesaplanır. Hızı hesaplamak için, frekans formülündeki S denkleminin soluna geçirilir.

Üç Fazlı Endüksiyon Motorları



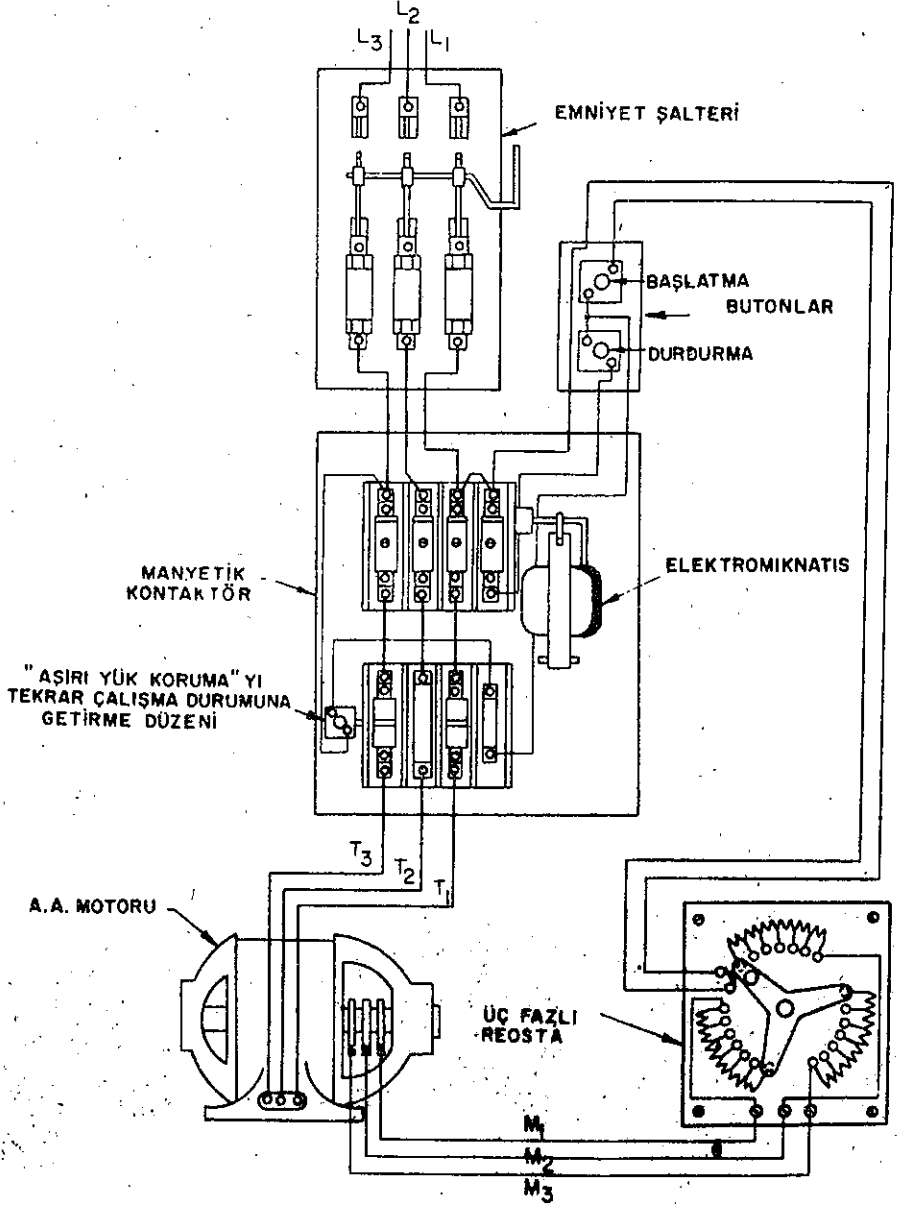
Üç fazlı, sincap kafesli motorun yapılışı basittir, az bakıma ihtiyacı gösterir. Bu tip motorun ölçülendirilmesi, aynı güçteki başka tip motorların ölçülerinden küçüktür. Değişik yüklerdeki hız regülasyonu için, aynı güçteki başka tip motorların ölçülerinden küçüktür. Değişik yüklerdeki hız regülasyonu için, aynı güçteki başka tip motorların ölçülerinden küçüktür.

ÜÇ FAZLI SINCAP KAFESLİ ENDÜKSİYON MOTORU



Şekil 16-1. Sincap Kafesli Bir Asenkron (Endüksiyon) Motorun Esas Parçaları.

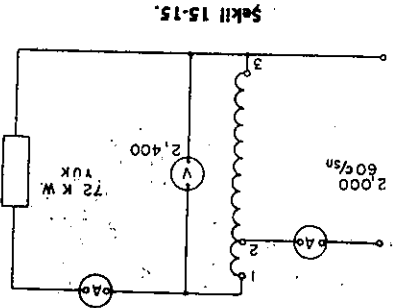
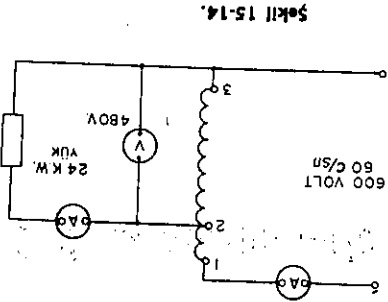
butonuna basıldığı halde röle butona basınca manyetik şalter çalışmaz. Bunun için



Şekil 16-18. Üç Fazlı Reosta ile İlk Harekette Korunmalı Manyetik Otomatik Şalterli Kontrol Devresi.

13. a. Sabit akım transformatörü nedir? (1) Transformatör etkisi ile akımların güç (2) iletilen güç.
- b. Yükle değişmeler olduğu halde sabit akım transformatöründe akımı sabit tutabilmek için bir meydana gelen karşı etkileri anlatınız.
14. a. Yüke beslenen vat olarak aşaları arasındaki akımı b. Bobin 2 ve 3 numaralı kısımları arasındaki akımı c. Bobin 2 ve 1 numaralı kısımları arasındaki akımı d. Transformatörün çıkış akımını e. Yükle beslenen gecen akım ne kadardır?
15. a. Seri bağlı sokak aydınlatma devresinde bir lambanın filamanı yanıp koptuğu zaman bütün lambaların için sönmeyeceğini anlatınız? b. Bir fazlı endüksiyon gerilim regülatörü ile üç fazlı gerilim regülatörünü nasıl çalıştırdığını anlatınız?

14. Dış tesisat için komus bir sabit akım transformatörü, aynı değerlerde 50 lambadan ibaret 29,7 kilovoltluk seri bağlı sokak aydınlatma devresine 4500 voltluk gerilim altında akım vermektedir. Bu seri bağlı devre yükünün güç katsayısı 1 dir. a. Seri bağlı sokak aydınlatma devresinden geçen akım ne kadardır? b. Eğer bu seri lambalardan 20 tanesi bozulup devre dışı olursa, devrede 50 lamba olduğu zaman zamanki akımı aynı değerde tutabilmek için sabit akım transformatörünün devreye verdiği güç gerilimi kaç volt olacaktır? c. Seri bağlı sokak aydınlatma devresinde bir lambanın filamanı yanıp koptuğu zaman bütün lambaların için sönmeyeceğini anlatınız?

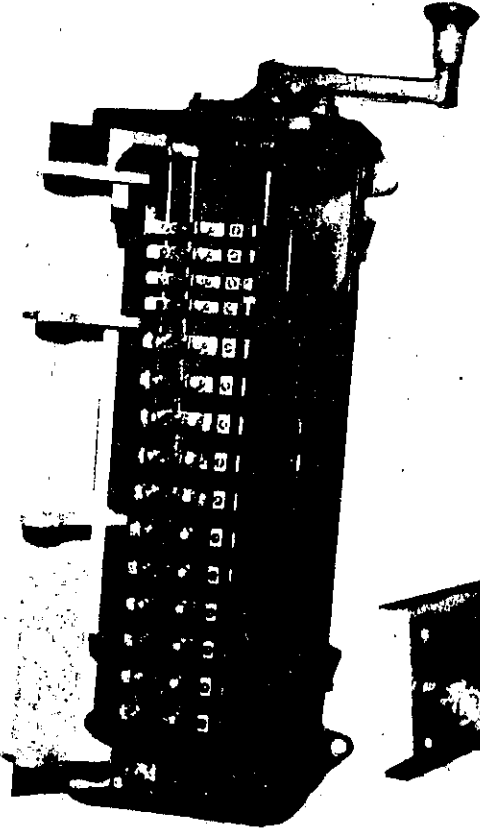


SİLİNDİRİK KONTROLÖR VEYA HIZ AYARLAYICI

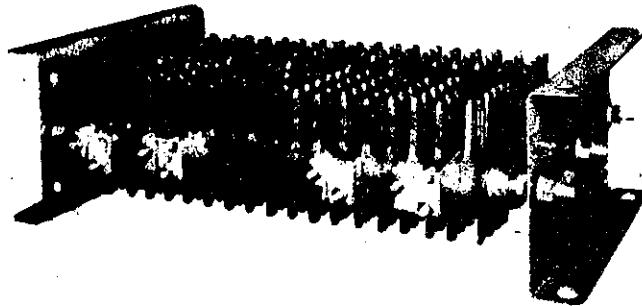
Sargılı rotorlu endüksiyon motorlarında kullanılan başka tip ve el ile hareket ettirilen silindirik hız ayarlayıcı şekil 16-19 da görülmektedir. İletkenler kutunun altındaki deliklerden geçirilerek hız ayarlayıcının terminallerine bağlanır. Sabit kontaklara bilezikler ve

direnç kademelerinin uçları bağlanır. Sabit kontaklar pirinç veya çelikten yapılır ve uçlarında bakır kontak bulunur. Kontak çubukları öyle tesbit edilmiştir ki üzerindeki yayın ayarı ile istenen kontak basıncı temin edilir. Silindir yalıtılan bir mil üzerine tesbit edilmiştir. Silindir üzerindeki kontaklar silindir durumuna göre sabit kontaklar arasındaki teması sağlar.

Silindir bakır kontaklı dökme veya pirinç kısımlardan ibarettir. Hız ayarlayıcının üstündeki kolu çevirerek kontaklar istenen duruma getirilir. Ekseriya dirençler ıskara şeklinde dökme demirdir ve hız ayarlayıcının kutusunun dışındadır. Şekil 16-20 de tipik bir ıskara direnç elemanı görülmektedir. ıskara direncin kademe uçları hız ayarlayıcının sabit kontaklarına bağlanır. Kontrolörün kolu yavaş durumunda iken maksimum direnç rotor devresindedir. Şekil



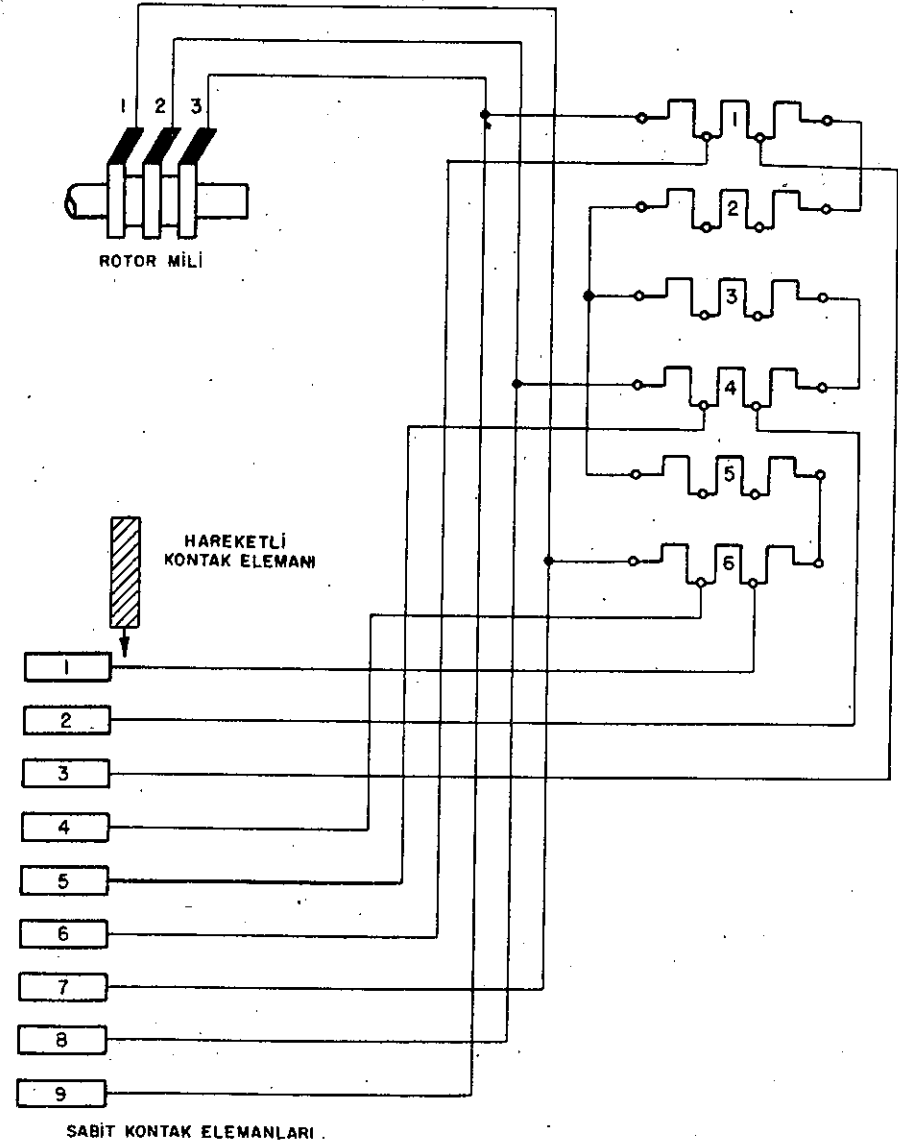
Şekil 16-19. Tambur Kontrolör



Şekil 16-20. Bir Direnç Kutusu

16-21 de görüldüğü gibi ıskara dirençler yıldız bağlıdır. Ayarlayıcının kolu hareket ettirildikçe dö-

nen kontaklar muhtelif sabit kontakları birleştirerek direnç kademelerini devre dışı eder. Kolumun



Şekil 16-21. Elle Çalışan Tambur Tip Kontrolör Bağlantısı.

hareketi sona erince ıskara dirençlerin tamamı devre dışıdır ve motor normal hızı ile dönmeye devam eder. Bu durumda hareketli kontak 7, 8 ve 9 numaralı ve hız kontakların üzerindedir. Bileziklerden gelen uçlar birbirine bağlıdır ve hız ayarlayıcı direncinin tamamı devre dışıdır.

HATIRDA TUTULMASI GEREKEN NOKTALAR

- Senkron hız stator kutup sayısı ve şebeke frekansı ile tayin edilir.
- Devir cinsinden kayma, dakikada devir cinsinden senkron hız ile yine dakikadaki devir cinsinden motor hızı arasındaki farktır.

Butonlu motor şalteri ile stator uçları doğrudan doğruya şebekeye bağlanmıştır. Silindirik hız ayarlayıcılardaki yol verme koruyucu düzeni düz yüzeyli hız ayarlayıcılardakinin aynıdır. Bu koruyucu düzenin kontrol devresine bağlantısı da aynıdır.

- Bir Endüksiyon motorunun hızı daha ziyade kayma ile belirtilir.

$$\text{Yüzde kayma} = \frac{\text{Senkron hız} - \text{Rotor hızı}}{\text{Senkron hız}} \times 100$$

- Bir endüksiyon motorunun hızı yüzde hız regülasyonu ile de belirtilebilir.

$$\text{Yüzde hız regülasyonu} = \frac{\text{Boş çalışmadaki hız} - \text{tam yükteki hız}}{\text{Tam yükteki hız}} \times 100$$

- Standart sincap kafesli endüksiyon motorunun boş çalışma ile tam yük arasındaki hız regülasyonu çok iyi, hız-dönme momenti eğrisi doğrusal ve tam yükteki verimi yüksektir. Fakat yol alma akımı çok yüksektir.

- Endüksiyon motorunun belli bir kaymadaki dönme momenti gerilimin karesi ile orantılıdır.

- Endüksiyon motorunun boş çalışmada çektiği akımın miknatıslama bileşeni aktif bileşenine nazaran çok büyük ve bunun için güç katsayısı küçüktür.
- Endüksiyon motorunun tam yükte çektiği akımın aktif bileşeni miknatıslama akımı bileşenine nazaran çok büyük ve bunun için güç katsayısı büyüktür.

- Üç fazlı endüksiyon motorunun kayıpları, kaçak güç kayıpları ile bakır kayıplarından ibaretir. Kaçak güç kayıpları hemen hemen bütün yüklerde sabittir. Bakır kayıpları stator akımı arttıkça artar.
- Küçük yüklerde endüksiyon motorunun verimi düşüktür,

çünkü kaçak güç kayıpları giriş gücünün büyük bir kısmını teşkil eder. Tam yükte veya buna yakın yüklerde verim yüksektir, çünkü kaçak güç kayıpları giriş gücünün küçük bir kısmını teşkil eder. Bir endüksiyon motorunun verimi aşağıdaki formül ile hesaplanır :

$$\eta = \frac{\text{Giriş gücü} - (\text{Kaçak güç kayıpları} + \text{Toplam bakır kaybı})}{\text{Giriş gücü}} \times 100$$

- Sincap kafesli endüksiyon motoru sabit hızlı bir motordur. Bu motorun hızı, ancak şebeke frekansını veya stator kutup sayısını değiştirmek ile değiştirilebilir.

- Sargılı rotorlu motor, sincap kafesli rotorlu motor ile karşılaştırılırsa aşağıdaki üstünlükleri olduğu görülür :

- a. Rotor devresindeki direnç maksimum iken yol alma akımı küçük fakat dönme momenti büyüktür.
- b. Hızı değiştirilebilir.
- c. Ağır yük altında hızı yavaş yavaş artar.

- Üç fazlı sargılı rotorlu motorun yol alma momenti yüksek, yol alma akımı, yüzde kayma küçük ve hız regülasyonu iyidir.
- Rotor devresinin direnci maksimum iken, sargılı rotorlu motora yol verilirse nisbeten küçük yol alma akımında dönme momenti çok iyidir.

- Sargılı rotorlu motorun, sincap kafesli rotorlu motorlara nazaran aşağıdaki kusurları vardır :

- a. Maliyeti yüksektir.
- b. Bakım ve tamir masrafları yüksektir.
- c. Direnç, rotor devresinde iken çalıştırılırsa verimi düşüktür.

- Sargılı rotorlu motorun hızı, rotor devresindeki direnci değiştirmekle ayarlanabilir. Rotor devresindeki ilâve direncin I^2R kaybı motorun verimini düşürür. Ayrıca direnç rotor devresinde iken yük artarsa yüzde kayma daha çabuk artar.

TEKRARLAMA SORULARI

1. Üç fazlı endüksiyon motorunun senkron hızını izah ediniz.
2. Üç fazlı endüksiyon motorunun hızını tayin eden iki faktör nelerdir?
3. Aşağıdaki terimlerle neler ifade edildiğini anlatınız:
 - a. Devir cinsinden kayma
 - b. Yüzde kayma
 - c. Rotor frekansı
4. a. 3 fazlı, 50 frekanslı ve sincap kafesli bir endüksiyon motorunun yol alma anındaki rotor frekansı nedir?
 - b. 3 fazlı, 50 frekanslı ve sincap kafesli bir endüksiyon motoru tam yük ile çalışırken, yaklaşık olarak rotor frekansının değeri nedir?
5. Sincap kafesli endüksiyon motorunun yol alma momenti niçin küçüktür?
6. Dört kutuplu, 3 fazlı ve 50 frekanslı bir endüksiyon motorunun tam yükteki hızı 950 devir/dakika'dır.
 - a. Senkron hızı,
 - b. Devir cinsinden kaymayı
 - c. Yüzde kaymayı,
 - d. Rotor frekansını hesaplayınız.
7. a. Üç fazlı sincap kafesli endüksiyon motorunun, hız, yüzde kayma, verim, güç katsayısı ve dönme momenti eğrilerini çizin.
 - b. Bu sorunun (a) bölümündeki eğrilerin özelliklerini söyleyiniz.
8. Endüksiyon motorunun belli bir kaymadaki dönme momentinin stator geriliminin karesi ile orantılı oluşunun sebebini izah ediniz.
9. Üç fazlı, 220 volt, 50 frekans ve 10 hp. lik sincap kafesli bir endüksiyon motorunun tam yük akımı 28 amperdir. Tam yükteki hızı 715 devir/dakika ve endüktif güç katsayısı 0.9 dur. Motor 8 kutupludur.
 - a. Senkron hızı,
 - b. Devir cinsinden kaymayı,
 - c. Yüzde kaymayı,
 - d. Normal hızdaki rotor frekansını hesaplayınız.
10. Üç fazlı, 50 frekanslı, 4 kutuplu ve 220 voltluk, sincap kafesli bir endüksiyon motorunun tam yükteki akımı 52 amperdir. Endüktif güç katsayısı 0.85 ve verimi % 88 dir. Kayması % 3 dür.
 - a. Dakikadaki devir cinsinden hızı
 - b. hp. cinsinden motor çıkış gücünü
 - c. Toplam kayıpları hesaplayınız.
11. Üç fazlı, 50 frekanslı, 6 kutuplu ve 220 voltluk, sincap kafesli bir endüksiyon motorunun tam yükteki çıkış gücü 15 Hp. dir. Tam yükteki verimi % 87 ve endüktif güç katsayısı 0.88 dir. Stator sargısı üçgen bağlıdır.
 - a. Giriş akımını
 - b. Stator sargısının faz gerilimi ni hesaplayınız.
12. Soru 11 deki motor aynı güç katsayısı ve yükte yıldız bağlı ise:
 - a. Yeni hat gerilimini,
 - b. Stator giriş iletkeninin akımını hesaplayınız.
13. Aşağıdaki motorların dönüş yönlerinin nasıl değiştirildiğini anlatınız.
 - a. Üç fazlı sincap kafesli endüksiyon motorlarında.
 - b. Üç fazlı sargılı rotorlu endüksiyon motorlarında.
14. Üç fazlı sincap kafesli endüksiyon motorunun tek fazlı şebekeye bağlandığında niçin dönmediğini anlatınız.
15. Aşağıdaki, üç fazlı endüksiyon motorları normal olarak çalışmamaktadır. Muhtemel arıza sebepleri ile giderilme çarelerini söyleyiniz.
 - a. 15 hp., 220 volt ve üç fazlı sincap kafesli bir endüksiyon motoru tam yük ile çalışırken fazla ısınmıştır. Motor durdurulduktan sonra tekrar çalıştırılmak istenmiş fakat motor dönmemiştir.
 - b. 5 hp., 220 volt ve üç fazlı sincap kafesli bir endüksiyon motoru, yol verme butonunu bırakır bırakılmaz durmaktadır.
 - c. 10 hp, ve üç fazlı sincap kafesli bir endüksiyon motorunun tesisi yeni yapılmıştır. Motor çift gerilimlidir ve gerilimleri 220-440 voltur. Motor üç fazlı ve 220 voltluk şebekeye bağlıdır. Motor yüksüz iken senkron hızından düşük bir hızla dönmekte fakat tam yükü ile yüklenince durmaktadır.
16. Üç fazlı, sincap kafesli bir endüksiyon motorunun yol verme şalterinin şemasını çizin.
17. Üç fazlı, sargılı rotorlu bir endüksiyon motorunun yol verme şalterinin şemasını çizin. Şemada yol verme ve durdurma butonları ile fazla yük koruma düzenlerini gösteriniz. Ayrıca kontak kolları yol verme durumunda iken şalterin düz yüzeyle hız ayarlayıcıya bağlanışını gösteriniz.
18. Yıldız bağlı, çift gerilimli (220/440 volt) üç fazlı bir endüksiyon motorunun aşağıdaki gerilimlerde çalışacak şekilde 9 terminalini bağlayınız.
 - a. Hat gerilimi 440 volt,
 - b. Hat gerilimi 220 volt
19. Üç fazlı sincap kafesli endüksiyon motoru ile üç fazlı sargılı rotorlu endüksiyon motorunu mukayese ediniz.
 - a. Yapılışı,
 - b. Dönme momenti,
 - c. Hız ayarı,
 - d. Maliyet ve bakım,
 - e. Verim bakımından.
20. a. Endüksiyon motorunun boş çalışmada güç katsayısının niçin küçük olduğunu anlatınız.
 - b. Endüksiyon motorunun yükü artınca güç katsayısı ne olur.
21. Çift sincap kafesli motor ile büyük yol alma dönme momentinin ve küçük yüzde kaymanın nasıl elde edildiğini anlatınız.
22. Sincap kafesli endüksiyon motorunun hızının nasıl ayarlanabileceğini anlatınız.
23. Tablodaki değerler üç fazlı sincap kafesli bir endüksiyon motorunun Prony freni deneyinde elde edilmiştir.

Hat Gerilimi	Hat Akımı	Vatmetreler		Rotor hızı	Fren kolu uzunluğu	Kantar Taksimatı	Tara
		1	2				
220 V.	13.2 a.	2885 W	1615	1450 Dev. Dak.	0.6 met.	4.5 Kg.	0,9 Kg

- a. Güç katsayısını
b. Hp. çıkış gücünü
c. Verimi
d. Kg.-Metre cinsinden çıkış dönme momentini hesaplayınız.
24. a. Sincap kafesli bir endüksiyon motorunun kayıpları nelerdir?
b. Bu kayıpların hangileri sabit ve hangileri yük ile değişir?
25. Bir sincap kafesli motorun etiketindeki değerleri sıra ile yazınız.
26. Üç fazlı sincap kafesli endüksiyon motorlarının etiketlerindeki kod harflerinin sebebini anlatınız.
27. Silindirik ve düz yüzeyle hız ayarlayıcılarındaki yol verme koruma düzeninin sebebini anlatınız.
28. 7.5 Hp., 220 volt, 4 kutuplu ve yıldız bağlı üç fazlı sincap kafesli bir endüksiyon motorunun tam ve boş çalışmadaki deney değerleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

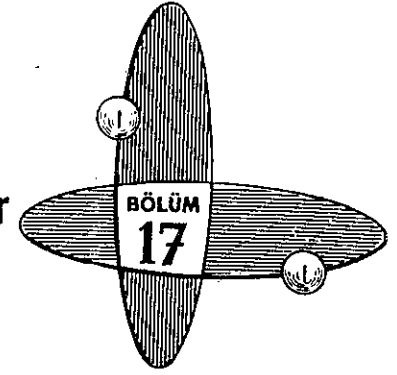
Hat gerilimleri			Hat akımları			Güçler		Hız	Yük durumu
A-B	B-C	C-A	A	B	C	W_1	W_2	Dev. Dak.	
220	220	220	5.0	5.0	5.0	680	-360	1495	Boş Çalışma
220	220	220	20.0	20.0	20.0	4400	2300	1450	Tam yükte

Yıldız bağlı stator sargısının her fazının etkin direnci 0.65 ohmdur. Motorun kaçak güç kayıplarını hesaplayınız.

29. Soru 28 deki değerleri kullanarak:
a. Motorun tam yükteki bakır kayıplarını
b. Motorun tam yükteki verimini

- u. Motorun tam yükteki çıkış gücünü
d. Kg.-Metre cinsinden motorun tam yükteki çıkış dönme momentini hesaplayınız.
30. Üç fazlı sincap kafesli bir endüksiyon motorunun fazla yük taşıması istenmektedir. Motorun bu artan yükü taşıması için kendisini nasıl ayarladığını sıra ile anlatınız.

Senkron Motor



Senkron motor boşa çalışma ile tam yük arasında sabit hızla çalışan bir üç fazlı alternatif akım motordur. Senkron motor yapılış itibarıyla üç fazlı generatörün aynidir. Döner alan sargısı bir doğru akım kaynağı ile beslenir. Alan sargısının doğru akımını değiştir-

mekle motorun güç katsayısı, endüktif veya kapasitif, çeşitli değerleri alır. Senkron motor, hızı sabit, verimi yüksek ve fiyatı ucuz olduğu için sanayide çok kullanılır. Bu motor, ayrıca alternatif akım devrelerinin güç katsayısının yükseltilmesinde de kullanılır.

YAPILIŞI

Üç fazlı senkron motorun başlıca parçaları şunlardır :

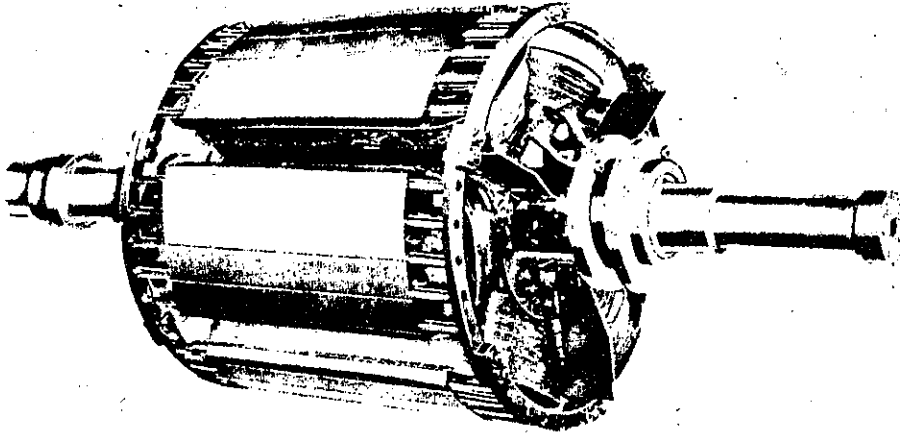
1. Üç fazlı sargısı ile saç stator göbeği.
2. Bilezikleri ve amortisör sargısı ile birlikte döner alan.
3. Fırça ve taşıyıcıları.
4. Mili taşıyan yatakların yerleştirildiği iki yan kapak.

Senkron motorun stator göbeği ve sargısı üç fazlı sincap kafesli veya sargılı rotorlu motorların stator göbeği ve sargılarının aynidir. Stator sargısının uçları gövde üzerindeki klemens tablosuna bağla-

nır ve T₁, T₂, T₃ harfleri ile işaretlenir.

Senkron motoru rotoru çıkıntılı kutupludur, alan sargısı değişik kutuplar elde edecek şekilde bağlanır. Rotor alanının kutup sayısı stator alanının kutup sayısına eşit olmalıdır. Alan sargısının uçları mil üzerindeki bileziklere bağlanır. Senkron motorun kendi kendine yol almasını sağlamak için rotor üzerine sincap kafesi veya amortisör sargısı yerleştirilir.

Şekil 17-1. de amortisör sargılı ve çıkıntılı kutuplu bir rotor gö-



Şekil 17-1. Amortisör Sargıları Olan bir Senkron Motor Rotoru.

rılmektedir. Amortisör sargısı saç kutup göbeklerinin içine yerleştirilmiş bakır çubuklardan ibarettir. Bakır çubuklar rotorun iki tarafındaki bakır çemberlere kaynakılmıştır.

Kömür fırçalar taşıyıcılara yerleştirilir ve bileziklere temas ederler. Fırça uçları gövde üzerindeki ikinci klemens tablosuna bağlanır. Alan sargısının uçları F_1 ve F_2 harfleri ile işaretlenir.

ÇALIŞMA PRENSİBİ

Stator uçlarına üç fazlı gerilim tatbik edilince statorun iç yüzü etrafında senkron hızla hareket eden döner alan meydana gelir. Stator alanının senkron hızı endüksiyon motorlarında olduğu gibi hesaplanır. Senkron hız, hesabında kullanılan faktörler şebeke frekansı ve stator kutup sayısıdır. Dakikada devir cinsinden

$$\text{senkron hız} = \frac{120 \times \text{Frekans}}{\text{Kutup sayısı}}$$

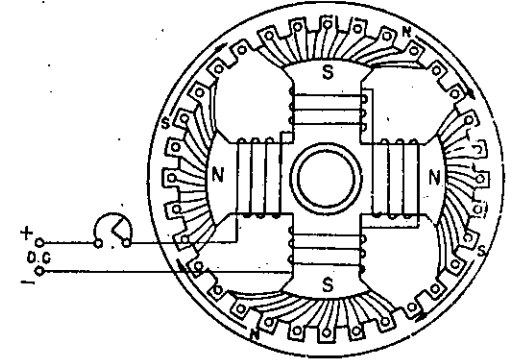
Veya

$$S = \frac{120 F}{P}$$

Senkron hızla döner alanı amortisör çubuklarını keser ve çubuklarda akım ile gerilimler indükler. Amortisör alanı ile stator alanının karşılıklı etkisi ile rotor döner. Rotorun hızı ile statorun senkron hızı arasındaki fark çok az olacak şekilde rotorun hızı yükselebilir. Diğer bir ifade ile rotor dö-

nen stator alanına nazaran çok az geride kalır. Rotor hızı senkron hızın yüzde 95 - 97 sine kadar yükselebilir. İşte o zaman rotor uyarım devresi doğru akım ile uyarılır ve rotorun çıkıntılı göbeklerinde kutuplar meydana gelir. Stator döner alanının kutupları ters işaretli rotor kutuplarını çeker.

Şekil 17-2 rotor kutuplarının ters işaretli stator kutupları ile kilitlenişini göstermektedir. Artık rotorun hızı statorun senkron hızının aynı olur.



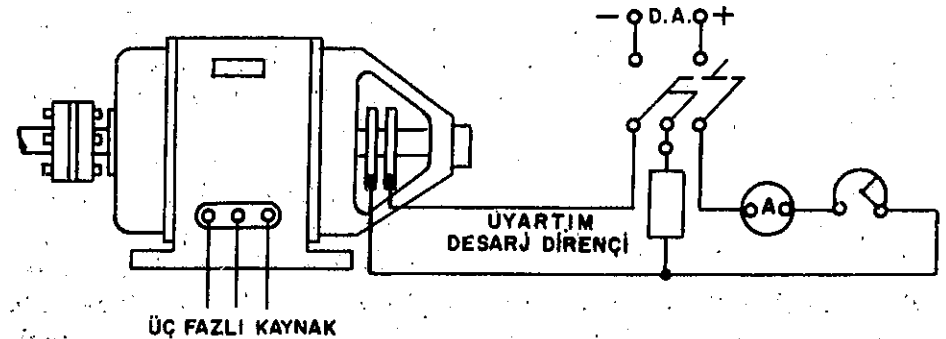
Şekil 17-2. Bir Senkron Motorun Çalışma Prensibi

DOĞRU AKIM ALANININ UYARTILMASI

Bazı senkron motor tesislerinde doğru akım bir dış doğru akım üreticisinden elde edilir. Aynı üreteç diğer senkron motorların uyarım devrelerini de besler. Bazı senkron motorlarda D.A. uyarım generatörü motor miline bağlıdır. Başka tip senkron motor tesisle-

rinde D.A. uyarımı elektronik redresörlerle elde edilir.

Şekil 17-3 motorun doğru akım devresini göstermektedir. Dış kaynak ile uyarılan alan sargısının akımı bir alan reostası ile ayar edilir. Alan şalteri açık iken boşalma direnci alan sargısının iki ucunu birleştirir.



Şekil 17-3. Bir Senkron Motorun Dış Bağlantıları.

Yol Verme

Hızla dönen stator alanı hareketsiz durumdaki rotor kutuplarında alternatif bir dönme momenti meydana getireceği için, senkron motorlara alan devresi D.A. ile uyarılmış iken yol verilmez. En fazla kullanılan yol verme metodu, önce uyarım sargısının uçlarını boşalma direncinin uçlarına bağlamak ve sonra stator uçlarını A.A. devresine bağlamaktır.

Bu durumda motor endüksiyon motoru gibi yol alır, stator alanı senkron hızı ile döner ve doğru akım uyarım sargısında 1500 volta kadar gerilim indükler. Bunun için alan sargısının iyi yalıtılması ve insanların dokunmasını önleyecek şekilde yerleştirilmesi gerekir. Alan sargısının uçlarına boşalma direnci bağlanınca uçlar arasındaki gerilim nisbeten düşer. Buna rağmen dokunma anında insan hayatı için bir tehlike yaratır.

SENKRON MOTORUN YÜKLENMESİ

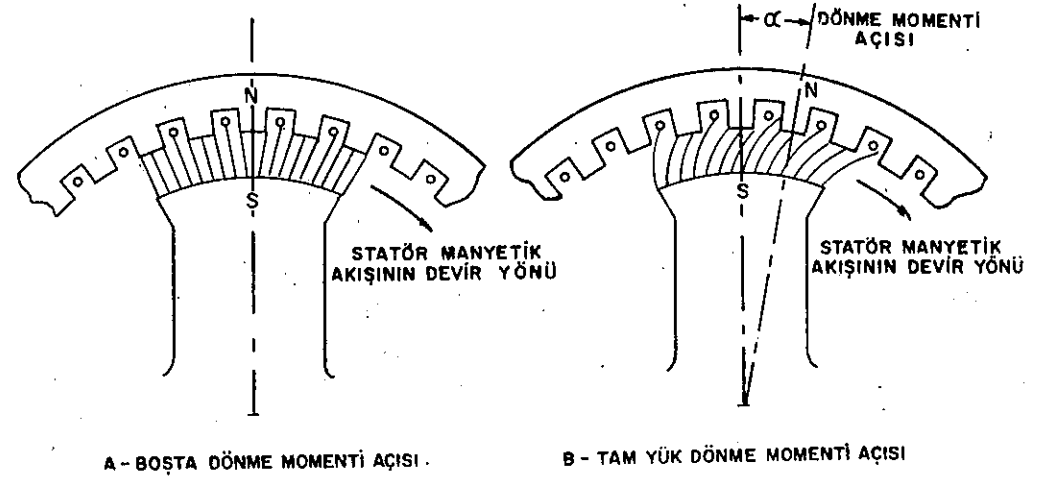
Bir doğru akım motorunun veya alternatif akım motorunun mekanik yükünün artması ile hız azalır. Hız azalınca zıt elektromotor kuvvet azalır ve motor devreden mekanik yükü karşılayacak kadar akım çeker. Bu olay senkron motorlarda meydana gelmez ve rotorun bütün yüklerde senkron hızla dönmesi gerekir. Şekil 17-4 A motor yüksüz iken stator ve rotor ku-

Motor hızı senkron hızın yüzde 95 ine yükselince, boşalma direnci devre dışı edilir ve alan sargısı doğru akım ile uyarılır. Rotor dönen stator alanı ile senkronizme geçer ve sabit hızla döner. Bazı yüksek ataletli, zor hız alan yükler, özel otomatik alan cihazlarına ihtiyaç gösterir. Otomatik cihaz rotor ile stator alanı en uygun durumda iken alan devresini doğru akım ile uyarır ve motoru endüksiyon motoru durumundan senkron motor durumuna geçirir.

Motor durdurulunca alan devresinin şalteri açılır. Alanın değeri düşünce alan sargısında sargı izolasyonunu bozacak kadar yüksek gerilim indüklenir. Fakat boşalma direnci sargı uçlarına bağlıdır, manyetik alanda depo edilen enerji direnç üzerinden boşalır. Böylece alan sargısında indüklenen gerilimin değeri düşürülür.

tuplarının durumlarını göstermektedir. Dikkat edilirse kutup eksenlerinin aynı çizgi üzerinde olduğu görülür.

Şekil 17-4 B motorun mekanik yükü artırılınca stator ve rotor kutuplarının durumlarını göstermektedir. Şimdi rotor kutbu stator kutbuna nazaran rotor dönüş yönünün aksi yönde kaymıştır. Şu-



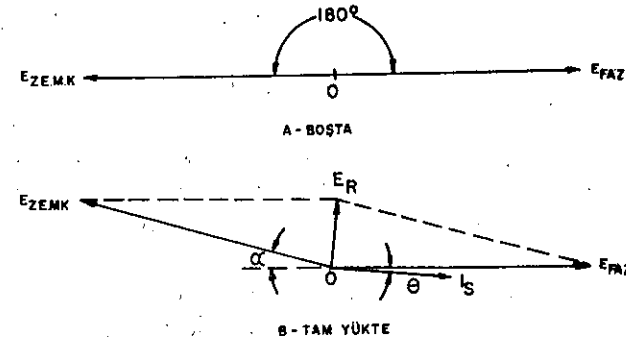
Şekil 17-4. Stator ve Rotor Kutuplarının Birbirlerine Göre Durumları.

rasını unutmuyalım ki, hızda bir değişme yoktur ve rotor senkron hızı ile dönmeye devam eder. Sadece stator ve rotor kutuplarının eksenleri arasında bir açı farkı vardır. Şekil 17-4 B de gösterilen açı farkına dönme momenti açısı denir.

Senkron motor yüksüz çalışırken dönme momenti açısı pratik olarak sıfır ve zıt elektromotor kuvveti pratik olarak tatbik edilen

gerilime eşittir. (Yukarıdaki deyim motor kayıpları ihmal edildiği zaman doğrudur.) Mekanik yük arttıkça dönme momenti açısı artar ve stator gerilimi ile zıt elektromotor kuvveti arasındaki açı artar. Açı artışı ile stator, artan yükü karşılayacak kadar devreden akım çeker.

Yüksüz çalışmada stator ve rotor kutupları aynı çizgi üzerindedir, Şekil 17-5 A dan görüleceği



Şekil 17-5. Senkron Motorun Boştaki ve Tam Yükteki Akım ve Gerilim Durumlarını Gösteren Vektör Diyagramları.

üzere zıt E.M.K. tatbik edilen gerilime eşit ve zıt yönlüdür. Motor yüklenince rotor kutupları stator kutuplarına nazaran α açısı kadar geride kalır ve şekil 17-5 B de görüldüğü üzere zıt E.M.K. şekil 17-5 A daki durumuna nazaran α açısı kadar geridedir. Hat gerilimi ile zıt E.M.K. artık ters yönlü değildir. Gerilim bileşeni E_R stator sargısından I_s akımını geçirir. Stator sargısının reaktansı direncine nazaran çok büyük olduğundan E_R ile I_s arasındaki açı hemen hemen 90° ye yakındır. Şimdi üç fazlı motorun bir fazının giriş gücü :

GÜÇ KATSAYISI

Doğru akım alanının uyartımını değiştirmekle motorun hızı değişmez, fakat senkron motorun güç katsayısı değişir. Uyartım akımı normal değerinin altına düşürülürse, güç katsayısı endüktif olur ve değeri düşer. Üç fazlı alternatif akım devresi statöre mıknatıslama akımı verir ve bu akım zayıf D.A. alanını kuvvetlendirir. Bu mıknatıslama akımı bileşeni gerilime nazaran 90° geridedir. Bu mıknatıslama akımı bileşeni, giriş akımının büyük bir kısmını meydana getirir ve sonuç olarak güç katsayısı endüktif olarak küçülür.

D.A. alanının uyartım akımı artırılırsa, statör üç fazlı alternatif

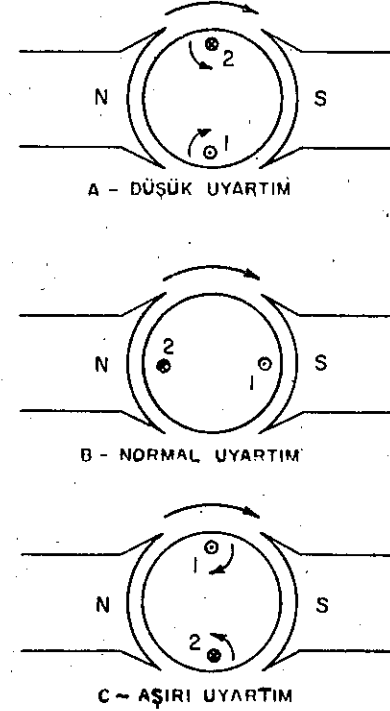
$$E_s \times I_s \times \cos. \alpha$$

Dikkat edilirse senkron motor, hızının azalması ile değil stator ve rotor kutup eksenleri arasındaki açının artması ile artan mekanik yükü taşır.

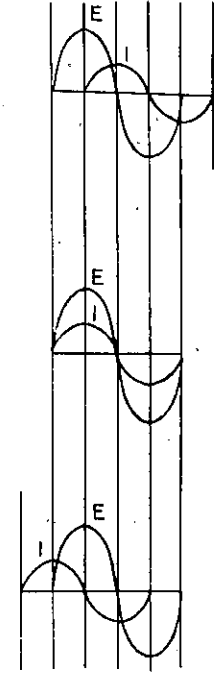
Artan mekanik yükün etkisi ile stator ve rotor kutup eksenleri arasındaki açı çok büyürse, rotor senkronizmden çıkar ve amortisör sargısının yardımı ile endüksiyon motoru olarak çalışmaya devam eder. Motorun senkronizmden çıkmadan üretebileceği maksimum dönme momentine senkronizmden çıkma dönme momenti denir.

akım devresinden az mıknatıslama akımı çeker. Mıknatıslama akımı bileşeni stator giriş akımının küçük bir kısmını teşkil eder ve güç katsayısı yükselir. Alan akımı yeteri kadar artırılırsa, güç katsayısı bire yükselir. Güç katsayısı 1 iken alternatif akım şebekesi statöre yalnız aktif akım verir ve uyartım akımı motor için gerekli manyetizmayı meydana getirir. Güç katsayısı bir iken alan sargısından geçen akıma normal uyartım akımı denir.

Uyartım akımı normal değerinin üstüne çıkarılırsa, güç katsayısı küçülür. Stator alternatif akım devresinden, rotor manyetizması-



Şekil 17-6. Bir Senkron Motorun Uyartımı.



nı azaltacak bir akım çeker. Bu akımın etkisi ile rotor alanı zayıflar ve normal değerine düşer.

Şekil 17-6 daki diyagramlar doğru akım alanının stator alanı ile nasıl artırıldığını ve azaltıldığını göstermektedir. Bu diagramlarda doğru akım alanı sabittir, dönen endüvi sargısı alternatif akım şebekesine bağlıdır. Genellikle, bütün senkron motorlarda A.A. sargısı sabittir, doğru akım sargısı döner. Her iki tipin çalışma prensibi aynidir.

Senkron motorun iki tipik karakteristik eğrisi Şekil 17-7 de gö-

rülmektedir. Bu eğriler, senkron motorun yükü sabit iken, stator akımı ile güç katsayısının uyartım akımına bağlı olarak değişimini göstermektedir.

Dikkat edilirse, normal uyartımda güç katsayısı maksimum, bir, ve stator akımı minimumdur. Uyartım akımı azaltılırsa, güç katsayısı küçülür ve endüktif olur. Stator akımı yükselir. Eğer uyartım akımı normal değerinden fazla artırılırsa, güç katsayısı kapasitif olur ve azalır. Stator akımı yükselir.

Şekil 17-6 A da stator alternatif akım devresinden mıknatıslama akımı çeker, bu akım gerilime nazaran 90° geridedir. Mıknatıslama akımı şekilde görüldüğü gibi maksimum değerine ulaşır. Mıknatıslama akımının alanı bu durumda doğru akım alanını zayıflatır. Şekil 17-6 A da gösterilmeyen aktif akım bileşeni yükün gerektirdiği dönme momentini meydana getirir. Mıknatıslama akımı motorun güç katsayısının endüktif olması sebebiyle olur.

Şekil 17-6 B de uyarım akımı normal değerine yükselmiştir. Sta-

tor alternatif akım devresinden gerekli dönme momentini meydana getirecek akımı çeker. Bu akımın aktif bileşeni vardır, mıknatıslama akımı bileşeni yoktur. Güç katsayısı birdir.

Şekil 17-6 C de doğru akım alanı fazla uyarılmıştır. Şimdi stator alternatif akım devresinden artan doğru akım alanını azaltacak bir akım çeker. Bu akım bileşeni gerilime nazaran 90° ileridedir. Bu kapasitif akım bileşiminin alanı doğru akım alanını zayıflatır ve

normal değerine düşürür. Stator akımının bir de aktif akım bileşeni vardır. Aktif akım bileşeni şekil 17-6 C de gösterilmemiştir, bu bileşen yük için gerekli dönme

momentini meydana getirir. Doğru akım alanı normalin üstünde uyarılırsa, stator alternatif akım şebekesinden kapasitif akım çeker ve güç katsayısı kapasitiftir.

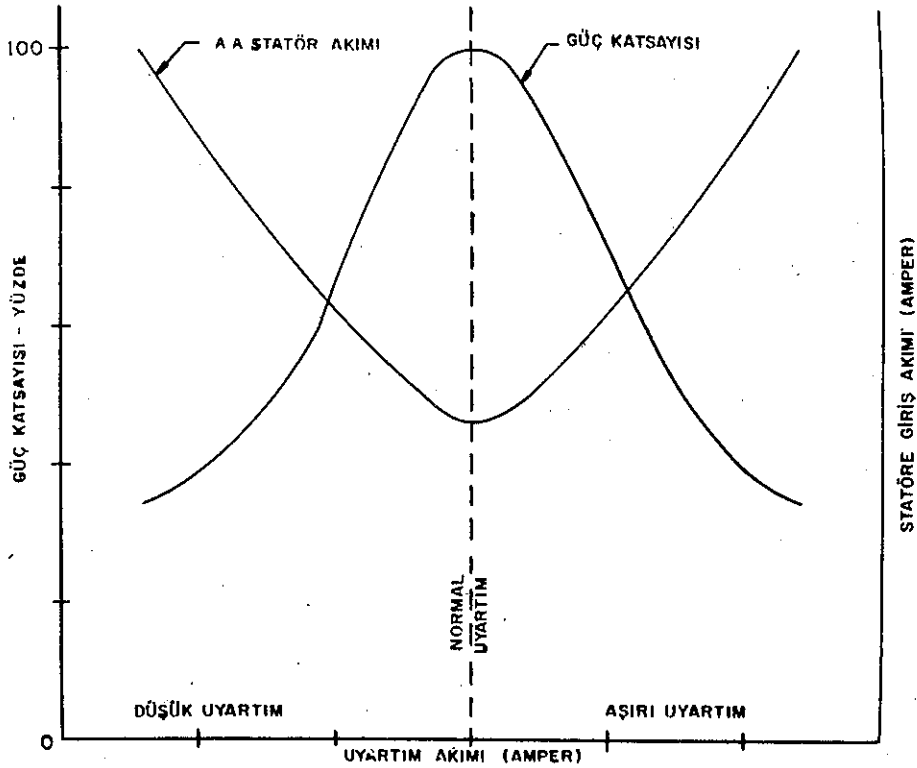
SANAYİDE KULLANILDIĞI YERLER

Senkron motorlar sabit hızlı yüklerde kullanılır. Güçleri 20 hp. veya daha fazladır. Maksimum verimde çıkışın sabit kalması için sabit hızla dönmesi gereken, hava ve gaz kompresörlerinde senkron motorlar kullanılır. Senkron motorlar D.A. generatörlerini döndürmede de kullanılır. Ayrıca senkron motorlar, vantilatörlerde, aspiratörlerde, su pompalama istasyonlarındaki pompalarda kullanılır.

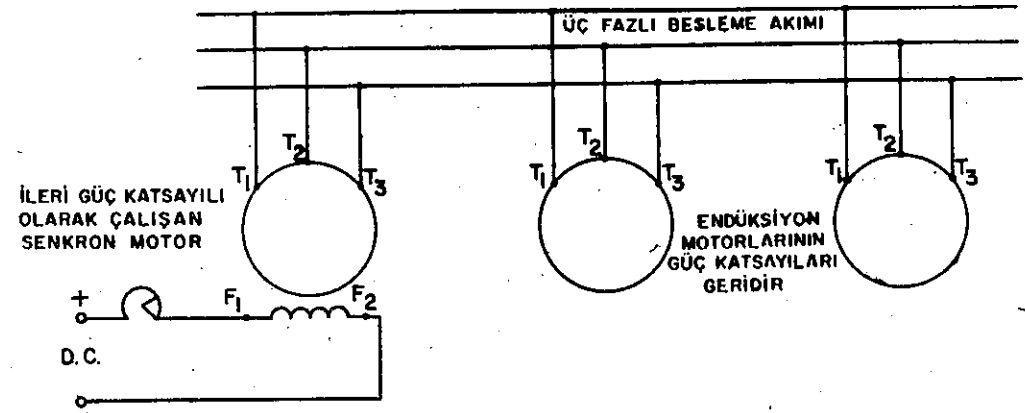
Üç fazlı senkron motor küçük tesislerde mekanik bir yükü çevirmede ve aynı anda güç katsayısını yükseltmede kullanılır. Şe-

kil 17-8 tipik bir besleme devresini göstermektedir. Devrede iki endüksiyon motoru vardır ve güç katsayısı küçüktür. Senkron motor aynı devreye bağlıdır ve alanı fazla uyarılmıştır. Senkron motorun kapasitif volt-amperi iki endüksiyon motorunun veya besleme devresinin endüktif volt-amperini denkleştirir. Eğer D.A. alanının uyarımı yeteri kadar arttırılmışsa kapasitif volt-amper, endüktif volt ampere eşit ve besleme devresinin güç katsayısı birdir.

Eğer senkron motor yük döndürmeden güç katsayısını düzelt-



Şekil 17-7. Senkron Motorun Karakteristik Eğrileri.



Şekil 17-8. Senkron Motorun Güç Katsayısını Düzeltmede Kullanılışı.

mek için kullanılırsa bir kondansatör görevi yapar ve motora senkron kapasite veya senkron kondansatör denir.

Aşağıdaki örnek bir senkron motorun üç fazlı endüksiyon motorlarının endüktif volt-amperlerini düzeltmek için nasıl kullanıldığını göstermektedir.

Örnek Problem 1

İki motor üç fazlı, 220 voltluk bir besleme devresine bağlıdır. Motorlardan biri üç fazlı sargılı rotorludur. Motor akımı 40 amper güç katsayısı endüktif ve % 81 dir. İkinci motor üç fazlı senkron motordur ve motor akımı 30 amper güç katsayısı kapasitif % 65 dir.

1. Sargılı rotorlu motorun gücünü, volt-amperini ve endüktif volt-amperini hesaplayınız.
2. Senkron motorun gücünü, volt amperini ve kapasitif volt-amperini hesaplayınız.
3. İki motorun çektiği gücü hesaplayınız.
4. Üç fazlı besleme devresinin güç katsayısını hesaplayınız.
5. Üç fazlı besleme devresinin hat akımını hesaplayınız.

Çözüm

1. Sargılı rotorlu motorun görünür gücü :

$$\begin{aligned} V.A. &= \sqrt{3} \times E_L \times I_L \\ &= 1,73 \times 220 \times 40 \\ &= 15224 \text{ volt-amper} \end{aligned}$$

Sargılı rotorlu motorun giriş gücü :

$$\begin{aligned} W &= \sqrt{3} \times E_L \times I_L \times \cos. \Theta \\ &= 1,73 \times 220 \times 40 \times 0,81 \\ &= 12331 \text{ vat.} \end{aligned}$$

Motorun endüktif volt-amperi:

$$\cos. \Theta = 0,81 \text{ endüktif.}$$

$$\Theta = 35,9^\circ$$

$$\sin 35,9 = 0,5864$$

Endüktif Volt-amper

$$= 15224 \times 0,5864 = 8927 \text{ V.A.}$$

2. Senkron motorun görünen gücü :

$$\begin{aligned} V.A. &= \sqrt{3} \times E_L \times I_L \\ &= 1,73 \times 220 \times 30 \\ &= 11418 \text{ volt-amper} \end{aligned}$$

Senkron motorun giriş gücü :

$$\begin{aligned} W &= \sqrt{3} \times E_L \times I_L \\ &= 1,73 \times 220 \times 30 \times 0,65 \\ &= 7422 \text{ vat} \end{aligned}$$

Senkron motorun kapasitif volt-amperi :

$$\cos. \Theta = 0,65$$

$$\Theta = 49,5^\circ$$

$$\sin. \Theta = 0,7604$$

Kapasitif volt-amper

$$= 11418 \times 0,7604 = 8682 \text{ V.A.}$$

3. Toplam güç iki motorun güçlerinin toplamına eşittir. Toplam güç = 12331 + 7422 = 19753 vat.

4. Üç fazlı besleme devresinin toplam reaktif gücü :

$$8927 - 8622 = 305 \text{ volt-amper}$$

305 V.A. senkron motorun kompanse edemediği endüktif volt-amperdir. Bu V.A. ile toplam gücün vektöryel toplamı besleme devresinin görünen gücünü verir.

$$\begin{aligned} V.A. &= \sqrt{(19753)^2 + (305)^2} \\ &= 19755 \text{ volt-amper.} \end{aligned}$$

Sistemin güç katsayısı, toplam gücün toplam görünen güce oranına eşittir.

$$\cos. \Theta = \frac{19753}{19755} = 0,9999$$

yaklaşık olarak güç katsayısı biridir.

5. Üç fazlı bir sistemin toplam Volt-amperi veya kva. i biliniyorsa hat akımı kolaylıkla hesaplanır.

$$Kva. = \frac{\sqrt{3} \times E_L \times I_L}{1000}$$

$$19755 = \frac{1,73 \times 220 \times I_L}{1000}$$

$$I_L = 51,9 \text{ amper}$$

Örnek Problem 2

Bir fabrikanın görünen gücü 600 Kva ve güç katsayısı 0,75 endüktiftir. Devreye giriş gücü 150 Kw. olan bir motor ilâve edilmiştir. Yeni kva. yı ve toplam güç katsayısını hesaplayınız.

1. 150 Kw. lık motor bir endüksiyon motorudur ve güç katsayısı endüktif 0,85 dir.

2. 150 Kw. lık motor bir senkron motordur ve güç katsayısı kapasitif 0,8 dir.

Çözüm

1. Devrenin ilk gücü

Endüksiyon motoru için

$$= 600 \times 0,75$$

$$= 450 \text{ Kw.}$$

$$\cos. \Theta = 0,75$$

$$\Theta = 41,4^\circ \text{ endüktif}$$

$$\sin. \Theta = 0,6613$$

$$\text{Endüktif Kva.} = 600 \times 0,6613$$

$$= 396,8 \text{ kva.}$$

Endüksiyon motorunun görünen

$$\text{gücü} = \frac{150}{0,85} = 176 \text{ kva.}$$

$$\cos. \Theta = 0,85$$

$$\Theta = 31,8^\circ \text{ endüktif}$$

$$\sin \Theta = 0,5270$$

$$\text{Endüktif Kva.} = 176 \times 0,5270$$

$$= 93 \text{ kva.}$$

Endüksiyon motoru ile birlikte toplam güç

$$\text{Toplam Kw. güç} = 450 + 150 = 600 \text{ Kw.}$$

Endüktif Toplam

$$\text{Kva.} = 396,8 - 93$$

$$\text{Toplam güç} = \sqrt{(600)^2 - (489,8)^2} = 774,5 \text{ kva.}$$

Endüksiyon motoru dahi toplam güç katsayısı

$$\text{Cos. } \Theta = \frac{\text{Kw}}{\text{kva}} = \frac{600}{774,5}$$

$$= 0,7446 \text{ endüktif güç katsayısı}$$

2. Senkron motor için Devrenin ilk gücü

$$= 450 \text{ kw.}$$

Devrenin endüktif Kva

$$= 396,8 \text{ Kva.}$$

Senkron motorun görünen gücü

$$= \frac{150}{0,8} = 187,5 \text{ kva.}$$

Cos. $\Theta = 0,8$ Kapasitif

$$\Theta = 36,9^\circ$$

Sin. $\Theta = 0,6004$

Kapasitif kva.

$$= 187,5 \times 0,6004 = 112,6 \text{ Kva.}$$

Senkron motoru ile birlikte güç

$$= 450 + 150 = 600 \text{ kw.}$$

İlk yükün endüktif kva. 396,8 kva ve senkron motorun kapasitif kva 112,6 kva dir. O halde, net kva

$$= 396,8 - 112,6 = 284,2 \text{ endüktif kva.}$$

Toplam görünen güç

$$= \sqrt{(600)^2 + (284,2)^2} = 664 \text{ kva.}$$

Her iki halde toplam güçler aynı olduğu halde, görünen güç endüksiyon motoru kullanıldığı zamankinden oldukça küçüktür. Görünen gücün küçülüşü, senkron motorun kullanışı ile güç katsayısının arttığını gösterir.

$$\text{Cos. } \Theta = \frac{\text{KW}}{\text{kva}} = \frac{600}{664}$$

$$= 0,9036 \text{ Sistemin endüktif güç katsayısı.}$$

Sistemin endüktif kva i 396,8 kva dir. Senkron motorun kapasitif Kva. i 112,6 kva. dir. Bu iki Kva in farkı 284.2 kva. sistemin endüktif kva ini verir. Akım kaynağı, devreye 284.2 kva ile güç 600 KW ı verir. Sistemin güç katsayısı yine endüktif fakat birinci duruma göre oldukça yüksektir.

BÜYÜK SENKRON MOTORLARA YOL VERME

Bu bölümün başında, senkron motorların çalışması ve yol verilmesi anlatılmıştı. Senkron motorun yol verme akımı aynı güç ve hızdaki endüksiyon motorunun yol verme akımından küçüktür. Ekseriya senkron motorlara tam gerilim ile yol verilir. Bazan 10000 — 15000 hp. lik senkron motorlara da tam gerilim ile yol verilir. Senkron motor uygun olarak yapılmış ise, tam gerilim ile yol verme motor için zararlı değildir. Eğer düşük gerilim ile yol verilirse, basit ve ucuz bir yol verici kullanılır.

Motorun yol verme akımı, şebeke gerilimini istenmeyen değerlere düşürürse senkron motora

düşük gerilim ile yol verilir. Yol vermede bir reaktör veya bir oto-transformatör yol verici ile motor uçlarına normal gerilimin yüzde 60-65 i tatbik edilir. Bu tip yol vericiler detaylı olarak 17 inci bölümde anlatılacaktır.

Motor düşük gerilim ile endüksiyon motoru olarak çalışır, hızı senkron hıza kadar artar. Yol verici devreden çıkarılır ve alan sarğısı uyarılır.

Otomatik yol vericilerde, özel bir röle devrede en az bir değişiklik olacak anda alan devresini uyarır. Motor, senkron motor olarak normal çalışmaya başlayınca, istenen güç katsayısını elde etmek için uyarım akımı ayarlanır.

SENKRON MOTORUN GÜCÜ

Senkron motorun etiketi ile A.A. generatörünün etiketi aynıdır. Yalnız A.A. generatörünün çıkışı kva cinsinden, senkron motorun çıkışı ise hp. cinsinden verilir.

Senkron motorların etiketlerinde ayrıca güç katsayısı yazılıdır. Senkron motorlar, genellikle, güç katsayıları % 100 veya kapasitif % 90, % 80 olacak şekilde imâl edilir. Bazı özel durumlarda senkron motor değişik güç katsayıları için imâl edilir. Motorun güç katsayısı % 100 ise motor kapasitif

olarak çalıştırılabilir. Düşük güç katsayısındaki akımın normal stator akımından fazla olmaması için mekanik yükün azaltılması gerekir. Diğer bir deyim ile, çıkış gücünün ve görünen giriş gücü kva. in etiket üzerindeki değerlerin üstüne çıkmaması gerekir. Motor kapasitif % 80 - % 90 güç katsayısı için imâl edilmiş ise belirli bir güç çıkışındaki stator akımı güç katsayısı % 100 iken çekeceği akımdan büyüktür. Motorun normal çıkış gücünü verebilmesi için

küçük güç katsayısında fazla akım çekmesi gerekir. Senkron motorun kayıpları bir alternatif akım generatörünün kayıplarının aynıdır. Bu kayıplar alan ve stator sargılarındaki bakır kayıpları ile me-

kanik ve hava sürtünme kayıpları ile demir kayıplarından ibarettir. Üç fazlı senkron motorun verimi aynı güç ve hızdaki endüksiyon motorunun veriminden biraz büyüktür.

TEK FAZLI KÜÇÜK SENKRON MOTORLAR

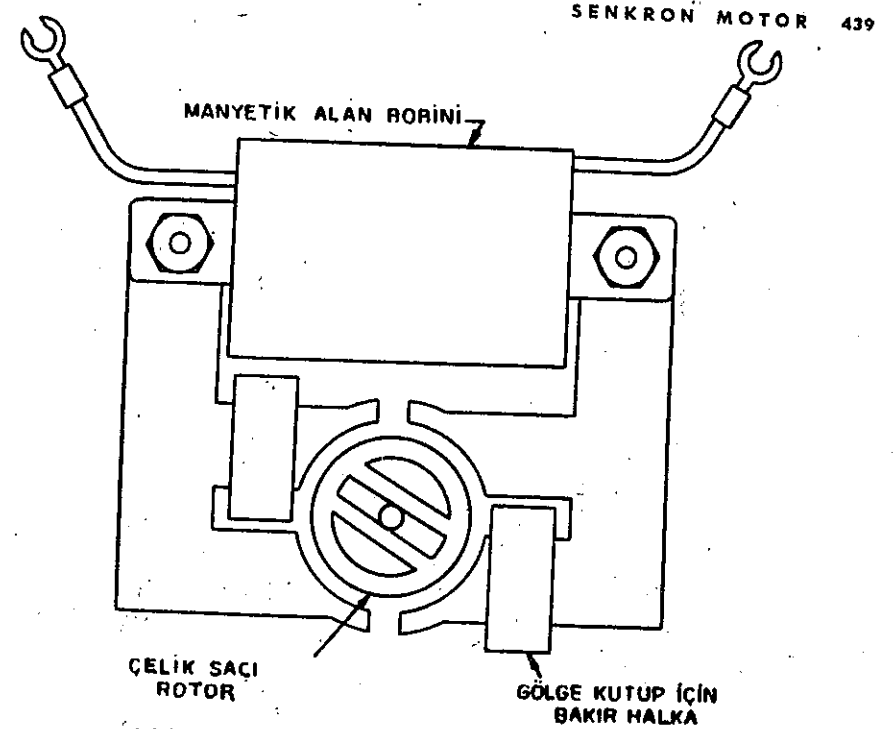
Küçük tek fazlı senkron motorlar, elektrikli saatlerde, zaman şalterlerinde, grafik çizme cihazlarında, stroboskoplarda ve daha başka zaman ölçme ile ilgili işlerde kullanılır. Bu tip motorlarda alan doğru akım ile uyarılmaz. Warren veya G. E. tipi tek fazlı senkron motorlar çok kullanılır. Stator sağdan yapılmıştır, üzerinde 120 volt ile çalışan stator sargısı bulunur. Statorun iki kutbu vardır ve her kutup iki kısımdan ibarettir. Her kutbun yarısı üzerine kalın kesitli bir çember yerleştirilmiştir. Bu çemberlerin görevi döner alan etkisi meydana getirmektir.

Şekil 17-9 da G. E. tipi bir saat motoru görülmektedir. Rotoru meydana getiren disk biçimindeki ince çelik saclar mil üzerine pres ile yerleştirilmiştir. Rotoru meydana getiren sertleştirilmiş çelik disklerin histerezis kaybı büyüktür. Statorun döner alanının etkisi ile rotor dönmeye başlar ve rotor ile stator kutupları kenetlenince rotor senkron hızla dönmesine

devam eder. Döner alanın akısı manyetik direnci en az olan rotor yolundan geçmek ister.

İki kutuplu stator ile döner alanın nasıl meydana geldiği sorulabilir. Stator akısı artınca, akının bir kısmı bakır çemberin çevrelediği kutup içinden geçer ve çember içinde akım ve gerilim indükler. Çemberden geçen akımın meydana getirdiği alan asıl alana karşı koyar. Bunun için stator akısının çoğu kutbun çembersiz kısmından geçer. Stator akısı maksimum iken akı değişimi sıfırdır. Bu anda çember akımı ve akısı sıfırdır, stator akısının bir kısmı kutbun çember içinde kalan kısmından geçer. Stator akısı azalmaya başlayınca yine çemberde akım ve gerilimler indüklenir. Bu defa çember akımının akısı stator akısını kuvvetlendirir. Stator akısı önce kutbun çembersiz kısmında, sonra çemberli kısmında maksimum değerini alarak bir cins döner alan meydana gelir.

Eğer şebeke frekansı 50 ise bu tip iki kutuplu bir motorun senk-



Şekil 17-9. General Elektrik (Warren) Saat Motoru.

ron hızı dakikada 3000 devirdir. Elektrik saatları ile benzeri yerlerde kullanmak için motorun senkron hızı bir dişli kutusu ile istenen değere düşürülür.

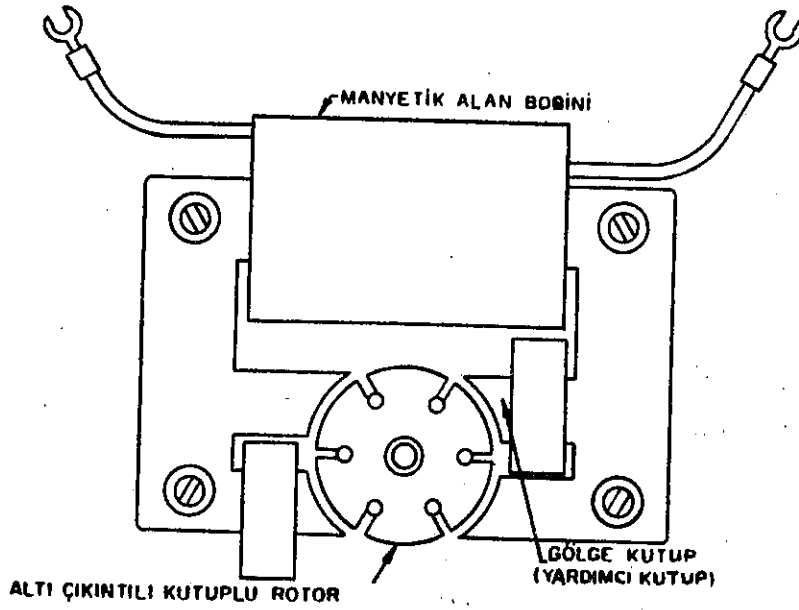
Şekil 17-10 da Holtz tipi tek fazlı bir senkron motor görülmektedir. Bu motorun kutupları üzerinde G. E. tipi motorda olduğu gibi bakır çember vardır. Rotorları farklıdır. Holtz tipi motorun rotoru üzerinde 6 ince çubuklu kü-

çük bir sincap kafesi vardır. Oyuklar öyle ayarlanmıştır ki rotor üzerinde 6 tane çıkıntılı kutup elde edilir. Motor sincap kafesli motor olarak yol alır. Stator 50 frekanslı bir devreye bağlı ise yarım saykılada bir rotor kutbu stator kutbunun karşısına gelir. O halde rotor üç saykılada yani $3/50$ saniyede bir devir yapar. Rotorun dakikadaki devir sayısı, $60 \times 50/3 = 1000$ dir.

SELSİN MOTORLARI

Selsin motorları, aralarında elektriksel bağlantı bulunan iki

veya daha çok sistemlerde kullanılır. Selsin motorları ile otoma-



Şekil 17-10. Holtz Senkron Motoru.

tik kontrol sağlanır. Bu motorlar endüstrinin her alanında kullanılır.

Selsin motorları generatör reostasının, buhar türbini düzeneğinin, valf, asansör ve hadde makinasının yüksekliğini uzaktan kontrol etmede, su türbini düzeneğ-

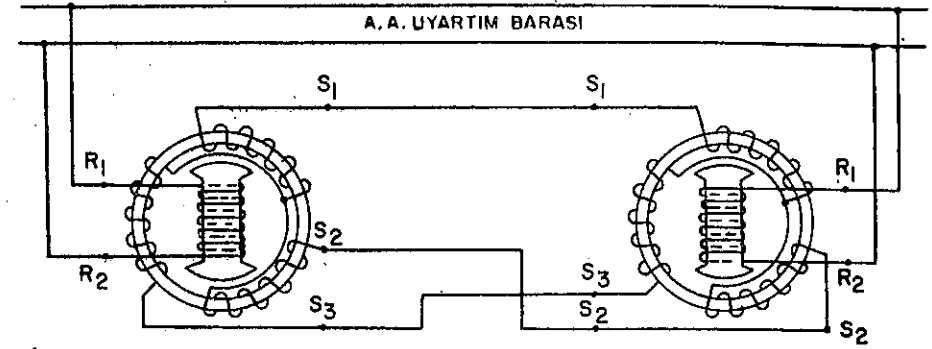
lerinin, transformatör uç değiştiricilerinin, açılır kapanır köprülerin ve benzeri tesislerin kontrolünde kullanılır. Bu cihazlar ayrıca otomatik kontrol devrelerinde, sinyalizasyon tesislerinde ve uzaktan kontrol devrelerinde kullanılır.

SELSİN MOTORUNUN ÇALIŞMASI

Selsin motorunun rotoru iki kutupludur. Rotor mili üzerinde iki bileziği vardır. Rotor sargısı tek fazlı bir akım ile beslenir. Stator sargısı üç fazlı endüksiyon motorunun sargısının aynıdır. En basit selsin sisteminde iki selsin motoru kullanılır. Motorun birisi

gönderme noktasındadır ve verici denir. İkinci motor, alma noktasındadır ve alıcı denir.

Şekil 17-11 basit bir selsin sisteminin bağlantısını göstermektedir. Vericinin stator sargısı alıcının stator sargısına bağlanmıştır. Tek fazlı besleme devresi ka-



Şekil 17-11. Diyagram İki Selsin Motorun Statorlarının Birbirine ve Rotor Sargılarının A. A. Kaynağına Bağlanışlarını Gösteriyor.

patılınca alıcı ile vericinin primer sargılarına A.A. tatbik edilir. Alıcı rotoru verici rotorunun durumunu alır. Verici rotoru el veya motorla döndürülürse verici rotoru aynı yön ve hızda döner.

Bu senkron hareketin sebebi, primerdeki alternatif akımın stator sargısında bir gerilim endüklemevidir. Şekil 17-11 de görüldüğü üzere stator sargısı yıldız bağlıdır. Stator sargısının kollarında endüklenen gerilimler aynı değildir, çünkü bu gerilimlerin değerleri rotorun durumuna bağlıdır. Eğer iki rotorun durumları aynı

ise stator sargı kollarında endüklenen gerilimlerin değerleri aynı fakat yönleri terstir. Bunun için alıcı ve verici stator sargılarının meydana getirdiği kapalı devrenin akımları sıfırdır.

Vericinin rotoru el veya mekanik bir tertiple ilk durumundan kaydırılırsa, sargı gerilimleri arasındaki denge bozulur. Sonuç olarak stator sargılarından akım geçer. Bu akımın etkisi ile bir dönme momenti meydana gelir ve alıcı rotoru verici rotorunun durumunu alır.

SELSİN DİFERANSİYEL SİSTEMİ

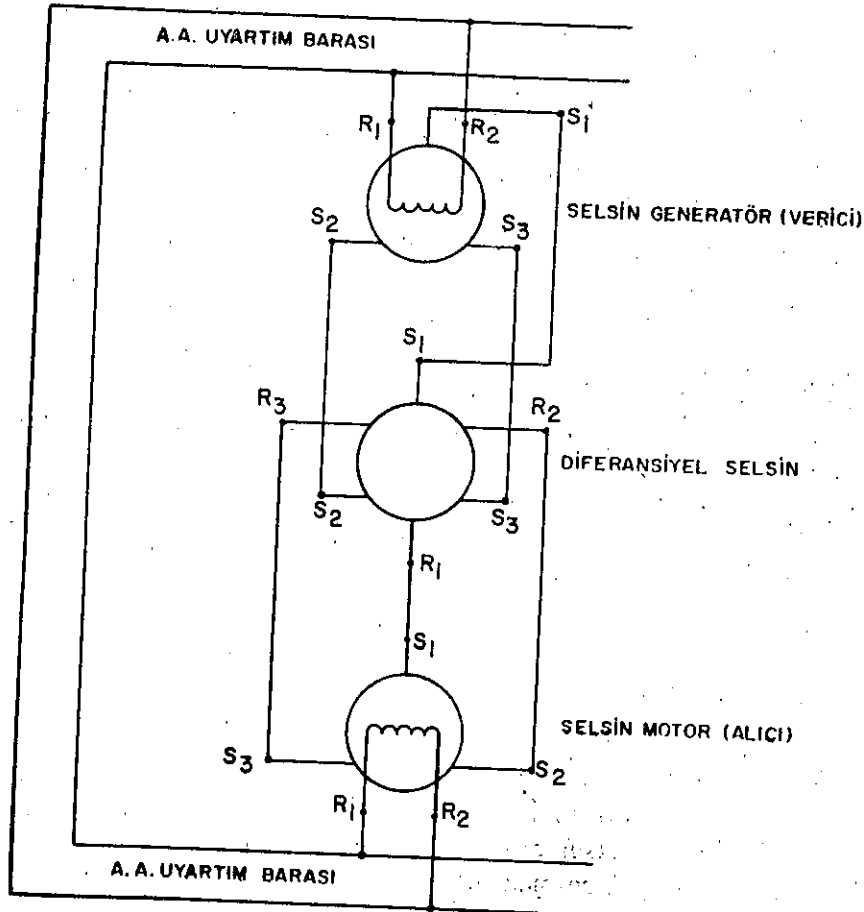
Bir selsin diferansiyel sistemi, bir alıcı ve verici selsin ile bir diferansiyel selsin motorundan ibarettir. Diferansiyel selsin motoru, çok küçük bir sargılı rotorlu motora benzer. Üç tane rotor sargısı vardır, genellikle yıldız bağlıdır,

sargı uçları üç bilezik aracılığı ile R₁, R₂ ve R₃ harfleri ile işaretli uçlara bağlanır. Stator sargıları da yıldız bağlıdır ve uçları S₁, S₂ ve S₃ ile gösterilir. Diferansiyel selsin motoru aslında tek fazlı bir transformatördür, sargılarında üç

fazlı akım ve gerilimler yoktur. Stator sargıları primer ve rotor sargıları sekonder ödevini görür. Diferansiyel selsin motorunun aracılığı ile alıcı selsin motorunun rotoru, verici selsin motorunun rotoruna verilen dönme açılarının farkı veya toplamı kadar döner. Ayrıca iki verici selsin motorunun arasına bir diferansiyel selsin motoru bağlanır ve her iki selsin

motoru herhangi bir açı ile döndürülürse diferansiyel selsin motoru bu iki açının farkını gösterir.

Şekil 17-12 de görülen diferansiyel selsin sisteminin çalışması daha önce verilen basit selsin sisteminin aynıdır. Uyarılan selsinin primer ve sekonderindeki gerilim dağılımı aynıdır. Üç selsin motordan birinin rotoru tesbit edil-



Şekil 17-12. Diferansiyel Selsinin Bağlanış Diyagramı.

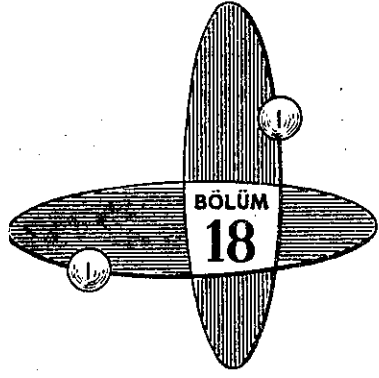
diğinde, diğerinin rotoru döndürülürse üçüncü selsin motorunun rotoru aynı yönde, aynı dönme açısı kadar döner. Üçüncü selsin motorunun dönüş yönü değiştirilebilir, bunun için diferansiyel selsin rotorunun iki ucunun veya statorunun iki ucunun yerlerinin değiştirilmesi yeter. Eğer iki selsin aynı anda döndürülürse, üçüncü selsin döner ve dönme açısı diğer selsinlerin dönme açılarının cebirsel toplamına eşittir. Cebirsel

toplamın işareti ilk iki selsinin dönüş yönlerine ve sargılarının faz sırasına bağlıdır.

Diferansiyel selsinin sargıları direkt olarak uyarılmaz. Bunların uyarımı, bağlı olduğu diğer selsinler tarafından sağlanır. Genellikle diferansiyel selsinin primer veya sekonderini, verici selsin uyarır. Bunun için verici selsinin kapasitesi alıcı selsinin kapasitesinden büyüktür.

HATIRDA TUTULMASI GEREKEN NOKTALAR

- Üç fazlı senkron motorun çalışma prensibini öğreniniz.
- Üç fazlı senkron motorun senkron hızının şebeke frekansı ile kutup sayısına bağlı olduğunu öğreniniz.
- Amortisör sargısı rotor göbeğine yerleştirilmiş ve uçları iki çembere kaynatılmış bakır çubuklardan ibarettir. Amortisör sargısının görevi sincap kafesi gibi etki yaparak senkron motorun endüksiyon motoru olarak yol almasını sağlamaktır.
- Senkron motora tam gerilim ile yol vermede aşağıdaki sıra takip edilir:
 - a. Üç fazlı stator sargısına tam gerilim tatbik edilir ve motor endüksiyon motoru gibi dönmeye başlar.
 - b. Motor hızı senkron hızın % 95 - % 97 sine yükselince doğru akım alanı uyarılır.
 - c. Uyarım reostası istenilen güç katsayısı elde edilinceye kadar ayarlanır.
- Senkron motorun mekanik yük artınca hız düşmeden kendisini nasıl ayarladığını öğreniniz.
- Uyarım akımı azaltılırsa senkron motorun statoru devreden mıknatıslama akımı çeker ve bu akımın alanı, zayıflayan uyarım alanını kuvvetlendirir. Bu mıknatıslama akımı stator güç katsayısını endüktif yapar ve değeri düşer.
- Normal uyarımda güç katsayısı birdir. Stator giriş akımları ile gerilimler aynı fazdadır. Uyarım akımı normal değeri-



Üç Fazlı Motorlar için Kumanda Aygıtları

Sincap kafesli ve sargılı rotorlu endüksiyon motorları ile senkron motorlar sanayide çok kullanılır. Bu motorların yol verme veya hız ayarı aygıtlarına ihtiyaçları vardır. Bu bölümde, üç fazlı motorlarda en fazla kullanılan yol verme ve hız ayarlama aygıtları ele alınacaktır.

Kumanda devrelerinde üç tip devre diagramı kullanılacaktır:

- Şematik diagramlar
- Bağlantı diagramları
- Tesisat diagramları

1. Bu bölümde daha çok şematik diagramlar kullanılacaktır. Şematik diagramda her devre elemanı yerine, sembolü kullanılır. Bu semboller mümkün olan bir açıklıkla devrede ne gibi elemanlar olduğunu gösterir. Bu tip diagram kuman-

da devresinin analizi ve etüdü ile elektrik aygıtlarının çalışmalarının tetkikinde kullanılır.

2. Bağlantı diagramında kumanda aygıtının parçaları normal yerlerindedir, her iletken normal yerinde gösterilir. Bu tip diagram kumanda aygıtının bağlantısını yapan tarafından kullanılır.

3. Tesisat diagramı kumanda aygıtı ile diğer aygıtların ve bağlantının görünüş resmidir. Bu diagram her aygıtı yerli yerinde ve bağlantıları ile birlikte gösterir. Bu tip diagram kumanda aygıtları ile motor ve benzeri elemanların bağlantısını yapan tesisatçı tarafından kullanılır. Bağlantı diagramını daha iyi anlayabilmek için Şekil 16-11'e bakınız.

YÖN DEĞİŞTİRME TERTİPLİ DİREK MOTOR ŞALTERİ

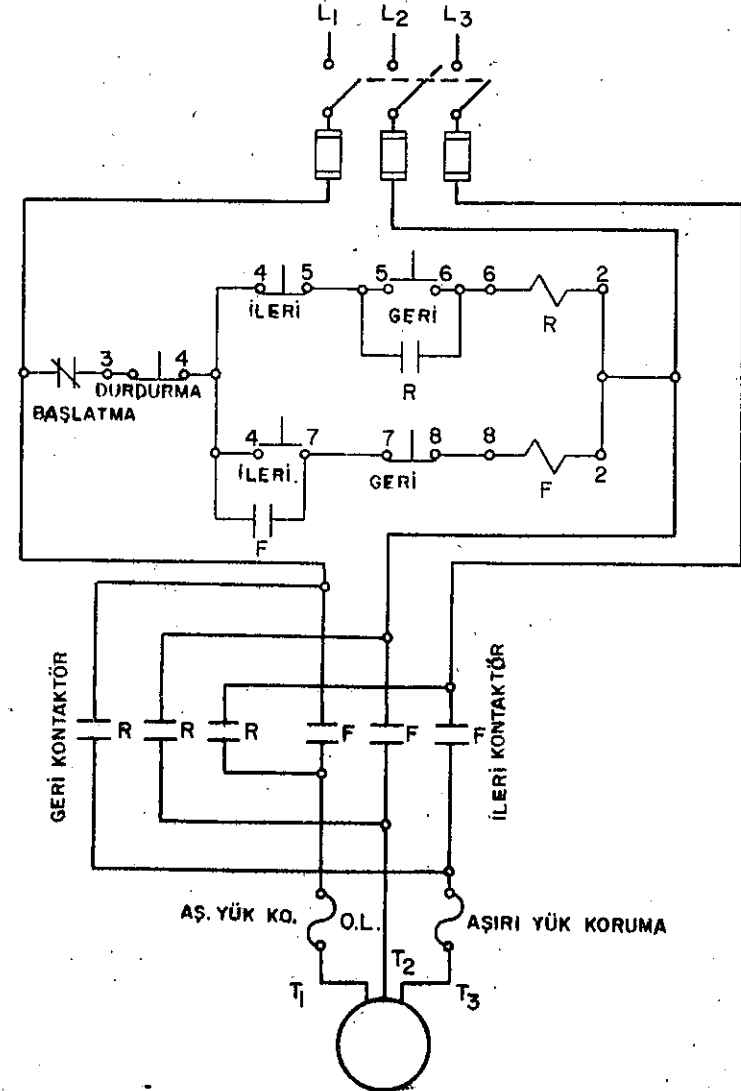
Bazı tesislerde sincap kafesli motorun yönünün değiştirilmesi

gerekir. Sincap kafesli motorun dönüş yönü, motoru besleyen ilet-

kenlerden ikisinin yerini değiştirmekle sağlanır.

Yön değiştirme tertibi bulunan bir şalterin şematik diagramı Şekil 18-1 de görülmektedir. R harfi ile işaretli kontaklar kapandığında motoru besleyen iki iletkenin yeri değişmiştir.

tor uçlarının faz sırası F harfi ile işaretli kontaklar kapandığı zaman ki motor uçlarının faz sırasının tesiridir. R harfi ile işaretli kontaklar kapandığında motoru besleyen iki iletkenin yeri değişmiştir.



Şekil 18.1. Üç Fazlı Asenkron Motora Otomatik Enversör Şalterle Yol Verme Diagramı.

Şaltere ileri, geri ve durdurma butonları ile kumanda edilir. R ve F kontaklarının aynı anda kapanmasına engel olacak mekanik veya elektriksel bir kilitleme düzenine ihtiyaç vardır.

Şekil 18-1 de görüleceği üzere, ileri butonuna basınca 4 ve 5 numaralı uçların arası açılır ve 4 ile 5 uçları birleşir. Sonuç olarak F bobininden akım geçer ve F ileri kontakları kapanır. Eğer geri butonuna basılırsa 7 ve 8 numaralı

terminallerin arası açılır ve F bobininden geçen akım sıfır olur ve F kontakları açılır. Fakat F bobininden geçen akım kesilir kesilmez basılan geri butonu 5 ve 6 numaralı uçları birleştirir ve R bobininden geçen akımın etkisi ile bu defa R kontakları kapanır. Şimdi motor ters yönde döner. Eğer durdurma butonuna basılırsa 3 ve 4 numaralı uçların arası açılır, R bobininden geçen akım sıfır olur ve R kontakları açılarak motor durur.

ÜÇ BUTONLU ŞALTERLER

Bazen motorların veya onlara ağırlık yüklerin belirli bir durumu için motorun çok az döndürülmesi durdurulması ve tekrar öndürülmesi gerekir. Bu gibi durumlarda üç butonlu şalter kullanılır. Burada üçüncü butonu kımıldatma (jogging) butonu olarak kullanabiliriz.

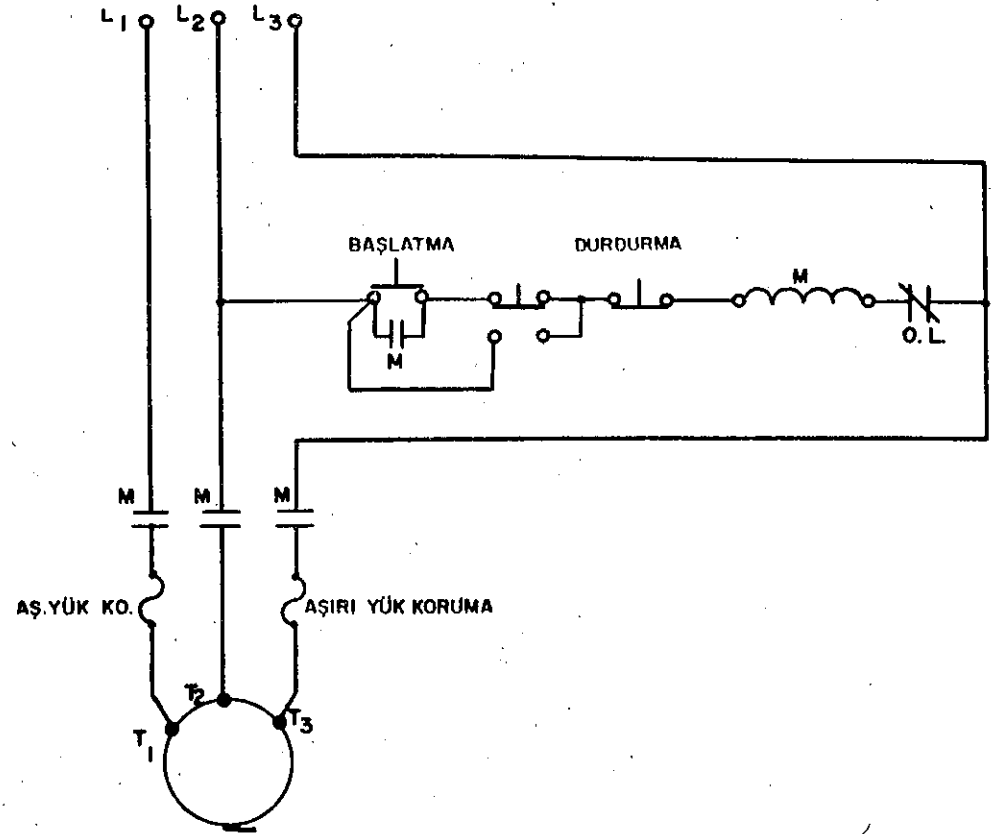
Üç fazlı, sincap kafesli endüksiyon motorunun üç butonlu şalter devreye bağlantısı şekil 18-2 de görülmektedir. Çalıştırma ve durdurma butonlarının çalışması ve devreleri standart butonlu şalterin aynıdır.

Şekil 18-2 nin tetkikinden görüleceği üzere kımıldatma butonuna basınca M bobininden akım geçer, M kontakları kapanır ve motor dönmeye başlar. Bu dönme, kımıldatma butonuna basıldığı müddetçe devam eder. Kımıldatma butonu bırakılır bırakılmaz M bobininden geçen akım sıfır olur ve M kontakları açılır. Kımıldatma bobini eski yerini alınca yine M bobininden geçen akım sıfırdır ve motor durur. O halde kımıldatma butonu basılıp bırakıldıkça motor devresi açılır kapanır ve böylece motora veya çevrildiği yükte istenen durum verilebilir.

ANİ DURMAYI SAĞLIYAN A.A. KUMANDA AYGITLARI

Bazı yüklerde üç fazlı alternatif motorlarının ani olarak durdurulması gerekir. Eğer çalışan

motoru besleyen iletkenlerden ikisinin yeri değiştirilirse, ters yönde bir dönme momenti meydana



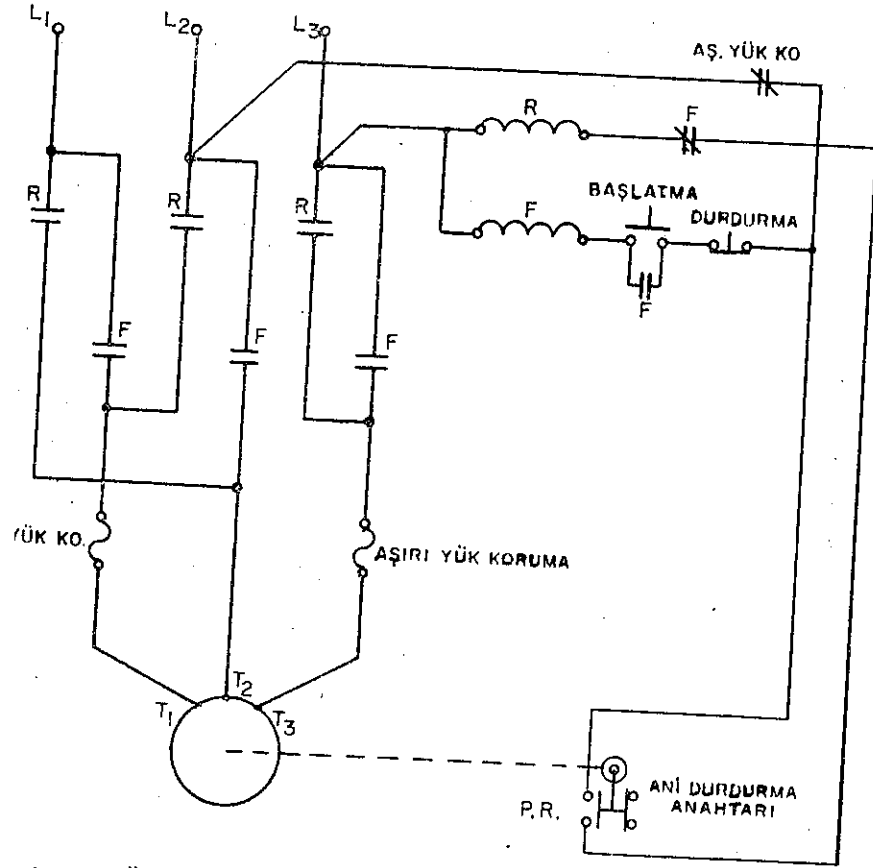
Şekil 18-2. Üç Fazlı Bir Motorun Manyetik Otomatik Şalterle Yol Verme ve Kesik Çalıştırma Devre Diyagramı.

gelir ve motor durarak ters yönde dönmek ister. Eğer uygun anda motor devresi açılırsa motor ters yönde dönmeye fırsat bulamadan yani durduğu anda sargı akımları kesilmiş olur.

Bu tip şalter, motoru doğrudan doğruya devreye bağlar, manyetikdir ve motoru ters döndürme tertibatı vardır. Ayrıca şalter devresinde bir röle bulunur.

Ani durmayı sağlayan üç fazlı A.A. şalterinin bağlantısı şekil 18-3

de görüldüğü gibidir. Yol verme butonuna basınca F sargısından akım geçer ve R devresindeki F kontağı açılır fakat F harfi ile işaretli diğer kontaklar kapanır. Böylece motor devreye bağlanmış olur. Motor tam hızını alınca rölenin P R uçları birbirine dokunur. Röle motor miline bağlıdır. Durdurma butonuna basılırsa F sargısından geçen akım kesilir ve yol verme butonunun uçlarındaki F kontağı ile iletkenler üzerindeki F kontak-



Şekil 18-3. Üç Fazlı Bir Asenkron Motora Otomatik Yol verme ve Ani Durdurma Tertibatı.

açılır. Yukarıdaki kontaklar açılmaz R sargısının devre-ki F kontağı kapanır ve R sından akım geçerek iletken-zerindeki R kontakları kapa-Meydana gelen ters dönme-entinin etkisi ile motor du-

rup ters yönde dönmek ister. Fakat motor durur durmaz rölenin P R uçlarının arası açılarak R sargısından geçen akım sıfır olur ve R kontakları açılır. R kontakları- nın açılması ile motor devre dışı edilmiş olur.

ENDÜKSİYON MOTORLARININ DİNAMİK FRENLENMESİ

ru akım motorlarının çalış- asından hatırlanacağı üzere- ik frenleme metodu motor-

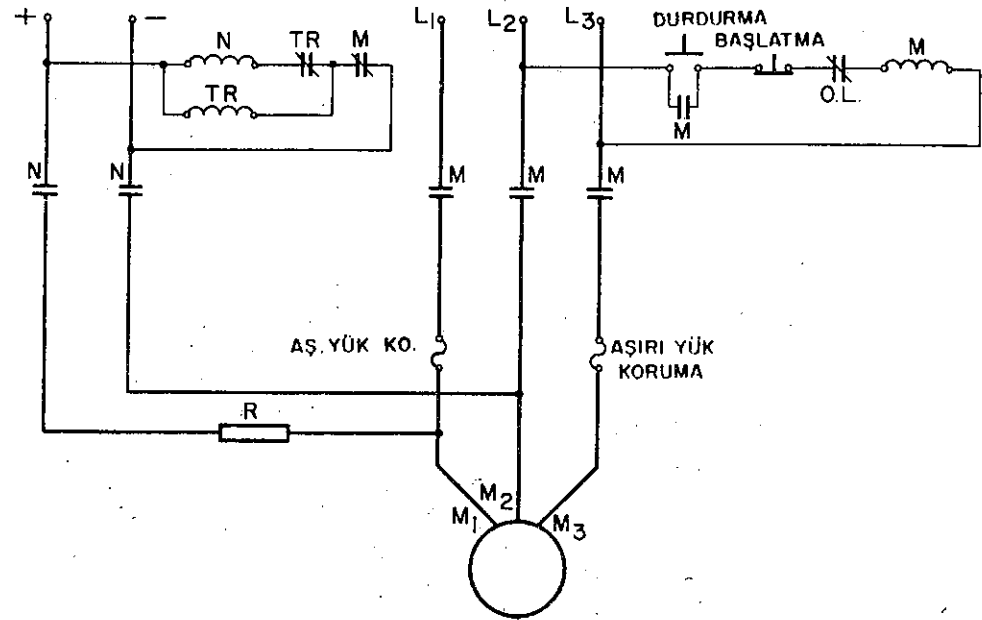
ların ani durdurulmasında kulla- nılır. Dinamik frenlemede durdu- rulacak motor devresi açılır açıl-

maz uçlarına. bir direnç bağlana- rak generatör olarak çalıştırılır.

Dinamik frenleme endüksiyon motorlarının durdurulmasında da kullanılır. Durdurma butonuna basınca motor devre dışı olur. Bu esnada stator sargısının uçlarına. doğru akım tatbik edilir. Stator sargısının etrafında doğru akım alanı meydana gelir. Sincap kafes- li rotor dönerken stator alanını keser ve rotor çubuklarından çok büyük akımlar geçer. Stator ve ro- tor alanlarının etkisi ile dönüş yö- nünün ters yönünde bir dönme momenti meydana gelir ve motor durur.

Dinamik frenleme tertibatı bu- lunan manyetik bir şalterin dev- reye bağlanması şekil 18-4 de görülmektedir. Yol verme butonuna ba- sınca M sargısından akım geçer. M kontakları kapanır ve motor devreye bağlanır. Aynı anda yol verme butonunun uçlarındaki M kontakları kapanır. M röle bobini aynı anda D.A. kumanda devresin- deki M kontaklarını açan ve N bo- bini ile TR geciktirme rölesinin bobininden geçen akımı keser. Mo- torun uçlarına tatbik edilen gerilimin etkisi ile hız normal değeri- ne yükselir.

Durdurma butonuna basınca M bobininden geçen akım kesilir ve



Şekil 18-4. Üç Fazlı Bir Asenkron Motora Otomatik Yol verme ile Dinamik Frenleme Devrelerinin Diyagramı.

M kontakları açılır. Üç fazlı motor devre dışıdır. Aynı anda D.A. kumanda devresindeki M kontakları kapanır ve N, TR bobininden akım geçer. N bobininden geçen akımın etkisi ile N kontakları kapanır. Stator sargısının uçları D.A. tatbik edilmiştir. Stator sargısını besleyen iletken üzerine akımı sınırlamak için R direnci konmuş-

tur. Yukarıda anlatıldığı gibi motor ani olarak durur. Motor durur durmaz TR geciktirme rölesi çalışır ve TR kontakları açar. Bu kontakların açılması ile N bobininden geçen akım kesilir ve N kontakları açılarak stator sargısından geçen akım sıfır olur. Bu durumda şalter tekrar motora yol vermeye hazırdır.

DİRENÇLİ VEYA REAKTÖRLÜ YOL VERİCİLER

Yol vermede kısa devre rotorlu motorun uçlarına tam gerilim tatbik edilirse yol alma akımı normal değerinin 3 ile 6 katı arasında değişir. Saniyede bu kadar büyük ve ani akımlar dağıtım şebekelerinde gerilim değişmelerine sebep olur. Dirençli veya reaktörlü yol vericilerle kısa devre rotorlu motorun yol alma akımı azaltılabilir.

Dirençli yol verici, yol vermede stator uçları ile iletkenler arasında eşit dirençler sokar. Motor normal hızını alınca bu dirençler devre dışı edilir ve stator uçlarına normal gerilim tatbik edilir.

Dirençli yol vericinin bağlantısı şekil 18-5 de görülmektedir. Yol verme butonuna basınca M röle bobininden akım geçer. Ana kontaklar kapanır ve motor dirençler üzerinden üç fazlı şebekeye bağlanır.

M bobinin devresi yardımcı 3 ve 4 numaralı kontaklar aracılığı ile kapalı kalır.

Ana kontaklar kapanınca zaman kontak mekanizması çalışmaya başlar. Önce ayarlanan zamanın sonunda bu kontaklar kapanır ve A bobininden akım geçer. A bobini diğer üç kontağı kapayarak dirençlerin uçları kısa devre olur ve statorun uçlarına normal gerilim tatbik edilmiş olur.

Durdurma butonuna basınca M ve A bobinlerinin devreleri açılır. Ana kontaklar ve dirençleri kısa devre eden kontaklar açılarak motor devreden çıkar.

Bu tip yol vericide, dirençlerde oldukça büyük bir gerilim düşer. Bunun için yol vermede, motor uçları arasındaki gerilim küçüktür. Motor hızlandıkça akım azalır. Sonuç olarak dirençlerin uçlarındaki gerilim küçülür. Motor hızlandıkça stator uçlarındaki gerilim artar. Reaktörlü yol vericinin devresi dirençli yol vericinin devresinin aynidir, sadece dirençlerin yerine reaktör kullanılır.

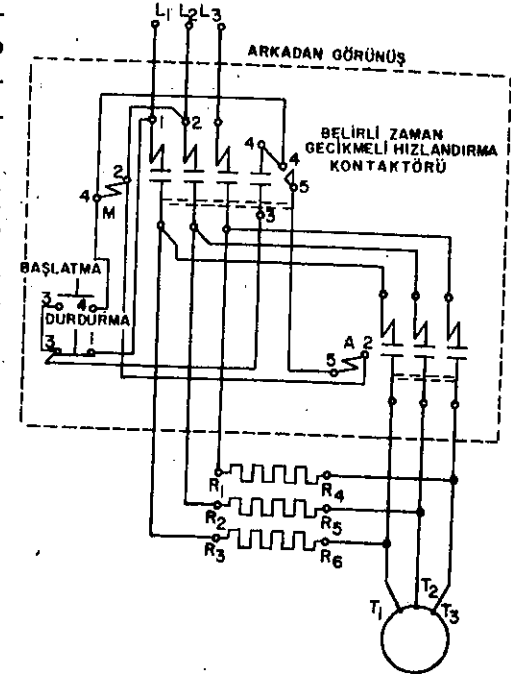
SARGILI ROTORLU MOTORLAR İÇİN OTOMATİK YOL VERİCİ

Eğer sargılı rotorlu motor değişik devirde çalıştırılacaksa el ile çalıştırılan yol verici kullanılır. Direnç sadece yol vermede kullanılacak ise Şekil 18-6 da görülen otomatik yol vericide rotor devresindeki dirençler, kontaklar aracılığı ile kademeli olarak devre dışı edilir.

Yol verme butonuna basınca M bobininden akım geçer, iletkenler üzerindeki kontaklar kapanarak stator, direk olarak, üç fazlı şebekeye bağlanır. Dirençlerin tamamı rotor devresindedir, motor yavaş yavaş dönmeye başlar. Yol verme butonunu bırakılınca M bobininin akımı M küçük kontakları üzerinden devresini tamamlar.

A kontakları mekanik bir düzenle belirli bir müddet açık kalır. Bu müddet sonunda A kontakları kapanır, N bobininden akım geçer ve rotor direnci üzerindeki N kontakları kapanarak R₁ ile işaretli dirençler devre dışı edilir.

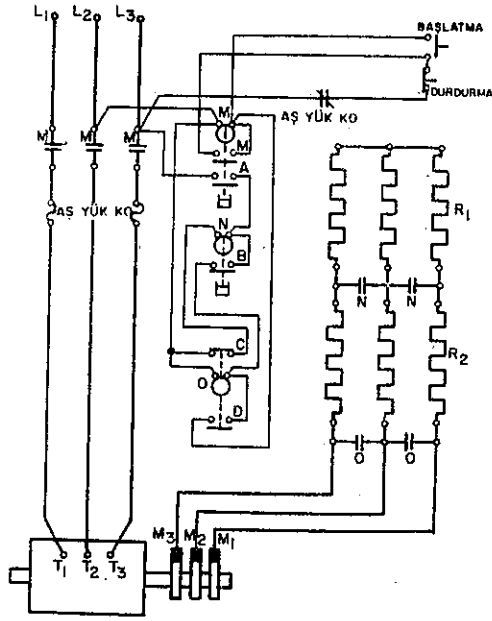
B kontakları da mekanik bir düzenle belirli bir müddet (birkaç saniye) açık kalır. B kontakları kapanınca O bobininden akım geçer ve rotor direnci üzerindeki O kontakları kapanarak rotor direncinin tamamı devre dışı edilir. Aynı anda C kontakları açılır, N bobininden geçen akım kesilerek N kontakları açılır. D kontakları ka-



Şekil 18-5. Belirli Zaman Gecikmeli Kontaktör ve Hızlandırma Kontaktörü ile Yol Verme Dirençli Kontrol.

panır ve O bobininden geçen akım akmasına devam eder. Durdurma butonuna basınca bütün bobinlerden geçen akım kesilir ve iletkenler üzerindeki kontaklar açılır. Rotor direnci üzerindeki O kontakları da açılarak motor ikinci bir yol verme için hazır duruma geçer.

YILDIZ ÜÇGEN ŞALTER



Şekil 18-6. Sargılı Rotorlu Asenkron Motorun Otomatik Kontrol Diyagramı.

uygun metot, yol vermede stator sargısını yıldız bağlamaktır. Motor hızlanınca stator sargısı üçgen bağlanır ve tam gerilim ile çalışmasına devam eder.

Bir yıldız üçgen motor şalterinin bağlantısı şekil 18-7 de görülmektedir. Yol verme butonuna basınca M kontaktları kapanır. Aynı anda röle bobini Y ile geciktirme bobini TR den akım geçer. Y bobini Y kontaktlarını kapar ve motor sargısı yıldız bağlanır. Eğer hat gerilimi 220 volt ise her sargının uçlarındaki gerilim: $220/1.73 = 127$ volt olur.

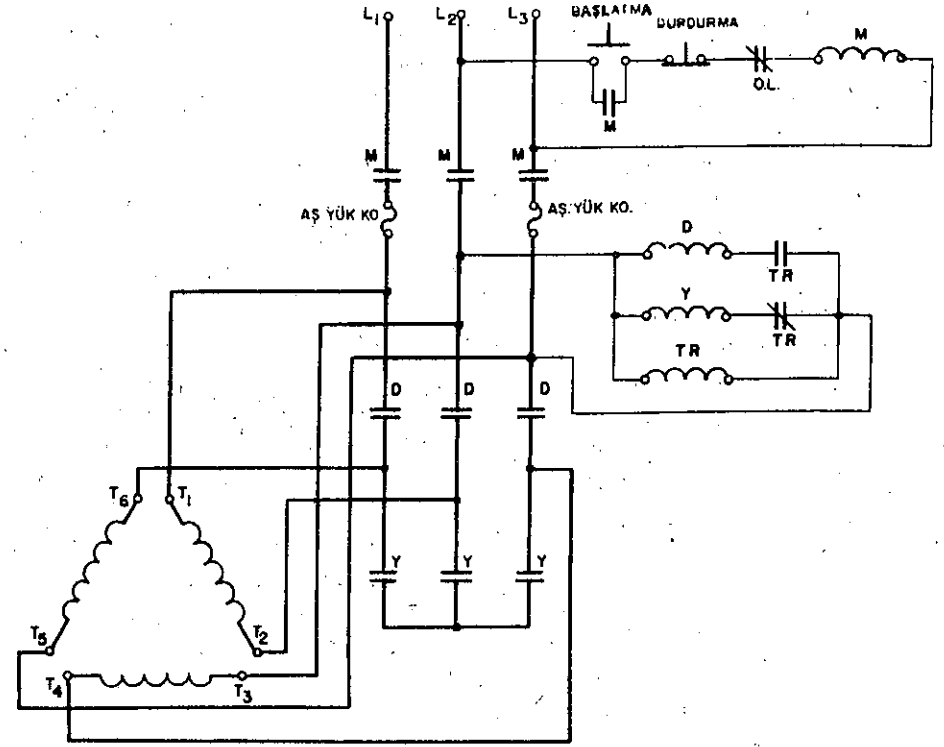
Belirli bir zaman sonunda, geciktirme rölesi TR, röle bobini Y nin devresini açar ve Y kontaktları açılır. Sonra geciktirme rölesi TR, röle bobini D nin devresini kapar. D kontaktları kapanır ve stator sargısı üçgen bağlanır. Sargı uçlarındaki gerilim normal değerinde iken motor dönmeye devam eder.

Üç fazlı üçgen bağlı motora düşük gerilim ile yol vermek için en

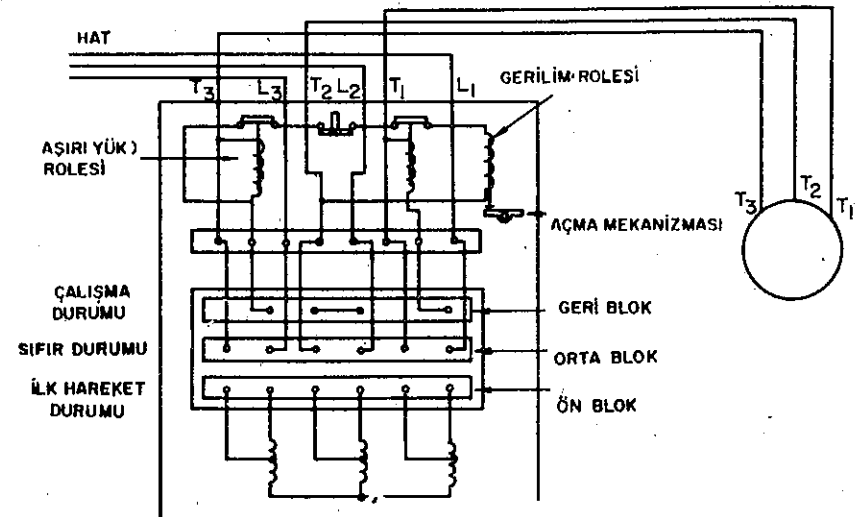
MEKANİK ŞALTERLİ OTOTRANSFORMATÖRLE YOL VERME

Yol vermede ototransformatör aracılığı ile stator uçlarına düşük gerilim tatbik edilir. Sonuç olarak yol verme akımı düşüktür. Şalter ile ototransformatörün ve motorun devreye bağlanması şekil 18-8 de görülmektedir. Şalterin iki

sıra sabit kontaktları vardır. Birinci sıra «yol verme» ikinci sıra ise «çalışma» diye işaretlenmiştir. Bir sıra kontak yalıtkan bir silindir üzerine tesbit edilmiştir. Silindir, mili döndürme koluna bağlıdır. Bu kontaktlar silindir koluna bağ-



Şekil 18-7. Otomatik Yıldız-Üçgen Şalterin Motora Bağlanması.



Şekil 18-8. Oto Transformatörlü elle Kumandalı Yol verme.

lı olarak hareket eder. Şalter kolu yol verme durumuna getirilince yıldız bağlı üç ototransformatör üç fazlı şebekeye bağlanır. Transformatorlerin orta uçları motor uçlarına bağlanır. Motor tam devrini alıncaya kadar şalter yol verme durumunda bırakılır.

Motor yaklaşık olarak tam devrini alınca şalter kolu hızlıca çalışma durumuna getirilir. Çalışma durumunda ototransformatör devre dışı edilmiştir, stator direk olarak şebekeye bağlıdır. Şalter kolu çalışma durumunda iken iki faz arasına bağlı düşük gerilim bobini çalıştırma düzenini yerinde tutar.

Motoru durdurmak için durdurma butonuna basılır. Düşük gerilim bobininin devresi açılır ve çalıştırma düzeni düşer. Yay etkisi ile hareketli kontaklar boş durumunu alır Şekil 18-8 den görülece-

ği üzere iki tane manyetik fazla akım rölesi vardır. Motor fazla yüklenirse fazla akım röleleri düşük gerilim bobininin devresini açar. Düşük gerilim bobininden geçen akımın sıfıra düşmesi ile çalıştırma düzeni düşer ve kontaklar açılır, şalter boş durumunu alır.

Bazı şalterlerde termik fazla akım koruyucusu kullanılır. Mesele motor yaklaşık olarak bir dakika fazla yük ile yüklenirse termik elemanlar geçen fazla akımın etkisi ile fazla ısınır. Bu elemanların yakınındaki iki metalli madeni şeritler uzayarak kontrol devresinde normal olarak kapalı olan kontakları açar. Kontaklar açılınca röle bobininden geçen akım kesilir ve çalıştırma düzeninin düşmesi ile şalter kontakları açılır. Motoru tekrar çalıştırmadan önce açılan fazla akım kontaklarına tekrar basmak gerekir.

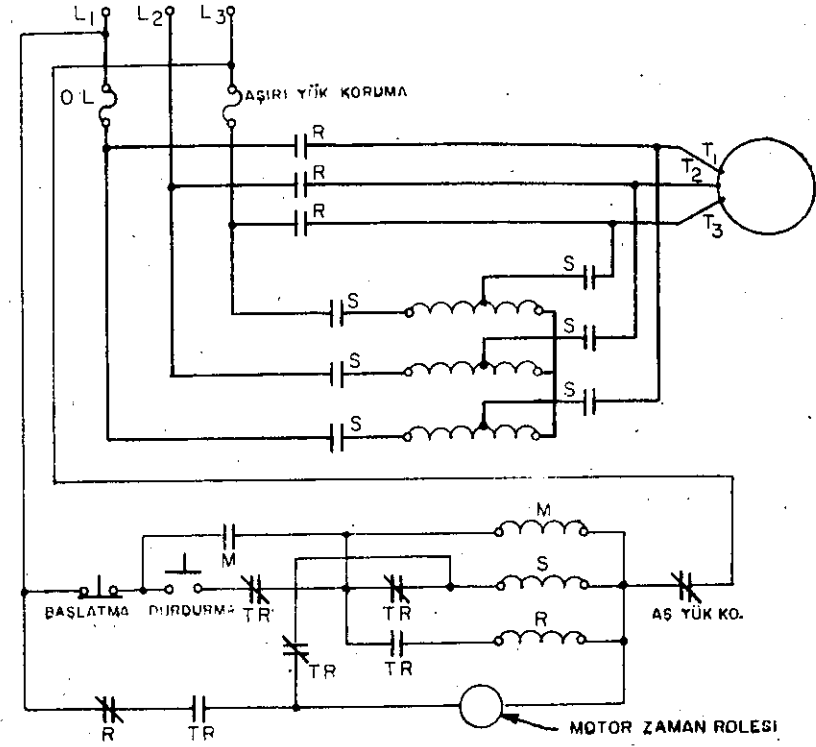
OTOMATİK ŞALTERLİ OTOTRANSFORMATÖRLE YOL VERME

Bu tip yol verme mekanik şalterli ototransformatörle yol vermenin aynidir. Bu şalterin faydası motora uygun bir yerden butonla kumanda edilmesidir. Otomatik şalterin bağlantısı şematik olarak şekil 18-9 da görülmektedir.

Yol verme butonuna basınca L_1 ile L_3 arasında S bobini üzerinden bir devre meydana gelir. S bobini

ninden akım geçince S kontakları kapanır. Yıldız bağlı ototransformatörle şebekeye bağlanır ve motor uçlarına düşük gerilim tatbik edilir. Motor döner ve hızı yaklaşık olarak normal hızına yükselir.

TR kontakları aracılığı ile pilot motorundan akım geçer. Pilot motor çalışmaya başlar ve belirli bir zaman sonunda bütün TR kontak-



Şekil 18-9. Bir Kısa Devre Rotorlu Endüksiyon Motorunun Ototransformatörü ile Otomatik Yol verme Devre Diyagramı.

larını harekete getirir. S bobininden geçen akım sıfır olur ve S kontakları açılır. Şimdi R bobininden akım geçer ve R kontakları kapanarak motor direk olarak devreye bağlanır. Motor tam gerilim ile çalışmasına devam eder.

TR kontakları açıldığı için pilot motorundan akım geçmez ve motor durur. Eğer durdurma butonuna basılırsa M ve R bobinlerinin devreleri açılır. Sonuç olarak motor devresindeki R kontakları

açılır ve motor durur. R bobininden geçen akımın kesilmesi ile pilot motorunun devresinde normal olarak kapalı olan R kontakları kapanır ve pilot motor dönerek TR kontaklarını ikinci çalışma için normal durumlarına getirir.

Mekanik veya otomatik şalterli ototransformatörle yol vermede, yıldız bağlantıdan üçgene geçişte bir an için motorla şebekenin arası açıktır. Motor üçgen olarak devreye bağlandığında hat akımların-

da aşırı bir değişme olur. Yıldız bağlantıdan üçgene geçişte motor çok kısa bir an için devre dışı edildiğinden sargılarda gerilimler indüklenir ve bu gerilimler ile şebeke gerilimleri arasındaki açılar çok büyük olabilir. Buna engel olmak için yeni tip bir ototransformatörlü yol verici geliştirilmiştir.

Bu tip bir yol vericinin bağlantısı şekil 18-10 da görülmektedir. Yol verme butonuna basınca S ve Y bobinlerinden akım geçer. Röle bobini S iletenler üzerindeki S kontaktlarını kapar ve ototransformatör uçları devreye bağlanır. S bobini aynı zamanda yol verme butonunun uçlarındaki S kontaktlarını kapar

Yol verme butonunun uçlarındaki S kontaktları kapanır kapanmaz Y kontaktları kapanır. Aynı anda R bobinine seri bağlı ve normal halde kapalı olan Y kontaktları açılır. Bu anda Y bobininden akım geçer. Ototransformatörler yıldız olarak şebekeye bağlıdır. ve motor uçlarına düşük gerilim tatbik edilir. Ekseriya düşük gerilim normal motor geriliminin % 50 ile % 65 i arasındadır.

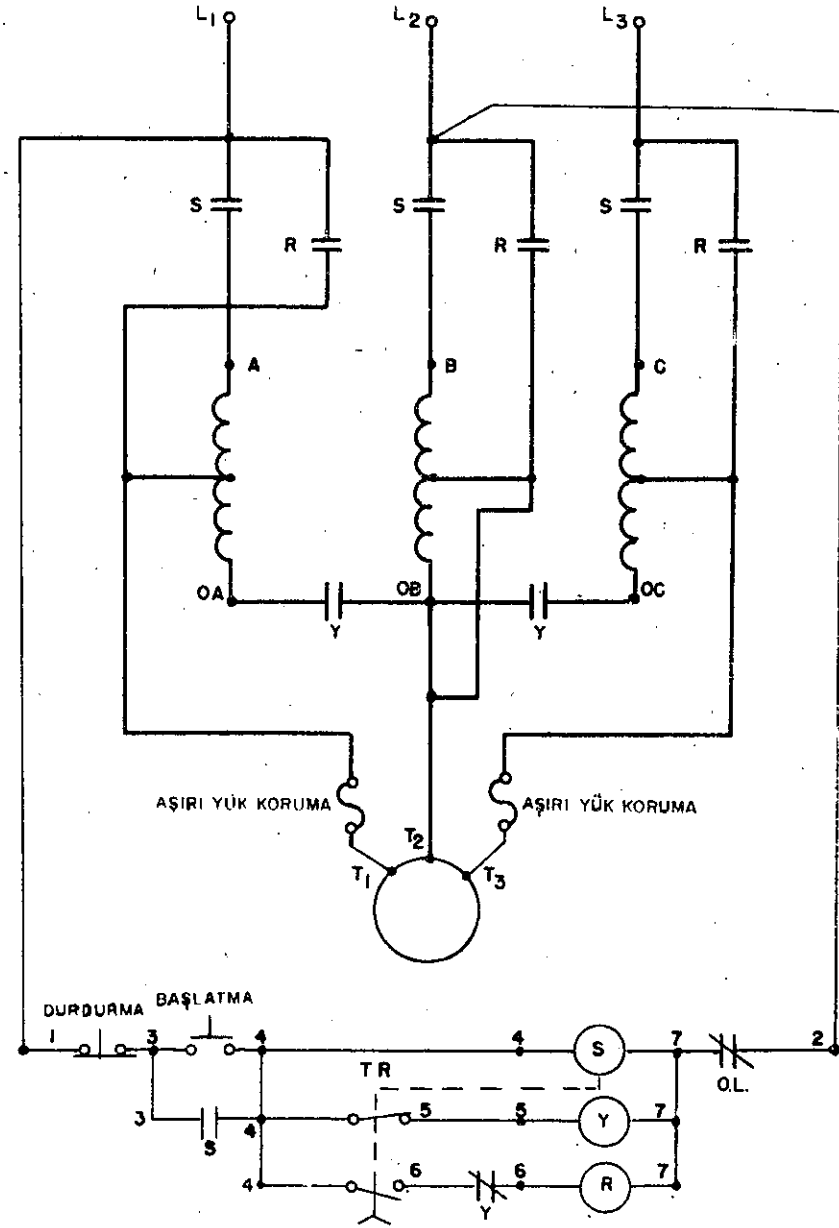
Aynı anda önceden ayarlı TR zaman rölesi çalışır ve 4 ile 5 arasını açarak 4 ile 6 arasını kapar. Şimdi Y rölesinin devresi açıktır, akım geçmez fakat R röle bobininden akım geçer. Y rölesinden akım kesilir kesilmez Y kontaktları açılır. R rölesinden akım geçin-

ce R kontaktları kapanır ve motor direk olarak devreye bağlanır.

Yol vermede motor devamlı olarak şebekeye bağlı kalır. Yol vermede ototransformatör kademeli olarak şebeke ile motor arasında reaktör olarak girer. Meselâ Y kontaktları açık ve R kontaktları kapanmadan ototransformatörlerin bir kısmı devreye seridir R kontaktları kapanınca önce devreye seri olan transformatör kısımları kısa devre edilir. Bu tip yol vermede şebekedeki ani akım değişimleri minimumdur.

R bobinine seri bağlı küçük Y kontaktları normal durumda kapalıdır. Bu kontaktlar ancak Y bobininden geçen akım kesilince kapanır. Y bobininden geçen akım kesilmedikçe R bobininden akım geçmez. Mekanik bir tertip sayesinde Y kontaktları açılmadan R kontaktları kapanmaz.

Durdurma butonuna basınca kumanda devresi açılır ve R ile S devresinden geçen akımlar kesilir. Motor devresindeki R ve S kontaktları ile kumanda devresindeki S kontaktları açılır ve motor durur. Normal olarak kapalı bulunan ve R bobinine seri bağlı Y kontaktları tekrar kapanır. Zaman rölesi 4 ve 6 numaralı kontaktları açar, 4 ve 5 numaralı kontaktları kapar. Sonuç olarak otomatik yol verici motora yol vermeye hazır duruma geçer.



Şekil 18-10. Bir Motorun Ototransformatörle Düşük Gerilimli Olarak, Zaman Gecikmeli Kontaktörle Otomatik Çalıştırma Devresi.

SENKRON MOTOR İÇİN OTOMATİK YOL VERİCİ

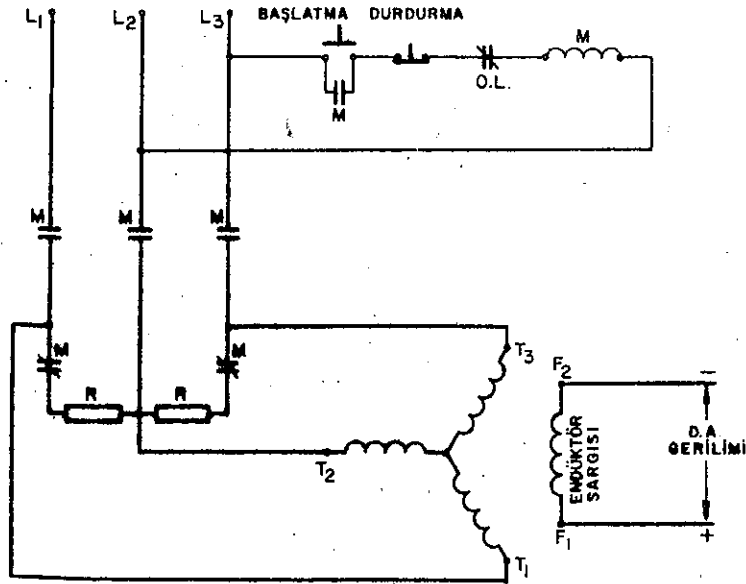
Senkron motorlara doğrudan doğruya manyetik şalterlerle, mekanik şalterli ototransformatörlerle veya otomatik şalterli ototransformatörlerle yol verilir. Bazan yol verici üzerinde dinamik frenleme düzeni bulunur.

Dinamik frenleme düzenli bir yol vericinin bağlantısı şekil 18-11'de görülmektedir. Yol verme butonuna basınca M röle bobininden akım geçer. Normal olarak açık bulunan M kontakları kapanır ve normal olarak kapalı bulunan M kontakları açılır. Sonuç olarak motor uçlarına normal gerilim tatbik edilir. Motor hızı yaklaşık

olarak senkron değerini alınca D.A. alan sargısı uyartılır.

Durdurma butonuna basınca M bobininden geçen akım kesilir, kapalı bulunan M kontakları açılarak motor devreden çıkar. Aynı anda açık bulunan M kontakları kapanarak stator uçları R dirençlerine bağlanır. D.A. alan devresi uyarılı olarak kalır. Sonuç olarak motor üç fazlı generatör olarak çalışır ve aniden durur.

Senkron motora tam veya düşük gerilim ile yol veren, D.A. alanını otomatik olarak uyartan ve motor senkronizmden çıkınca otomatik olarak D.A. alan devresini açan yolvericiler de vardır.



Şekil 18-11. Senkron Motora Yol verme ile Dinamik Frenleme.

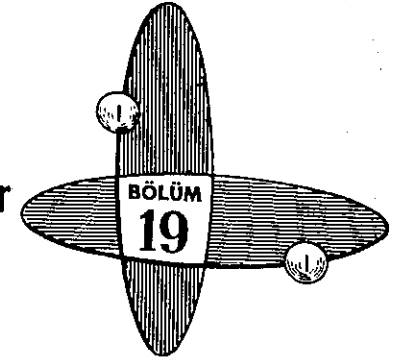
HATIRDA TUTULMASI GEREKEN NOKTALAR

- Şematik diagramda resim yerine semboller kullanılır. Diagram aygıtın ayrı kısımlarının devreye nasıl bağlandığını gösterir. Şematik diagram kumanda devrelerinin analiz ve etüdünde ve elektrik devre elemanlarının çalışma sıralarının tetkikinde kullanılır.
 - Bağlantı diagramı kumanda aygıtının parçalarını normal yerlerinde gösterir. Her iletken normal yerindedir. Bu tip diagram kumanda aygıtını ve devresini bağlayan tarafından kullanılır.
 - Tesiat diagramı kumanda aygıtı ile diğer aygıtların ve bağlantının görünüş resmidir. Bu tip diagramda motorun dış bağlantıları ile şebeke bağlantısı da gösterilir. Bu tip diagram kumanda aygıtları ile motorların ve diğer aygıtların bağlantılarının yapılmasında kullanılır.
 - Üç butonlu şalterle motor kısa aralıklarla çalıştırılır durdurulur ve tekrar çalıştırılır durdurulur. Bu şekilde motora veya çevirdiği yüke istenen durum verilir.
 - Ani durmayı sağlayan kumanda aygıtı ile motor ani olarak durur. Durdurulmak istenen motorun iki giriş ucunun yerleri değiştirilince motor ters yönde dönmek ister. Fakat motor du-
- arak ters yönde dönmeye vakt bulamadan devre açılır.
- Kumanda devrelerinde kullanılan kilitleme sistemi ile bir eleman devrede iken diğeri devreye giremez. İkinci elemanın devreye girmesi için birinci elemanın devreden çıkması gerekir.
 - Dinamik frenlemenin gayesi motoru ani olarak durdurmaaktır. Motor devreden çıkar çıkmaz uçlarına direnç bağlanır. Motor generatör olarak çalışır ve biriken mekanik enerji direnç üzerinden boşalarak motor ani olarak durur.
 - Aşağıdaki motor yolvericilerinin şematik diagramları bölüm 18'de verilmiştir. Her yolvericinin çalışmasını öğreniniz.
 - a. Direk yol verme şalteri.
 - b. Yön değiştirme tertipli direk yol verme şalteri.
 - c. Üçbutonlu yol verme şalteri.
 - d. Ani durmayı sağlayan kumanda aygıtı direk yol verme şalteri.
 - e. Dinamik frenleme düzenli direk yol verme şalteri.
 - f. Dirençli veya reaktörlü motor yolvericisi.
 - g. Sargılı rotorlu motor için otomatik yolverici.
 - h. Yıldız üçgen motor şalteri.
 - i. Mekanik ve otomatik ototransformatörlü yolvericiler.

TEKRARLAMA SORULARI

1. Üç butonlu motor şalterini anlatınız.
2. Üç butonlu şalterin üç fazlı sincap kafesli motora bağlantı şemasını çiziniz.
3. Ani durmayı sağlayan motor şalterini anlatınız.
4. Dinamik frenleme, üç fazlı sincap kafesli motorlara nasıl uygulanır?
5. Dinamik frenleme, üç fazlı senkron motorlara nasıl uygulanır.
6. a. Dirençli, otomatik motor şalterinin üç fazlı sincap kafesli motora bağlantı şemasını çiziniz.
b. Dirençli, otomatik yol verme şalterinin çalışmasını şematik diagramını çizerek anlatınız.
7. a. Üç fazlı, üçgen bağlı, sincap kafesli endüksiyon motoruna bağlı bir yıldız üçgen şalterin şematik diagramını çiziniz.
b. Yıldız üçgen şalteri mahsurlarından birini söyleyiniz.
8. Yön değiştirme tertipli direk motor şalterinin kumanda devresinin şematik diagramını çiziniz. İleri, geri ve durdurma butonları ile bobin ve kontakları işaretleyiniz.
9. a. Elektriksel kilitleme nedir?
b. Soru 8 deki kumanda devresinde nasıl elektriksel kilitlemenin kullanıldığını anlatınız.
10. a. Şematik diagram nedir?
b. Bağlantı diagramı nedir?
11. Üç fazlı, sargılı rotorlu motorlarda kullanılan bir otomatik yolvericinin şematik diagramını çiziniz.
12. Bu yolvericinin çalışmasını anlatınız.
13. Üç fazlı, 220 voltluk bir sincap kafesli endüksiyon motoruna yol vermede mekanik şalterli ototransformatörlü bir yolverici, kullanılmaktadır. Yol verme anında motor uçlarına tatbik edilen gerilim normal geriliminin % 50 si kadardır motor tam yüküne bağlıdır. Şalter yol verme durumunda iken motor çok yavaş yol alır, sebebini anlatınız.
14. Üç fazlı senkron motora bağlı ototransformatörlü bir yolvericinin şematik diagramını çiziniz. Motor devrede iken ototransformatörü devre dışı eden bağlantıları ilâve ediniz.
15. a. Soru 14 de elde edilen yolvericinin çalışmasını anlatınız.
b. Motor devrede iken ototransformatörün devre dışı edilmesini ve faydasını anlatınız.

Tek Fazlı Motorlar



GİRİŞ

Tek fazlı motorların birkaç tipi bu bölümde ele alınacaktır, bunlar tek fazlı endüksiyon motoru, repülasyon motoru repülasyon endüksiyon motoru, seri motor ve gölgeli kutuplu motordur. Üç fazlı motorların, tek fazlı motorlardan daha iyi çalışma performansı

olmasına rağmen, çoğu zaman elde kullanılabilecek sadece tek fazlı bulunabilir. Normal olarak, tek fazlı motorların çoğu, beygir 1 gücünden küçüktür. Fakat 20 hp ve daha büyük tek fazlı motorların kullanıldığı yerlerde vardır.

TEK FAZLI ENDÜKSİYON MOTORLARI

Tek fazlı motorların iki ana tipi; direnç yol vermeli, endüksiyon motoru ve kondansatör yol vermeli, endüksiyon motorudur. Motorların bu her iki tipi de ekseriya 1 beygir gücünden küçüktür. Direnç yol vermeli, endüksiyon motoru kuvvetli yol alma momenti istemeyen cihazlar ile nispeten ufak yükleri çalıştırır. Diğer taraf-

tan, kondansatör yol vermeli, endüksiyon motoru, daha kuvvetli yol alma momentine ihtiyaç gösteren, buz dolapları, kompresörler ve benzer tip yükteki cihazlarda kullanılır. Oldukça ucuz, sağlam yapılı ve iyi çalışma performansları olduğundan, her iki tip motorun da birçok kullanış yeri vardır.

DİRENÇ YOL VERMELİ ENDÜKSİYON MOTORUN YAPISI

Direnç yol vermeli, endüksiyon motor, beş ana parçadan meydana gelir :

1. Stator denen duran kısım
2. Rotor denen dönen kısım
3. Motor içine konulan merkezkaç anahtar
4. Rotor milini taşıyan yatakların bulunduğu, gövdeye civata ile bağlanan iki kapak
5. Stator çekirdeğinin yerleştirildiği gövde.

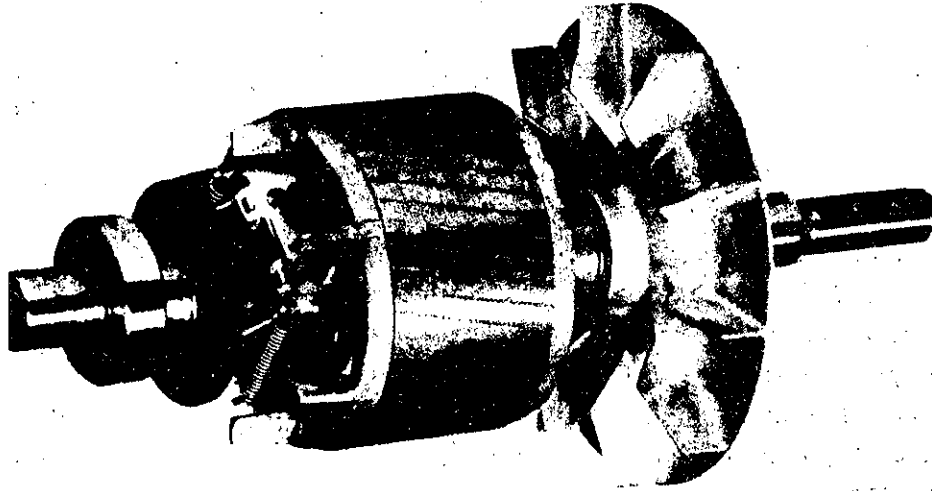
Direnç yol vermeli, endüksiyon motorunun statoru, levhalı çelik çekirdeğin oluklarına yerleştirilen iki sargıdan meydana gelir. Bu iki sargı, aralarında 90 elektrik derecesi bulunacak şekilde yerleştirilir. Bu sargılardan biri, çalıştırma sargısı veya ana sargı olup, diğeri

yol verme sargısıdır. (yardımcı sargı)

Çalıştırma sargısı, oldukça fazla yalıtılmış bakır teldir ve stator oluklarının altına yerleştirilir. Yol verme sargısı daha küçük kesitlidir ve çalıştırma sargılarının üzerine yerleştirilir.

Motor çalışmaya bağlarken, her iki sargı da tek fazlı hatta paralel olarak bağlanır. Motor, yaklaşık olarak nominal hızın 2/3'ünden 3/4'üne kadar ivmelendirildikten sonra, merkezkaç anahtar yardımıyla, yardımcı (yol verme) sargı otomatik olarak devreden çıkar.

Rotorun yapısı, üç fazlı, sincap kafesli endüksiyon motorunun aynıdır. Tek fazlı endüksiyon motorunun tipik sincap kafesli rotoru



Şekil 19-1. Bir Fazlı Kondansatörlü Asenkron Motorun Rotoru

Şekil 19-1 de gösterilmektedir. Ancak yaratacak sargısı olmadığından, bu tip rotor daha az bakıma ihtiyaç gösterir. Bundan başka, kontrol ve bakıma ihtiyaç gösteren fırçalar, bilezikler veya kollektörleri yoktur. Rotor pervaneleri, rotorun bir parçasıdır; sargıların aşırı ısınmamasını sağlar.

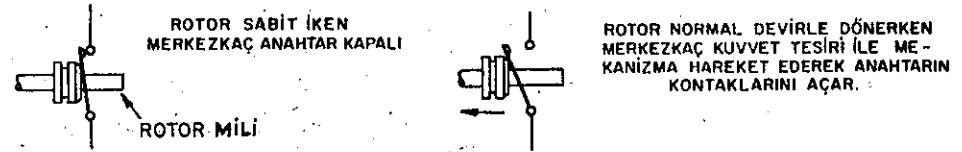
Merkezkaç anahtar, motorun içine monte edilir. Bu anahtarın görevi rotor önceden tayin edilen bir hıza erişince yol verne sargılarını hattan ayırmaktır. Merkezkaç anahtar bir duran kısım ile bir de dönen kısımdan ibarettir. Duran kısım, kapaklardan biri üzerine monte edilir ve tek kutuplu anahtar gibi çalışan iki temas noktası vardır. Merkezkaç anahtarın dönen kısmı rotor üzerine monte edilir.

Şekil 19-2, tipik bir merkezkaç anahtarı göstermektedir. Şekil 19-3, ise bu anahtarın nasıl çalıştığını gösteriyor. Duruş anında,



Şekil 19-2. Merkezkaç Anahtar Mekanizması

döner kısmın fiber yüzüğünün üzerindeki yay basıncı, kontaktları kapalı tutar. Nominal hızın yaklaşık 3/4'ünde, rotorun merkezkaç tesiri, yay ve fiber yüzükteki basıncın ortadan kalkmasına sebep olur ve kontaktları açar böylece yardımcı sargı devresi hattan ayrılır.



Şekil 19-3. Merkezkaç Anahtarın Çalışmasını Açıklayan Diyagram.

ÇALIŞMA PRENSİBİ

Motor devresinin kapalı olduğu anda, yardımcı ve ana (çalıştırma) sargıların her ikisi de enerjilenir. Çalıştırma sargılarının daha

kalmı telden yapıldığı hatırdadır, bunun için, sargının direnci az olur. Bununla beraber, bu sargıların endüktif reaktansı oldukça

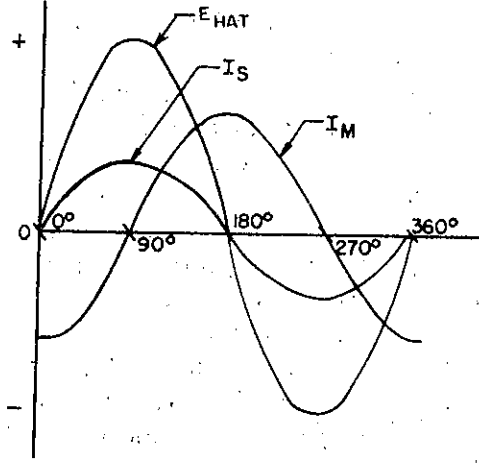
büyük olacak şekilde stator oluklarının altına yerleştirilir. Böylece bu sargının direnci az ve endüktif reaktansı büyük olduğundan sargıdan geçen akım, gerilimden oldukça geri kalır.

Yol verme sargısındaki akım, gerilim ile daha yakın aynı fazda olacaktır. Bu sargıda daha ince tel vardır; bunun için, sargının direnci büyüktür. Ayrıca bu sargı, stator oluklarının üstüne yakın yerleştirilir, böylece sargıyı saran demir kütle daha azdır ve bundan dolayı endüktif reaktansı küçüktür.

Şekil 19-4 te görüldüğü gibi ana sargıdaki akım (I_a), yardımcı sargısındaki akımdan (I_s), yaklaşık olarak 90° geri kalır. Bu sargılarda akan iki akım 90° faz farklı olduğu zaman; bu akımların herbirinin titreşen alan tesirleri, stator çekirdeğinin iç çevresinde dönen alan tesiri yaratacak şekilde birleşirler. Bu dönen manyetik alanın hızı, üç fazlı endüksiyon motorunda olduğu gibi tayin edilir.

Direnç yol vermeli tipte bir tek fazlı endüksiyon motorunun, ana sargısı ve yardımcı sargılarının her ikisinde dört kutupludur ve 60 sayıklık bir kaynaktan beslenmektedir. Dönen alanın senkron hızı:

$$S = \frac{120 F}{4} = \frac{120 \times 60}{4} = 1800 \text{ devir/dakika}$$



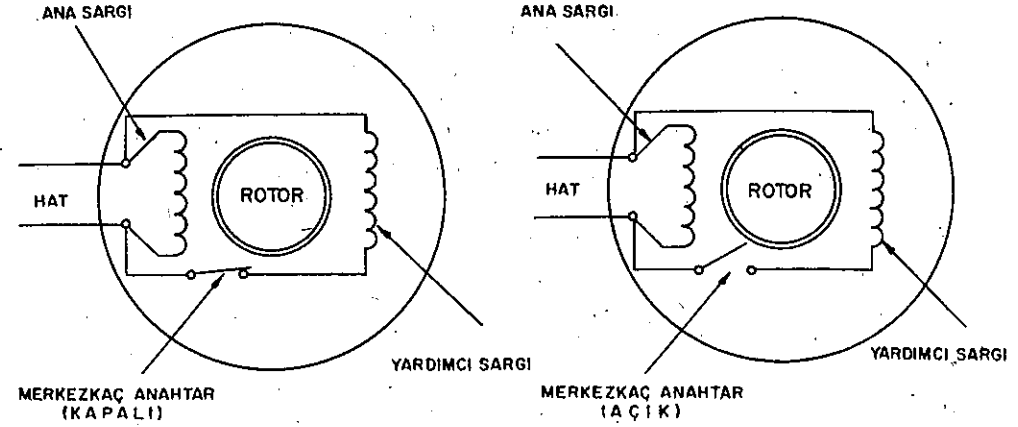
Şekil 19-4. Ana ve Yardımcı Sargılardan Geçen Akımlar Arasındaki Faz İlişkisi.

$$S = \text{Senkron Hız ve } F = \text{Sayıklı cinsinden frekans}$$

Döner alan, senkron hızda dönerken, sincap kafesli sargının bakır çubuklarını keser ve sincap kafesli sargıda gerilimler endükler. Bu endükleme gerilimleri, rotor çubuklarından bir akım geçirir, bu akım bir manyetik alan meydana getirir. Bu rotor alanı, stator ile karşılıklı tesir yaratarak motoru döndürür.

Şekil 19-5 de merkezkaç anahtar kapalı iken ve motor, normal çalışma hızına kadar ivmelendiği ve merkezkaç anahtar açık olduğu zamanki bağlantılar gösterilmektedir.

Motor çalışmaya başlayınca, rotorda iki sebepten dolayı akım endüklenir: (1) alternatif stator akısı rotorda «transformatör elektro-



Şekil 19-5. Santrifüj Anahtarın İlk Hareket ve Çalışmadaki Bağlantıları.

motor kuvveti» endükler ve (2) stator alanını keserken, rotor çubuklarında «hız elektromotor kuvveti» endüklenir. Rotorun dönüşünün devamını sağlayan dönme momentini yaratacak şekilde, alternatif elektromotor kuvvetlerinin bileşik tesiri, rotor üzerinde kutuplar meydana getirir.

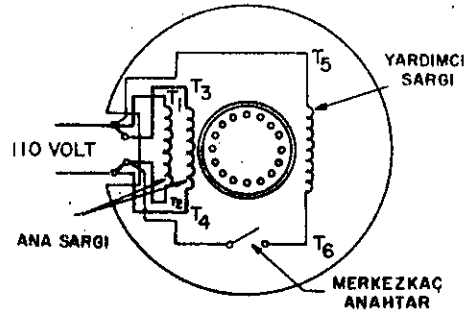
Bu tip motor yol verme anında, yol verme sargısı ile ana sargısının ikisi birden enerjilenmelidir. Bu sargılardaki iki akım yaklaşık olarak birbirinden 90° faz farklı olduklarından; motor, iki fazlı endüksiyon motoruna benzer. Fakat besleme kaynağı tek fazlıdır; bu sebepten, tek fazlı hattan iki fazlı motor gibi çalışmaya bağladığından dolayı, bu motora ayrık fazlı motor denir. Motor bir kere nominal hızı yakın değere kadar ivmelense, çalıştırma sargısı üzerinden tek fazlı endüksiyon motoru gibi çalışacaktır.

Herhangi bir sebepten merkezkaç anahtar mekanizması arızalı olursa ve motor durduğu zaman anahtar kontakları kapanmazsa yardımcı sargı devresi açık olabilir. Motor devresi tekrar enerjilendiğinde, motor çalışmaya başlamayacaktır. Gerekli başlangıç dönme momentini yaratacak şekilde motor devresinin kapalı olduğu anda, motorun başlatma ve çalıştırma sargılarının her ikisi de enerjilenmelidir. Mekanizması arızalı veya anahtar temas noktaları kirli ise, merkezkaç anahtar bir arıza kaynağı olabilir. Motor çalışmaya başlamazsa, fakat alçak bir vınlama sesi verirse, bir sargı açık devre olabilir.

Eğer sadece bir stator sargısından akım geçerse bu, dönen bir alan değil, alternatif bir alan meydana getirir. Eğer rotor duruyorsa, bu alternatif akım, transformatörün sekonderi gibi çalışan rotor

dükler. Bu endükleme akımının meydana getirdiği rotor kutupları, stator kutuplarının «ölü merkezi» üzerinde olduğundan; her iki dönüş yönünde de başlangıç dönme momenti meydana gelmez. Ayrık fazlı bir motor çok büyük bir yük ile çalıştırılmaya başlanırsa, merkezkaç anahtar açmağa yeterli yüksek bir hıza erişemiyebilir. Ayrıca, motora tatbik edilen gerilim de düşük olursa, motor, merkezkaç anahtarın çalışabilmesi için istenilen hıza erişemeyebilir.

Yol verme sargısında kullanılan tel ince olduğundan, bu sargının direnç bileşeni oldukça büyüktür. Normal olarak yol verme sargısı, motorun nominal hıza kadar yükselebilmesi için geçen zamana, yani 3-4 saniye kadar çalışacağına göre hesap edilir. Bu sebepten, motor nominal hızının yaklaşık olarak 3/4 ine çıkınca merkezkaç

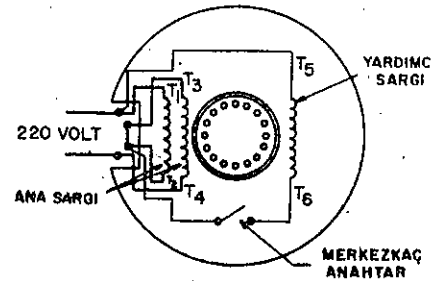


Şekil 19-6. Çift Gerilimli Motorun 110 v. daki Bağlantısı

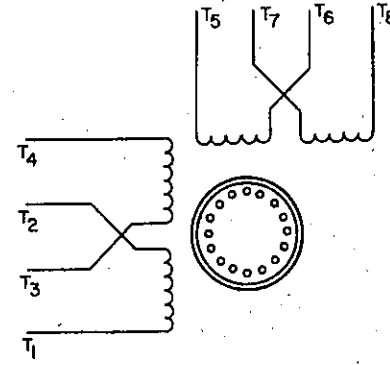
anahtar vasıtasıyla yol verme sargısının hattın ayrılması çok önemlidir. Motorun yol verme sargısı üzerinden 60 saniyeden daha fazla çalışması, sargının fazla ısınmasına veya yanmasına sebep olabilir.

Motorun dönüş yönü değiştirilmek isteniyorsa, yol verme veya çalıştırma sargısından herhangi birinin uçları yer değiştirir. Bu sargıların herhangi birinin uçlarının yer değiştirmesiyle, stator alanının dönüş yönü ters çevrilir. Sonuç olarak da, rotorun dönüş yönü değiştirilir.

Tek fazlı motorların, çoğu zaman, 110 ve 220 voltluk çift gerilim değeri vardır. Çalışma sargısı iki kısımdan ibaret olup, herbiri 110 voltta çalışır. Çalışma sargısının bir kısmı T₁ ve T₂ olarak işaretlenirken, diğer kısım T₃ ve T₄ olarak işaretlenir. Motor 220 voltta çalıştırılırsa, 220 voltluk hatta 110 voltluk iki sargı seri olarak bağlanır. Eğer motor 110 voltta çalıştırılırsa, 110 voltluk A hat-



Şekil 19-7. Çift Gerilimli Motorun 220 v. daki Bağlantısı



Şekil 19-8. İki Yardımcı ve İki Ana Sargısı Olan Çift Gerilimli Motordaki Sargıların Çeşitli Bağlantıları.

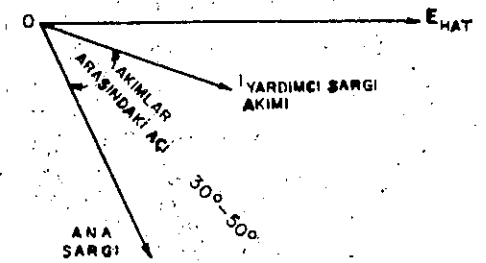
ta, 110 voltluk iki sargı paralel olarak bağlanır. Buna karşılık yol verme sargısı, sadece bir 110 voltluk sargıdan ibarettir. Başlatma sargısının uçları, T₅ ve T₆ olarak işaretlenir. Motor 110 voltta çalışıyorsa, çalıştırma sargısının her iki kısmı da yol verme sargısı ile paralel bağlanır.

110 volta bağlı çift gerilimli motorun devre bağlantıları Şekil 19-6 da gösterilmiştir. Şekil 19-7 de görüldüğü gibi, 220 voltluk çalışma için uç kutusundaki, bağlantı kısa devre elemanları öyle değiştirilir ki; 110 voltluk iki çalıştırma sargısı seri olarak bağlı olsun. 220 voltluk hatta, çalıştırma sargısının iki kısmı seri olarak bağlanır. 110 voltluk yol verme sargısının, çalıştırma sargısının bir kısmı ile paralel bağlı olduğuna dikkat edilmelidir. Çalıştırma sargısının bu kısmındaki gerilim düşmesi 110 voltta, yol verme sargısındaki gerilim de 110 volt olacaktır.

GERİLİMLER	L ₁	L ₂	BAĞLANACAK
110 VOLT	T ₁ , T ₃ , T ₅ , T ₇	T ₂ , T ₄ , T ₆ , T ₈	—
220 VOLT	T ₁ , T ₅	T ₄ , T ₈	T ₂ VE T ₃ , T ₆ VE T ₇

Bazı çift gerilimli, direnç yol vermeli, endüksiyon motorlarının iki kısımlı sargısı olduğu gibi iki kısımlı da çalıştırma sargısı vardır. Çalıştırma sargısının kısımlarının biri T₁ ve T₂, diğer kısmı da T₃ ve T₄ olarak işaretlenir. Çalıştırma sargısının iki kısmından biri T₅ ve T₆ ve diğer kısım da T₇ ve T₈ olarak işaretlenir.

Şekil 19-8 de iki yol verme sargısı ile iki çalıştırma sargısı olan



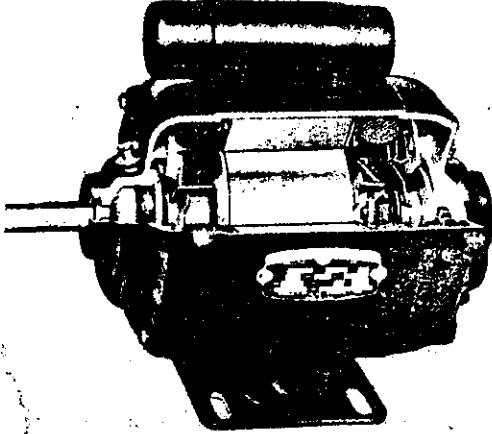
Şekil 19-9. Dirençle Yolvermeli Endüksiyon Motorunda Yardımcı ve Ana Sargı Akımları Arasındaki Açı.

çift gerilimli motorun sargı bağlantıları görülüyor.

Direnç yol vermeli, endüksiyon motorunun hız regülasyonu çok iyidir. Yüksüz durumdan tam yük durumuna kadar hız performansı, üç fazlı, sincap kafesli endüksiyon motorununkinin hemen hemen aynıdır. Kayma yüzdesi % 4 - % 6 kadardır.

Direnç yol vermeli, endüksiyon motorunun yol alma momenti, oldukça zayıftır. Önceden izah edildiği gibi, oldukça kalın teli olmakla beraber, ana sargının az direnci vardır. Ayrıca, stator oluklarının üstüne yakın yerleştirilmiş olmakla beraber, yol verme sargısının endüktif reaktans bileşeni de var.

KONDANSATÖR YOL VERMELİ ENDÜKSİYON MOTORU



Şekil 19-10. Küçük Güçlü Tek Fazlı Bir Motorun İç Görünüşü.

dır. Sonuç olarak, R bileşeni dolayısıyla, ana sargıdaki akım hat geriliminden 90° geri kalmaz. Bundan başka, endüktif reaktans dolayısıyla, yol verme sargısındaki akım, hat gerilimi ile aynı fazda da değildir.

Tipik bir direnç yol vermeli, endüksiyon motorunun ana ve yardımcı sargısındaki akımlar arasındaki açı Şekil 19-9 da gösterilmektedir. İki akım arasındaki açının 90° den oldukça az olduğuna dikkat edilmelidir. Pratikte, bu açı, çoğu zaman, 30° ile 50° arasındadır. Zayıf bir dönen manyetik alan ve bunun sonucunda küçük bir yol alma momenti için bu, kâfi bir faz açısıdır.

Kondansatör yol vermeli, endüksiyon motorunun yapısı, yol verme sargısıyla seri bağlı bir kondansatör hariç, pratik olarak direnç yol vermeli, endüksiyon motorunun aynıdır. Bu kondansatör, motor gövdesi üzerinde herhangi uygun bir yere monte edilir. Bazı hallerde, kondansatör motor gövdesinin içine monte edilir. Bu tip motorun yol alma momenti direnç yol vermeli motorunkinden daha büyüktür ve yol alma akımı daha küçüktür.

Kondansatör yol vermeli, endüksiyon motorları; buz dolapla-

rında, kompresörlerde, brülörlerde ve daha başka birçok işlerde yol alma momentinin yüksek olması dolayısıyla, bu tip motorlar yavaş yavaş ayırık fazlı motorların yerini almaktadır.

Tipik bir kondansatör yol vermeli, endüksiyon motoru, Şekil 19-10 da görülmektedir. Yol verme anında, merkezkaç anahtar kapalı iken, çalıştırma ve yol verme sargıları hat gerilimine paralel bağlanır. Fakat, yol verme sargısı, kondansatör ile seri olarak bağlanır. Motor, nominal hızın % 75 ine eriştiği zaman, merkezkaç anahtar çalışarak yol verme sargısını ve kondansatörü hattan ayırır. Bundan sonra, sadece çalıştırma sargısını kullanarak, motor tek fazlı endüksiyon motoru olarak çalışır.

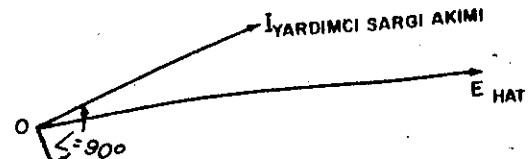
Gerekli yol alma momentini meydana getirmek için, stator sargıları dönen bir manyetik alan meydana getirmelidir. Bunun için yol verme sargısı ile seri halde ve uygun mikroyarad kapasitede bir kondansatör kullanılarak, yol verme sargısındaki akımın çalıştırma sargısı akımından 90° ileri olması sağlanır.

Şekil 19-11 de iki sargı akımının vektöryel durumu görülüyor. Sonuç olarak, iki fazlı endüksiyon motorunun yaklaşık olarak aynı olan bir manyetik alan, stator sargıları tarafından meydana getirilir. Bu sebepten, bu tip motor

için başlangıç dönemi direnç yol vermeli motorundan daha fazladır.

Bu motor, kondansatörlü yardımcı sargı devresinde, mağa başlar. Normal çalışmada, sadece çalıştırma sargısından akım geçer ve motor, bir fazlı endüksiyon motoru gibi çalışır. Kondansatörün görevi yol alma momentini yükseltmektir ve yol alma anında sadece iki veya üç saniye için devrede kaldığından motorun güç katsayısını yükseltmekte kullanılmaz.

Kondansatör yol vermeli endüksiyon motorlarında, bozuk kondansatörler sık sık arıza kaynağı olurlar. Kondansatör kısa devre olur ve motor kolu devresindeki koruyucu sigortanın atmasına sebep olur. Eğer sigorta değeri oldukça büyük olup da motoru besleyen güç kaynağını kesemezse,



Şekil 19-11. Kondansatör Yol vermeli Endüksiyon Motorunda Ana ve Yardımcı Sargı Akımları Arasında 90° lik Faz Farkı Vardır.

Yol verme sargısı yanabilir. Motor bir zaman içinde birkaç defa çalıştırılır durdurulursa yol verme kondansatörleri kısa devre meydana getirebilir. Kondansatörün arızasına engel olmak için, çok motor imalatçıları kondansatör başlatmalı, endüksiyon motorlarının bir saat içinde 20 defa fazla çalıştırmaya başlatılmasını tavsiye ederler.

Kondansatör yol vermeli endüksiyon motorlarında kâğıt ve piramit kondansatörlerin her ikisi de kullanılır. Eğer motor kısa zamanlıklarında sık sık çalıştırılırsa yük yol alma akımları kondansatörün dielektrik maddesini hâretiler.

Kondansatör yol vermeli endüksiyon motorunun hız regülasyonu iyidir. Tam yükteki, kayma desisi % 4 - % 6 kadardır. Yani performansı, direnç endüksiyon motorunun aynıdır.

Kondansatör yol vermeli, endüksiyon motorunun dönüş yönünü ters çevirmek için yol verme sargısı devresindeki uçların yerleri değiştirilir. Bunun sonucunda, stator sargılarında meydana gelen manyetik alan, stator çekirdeği etrafında ters yönde döner ve rotorun dönüşü de ters olur. Dönüş yönü, çift çalıştırma sargı ucunun da yer değiştirmesi ile ters yapılabilir.

Motorun dönüş yönünü ters çevirmek için yol verme sargısının uçları ters bağlanmadan önce, kondansatör yol vermeli endüksiyon motorunun devre bağlantıları Şekil 19-12 de görülmektedir. Motorun dönüş yönünü ters çevirmek için, yol verme sargı telleri ters bağlandıktan sonra, motorun devre bağlantıları Şekil 19-13 te görülmektedir.

Kondansatör yol vermeli endüksiyon motorları ekseriya 110 ve

220 voltluk olmak üzere çift gerilimlidir ve bağlantıları direnç yol

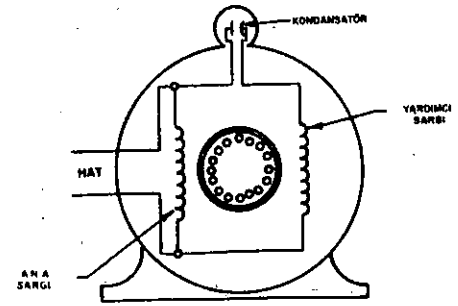
vermeli endüksiyon motorlarının aynıdır.

KONDANSATÖR YOL VERMELİ KONDANSATÖR ÇALIŞMALI MOTORLAR

Yardımcı sargı ve kondansatörün her zaman devreye bağlı olması hariç; kondansatör yol vermeli, kondansatör çalıştırılmalı motor, kondansatör yol vermeli, endüksiyon motoruna benzer. Bu motorun çok iyi yol alma momenti vardır. Ayrıca kondansatör, motorda her zaman kullanıldığından, nominal yükte güç katsayısı, pratik olarak bir'e eşittir.

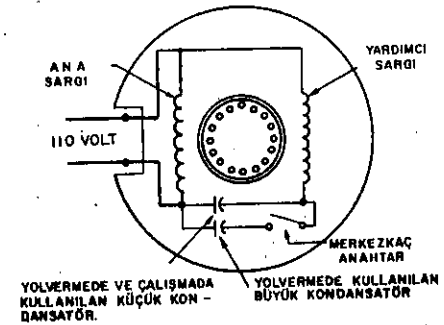
Bu tip motorun çeşitli şekillerinin çalışmaları esas olarak aynıdır. Bir çeşit kondansatör yol vermeli kondansatör çalıştırılmalı motorun, 90° aralıkla yerleştirilmiş iki stator sargısı vardır. Ana sargı direk olarak hat gerilimine bağlanır. Kondansatör, yardımcı sargı ile seri bağlıdır. Kondansatör ile seri bağlı bu ikinci sargı da hat gerilimine bağlıdır. Yani her iki sargıda devamlı olarak devreye bağlıdır ve bunun için merkezkaç anahtar yoktur.

Kondansatör yol vermeli, kondansatör çalıştırılmalı bir motorun iç bağlantıları, Şekil 19-14 te gösterilmiştir. Bu motorun oldukça fazla tatbikati vardır ve brülörlerde, bazı vantilatörlerde ve ufak ağız ve metal işleyen makinelerde kullanılır. Bu motorun dönüş

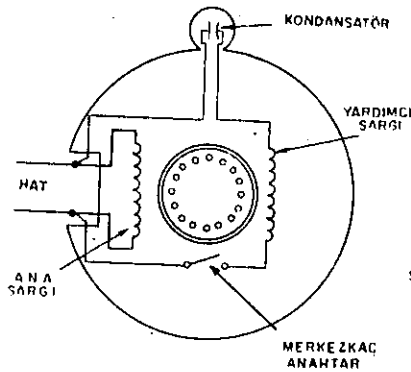


Şekil 19-14. Bir Kondansatör Yolvermeli ve Kondansatör Çalışmalı Motorun Bağlantısı.

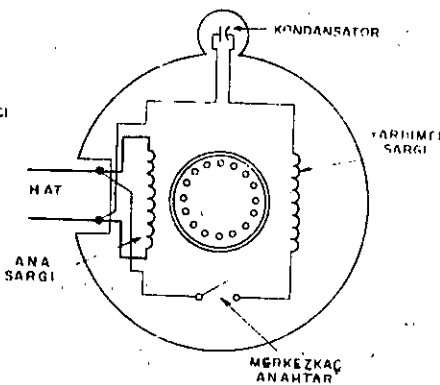
yönünü ters çevirmek için, başlatma sargısının uç bağlantılarının değiştirilmesi gerekir.



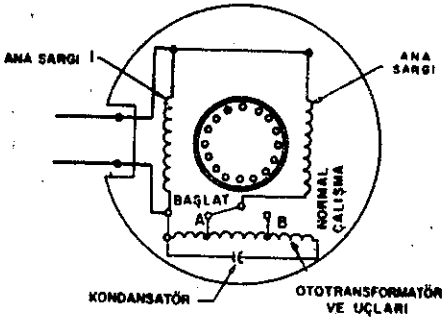
Şekil 19-15. Yolvermede ve Çalışmada Kondansatörlü Olan Motorun Bağlantısı.



Şekil 19-12. Yolvermede Kondansatörlü Endüksiyon Motoru



Şekil 19-13. Kondansatör Yolvermeli Motorun Devir Yönünün Değiştirilmesi.



Şekil 19-16. Bir Kondansatör Yolvermeli, Kondansatör Çalışmalı, Ototransformatörlü Motorun Bağlantısı.

Kondansatör yol vermeli kondansatör çalıştırılmalı motorun ikinci tipinde, iki adet kondansatör kullanılır. Motor yol alırken yardımcı sargı ile büyük değerde bir kondansatör seri bağlanır.

Motorun iç bağlantıları, Şekil 19-15 te gösterilmiştir. Çalışmağa bağlarken, iki kondansatör paraleldir. Motor nominal hızın % 75 ine erişince, merkezkaç anahtar büyük kondansatörü devreden ayırır. Bundan sonra motor yardımcı sargıya küçük bir kondansatör seri bağlı olarak çalışmağa devam eder.

Bu motorun, çok iyi yol alma momenti, iyi hız regülasyonu ve pratik olarak nominal yükte % 100 güç katsayısı vardır. Ocağa kömür atan cihazlarda, buz dolaplarında, kompresörlerde ve kuvvetli

yol alma momenti ve iyi hız regülasyonu isteyen diğer uygulamalarda kullanılır. Kondansatör yol vermeli, kondansatör çalıştırılmalı motorun üçüncü çeşitinde, yüksek yol alma momenti ile yüksek çalışma güç katsayısı elde etmek için, bir ototransformatör bir kondansatörle beraber kullanılır.

Bu tip motorun iç bağlantıları, Şekil 19-16 da gösterilmiştir. Motor çalışmağa başlayınca, merkezkaç anahtar, 2 sargıyı, orta uçlu ototransformatörün A noktasına bağlar. Bu, kondansatörü, yaklaşık olarak 500 voltluk bir gerilime bağlar. Sonuç olarak, 2. sargıdaki ileri fazda akım kuvvetli bir yol alma momenti yaratır.

Motor nominal hızın % 75 ine eriştiği zaman; merkezkaç anahtar, yol verme sargısını A noktasından ayırır ve bu sargıyı ototransformatördeki B noktasına bağlar. Şimdi, kondansatöre daha az gerilim tatbik edilir, fakat motor her iki sargısı da enerjili olarak çalışır. Kondansatör, nominal yükte pratik olarak bir'e eşit güç faktörü ile çalışır:

Bu motorun momenti çok iyidir ve hız regülasyonu da tatmin edicidir. Bu motor, buz dolapları, kompresörler ve kuvvetli yol alma momenti ve oldukça sabit hız isteyen diğer yükler gibi uygulamalarda kullanılır.

REPÜLSİYON MOTORLARI

Repülsiyon motorları, üç sınıfa ayrılır: Repülsiyon motor; repülsiyon yol vermeli, endüksiyon motoru ve repülsiyon-endüksiyon motorudur. İsimleri benzediği

için, bu üç tip motor ekseriya elektrik işçilerini yanıltır. Bununla beraber, motorların yapıları, çalışma karakteristikleri ve sanayide kullanılma tatbikatı farklıdır.

REPÜLSİYON MOTORU

Bir repülsiyon motorunun esas parçaları şunlardır:

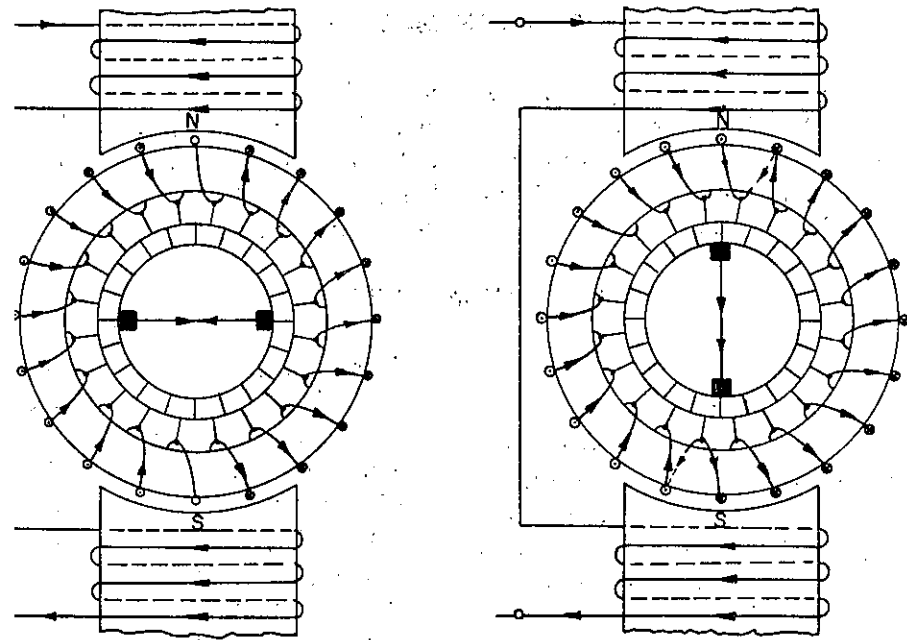
1. Levhalı bir stator çekirdeği, ayırık fazlı motorun ana sargılarına benzer bir sargı ile tamamlanır. Stator, genellikle dört, altı veya sekiz kutuplu olur.
2. İçine sargı yerleştirilmiş oluklu çekirdekte ibaret bir rotor. Doğru akım motorunun endüvisine benzer şekilde olduğundan bu rotora da endüvi denir. Bu endüvi sargısını meydana getiren bobinler, kollektöre bağlanırlar.
3. Motor gövdesine bağlanmış motor yataklarını içine alan iki kapak.
4. Kapaklardan biri üzerine monte edilen, fırça tutucu tertibat tarafından yerinde tutulan ve kollektör yüzeyi ile temasta olan karbon fırçalar. Fırçalar aralarında kısa devre edilmiştir. Doğru dönüş ve maksimum dönme momenti elde etmek için, fırça tutucu tertibatı o şekilde hareket ettirilir ki; fırçalar, kollektör yüzeyi ile çeşitli noktalarda temas temin eder.
5. Endüvi milini destekleyen ve endüviyi stator çekirdeği ve sargılarına nazaran merkezde tutan, iki yatak.
6. İçine stator çekirdeği preslenen gövde.

REPÜLSİYON MOTORUNUN ÇALIŞMASI

Stator sargıları, tek fazlı hatta bağlanırsa; stator sargılarındaki akım tarafından bir alan meydana getirilir. Bu stator alanı rotor sargılarında bir gerilim ve bir akım endükler. Fırçalar, kollektör üzerinde uygun yerlere yerleştirir-

lirse; endüvi sargılarındaki endükleme akımı, endüvide manyetik kutuplar meydana getirecektir. Bu endüvi alan kutuplarının, stator alan kutuplarıyla bir çok ilgisi vardır.

ALTERNATİF AKIMIN ESASLARI



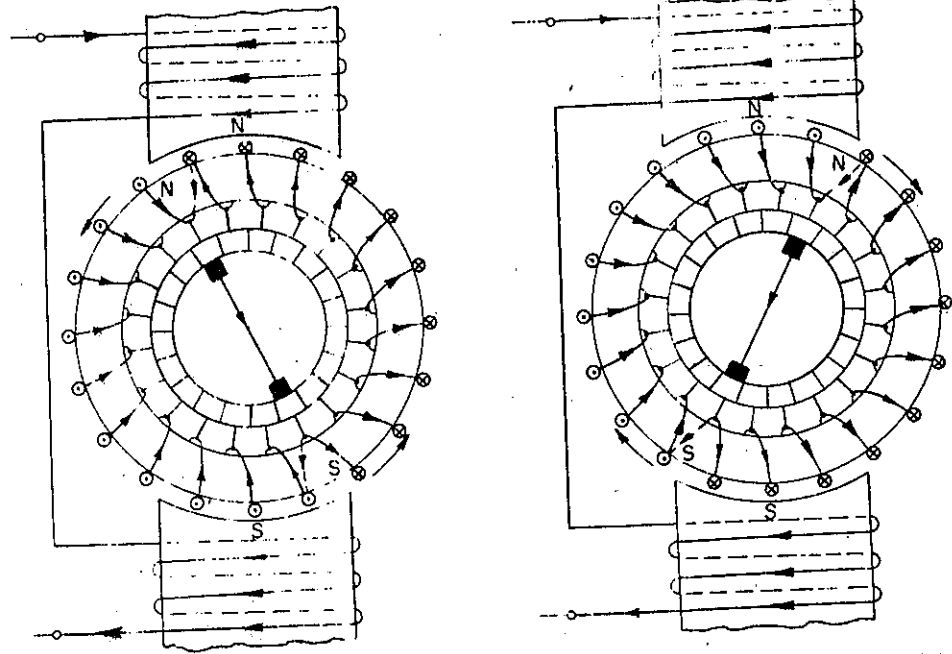
Şekil 19-17. A. Eşit Gerilimler Birbirine Zıt olduğundan Dönme Momenti Meydana Gelmez. B. Endüviden Geçen Akım Yüksek Olmasına Rağmen Dönme Momenti Meydana Gelmez.

Endüvide meydana gelen manyetik kutupların, stator sargısının kutuplarından yaklaşık olarak 15° lik merkez kaçıklığı vardır. Bundan başka; rotor kutuplarının ani kutuplaşması, bitişik stator kutuplarının aynı olduğundan endüvisinin dönüşüne sebep olan bir itici döndürme momenti yaratılır. Böylece, aynı adlı kutuplar birbirini iter prensibinin uygulaması olarak bu motora repülasyon (itme) motoru denir.

Şekil 19-17 ve 19-18 deki dört diyagram, maksimum döndürme momenti meydana getirmek için fırçaların uygun durumda bulun-

masının önemini göstermektedir. Birinci diyagramda; fırçalar, stator kutuplarına dik açı ile yerleştirildiği zaman, hiçbir döndürme momentinin yaratılmadığı görülür. İki fırçanın arasındaki bağlantıda endüvi sargısının iki yarısındaki eşit endükleme gerilimleri birbirine zıt tesir ettiklerinden, bu fırça durumunda hiçbir döndürme momenti yaratılmaz. Bunun için, bu sargıda hiçbir akım yoktur ve böylece, endüvi sargıları tarafından hiçbir akı meydana getirilmez.

Şekil 19-17 B deki ikinci diyagramda; fırçalar, direk olarak stator kutuplarının merkezinin altın-



Şekil 19-18. A. Saat ibresinin tersi yönünde dönme momenti meydana gelmez. B. Saat ibresi yönündeki dönme momenti meydana gelir.

daki bir yere kaydırılır. Bu fırça durumunda, endüvi sargılarından büyük bir akım geçer, fakat gene de bir döndürme momenti yaratılmaz. Endüvi sargılarındaki büyük akımlar, stator kutupları ile direk olarak aynı merkezde olan endüvi kutupları meydana getirirler. Bu sebepten, saat ibresi dönüşü yönünde veya ters yönde yaratılan bir döndürme momenti yoktur.

Şekil 19-18 B deki üçüncü diyagramda; fırçalar, stator kutpu merkezinden saat ibresi dönüşünün ters yönünde 15° kaydırılmıştır. Sonuç olarak, stator kutpu merkezinden saat ibresi dönüşü ters yönünde 15° de, endüvide ay-

Şekil 19-18. B. Saat ibresi yönündeki dönme momenti meydana gelir.

ni işaretle kutuplaşan manyetik kutuplar meydana gelir. Stator ve rotordaki aynı işaretli kutuplaşmalar arasında; endüviyi, saat ibresi dönüşünün ters yönünde dönmeye sebep olacak, bir moment yaratılır.

Motorun dönüş yönünü ters çevirmek için; fırçalar, stator alan kutuplarının diğer tarafına 15° itilir. Netice olarak endüvide, stator kutup merkezlerinden 15° saat ibresi dönüşünün ters yönünde aynı işaretli manyetik kutuplar meydana gelir.

Repülasyon motorunun, seri motorlar gibi, çok iyi bir yol alma momenti vardır. Bundan başka,

esleme geriliminin değerini de-
ğiştirerek repülsiyon motorunun
nızı değiştirebilir. Bununla bera-
ber, bu motorun kararsız hız ka-
rakteristikleri vardır ve üzerinden

yük kalktığı zaman hız çok ve bü-
yük değerlere yükselir. Kuvvetli
yol alma momenti ve hız kontro-
lu isteyen tatbikatta, repülsiyon
motorları kullanılır.

REPÜLSİYON YOL VERMELİ ENDÜKSİYON MOTORU

Repülsiyon motorları sınıfında
ile alınacak ikinci çeşit motor;
repülsiyon yol vermeli, endüksiyon
motorudur. Fırça kaldırma
ipi denen bazı motorlarda; motor
yaklaşık olarak nominal hızın %
75 ine çıktığı zaman, fırçalar kol-
lektör yüzeyinden yukarıya kaldı-
rılır. Fırçaları, devamlı olarak her
zaman kollektör yüzeyine temas
eden repülsiyon motorların, fırça bindir-
me tipi denir.

Repülsiyon yol vermeli, endük-
siyon motorunun esas parçaları
unlardır :

Levhali bir stator çekirdeği,
ayrık fazlı motorun ana sargı-
larına benzer bir sargı ile ta-
mamlanır.

İçine bir sargı yerleştirilen ve
kollektöre bağlanan oluk çe-
kirdekten ibaret bir rotor. Ro-
tor çekirdeği ve sargısı, doğru
akım motorunun kollektörüne
benzer. Bu sebepten bu tip mo-
torun rotoruna endüvi denir.

Fırça kaldırma tipinde; mer-
kezkaç bir nominal hızın % 75
inde fırçaları kollektör yüze-

yinden kaldırır. Bu mekaniz-
ma, düzengeç ağırlığı, bir kısa
devre bileziği, bir yay tamburu
yay, itme çubukları, fırça yuva-
ları ve fırçalardan ibarettir.
Fırça bindirme tipinde; yakla-
şık olarak nominal hızın % 75
inde çalışan merkezkaç bir ter-
tibat vardır. Bu mekanizma da
düzengeç ağırlığı, bir kısa dev-
re bileziği ve yay tamburundan
ibarettir. Bu mekanizma kol-
lektör dilimlerini kısa devre
eder, fakat fırçaları ve fırça
yuvalarını kollektör yüzeyin-
den kaldırmaz.

4. Fırça kaldırma tipinde, özel
radyal tip bir kollektör kulla-
nılır. Repülsiyon yol vermeli,
endüksiyon motorunun fırça
bindirme tipinde; bilinen ek-
sen tipli kollektör kullanılır.

5. Repülsiyon yol vermeli, endük-
siyon motorunun fırça bindir-
me tipindeki fırça yuvası me-
kanizması, repülsiyon moto-
rundakinin aynıdır.

6. Kapaklar, yataklar ve motor
gövdesinin yapısı, repülsiyon
motorunun aynıdır.

ÇALIŞMA

Repülsiyon yol vermeli, endük-
siyon motoru repülsiyon motoru
gibi çalışmaya başlar. Bununla be-
raber nominal hızın yaklaşık ola-
rak % 75 ine ulaştığı zaman, mo-
tor bir endüksiyon motoru olarak
çalışacaktır.

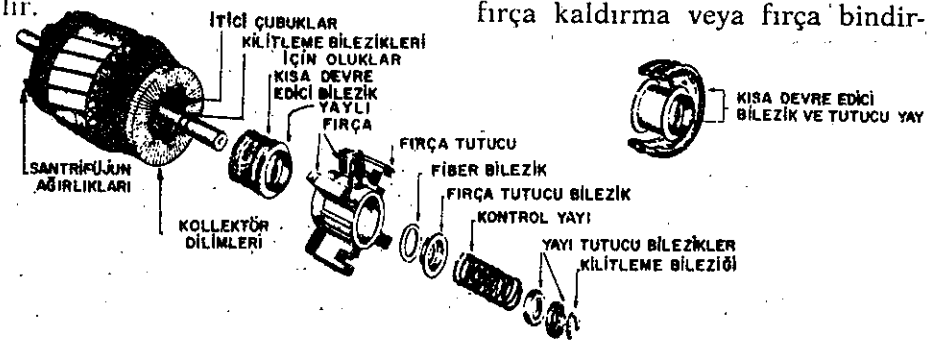
Fırça kaldırma tipine ait endü-
vi, radyal kollektör ve merkezkaç
aletinin açılmış bir görünüşü; Şe-
kil 19-19 da görülüyor.

Merkezkaç mekanizmasının it-
me çubukları ileriye doğru hare-
ket ederse, bunlar yay tambur me-
kanizmasını ileriye doğru iter ve
kısa devre bileziğinin, radyal kol-
lektörün çubukları ile temas te-
min etmesini sağlar. Netice olarak
kollektördeki bütün dilimler, kısa
devre edilir. Aynı zamanda, fırça
yuvaları ve fırçalar, kollektör yü-
zeyinden kalkar. Böylece, fırçalar
ve kollektör yüzeyleri aşınmadan
korunur. Bundan başka, kollektör
yüzeyine basan fırçaların sebep
olduğu gürültüler ortadan kaldı-
rılır.

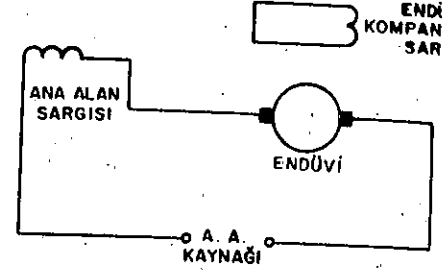
Kollektör dilimleri üzerindeki
düzengeç mekanizmasının kısa
devre tesiri; endüviyi, sincap ka-
fesli bir rotor haline çevirir. Bu
sebepten, motor, tek fazlı endük-
siyon motoru gibi çalışır. Bu tip
motor repülsiyon motoru gibi ça-
lışmalar başlar ve bir endüksiyon
motoru gibi çalışmaya devam
eder, bunun için, bu motora, en-
düksiyon motor denir.

Fırça bindirme tipi motorda,
eksenli bir kollektör kullanılır.
Merkezkaç mekanizması, yay ile
yerinde tutulan bir çok bakır di-
limlerden ibarettir. Bu tip bir
merkezkaç tertibatı Şekil 19-20 de
gösterilmektedir. Bu, kollektöre
bitişik bir yere konur. Nominal hı-
zın yaklaşık % 75 inde, merkezkaç
kuvvet, kısa devre kollektör dilim-
lerini kısa devre etmesine sebep
olur. Dilimler kısa devre edilince;
motor, bir endüksiyon motoru ola-
rak çalışmaya devam eder.

Yol alma momenti performansı
fırça kaldırma veya fırça bindir-



Şekil 19-19. Repülsiyon Motorun Rotorundaki Kollektörün ve Santrifüj Fırça Kaldırma ve Kollektör Dilimlerini Kısa Devre Etme Tertibatının Görünüşü.

ENDÜKTİF
KOMPANZASYON
SARGISI

Şekil 19-28. Endüktif Kompanzasyon Sergili Bir Üiversal Motorun Diyagramı.

kuvveti, pratik olarak, primerin manyetomotor kuvvetinden zıt fazda ve eşit büyüklükte olduğundan; kompanzasyon sargısının akısı, endüvinin çapraz akısını yaklaşık olarak nötrler. Bu tip motor, doğru akımda kullanılmaz. Çalışma karakteristikleri, kondüktif kompanzasyonlu motora benzer.

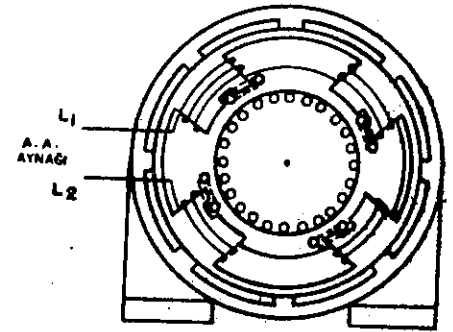
nın şiddeti, yük akımının artması ile artar, böylece; endüvi tarafından ana alan akısının şeklinin bozulması en aza indirilir.

Kompanzasyon sargısı, seri alan sargısı ve endüvi ile seri bağlıdır. Bu tip motorların yol alma momenti yüksek olmasına rağmen, hız regülasyonu kötüdür. Fakat, direnç tipi hız kontrol aletleri kullanılarak geniş bir alanda hız kontrolü mümkün olur.

Bir transformatörün kısa devreli sekonder sargısı gibi tesir eden endüktif kuplajlı bir sargıyla da, alternatif akım seri motorların endüvi reaksiyonu etkisi azaltılabilir. Bir transformatörün primer sargısı gibi tesir eden endüvinin çapraz mıknatıslama akısına bağlanacak şekilde, bu sargı yerleştirilir. Sekonderin manyetomotor

GÖLGELİ KUTUPLU ENDÜKSİYON MOTORU

Çok küçük güçlü tek fazlı endüksiyon motorlarına herbir stator kutbunun bir kenarına yerleştirilmiş gölge bobinleri yardımıyla yol verilir. Bu tip motorda, yine sincap kafesli rotor kullanılır. Bununla beraber, ne merkezkaç anahtara ne de başlatma mekanizmasına ihtiyaç duyulmaz. Böylece, bozuk merkezkaç anahtar mekanizmasına bağlı olarak meydana gelecek, motor arızası ihtimali yok edilmiş olur.



Şekil 19-29.

ALTERNATİF AKIMIN ESASLARI

se motorun, 90° aralıkla yerleştirilmiş bir ana sargısı ile kompanzasyon sargısı ihtiva eden, bir r vardır. Kompanzasyon sar-alternatif akımlı kaynaktan aldığı zaman, alternatif akı tadan endüvide meydana gelen tans gerilimini azaltmak için ir.

iversal motorların gövdesi, inyum, dökme demir veya çen yapılır. Alan kutupları, gele gövdeye civatalarla bağla-Kutup çekirdekleri, civatalar-kıca birbirine bağlı saç levhan ibarettir. Endüvi çekirdeği evhalardan yapılmıştır. Her e kullanılan, kollektör ve fır-burada da kullanılır.

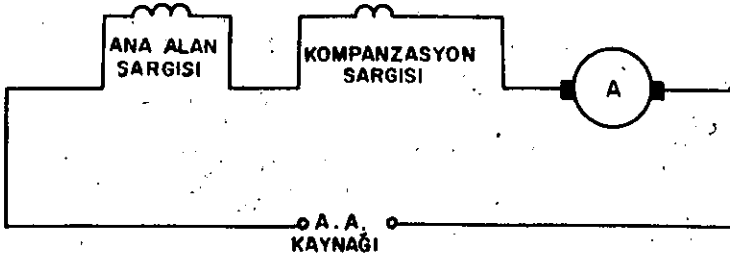
iversal motorlar, doğru akımya tek fazlı alternatif akım-aklaşık olarak aynı hızda ça-

lışrlar. Bu motorlar seri sargılı- olduğundan, yüksüz durumda aşırı hızda çalışırlar; bunun için yüksüz bırakılmamalıdır. Seri dirençler bağlayarak üniversal motorları hızları ayarlanır. Reostalar ve tek alanlı kutup üzerine sarılmış kumlu krom-nikel telli bobinler bu iş için çok kullanılır. Alan kutuplarının biri üzerindeki uçtan endüktans değiştirmek suretiyle de, hız kontrol edilir. Alan veya endüvi devresinin herhangi birindeki akımın yönünü değiştirerek, seri motorun dönüş yönü ters çevrilebilir. Üniversal motorlar, fırça durumuna hassastırlar ve fırçaları nötür (kıvılcımsız) düzleme kaydırmadan dönme yönünün değiştirilmesi, fırçalarda kıvılcım atlamaları meydana getirir.

KONDÜKTİF VE ENDÜKTİF KOMPANZASYON

beygir gücünden büyük alter-akım motorları, yüksek yol momentini gerektiren yükletilmesinde kullanılır. Yük-laki endüvi reaksiyonunun

etkisini azaltmak için, iki metot kullanılır. Kondüktif kompanzasyon tipinde, kutup yüzeylerinin içine açılan oluklara, bir kompanzasyon sargısı yerleştirilir. Bu ala-



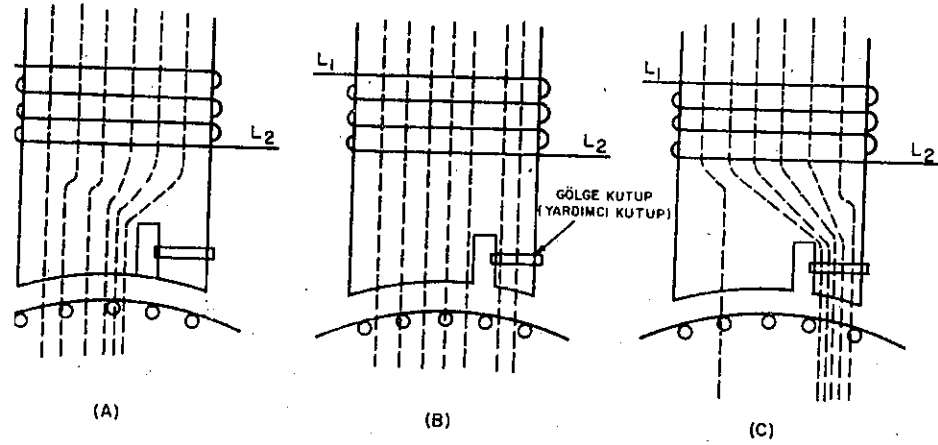
Şekil 19-27. Kompanzasyon Sargısı Seri Bağlanan Üiversal Motorun Diyagramı.

girden küçük güçler için kullanılır. Gölge kutuplu motorun tipik

tabikatu, vantilatör ve körük gibi cihazların işletilmesidir.

HATIRDA TUTULMASI GEREKEN NOKTALAR

- Ayrık faz prensibine göre çalışmaya başlayan tek fazlı endüksiyon motorlarının iki basit tipi vardır; bunlar, direnç yol vermeli endüksiyon motoru ve kondansatör yol vermeli endüksiyon motorudur.
- Çalıştırma sargısı akımı ile yol verme sargısı akımı arasındaki faz açısı sadece 30 - 50° kadar olduğundan; direnç yol vermeli, endüksiyon motorunun yol alma momenti oldukça düşüktür.
- Çalıştırma sargısı akımı ile yol verme sargısı akımı arasında, pratik olarak 90° lik faz açısı olduğundan; kondansatör başlatmalı, endüksiyon motorunun yol alma momenti oldukça yüksektir.
- Kondansatör yol vermeli kondansatör çalıştırılmalı endüksiyon motorunun, yol alma momenti de yüksektir ve oldukça büyük güç faktöründe çalışır. Ana ve yardımcı sargı devamlı olarak devrede kalır.
- Yol verme sargı devresinden geçen akımın yönü değiştirilerek direnç yol vermeli, endüksiyon motoru veya kondansatör yol vermeli, endüksiyon motorunun dönüş yönü değiştirilebilir. Çalıştırma sargı devresinin tellerinin yer değiştirmesiyle de; motorun her iki tipinin de dönüş yönü değiştirilebilir. Fakat, hat tellerinin aralarında değiştirmekle motorun dönüş yönü değişmez.
- Repülsiyon motoru, itme prensibine göre çalışır. Yol alma momenti yüksektir ve hızı geniş bir alan içinde ayarlanabilir.
- Repülsiyon yol vermeli, endüksiyon motoru repülsiyon motoru gibi çalışmaya başlar ve nominal hızın % 75 ine eriştikten sonra da, bir endüksiyon motoru gibi çalışır. Mükemmel yol alma momenti ve çok iyi hız regülasyonu vardır.
- Repülsiyon yol vermeli, endüksiyon motorunda kullanılan iki tip fırça mekanizması vardır: fırça bindirme tipi ve fırça kaldırma tipi.
- Repülsiyon motorunun veya repülsiyon yol vermeli, endüksiyon motorunun herhangi birinin dönüş yönünü değiştirmek için; fırçalar stator alan kutup merkezleri arasında 15° lik bir açı meydana gelecek şekilde, fırçalar stator alan kutupları



Şekil 19-30. Yardımcı Kutuplu Motorda Hava Aralığındaki Manyetik Akımın Kaydırılması.

Şekil 19-29 dört kutuplu tipik gölge kutuplu endüksiyon motorunu göstermektedir. «Gölge bobini» nin, stator alan kutuplarının birinin bir kısmına sarılmış uğuna dikkat edilmelidir. Gölge bobini, küçük dirençli bakır halkadır.

tator devresindeki akım artar. Stator akısı da çoğalır ve her gölge bobininde bir elektromotor kuvvet endükler. Bakır halka endüklenen akım, ana alan akı akı çoğalmaya karşı koyar (Şekil 19-30 A).

Stator akım ve akısının her iki maksimum değerlerine eriştiğinde de bir değişiklik olmadığı bir an vardır. Bu anda, gölge bobininde gerilim veya akım yoktur. Sonuç olarak, stator akısına olarak gölge bobini tarafından bir manyetomotor kuvvet

meydana getirilmez ve Şekil 19-30 B de gösterildiği şekilde; stator alanı homogen olur. Stator akım ve akısı azalınca; gölge bobinindeki endükleme elektromotor kuvveti ve akım, stator alanının artmasına yardım eden bir manyetomotor kuvvet meydana getirir. Bunun sonucu olarak da, Şekil 19-30 C de görüldüğü gibi; bakır halkasının bulunduğu kısımda diğer kısımdan daha az hızlı şekilde, akı azalması olur.

Şekil 19-30 daki üç resmin incelenmesi; bakır halkanın, kutup yüzeyinde alan akısı kaymasına sebep olduğunu gösterir. Herbir kutupta bu kayan akı, dönen manyetik alana benzetilebilir. Bununla beraber, bu başlatma metodu ile meydana getirilen döndürme momenti küçüktür. Bu tip motorlar, kuvvetli yol alma momentine ihtiyaç duyulmayan, 1/10 bey-

un diğer tarafına hareket ettirilir.

Alternatif akım seri motorunun nükemmel yol alma momenti vardır ve çeşitli hızlara ihtiyaç duyulan tatbikatta kullanılır. Karakteristikleri, doğru akım eri motoruna benzer.

Alternatif akım seri motorunun dönüş yönü, endüviye olan bağ-

lantıların değiştirilmesiyle, ters çevrilebilir.

- Gölge kutuplu endüksiyon motorları, ekseriya 1/10 beygir-den küçük güçlerde yapılırlar. Bu tip motorun, bakıma ihtiyaç gösteren merkezkaç başlatma aleti veya mekanizması yoktur. Fakat, bu tip motorun yol alma momenti azdır.

TEKRARLAMA SORULARI

Motorun yol almasında kullanılan ayırık faz metodunu izah ediniz.

Kondansatör başlatmalı, endüksiyon motorunun yol alma momentinin niçin direnç yol vermeli endüksiyon motorundan daha iyi oluğunu izah ediniz.

Aşağıdaki motorun herbirinde, dönüş yönü nasıl ters çevrilir:

1. Direnç yol vermeli endüksiyon motoru ?

2. Kondansatör yol vermeli, endüksiyon motoru ?

Direnç yol vermeli, endüksiyon motorunun enerjisi kesildiği zaman, merkezkaç anahtar kapanmamaktadır. Motor tekrar enerjilendiği zaman ne olacağını izah ediniz.

Direnç yol vermeli, endüksiyon motoru aşırı bir yükte çalıştırılmağa başlanmakta ve hızı merkezkaç anahtarın açılması için kâfi gelecek kadar yükselememektedir. Bunun sonucunda ne olur ?

Direnç yol vermeli, endüksiyon motorunun, 115/230 voltluk çift gerilim değeri vardır. Bu motorun, her biri 115 voltta çalışan iki çalış-

tırma sargısı ve 115 voltta çalışan bir de yol verme sargısı vardır. Bu motor 230 volta bağlı iken, bağlantıların nasıl olacağını bir şema halinde gösteriniz.

7. 115 voltluk kondansatör yol vermeli endüksiyon motorunun bağlantılarının nasıl olacağını gösteriniz.
8. a. Direnç yol vermeli endüksiyon motorunun çalışma karakteristiklerini; kondansatör yol vermeli, endüksiyon motoru ile mukayese ediniz.
b. Aşağıdaki motorlar için, üç tatbikat yeri yazınız :
(1) Direnç yol vermeli endüksiyon motoru,
(2) Kondansatör yol vermeli endüksiyon motoru,
9. Kondansatör yol vermeli endüksiyon motoru ile kondansatör yol vermeli kondansatör çalıştırılmalı motorun yapı ve çalışma farklarını izah ediniz.
10. Repülsiyon motorunun nasıl çalıştığını izah ediniz.
11. a. Fırçalar stator kutup merkezleriyle direk olarak aynı doğru

üzerine yerleştirildiği zaman; repülsiyon motorunun niçin dönmediğini izah ediniz.

b. Fırçalar, bu sorunun (a) kısmında belirtilen durumdan 90° kaydırılmaktadır. Bu halde, motor döner mi ?

c. Maksimum döndürme momenti elde etmek için stator kutup merkezleri referans alınmak suretiyle fırçaların hangi durumda yerleşmesi gerekir ?

12. Repülsiyon yol vermeli endüksiyon motorunun nasıl çalıştığını izah ediniz.

13. Fırça kaldırmalı tipte, repülsiyon yol vermeli endüksiyon motoru ile fırça bindirmeli tipte repülsiyon yol vermeli, endüksiyon motoru arasındaki farkı izah ediniz.

14. Aşağıdaki motorların her birinin dönüş yönü nasıl ters çevrilir ?

- a. Repülsiyon motoru
- b. Repülsiyon yol vermeli endüksiyon motoru

15. Repülsiyon motorunun çalışma karakteristiklerini, repülsiyon yol vermeli endüksiyon motoru ile mukayese ediniz.

16. Aşağıdaki motorlar için üç tatbikat yeri yazınız.

- a. Repülsiyon motoru

b. Repülsiyon yol vermeli endüksiyon motoru

17. Repülsiyon yol vermeli endüksiyon motoru ile repülsiyon endüksiyon motoru arasındaki farkları izah ediniz.

18. Şönt motorlar, alternatif akımla neden tatmin edici şekilde çalışmaktadırlar ?

19. Alternatif akım ile doğru akım seri motorları arasındaki fark nedir ?

20. Küçük güçlü alternatif akım motorlarına niçin universal motorlar denir ?

21. Kondüktif kompanzasyonlu seri motor ile endüktif kompanzasyonlu seri motor arasındaki fark nedir ?

22. Alternatif akım seri motorları için dört tatbikat yeri yazınız.

23. Gölge kutuplu motorun yapı ve çalışmasını çizerek anlatınız.

24. Gölge kutuplu motor, nerelerde kullanılır

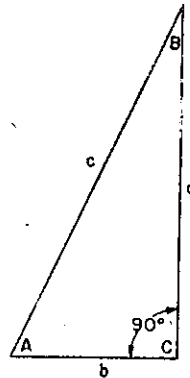
25. 115 voltluk, iki kutuplu, 60 sayıklık, kondansatör yol vermeli endüksiyon motorunun, tam yükteki hızı dakikada 3450 devirdir. Aşağıdakileri tayin ediniz :

- a. Senkron hız
- b. Kayma yüzdesi

EK A

Trigonometri-Basit Fonksiyonlar

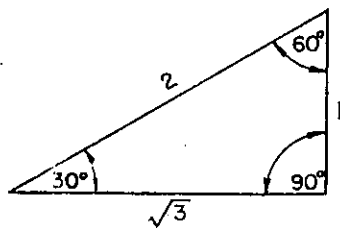
$$\begin{aligned} \text{sin A} &= \frac{\text{Karşı kenar}}{\text{Hipotenüs}} = \frac{a}{c} \\ \text{cos A} &= \frac{\text{Yan kenar}}{\text{Hipotenüs}} = \frac{b}{c} \\ \text{tg A} &= \frac{\text{Karşı kenar}}{\text{Yan kenar}} = \frac{a}{b} \\ \text{cot A} &= \frac{1}{\text{tg A}} = \frac{\text{Yan kenar}}{\text{Karşı kenar}} = \frac{b}{a} \\ \text{sec A} &= \frac{1}{\text{cos A}} = \frac{\text{Hipotenüs}}{\text{Yan kenar}} = \frac{c}{b} \\ \text{cosec A} &= \frac{1}{\text{sin A}} = \frac{\text{Hipotenüs}}{\text{Karşı kenar}} = \frac{c}{a} \end{aligned}$$



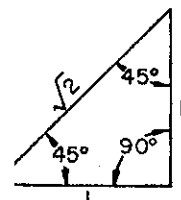
$$\sin B = \frac{b}{c} = \cos A = \cos(90^\circ - B), \text{ çünkü } A = 90^\circ - B$$

$$\cos B = \frac{a}{c} = \sin A = \sin(90^\circ - B)$$

$$\tan A = \frac{a/c}{b/c} = \frac{a}{b} = \text{tg A}$$



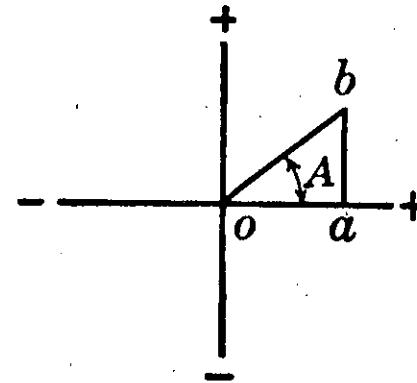
Açı	sin	cos	tg
30°	0.5	$\sqrt{3}/2 = 0.866$	$1/\sqrt{3} = 0.577$
60°	$\sqrt{3}/2 = 0.866$	0.5	$\sqrt{3} = 1.732$
45°	$1/\sqrt{2} = 0.707$	$1/\sqrt{2} = 0.707$	1.0



EK B

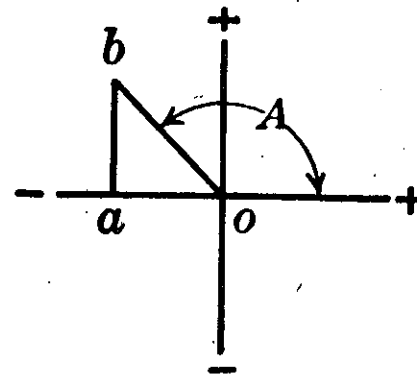
90° den Büyük Açıların Fonksiyonları

Not: YARIÇAP VEKTÖRÜ, OB, DAİMA POZİTİFTİR



BİRİNCİ DÖRTTE BİR DAİRE

$$\begin{aligned} \sin A &= \frac{+ab}{+ob} = \sin(+)\text{ dir} \\ \cos A &= \frac{+oa}{+ob} = \cos(+)\text{ dir} \\ \text{tg A} &= \frac{+ab}{+oa} = \text{tg}(+)\text{ dir} \end{aligned}$$



İKİNCİ DÖRTTE BİR DAİRE

$$\begin{aligned} \sin A &= \frac{+ab}{+ob} = \sin(+)\text{ dir} \\ \cos A &= \frac{-oa}{+ob} = \cos(-)\text{ dir} \\ \text{tg A} &= \frac{+ab}{-oa} = \text{tg}(-)\text{ dir} \end{aligned}$$

ÜÇÜNCÜ DÖRTTE BİR DAİRE

$$\begin{aligned} \sin A &= \frac{-ab}{+ob} = \sin(-)\text{ dir} \\ \cos A &= \frac{-oa}{+ob} = \cos(-)\text{ dir} \\ \text{tg A} &= \frac{-ab}{-oa} = \text{tg}(+)\text{ dir} \end{aligned}$$

