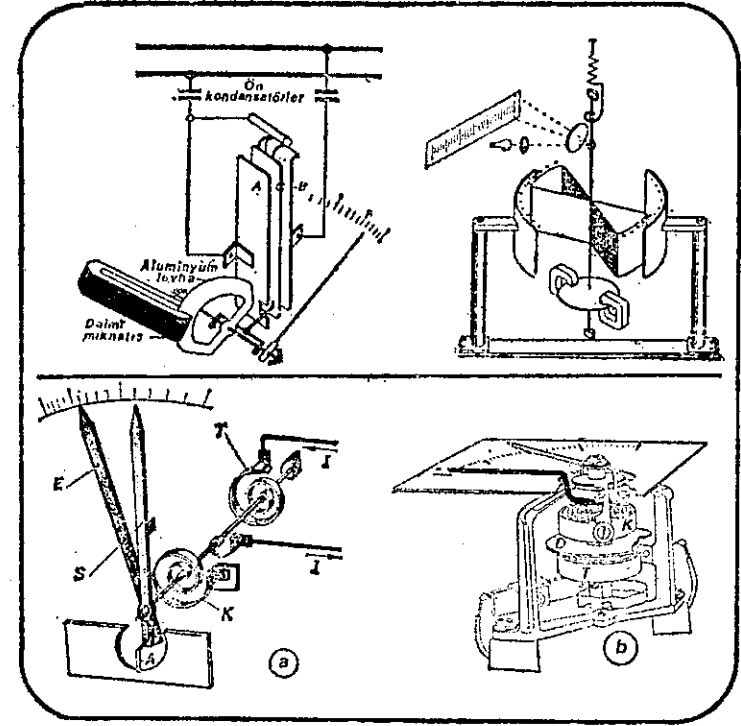


Elektrik Ölçü Aletleri ve Elektriksel Ölçmeler



№ 7273

F. 475 Lira

1984

SATIŞ VE DAĞITIM YERİ: İstanbul'da Devlet Kitapları Müdürlüğü
ve İllerde Millî Eğitim Gençlik ve Spor Bakanlığı Yayınları

5-5-1986

(294) (145)

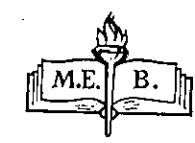
*Yah
Ferit Battar
Battar*

ORTA DERECELİ ENDÜSTRİYEL TEKNİK ÖĞRETİM OKULLARI

Elektrik Ölçü Aletleri ve Elektriksel Ölçmeler

TEMEL DERS KİTABI

YAZAN
Kadir ANASIZ



DEVLET KİTAPLARI

MİLLİ EĞİTİM BASIMEVİ — İSTANBUL 1984

Her hakkı saklıdır ve Millî Eğitim Gençlik ve Spor Bakanlığına aittir. Kitabın metin, soru ve şekilleri kısmen de olsa hiçbir surette alınıp yayımlanamaz.

Millî Eğitim Gençlik ve Spor Bakanlığı Talim ve Terbiye Kurulunun 15.10.1983 gün ve 186 sayılı kararı ile Teknik Öğretim Okulları için Temel Ders Kitabı olarak kabul edilmiş, Yayınlar Dairesi Başkanlığının 8.6.1984 gün ve 5078 sayılı yazısı ile ikinci defa 5.000 adet basılmıştır.

ÖNSÖZ

Türk Milletini çağdaş uygarlığın yapıcı, yaratıcı, seçkin bir ortağı yapmak Medeniyetçilik mücadelesini verenlerin hedefidir. Türk Milletinin bütün fertlerini iyi bir vatandaş olarak yetiştirmek, onların ilgi, istidat ve kabiliyetlerini geliştirmek, kendilerini mutlu kılacak ve toplumun mutluluğuna katkıda bulunacak bir meslek kazandırarak hayata hazırlamak eğitim sistemimizin görevidir.

Kalkınmamızın en önemli meselelerinden biri, vasıflı insangücünün yetiştirilmesi ve bu gücün değerlendirilmesidir. Bu sebeple, meslekî ve teknik öğretim sisteminin, günün ihtiyaç ve şartlarına göre düzenlenmesi çalışmalarımızın ağırlığını teşkil etmektedir.

Meslekî eğitim, teorik ve pratik öğrenimden meslek ahlâkına ve mesleğin temel prensiplerine kadar uzanan çeşitli disiplinlerin verildiği ve belli bir iş için sağlanan eğitim olduğuna göre, toplumun büyük bir yüzdesinin böyle bir eğitimden geçmesine ihtiyaç vardır. Bu bakımdan meslekî ve teknik öğretim için sağlanan her türlü kaynak ve imkanlar fert ve toplum için yapılan en makûl bir yatırım olacaktır.

Yurdumuzda, uzun plan döneminde, özellikle teknik insangücü projeksiyonlarında görülen büyük sayıda açıklar da eğitim sisteminde daha çok meslekî ve teknik öğretime yönelmeyi zorunlu kılmaktadır.

Toplum ve fert ihtiyaçlarındaki değişmeler, bilim ve teknolojiadaki ilerlemeler; öğretim programlarının, amaç, muhteva ve araçlar ile ölçme ve değerlendirme tekniklerinin sürekli olarak yenileştirilmesini gerekli kılmaktadır.

Meslekî ve teknik eğitim kurumlarımızın planlanıp yürütülmesinde, yöneticilere ışık tutacak en önemli kaynaklar, ders kitapları, atelye iş ve

IV

işlem yapraklarıyla programlar ve ilmi araştırmalar ile istatistiki bilgilerdir.

Bütün bunların gerçekleşmesinde ve kalkınmamızın ihtiyaç duyduğu vasıflı teknik insangücününün yetiştirilmesinde görev alanları en içten dileklerimle kutluyorum.

Türkiye Fikri hür, İrfanı hür, Vicdanı hür evlatlarımızın omuzlarında yükselecektir.

MİLLİ EĞİTİM BAKANI

Ali Naili Erdem

İÇİNDEKİLER

BÖLÜM : 1

ÖLÇME VE ÖLÇÜ ALETLERİNİN TANITILMASI

	Sayfa
A — ÖLÇMENİN ÖNEMİ	1
Ölçü aletlerinin isim ve sembolleri	2
B — ÖLÇÜ ALETLERİNİN SINIFLANDIRILMASI	5
I — Doğruluk derecesine göre	5
a) Birinci sınıf ölçü aletleri	5
b) İkinci sınıf ölçü aletleri	5
II — Gösterme şekline göre	6
1 — Göstergeli ölçü aletleri	7
a) Saptırma kuvveti	7
b) Kontrol kuvveti	7
1 — Kontrol yayı	7
2 — Karşı ağırlıklar	9
c) Amortisman kuvveti	9
1° — Havalı amortisman sistemi	11
2° — Fukolt frenli amortisman sistemi	11
3° — Sıvılı amortisman sistemi	12

VI

	Sayfa
C — GÖSTERGELİ ÖLÇÜ ALETLERİNİN MEKANİK KISIMLARI	14
1° — Daimî mıknatıslar	14
2° — Gösterge, kadran ve kadran taksimatları	15
3° — Sıfır ayar vidası	18
4° — Hareketli kısımlar ve taşınmaları	18
D — ELEKTRİK AKIMININ VE GERİLİMİNİN ÖLÇÜ ALETLERİNE ETKİSİ	21
E — ELEKTRİK ÖLÇÜ ALETLERİNİN ÇALIŞMA PRENSİPLERİNE GÖRE BÖLÜMLENDİRİLMESİ	21
I — ELEKTROMANYETİK ÖLÇÜ ALETLERİ	24
1 — Yumuşak demir göbekli ölçü aletleri	24
2 — Döner demirli ölçü aletleri	27
a) Çekici tip döner demirli ölçü aleti	27
b) İtici tip döner demirli ölçü aleti	28
II — DÖNER BOBINLİ ÖLÇÜ ALETLERİ	34
a — Redresörlü ölçü aletleri	41
III — DÖNER MIKNATISLI ÖLÇÜ ALETLERİ	45
IV — ELEKTRODİNAMİK ÖLÇÜ ALETLERİ	49
a) Demirsiz elektrodinamik ölçü aletleri	51
b) Demirli elektrodinamik ölçü aletleri	51
V — TERMİK ÖLÇÜ ALETLERİ	55
a) Elektrotermik ölçü aletleri	55
b) Bimetal ölçü aletleri	57
Termastot	60

VII

	Sayfa
c) Termokupul ölçü aletleri	62
d) Pirometreler	70
1) Dirençli termometreler	70
2) Elektriksel pirometreler	73
b — Isı pirometreleri	76
b — Optik pirometreler	77
VI — ELEKTROSTATİK ÖLÇÜ ALETLERİ	79
a) Göstergeli elektrosstatik voltmetreler	79
b) Işık izli elektrometreler	83
VII — İNDÜKSİYON ÖLÇÜ ALETLERİ	85
a) Döner tamburlu indüksiyon ölçü aletleri	85
b) Döner diskli indüksiyon ölçü aletleri	86
F — AKIM VE GERİLİM ÖLÇÜLMESİ	89
a) Akım ölçülmesi - Ampermetreler	89
b) Gerilim ölçülmesi - Voltmetreler	91
c) Ampermetre ve voltmetre arasındaki farklar	93
G — ÖLÇÜ ALETLERİNDE HATALAR	95
1 — Aletin kendi hatası	95
a) Mutlak hata	95
b) Bağıl hata	96
c) Yapım (Konstrüksiyon) hatası	96

	<u>Sayfa</u>
3 — Voltmetre metodu ile direnç ölçmek	165
4 — Ayarlı standart bir direnç ve ampermetreyle direnç ölçmek	167
5 — Standart bir direnç ve ampermetre ile direnç ölçmek	168
6 — Ampermetre ve vatmetre ile direnç ölçmek	169
7 — Voltmetre ve vatmetre ile direnç ölçmek	169
8 — Potansiyometrelerle direnç ölçmek	170
9 — Köprülerle direnç ölçmek	172
a) Veston köprüsü ile direnç ölçmek	172
b) Telli veston köprüsü ile direnç ölçmek	176
c) Tomson köprüsü ile direnç ölçmek	177
10 — Ommetreler	180
a) Seri tip ommetreler	180
b) Paralel tip ommetreler	182
c) Veston tipi ommetreler	185
d) Tomson tipi ommetreler	188
e) Çapraz bobinli ommetreler	189
B — Sıvı dirençlerin ölçülmesi	191
1 — Veston köprüsü ile sıvı dirençlerin ölçülmesi	191
2 — Ampermetre-voltmetre metodu ile sıvı dirençlerinin ölçülmesi	193

BÖLÜM : 5

YALITKANLIK DIRENCİNİN ÖLÇÜLMESİ

A — Yalıtkanlık ve öneminin tanıtılması	196
B — Yalıtkanlık direncinin ölçülmesi	199
1 — Doğrudan doğruya yalıtkanlık direncini ölçen aletler	199
a) Miknatıs göstergeli megerler	200
b) Çapraz bobinli megerler	201

	<u>Sayfa</u>
c) Toprak direncini ölçen aletler	207
2 — Doğru akımda döner bobinli ölçü aletleri ile yalıtkanlığın ölçülmesi	209
a) Çalışır vaziyetteki bir tesisatta, toprak teması ölçülmesi	209
b) Çalışma durumunda olmayan tesislerde, yalıtkanlığın ölçülmesi	211

BÖLÜM : 6

ALTERNATİF AKIMIN İNCELENMESİ

1 — Yumuşak demirli ossilograf	214
2 — Büklümlü ossilograf	215
3 — Osiloskop	216

BÖLÜM : 7

ELEKTRİK DEVRELERİNDE İŞ VE GÜÇ ÖLÇMEK

A — GÜÇ ÖLÇMEK	229
I — Doğru akım devrelerinde güç ölçmek	229
1) Ampermetre-voltmetre metodu ile güç ölçmek	229
1° — Ampermetre önde bağlama	230
2° — Ampermetre sonra bağlama	232
2) Vatmetre ile güç ölçmek	233
a) İndüksiyon vatmetreleri	234
b) Elektrostatik vatmetreler	234
c) Elektrodinamik vatmetreler	234
II — Bir fazlı alternatif ... akım devrelerinde güç ölçmek	240
III — Varmetreler (Reaktifmetreler)	248
B — ELEKTRİK İŞİNİN ÖLÇÜLMESİ	255
I: Elektrik sayaçları	255
1 — Doğru akım sayaçları	256

	<u>Sayfa</u>
a) Manyetomotor sayaçlar	256
b) Elektrodinamik sayaçlar	257
2 — Alternatif akım sayaçları	259
a) Bir fazlı indüksiyon sayaçları	259
b) Üç fazlı indüksiyon sayaçları	264
Sayaçların ayarı	265
a) Standart sayaçlarla kontrol	267
b) Hesap yolu ile kontrol	267
II: Sayaçların devreye bağlanması	269
III: Sayaçların dönüş yönü	270
IV: Sayaçların etiketleri ve bağlama şemaları	270
V: Özel sayaçlar	275

BÖLÜM : 8

KOMBİNE ÖLÇÜ ALETLERİ

1 — Amper-voltmetreler (Multavi)	278
a) Multavi II	279
b) Multavi 5	284
c) Multavi S	285
2 — Volt-Ommetreler	287
3 — Avometreler	288

BÖLÜM : 9

ARIZA YERLERİNİN TAYİNİ

1 — Toprak kaçak arızası	299
a) Murray'ın halkalama usulü ile toprağa kaçak yerinin tayini	300
b) İki ampermetre metodu ile toprağa kaçak yerinin tayini	301
c) Grilim ölçme metodu ile toprağa kaçak yerinin tayini	302

	<u>Sayfa</u>
2 — İletkenler arasındaki kaçak tayini	303
a) Murray'ın halkalama usulü ile	303
b) Veston köprüsü montajı ile	304
3 — Kablo iletkenlerinde kopukluğun tayini	305
a) Telli köprülerle	305
b) Kapasite test ile	306
c) Kapasite köprüleri ile	307
4 — Araştırma metotlarıyla kablo arızalarının tayini	308
a) Akım yönünün ölçülmesi ile arıza yerinin tayini	308
b) İndüksiyon metodu ile arıza yerinin tayini	310
5 — Kablo ve havâi hatlarda elektromanyetik dalgaların yayılma zamanının ölçülmesinden istifade ederek arıza yerinin tayini	311

BÖLÜM : 10

FREKANS VE GÜÇ KATSAYISININ ÖLÇÜLMESİ, SENKRONOSKOPLAR

A — FREKANSIN ÖLÇÜLMESİ	315
1 — Dilli frekansmetreler	316
2 — Göstergeli frekansmetreler	318
3 — Veston frekansmetresi	319
B — GÜÇ KATSAYISININ ÖLÇÜLMESİ	322
1 — Ampermetre, voltmetre ve vatmetre metodu ile	322
2 — Üç ampermetre metodu ile	322
3 — Üç voltmetre metodu ile	323
4 — Doğrudan doğruya kosinüsfi ölçen aletlerle	324
a) Demirsiz tip bir fazlı kosinüsfi metreler	324
b) Demirli elektrodinamik kosinüsfi metreler	326
c) Üç fazlı kosinüsfi metreler	328

	Sayfa
C — SENKRONOSKOPLAR	331
1 — Bir fazlı, döner demirli senkronoskop	322
2 — Motorlu tip senkronoskop	334
a) Üç fazlı, motorlu tip senkronoskop	334
b) Bir fazlı, motorlu tip senkronoskop	336
3 — Elektrodinamik tip senkronoskop	337

BÖLÜM : 11

ÖZ-İNDÜKLEME KATSAYISI VE KAPASİTE ÖLÇMEK

A — ÖZ-İNDÜKLEME KATSAYISI ÖLÇMEK	342
1 — Ampermetre-voltmetre metodu ile öz-indükleme katsayısı ölçmek	344
2 — Köprülerle öz-indükleme katsayısı ölçmek	345
a) Karşılaştırmak suretiyle öz-indüktans ölçmek	345
b) Maxwell köprüsü ile öz-indüktans ölçmek	345
B — KAPASİTE ÖLÇMEK	347
1 — Ampermetre-voltmetre metodu ile kapasite ölçmek	347
2 — Karşılaştırma yöntemi ile kapasite ölçmek	348
3 — Köprülerle kapasite ölçmek	349
a) Köprü teşkili ile kapasite ölçmek	350
b) Kapasite köprüleri ile kapasite ölçmek	350
c) Doğrudan doğruya self ve kapasite ölçmek	351

BÖLÜM : 12

YAZICI ÖLÇÜ ALETLERİ

1) Devamlı yazıcı aletler	357
2) Noktalayıcı aletler	359
3) Işık izli yazıcılar	359

BÖLÜM : 13

DEVİR SAYISININ VE AYDINLIK ŞİDDETİNİN ÖLÇÜLMESİ

	Sayfa
A — DEVİR ÖLÇEN ALETLER	362
a) Numaratör ve saat kullanma usulü	363
b) Takometreler	364
1) Kademeli takometreler	364
2) Saatlı takometreler	366
3) Santrifüj tipi takometreler	367
4) Sıvılı takometreler	368
5) Elektriksel takometreler	368
6) Dilli takometreler	369
7) Stroboskopik takometreler	370
8) Optik takometreler	373
9) Kat değerli stroboskop	377
B — AYDINLIK ŞİDDETİNİN ÖLÇÜLMESİ (Lüksmetreler)	379

BÖLÜM : 14

DENEY VE ÖLÇMELER

Deney : 1. Kirşoff kanununun deneyle izahı	385
Deney : 2. Kirşoff kanununun deneyle izahı	387
FAYDALANILAN ESERLER	391
İNDEKS	393

Ölçme ve Ölçü Aletlerinin Tanıtılması

BÖLÜM

1

KONUNUN PLANI :

- A) Ölçmenin önemi, ölçü aletlerinin isim ve sembolleri.
- B) Ölçü aletlerinin sınıflandırılması.
- C) Göstergeli ölçü aletlerinin mekanik kısımları.
- D) Elektrik akımının ve geriliminin ölçü aletlerine etkisi.
- E) Elektrik ölçü aletlerinin çalışma prensiplerine göre bölümlendirilmesi.

A — Ölçmenin önemi : Bir büyüklüğü karakterize eden şey ölçülebilir olanağıdır. Diğer bir ifade ile, bir büyüklüğü ölçmek demek; o büyüklüğü kendi cinsinden olan büyüklüğün birimi ile orantılamak veya karşılaştırmak demektir. Örneğin, herhangi bir kütlenin ağırlığını ölçmek, kilogram ağırlıkla karşılaştırmak veya içerisinde kaç defa olduğu araştırmaktır. İki nokta arasındaki mesafeyi ölçmek için uzunluk birimi olan metreyi kullanırız. Metre yerine santimetre, mil, fut, yarda, arşın gibi değerleride alabiliriz. Bu değerlerin isimleri değişik olmakla beraber birim olarak ortaktır ve hepsi de uzunluk birimidir.⁽¹⁾

Yukarıdaki örneklerde belirlenen iki büyüklüğü ölçebilmek için, iki ayrı birim kullandık ve aynı zamanda fiziksel bir boyutunu veya değerini ölçtük. Ölçülecek büyüklükler değiştikçe bunlara ait birimlerde değişmektedir. Yalnız bu büyüklüklerin ölçülmesinde, birlik ve beraberliği sağlamak için uluslararası standart hale getirilen *Birimler sistemi* kullanılır.

⁽¹⁾ 1 fut (foot)=30,48 cm; 1 mil=1,6093 km; 1 yarda=91,41 cm; 1 arşın=68 cm; 1 inç=25,40 mm.

Isı ve mekanik tekniğinde kabul edilen birimler sisteminde birlik ve beraberlik mevcut olduğu halde, elektroteknigi ilgilendiren teorik veya mutlak olarak kabul edilen birimler sisteminde henüz kesin bir yargıya varılmamakla beraber "İnternasyonal" ismi ile anılan ve kabul edilen ortak yönleri vardır.

Durum ne şekilde olursa olsun, elektrik tesisatlarının düzgün bir şekilde çalışmalarını kontrol için elektrikte kullanılan büyüklüklerin (akım şiddeti, gerilim, direnç, güç, frekans ve elektrik işi gibi) ölçülerek bilinmesi gereklidir. Bunun içinde bu büyüklükleri ölçmeye yarayan ölçü aletlerine ihtiyaç vardır.

Böylece, elektrik devrelerinde meydana gelen olaylar kolaylıkla anlaşılabilir olur. Ölçmeler; cihazların onarımında, arıza yerlerinin bulunmasında veya devrenin muhtelif kısımlarının çalışıp çalışmadığını kontrol etmeye yardım eder.



























Ölçü aletlerinin isim ve sembolleri :

Elektrikli ölçmelerde, değişik tip ve şekillerde aletler kullanılır. Uygulamada en çok kullanılan ölçü aletlerinin isim ve sembolleri (Çizelge — 1) de gösterilmiştir.

ÇİZELGE — 1

Ölçülecek değerler	Kullanılan aletin ismi	Aletin sembolü
Akım şiddeti	Ampermetre	A
	Miliampermetre	mA
	Mikroampermetre	μ A
	Kiloampermetre	kA
Gerilim	Voltmetre	V
	Milivoltmetre	mV
	Mikrovoltmetre	μ V
	Kilovoltmetre	kV
Çok küçük miktarda akım ve gerilim	Galvanometre	G
Elektrik gücü	Vatmetre	W
	Kilovatmetre	kW
	Megavatmetre	MW
Elektrik enerjisi	Kilovatsaat sayacı	kWh
Elektrik miktarı	Ampersaat sayacı	Ah
Faz farkı	Fazmetre	φ
Frekans	Frekansmetre	f (Hz)
Elektrik direnci	Ommetre	Ω
	Kiloommetre	k Ω
	Megaommetre	M Ω

ÇİZELGE — 2

ELEKTRİK ÖLÇÜ ALETLERİNİN		GÖSTERME ŞEKLİNE GÖRE	
Sekli	Anlamı	Sekli	Anlamı
	Genel ölçü aleti Özellikle göstergeli		Ommetre
	Ataletli osiloskop (portatif)		Avometre
	Göstergesi bir yönlü ölçü aleti		Ölçme cihazı özellikle yazıcı
	Göstergesi ortada iki yönlü ölçü aleti		Kayıd edici vatmetre
	Sayıcı (numaralı) ölçü aleti		Sıfır ayarlı omik direnç ölçme köprüsü
	Göstergeli ampermetre		Gerilim şeklini gösteren osiloskop
	Göstergeli, doğru ve alternatif akım voltmetresi		Kayıd edici ölçü aleti
	Alternatif akım sıfır aleti		Noktalayıcı ölçü aleti
	Fark voltmetresi		Genel elektrik sayacı
	Göstergeli vatmetre		Bir fazlı alternatif Akım sayacı
	Göstergeli kosinüsölçme		3 telli 3 fazlı sayaç
	Çapraz gösteren ölçü aleti		4 telli 3 fazlı sayaç
	Senkronoskop		1 kutuplu 1 fazlı çift tarifeli sayaç

ÇİZELGE — 3

ÖLÇÜ ALETLERİ SEMBOLLERİ					
No	Şekli	Anlamı	No	Şekli	Anlamı
1		Döner bobinli ölçü aleti	22	ast	Astatik ölçü aleti
2		Termo elemanlı döner bobinli alet	23	$\frac{1,5}{2}$	Alet doğru akımda % 1,5 Alternatif akımda % 2 hatalı
3		Redresörlü döner bobinli alet	24		Alet demir örtülü
4		Döner mıknatıslı ölçü aleti	25	~	Alternatif akım için
5		Çapraz mıknatıslı ölçü aleti	26	—	Doğru akım için
6		Elektrodinamik ölçü aleti (demirsiz)	27		Doğru ve alternatif akım için
7		Elektrodinamik ölçü aleti (demirli)	28		Üç fazlı akım için (bir ölçme sistemli)
8		Elektrodinamik çapraz bobinli ölçü aleti (demirsiz)	29		Üç fazlı akım için (iki ölçme sistemli)
9		Elektrodinamik çapraz bobinli ölçü aleti (demirli)	30		Üç fazlı akım için (üç ölçme sistemli)
10		Termik ölçü aleti	31	☆	Aletin muayene gerilimi 500 V.
11		Elektrostatik ölçü aleti	32	☆	Aletin yalıtkanlık deneyi yapılmamış
12		Yumuşak demirli ölçü aleti	33	☆	Yalıtkanlık deneyi 2 kV. la yapılmış ölçü aleti
13		Çapraz bobinli ölçü aleti	34	⊥	Alet dik olarak kullanılacak
14		İndüksiyon ölçü aleti	35	⊥	Alet yatay olarak kullanılacak
15		İndüksiyon tipi çapraz bobinli ölçü aleti	36	$\frac{1}{60^\circ}$	Alet eğik olarak kullanılacak rakam eğiklik açısını gösterir
16		Bimetal ölçü aleti	37		Alete dıştan bağlanan şönt direnci
17		Döner demirli ölçü aleti	38		Alete dıştan bağlanan ön direnci
18		Titreşimli ölçü aleti	39		Alete dıştan bağlanan indüktans
19		Termo eleman	40	⚡	Yalıtkanlık deney gerilimi
20		İndirekt ısıtılmış termo eleman	41	⊕	Sıfır ayar tertibatı
21		Redresör	42	⚠	Çalışma talimatına dikkat ediniz

Bu özel işaretler ya bir yuvarlak içerisinde veya küçük bir kare içerisinde gösterilir ki bu yuvarlak veya kare durumları aynı zamanda aletin yapısını da ifade eder (Çizelge - 2). Bütün elektrik ölçü aletlerinin kadran taksimatı üzerinde, bu ölçü aletini yapan fabrikanın ismi veya sembolü, ölçtüğü akım cinsi, ölçme yaparken aletin nasıl duracağı, aletin duyarlılığı ve yalıtkanlık deneyinin yapıp yapılmadığı, aletin sembolü ve ölçme hatası ile daha bazı bilgiler işaretlenmiştir.

Aletin kadranı üzerindeki işaretli bu bilgiler (Çizelge - 3) de verilmiştir.

B — Ölçü aletlerinin sınıflandırılması :

(Çizelge - 1) de gösterilen elektrikli büyüklüklerin ölçülmesinde kullanılan ölçü aletleri çok çeşitli tip ve şekillerde olmakla beraber, ortak yanları da vardır. Bu özellikleri yanında gerek ölçtüğü büyüklüğün doğruluğu ve gerekse gösterme şekli bakımından, sınıflara ayrılırlar.

I — Doğruluk derecesine göre :

Elektrik ölçü aletleri, ölçmelerde aranan doğruluk derecesine göre, birinci sınıf (mutlak) aletler ve ikinci sınıf (sekonder) aletler olmak üzere iki kısma ayrılırlar.

a) Birinci sınıf ölçü aletleri; bunlar daha ziyade laboratuvarlarda ve kontrol merkezlerinde etalon aletler olarak kullanılırlar. Ayrıca makinelerin, cihazların ve tesislerin tecrübeleri sırasında da kullanılırlar.

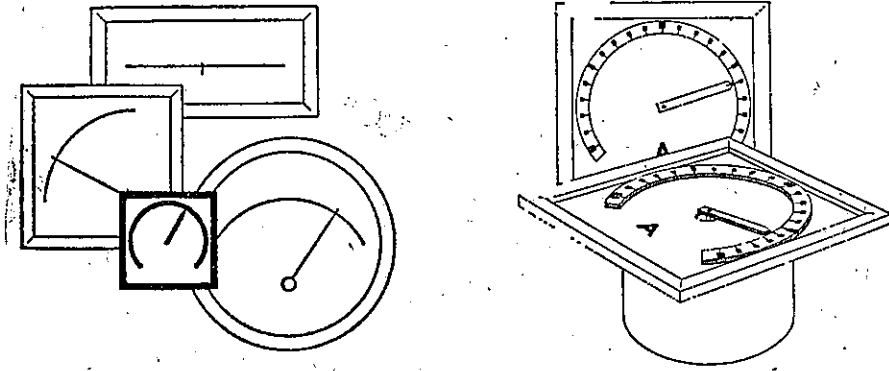
Kontrol aleti olarak kullanılan birinci sınıf⁽²⁾ aletlerde aranan özellikler : a) Büyük bir doğruluk derecesi, b) Yüksek bir hassasiyet, c) Kolayca taşınabilme imkânına sahip olmalarıdır. Bu tip aletler aşırı yüklerle ve düzensiz kullanmalara karşı çok hassas oldukları gibi ölçülen büyüklüklerin milli ve hatta mikro birim değerlerini dahi hatasız ölçerler. Yani ölçmedeki sarfiyatları ihmal edilecek kadar azdır. Bu aletlerde ekseriya aynalı bir kadran mevcut olduğundan okuma hatası oldukça azaltılmıştır. Yalnız bu tip ölçü aletleri ile ölçme yaparken yabancı manyetik alanların etkisinden korumak gerekir.

b) İkinci sınıf ölçü aletleri; bunlar ise duyarlı (prezisyon) ölçü aletlerine⁽²⁾ göre daha kaba olarak imal edilirler. Elektrik enerjisinin; tekniğin her branşındaki geniş uygulama sahasından dolayı, tatbikatta umu-

(2) Birinci sınıf aletlere, aynı zamanda "Prezisyon" ölçü aletide denir.

miyetle bu sınıf aletler kullanılır. Örneğin: tablo tipi ölçü aletleri bu cinstendir. Bunlardan makineleri, cihazları ve türlü tesisatı işletme esnasında kontrol etmek maksadıyla faydalanılır. İkinci sınıf aletler, fazla duyar olmadıkları gibi pek doğru da ölçmezler. Yalnız bunların arada bir etalon aletlerle karşılaştırılması tavsiye edilir.

Tablo tipi ölçü aletlerinin yüz şekilleri eskiden yalnız yuvarlak olarak yapılırdı, bugün daha ziyade (Şekil: 1) de görüldüğü gibi hem yuvarlak ve hemde kare ve dikdörtgen şeklinde de yapılmaktadırlar.



Şekil : 1

Tablo tipi ölçü aletlerinin yüz şekilleri

Elektrik büyüklüklerin ölçülmesinde kullanılan ölçü aletleri; kullandıkları yerlere ve doğruluk derecelerine (imalat hatalarına) göre genel olarak: 0,1 - 0,2 - 0,5 - 1,0 - 1,5 - 2,5 - 5 gibi 7 sınıfa ayrılarak adlandırılırlar. Örneğin: 5 sınıflı bir ölçü aleti dendiği zaman, alet; tam sapmada $\pm \% 5$ hata yapar veya yapıyor şeklinde anlaşılır. Herde, "ölçü aletlerinde hatalar" kısmında bu konu hakkında, daha geniş bilgi verilecektir.

II — Gösterme şekline göre :

Elektrik ölçü aletleri ile yapılan ölçmelerde aletin gösterme şekillerine göre üç sınıfa ayrılır.

- Direkt gösteren ölçü aletleri
- Yazıcı (Kayıt edici) ölçü aletleri
- Entegre edici (toplayan) ölçü aletleri

a) Direkt gösteren ölçü aletleri

Bu ölçü aletleride gösterme şekli bakımından genellikle iki kısma ayrılır.

- Göstergeli ölçü aletleri
- Işık izli (markalı) ölçü aletleri

1 — GÖSTERGELİ ÖLÇÜ ALETLERİ

Göstergeli ölçü aletleri, ölçülen büyüklüğün o andaki değerini gösterirler. Bunlar, fiziki bakımdan çeşitli ebat ve büyüklükte olup alet ve ölçü kısmından meydana gelmişlerdir. Göstergeli ölçü aletlerinin iyi bir ölçme yapabilmeleri için hareketli kısımları üzerine, aşağıdaki üç çeşit kuvvetin etki etmesi gerekir.

- Saptırma kuvveti.
- Kontrol kuvveti.
- Amortisman kuvveti.

a) Saptırma kuvveti :

Saptırma (çalıştırıcı) kuvvetini elektrik akımı veya gerilimi meydana getirir. Aletin göstergesini sıfır durumundan ayırır ve kadran taksimatı üzerinde, az veya çok bir değer göstermesini sağlar. Saptırma kuvveti, aletin hareketli kısmının ağırlığı ile doğru orantılıdır.

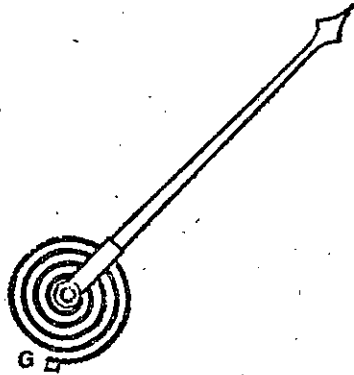
b) Kontrol kuvveti :

Kontrol kuvveti, göstergeli hareket ettiren kuvveti sınırlandırmaya yarayan karşı bir kuvvettir. Diğer bir deyimle, göstergenin kadran üzerinde gelişi güzel sapmasını önler. Kontrol kuvveti; kontrol yayları veya karşı ağırlıklar ile temin edilir.

1 — Kontrol yayı: Kontrol yayları genellikle spiral veya helis şeklinde olup bazı hallerde de çok ince bant şeklinde yapılırlar. Bu yayın bir ucu, aletin hareketli kısmına diğer ucuda sabit kısmına tespit edilir.

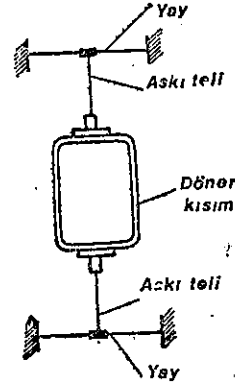
Bir ölçü aleti, elektrik devresine bağlandığında göstergesi, herhangi bir büyüklüğü göstermek üzere sapar. Devre anahtarı açıldığında, yani ölçme işi sona erince gösterge sıfır noktasına geri gelir. İşte bu işi kontrol yayı yapar. Yani kontrol yayının; gösterge dönme yönüne, ters çalışması ile sağlar (Şekil: 2).

Bu yaylar aynı zamanda aletin hareketli kısmına akım iletme işinde de kullanılır. Sıcaklık değişimleri yayların uzunluklarına etki edeceğinden okunan değer, hatalı olur. Bunun önüne geçmek için, ölçü aletlerinde genellikle birbirlerine göre ters sarılmış iki helis yay kullanılır. Sıcaklık her ikisine de aynı etkiyi yapacağından biri uzayıp açılırken diğeri, uzayıp sıkışarak göstergenin, ölçme yokken sıfır noktasından ayrılmasının önüne geçmiş olurlar.



Şekil : 2

Karşı koyma momentini temin eden kontrol yayı



Şekil : 3

Aletin döner kısmının askıya alınması

Kontrol yay kuvvetinin, aletin doğruluk derecesi ile hassasiyetine etki ettiğinden kontrol yay kuvveti ne kadar küçük olursa aletin hassasiyeti de o nisbette büyük olur. Çok hassas ölçü aletlerinin imalinde, kontrol yay kuvvetini azaltmak ve aynı zamanda yatak sürtünme hatasını da ortadan kaldırmak için, aletin döner kısmı askıya alınır (Şekil: 3) de görüldüğü gibi.

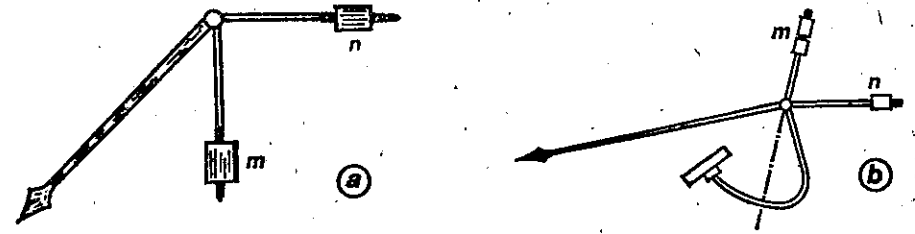
Askı tellerinin kontrol kuvvetleri çok küçüktür. Bu askı telleri genellikle bant şeklinde olup fosforlu bronzdan yapılırlar.

Kısaca : Kontrol yayları; plâtin-gümüş, plâtin-nikel, plâtin-iridyum alaşımından haddeden çekilmiş gümüş veya bakırdan, altından, volframdan daha ziyade fosforlu-bronz alaşımlarından tel veya bant şeklinde yapılırlar.

Ölçü aletlerinde, ters yönde mekaniksel kuvvet meydana getiren bu yayın, aşağıdaki özellikleri taşıması gerekir.

- Yay, antimanyetik olmalıdır.
- Yay, deforme olmamalıdır. (Şeklini korumalıdır.)
- Yay, sıcak ve soğuktan etkilenmemelidir.
- Yayın direnci ve sıcaklık katsayısı küçük olmalıdır.

2 - Karşı ağırlıklar : Bazı tip ölçü aletlerinde kontrol kuvveti, küçük ağırlıklarla temin edilir. Bu ağırlıklar, genellikle 90° aralıkla göstergenin arka kısmına doğru çıkarılan uçlara takılırlar. Ağırlıklar; sabit oldukları gibi, ekseriya vidalı yapıldıklarından ayarlanabilirler. (Şekil: 4 a ve b)de görülen m ağırlığı kontrol kuvvetini, n ağırlığı ise göstergeyi dengede tutar.



Şekil : 4

Ağırlıklarla karşı koyma momentinin temini

Bu ağırlıklar, aletin göstergesi sıfır noktasında iken hiçbir kuvvet meydana getirmeyecek şekilde tesbit edilmişlerdir. Yalnız ölçme esnasında gösterge dönerken ağırlıklar, aksi yönde etki eden bir kuvvet meydana getirirler. Ölçme işi bitince göstergeyi tekrar sıfır noktasına getirirler. Karşı ağırlıklarla kontrol kuvveti temini, pek iyi netice vermez. Örneğin; sabit yerlerde dik kullanılan ölçü aletlerinde olduğu gibi. Bu sebepten, kullanma yerleri çok sınırlıdır. En iyi tarafları, yaylardan daha sağlam ve daha az arıza yapmalarıdır.

c) Amortisman (sönüm) kuvveti :

Ölçü aletleri ile ölçme yaparken hareketli kısım ve gösterge dengelemeden evvel, ölçülen bir değere denk gelen taksimat üzerinde eylemsizliğinden dolayı salınımlar yaparak bir zaman sonra durur (Şekil: 5). Ölçme işi bitince sıfır durumuna gelirken bu defa olay ters olur. Halbuki ölçü yapan, aletin göstergesinin ölçtüğü değer üzerinde çabuk (hemen),

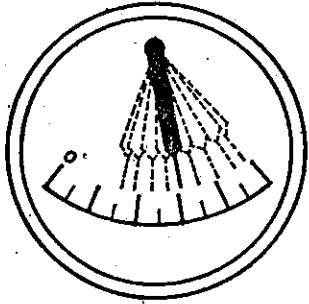
durmasını ister. Göstergenin salınımı, hem zaman kaybına hemde salınım etkisiyle kontrol yayının duyarlılığının kısa zamanda bozulmasına sebep olur. İşte, amortisman kuvveti; göstergenin birden saporak karşıya çarpmasını ve fazla sallanmasını önleyen bir çeşit düzenektir. Diğer bir ifade ile amortisman kuvveti; aletin göstergesine düzgün bir sapma ve titremeden bir değer gösterme yeteneğini sağlayan sistemdir.

Bu sistemin meydana getirdiği;

1) Amortisman kuvveti, çok büyük olursa hareketli kısım fazla frenleneceğinden göstergenin sarması yavaş olur. Zaman kaybı. (Şekil: 6) daki 1. eğri.

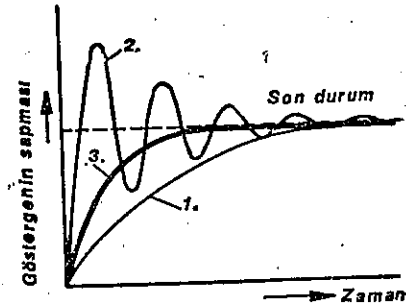
2) Aksine amortisman kuvveti, çok küçük olursa yukarıda da izah edildiği gibi gösterge sapma değerinin üstünde ve altında salınımlar yapacağından sönümü beklemek lazımdır. Yine bir zaman kaybı (Şekil: 6) daki 2. eğri.

3) O halde; amortisman kuvveti, ne az ve nede çok olmalıdır. Bu kuvvet öyle ayarlanmalıdır ki gösterge, hiçbir salınım yapmadan göstereceği değer üzerinde, çok kısa bir zamanda dursun. İşte biz bu sınır değere "Kritik amortisman" diyoruz. (Şekil: 6) daki 3. eğri.



Şekil : 5

Ölçmede, göstergenin son durumu almadan önceki salımlı hâli



Şekil : 6

Gösterge salınım eğrileri

Amortisman kuvveti, aletin göstergesi hareket halinde iken çalışır fakat göstergenin sapma değeri üzerine etki etmemelidir. Amortisman kuvveti; elektrik veya mekanik yöntemlerle çalışan şu üç sistemden biri ile sağlanır.

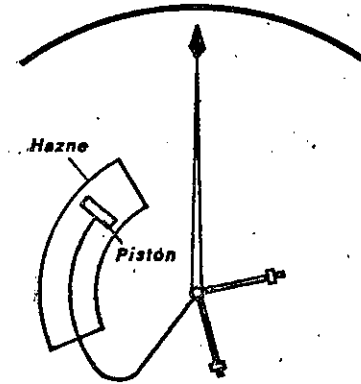
- 1° — Havalı amortisman sistemi
- 2° — Fukolt frenli (akımlı) amortisman sistemi
- 3° — Sıvılı amortisman sistemi

1° — Havalı amortisman sistemi :

Hareketli gösterge, bir manivela kolu ile ince bir alüminyum pistonna bağlanır. Piston (Şekil: 7) de görüldüğü gibi bir tarafı kapalı kavşikli bir hazne içinde gidip gelebilecek şekilde tertiplenmiştir. Piston haznesinin kesiti dikdörtgen veya silindirik şeklinde de olabilir. Piston ile hazne arasındaki boşluk genellikle 0,05 ilâ 0,075 mm. kadardır.

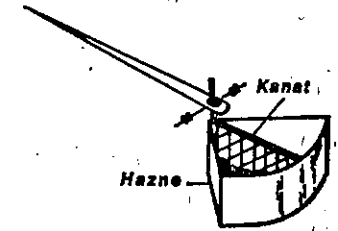
Göstergenin soldan sağa hareketinde haznedeki bulunan hava sıkışır ve pistonun ilerlemesine karşı, zıt bir kuvvet meydana getirir. Piston geri gelirken, aksine öndeki sıkışan hava basıncı düşer, fakat buna karşılık arka kısımdaki hava sıkışır ve geriye gelen pistonu karşı koyarak göstergenin salımlı hareketi böylece önlenmiş olur.

Bu sistemin en büyük sakıncası; herhangi bir sebeple piston veya piston kolunun hazneye sürtünmesidir. Bu durumda ölçülen değer hatalı olur. Çalışma prensibi aynı olan fakat, hazne ve piston şekli değişik kanatlı bir tip havalı amortisman sistemi de (Şekil: 8), de gösterilmiştir.



Şekil : 7

Pistonlu tip havalı amortisman sistemi



Şekil : 8

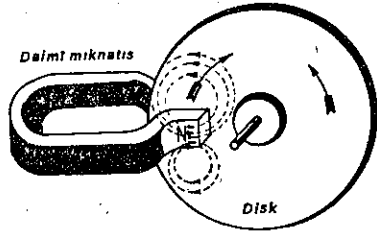
Kanatlı tip havalı amortisman sistemi

2° — Fukolt frenli (akımlı) amortisman sistemi :

Bu sistemin esası; daimi mıknatıs kutupları arasında döndürülen bir disk üzerinde doğan fukolt akımlarının karşıt etkisine dayanır. Di-

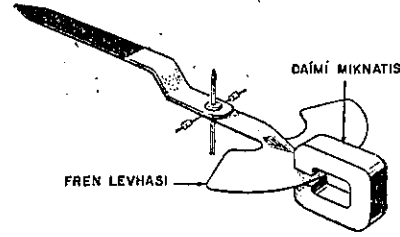
ğer bir deyimle manyetik alanın etkisi ile diskin frenlenmesidir (manyetik fren). Bu suretle diske ait, kutuplar arasındaki kinetik enerjinin ısı haline geçmesini sağlar.

Disk, daimî mıknatıs alanı içerisinde dönerken kuvvet çizgilerini keser ve disk üzerinde bir manyetik alanın doğmasına sebep olur. Bu alanın yönü, Lenz kanununa göre diski frenleyecek yöndedir ⁽¹⁾ (Şekil: 9).



Şekil : 9

Fukolt frenli amortisman sistemi



Şekil : 10

Frenlenmenin değeri, mıknatıs alanının şiddeti ve diskin hızı ile orantılıdır. Diskin hareketi durunca yani hız sıfır iken, manyetik kuvvet hatları da kesilmeyeceğinden diskte hiçbir fukolt akımı indüklenmez. ⁽²⁾ Dolayısıyla amortisman momenti de sıfır olur.

Disk, genellikle bakır veya alüminyum (mıknatıslanmayan metallerden) yapılır. Bazı tip ölçü aletlerinde (Şekil: 10) da görüldüğü gibi disk yerine alüminyum veya bakırdan bir daire dilimi (levhası) kullanılır. Bu sistem daha ziyade ağırlıktan ve mıknatıs alanından etkilenmeyen ölçü aletlerinde kullanılır (Elektrotermik ve elektrostatik ölçü aletlerinde olduğu gibi).

Hassas ölçü aletlerinde, amortisman momenti ise (döner bobinli ölçü aletleri gibi) yine bu metallerden biri ile yapılmış, üzerinde aletin döner bobini bulunan, dikdörtgen biçimli bir çerçeve ile temin edilir (Şekil: 11).

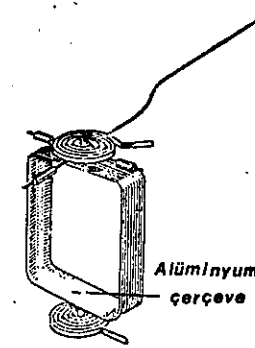
3° — Sıvılı amortisman sistemi :

Bu sistem havalı amortisman sistemine benzer. Yalnız haznedeki hava yerine yalıtkan yağ kullanılır. Aletin miline disk veya kanat takılır.

(1) Lenz: (1804-1865), Rus fizikçisidir.

(2) Foucault Leon: (1819-1868), Fransız fizikçisidir.

mıştır (Şekil: 12 a-b). Diskin yağ içerisinde dönmesiyle bir sürtünme meydana gelir. Bu sürtünmeden, dönme yönüne zıt yönde bir kuvvet doğar. Diskin hızı ile bu zıt kuvvet doğru orantılıdır. Amortismanı artırmak için, daha ziyade (Şekil: 12 b) deki kanatlı tipler kullanılır.

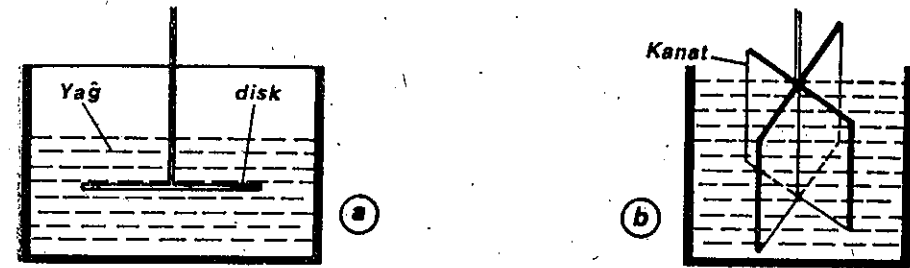


Şekil : 11

Alüminyum çerçeve amortisman sistemi

Sıvılı amortismanlı ölçü aletlerinin bazı tiplerinde disk veya kanat yalnız yağ içerisinde olmayıp, aletin bütünü yağ içerisinde çalışmaktadır. Alet böylece rutubet ve tozlardan korunduğu gibi dönen kısımların yataklık sürtünmeleri de azaltılmış olur.

Aletin tele sakıncası; yağ kaçırma olduğundan, yalnız sabit yerlerde kullanılan dik eksenli ölçü aletlerinde tatbiki mümkün olmaktadır. Bu yüzden sıvılı amortismanlı ölçü aletlerinin kullanma yerleri sınırlanmıştır.



Şekil : 12

Disk ve kanatlı tip, sıvılı amortisman sistemleri

Bu sistemde kullanılan yağın aşağıdaki özellikleri taşıması gerekir.

a) Yağın, sıcaklıkla özelliği değişmemeli (çabuk buharlaşması ve akıcılığının değişmesi gibi.)

b) İyi yalıtkan olmalı ve madenlere karşı kimyasal etki göstermemelidir.

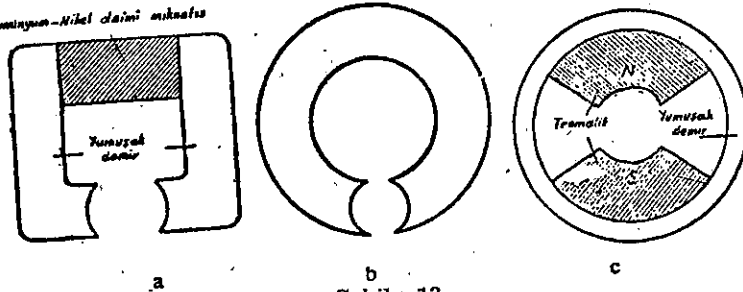
C — Göstergeli ölçü aletlerinin mekanik kısımları :

Elektroteknikteki büyüklüklerin ölçülmesinde kullanılan ölçü aletleri, her ne kadar değişik tip ve şekillerde iseler de birçok ortak ve aynı olan tarafları vardır. Bunlar; daimi mıknatıslar, göstergeler, kadran taksimatları, miller, yataklar ve bundan evvelki konularda izah edilen kontrol kuvveti düzenekleri ile amortisman sistemleri gibi. İlerki konularda her ölçü aletinin izahında bunlardan tekrar bahsetmektense birlikte açıklamakta fayda vardır.

1° — Daimi Mıknatıslar :

Elektrikli ölçü aletlerinde; değişik şekil ve tipte kullanılan daimi mıknatıslar, aletlerin en ağır ve en büyük kısımlarını teşkil ederler (Şekil: 13). Bunların mümkün olduğu kadar küçük, küçük olduğu kadarda kuvvetli mıknatıslar olması arzulanır. Kuvvetli mıknatısların temini için de kaliteli çeliklerin kullanılması gereklidir. Daimi mıknatısların temini için kullanılan çeliklerin en önemlileri; Volframlı çelikler, kobaltlı çelikler, alüminyum-nikelli çeliklerdir. Bilhassa, alüminyum-nikelli çeliklerden çok kuvvetli mıknatıslar yapılır. Bu çelikler çok sert ve gevrek olduklarından istenilen şekiller verilemez. Daha ziyade düz olarak yapıp kutup ayaklarına konan işlenmiş yumuşak demire tespit edilir (Şekil: 13 a)

Alüminyum-Nikel daimi mıknatıs



Şekil : 13

Muhtelif ölçü aletlerinde kullanılan daimi mıknatıs tipleri

Bazı tip ölçü aletlerinde kuvvetli mıknatıslara istenilen şeklin verilmesi için toz haline getirilen mıknatıs, reçine veya bakalit ile karıştırılır.

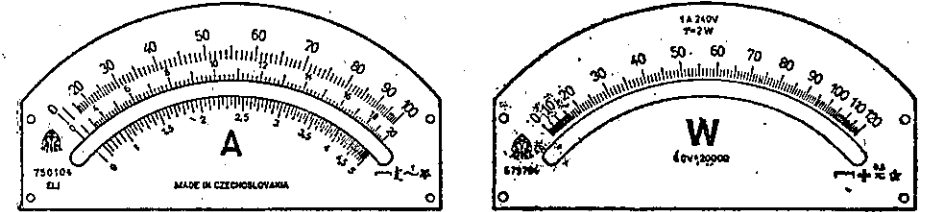
ılıp kalıplarda sıkıştırılır. Bu mıknatısların adınada "Tromalit" denir (Şekil: 13 c).

İyi bir mıknatısta aranan özellikler şunlardır :

- Kuvvetli bir alan meydana getirmeli.
- Alanı mümkün olduğunca sabit kalmalı.
- Yüksek sıcaklıklarda (takriben 500°C) özelliğini kaybetmemeli.
- Dış alanlardan ve sarsıntılardan etkilenmemelidir.

2° — Gösterge, kadran ve kadran taksimatları :

Göstergeli ölçü aletlerinde, ölçülen büyüklüğü bir gösterge ve kadran taksimatları tayin eder. Kadran lavhaları genellikle saç, çinko, alüminyum veya presli kâğıttan yapılır. Bunların üzerine önceden taksimat yapılmış ince beyaz kâğıt yapıştırılır veya beyaz boya ile boyanıp sonradan taksimatlandırılır. Kadran taksimatı, aletin sınıfına göre iki şe-



Şekil : 14

Muhtelif ölçü aletlerine ait kadran ve kadran bölümleri

kilde yapılır. Birinci sınıf aletlerde, her alet için ayrı ayrı yapılır. İkinci sınıf aletlerde ise, bir ölçme değeri yapıp bunların ortalaması alın-

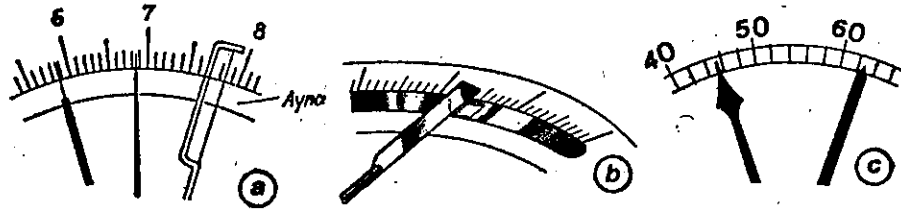
rak seri halde basılır. (Şekil: 14) de çeşitli tip ölçü aletlerine ait taksimatı yapılmış kadran plakaları görülmektedir.

Kadran taksimatları aletin tipine bağlı olup ekseriya 90° liktir. 120° ve 360° ye kadar yapılanları varsa da bazı sakıncalarından dolayı (gösterge boyunun uzamasından ağırlığının artması, dengeleme güçlüğü, yatak sürtünmesinin artması vb.) aletin doğruluk derecesi azaldığından kullanma yerleri sınırlıdır.

Ölçü aletlerinin gerek okuma ve gerek hassasiyetine göre, gösterge ile kadran taksimatları değişik yapılmaktadır. Laboratuvarlarda kullanılan hassas ölçü aletlerinin gösterge bölüm çizgileri gayet ince (0,08 mm. kadar) yapılır. Alet göstergesinin de ucu kıl gibi ince veya bu ince tel gergin olarak tespit edilmiştir (Şekil: 15 a). Taksimat çizgilerinin altına veya üstüne şerit halinde bir ayna konur (Şekil: 15 b). Bu ayna, ölçme yapanların okuma hatasını azaltır.

Uzaktan okunması icap eden (tablo tipi) ölçü aletlerinde ise, gösterge mızrak şeklinde daha geniş, kadran taksimat çizgilerinde kalın (1 mm. kadar) ve rakamları da daha büyük yazılır (Şekil: 15 c).

Okuma kolaylığı sağlamak için kadran taksimat çizgileri, rakamları ve göstergeleri ekseriya siyah, kadran zemini ise beyaz renkli yapılır. Işıksız veya loş yerlerde ölçülen büyüklüğün okunabilmesi için aletin içine yerleştirilen bir lamba ile kadran çizgilerini aydınlatan opal camlı düzenekler kullanılır. Taşıt vasıtalarında kullanılan ölçü aletlerinde ise; gösterge, kadran çizgileri ile rakamları karanlıkta ışık veren fosforlu boya maddeleriyle boyanır. Zemin ise siyah renklidir.



Şekil : 15

Ölçü aletlerine ait çeşitli göstergeler

Bazı tip ölçü aletlerinin kadran taksimatları bir veya birkaç kademe halinde yapılır. Bunlar, aynı kadran üzerinde üst üste olup taksimat aralıkları da birbirlerinden farklıdır. Her taksimattan ayrı büyüklükler okunup sembolleri de yanlarına yazılmıştır. (Şekil: 16).

Bazı tip taşınabilen ölçü aletlerinde bir tek kadran taksimatı mevcut olduğu halde, bunların kullanma sahasını genişletmek maksadıyla, ekseriya birçok ölçü kademelerini ihtiva ederler. Bu sebepten aletin kadran taksimatı, doğrudan doğruya ölçülen büyüklük cinsinden yapılmış olmayıp kullanılan ölçü sahasına göre okunan değeri, bir sabitle çarpmak icap eder. Tablo tipi ölçü aletlerinde ise kadran bölümleri, bir kademelidir.

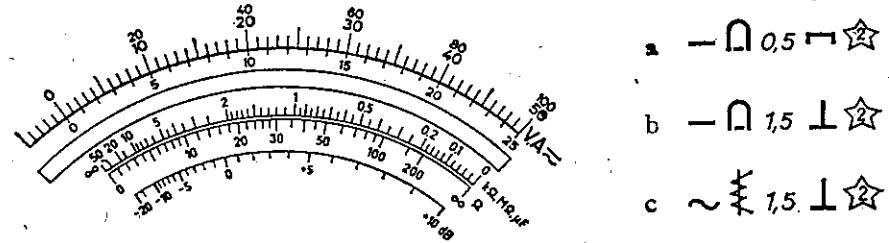
Her ölçü aletinin kadranı üzerine (Çizelge-3) deki bilgilerden bazıları bir arada işaret edilmiş olduğundan, aletin kadranına bakmak suretiyle o ölçü aletinin özellikleri hakkında bir bilgimiz olur.

Örneğin: (Şekil: 17 a b c) de, üç ayrı ölçü aletinin kadranı üzerinden alınmış semboller görülmektedir. Bunların manalarını sırayla açıklayalım.

(Şekil: 17 a) ya göre: Alet yalnız doğru akımdan kullanılacak, döner bobinli ölçü aletidir, alet 0,5 sınıflıdır (diğer bir ifade ile ölçmelerde $\pm \% 0,5$ hata yapar), alet yatık kullanılacak, aletin yalıtkanlık deneyi 2 kV. la yapılmıştır.

(Şekil: 17 b) deki sembollere göre: Şekil a daki aletin aynısı olup farkı, sınıfı 1,5 ve dik kullanılacaktır.

(Şekil: 17 c) deki sembolleri taşıyan alet ise: Bu alet yalnız alternatif akımda kullanılacak, yumuşak demirli ölçü aleti, aletin sınıfı 1,5 olup, alet dik kullanılacak ve yalıtkanlık deneyi 2 kV. la yapılmıştır.



Şekil : 16

Muhtelif elektrik büyüklükleri ölçen bir aletin kadran bölümleri

Şekil : 17

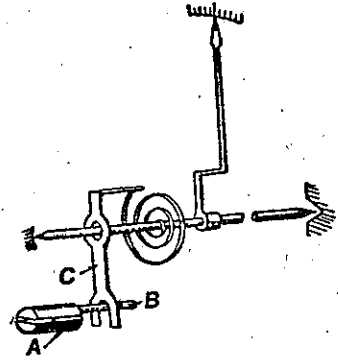
Aletlerin kadranları üzerinde bulunan sembollerden örnekler

Genellikle göstergeli ölçü aletlerinin, göstergesinin hafif olması bakımından alüminyumdan ve dengelenmelerinin kolay olması içinde boyları kısa yapılır. Gösterge boyu ne kadar uzun olursa sapma da o nisbette

büyük olacağından okuma hatası, nisbeten azaltılmış olursada önceden de izah edildiği gibi bazı sakıncalarından dolayı gösterge boyu 15 cm. den uzun yapılmaz.

3° — Sıfır ayar vidası

Gösterge ölçü aletleri uzun zaman kullanılmalarından ve ani yüklenmelerinden dolayı kontrol yayı özelliğini azda olsa kaybeder (deforme olur). Veya aletin sarsılması ve eğikliğide sıfır ayarını bozabilir. Böyle durumlarda, ölçme sonunda gösterge tam sıfır noktasına gelmez. Bunun için, alete *sıfır ayar vidası* ilâve edilmiştir (Şekil: 18)



Şekil : 18

Sıfır ayar vidası

Sıfır ayar vidası, aletin dış muhafazasının ön cephesi üzerine konmuş olup genellikle taksimatın hemen altındadır. A ayar vidasının alt ucunda ise, eksantrik B pimi mevcuttur. Bu pim, C ayar manivelasının kanallı kısmına geçirilmiş olduğundan A ayar vidasını bir tornavida ile sağa sola çevirmekle gösterge sıfır noktasına getirilir.

C ayar manivelası döndüğü yerden izole edilmiştir. Ayar vidası ile yapılmış iyi bir ayar, mevcut gösterge bölümleri toplamının % 6-12 arasında olmalıdır.

Gösterge ölçü aletlerinin sıfır ayarı; ölçmeye geçmeden önce muhakkak

kontrol edilmeli, icap ediyorsa düzeltilmelidir. Şayet aletin sıfır ayarı, hareketli sistemin dengesizliğinden dolayı bozursa bu hatayı, sıfır ayar vidası düzeltmez.

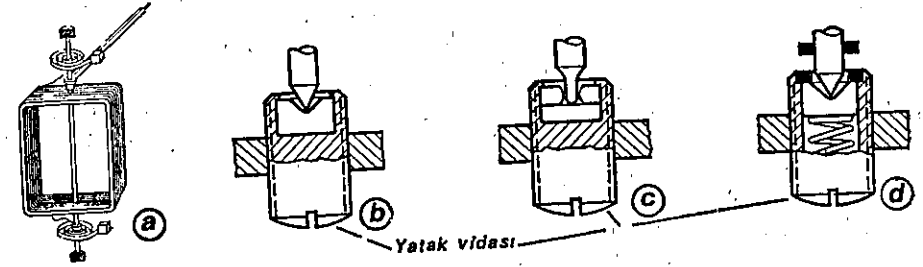
4° — Hareketli kısımlar ve taşınmaları :

Elektriksel ölçü aletlerindeki hareketli kısımların durumu ölçme tekniğinin en zor problemlerinden biridir. Zira hareketli kısımlarla bu hareketli kısımların taşınma durumları aletin duyarlılığı ile ilgili, bu duyarlılık ise sürtünme ile orantılıdır.

Aletin hareketli kısımlarının çalışmaları halinde; dayandığı yerlere ne kadar az sürtünürse, aletin hassasiyeti o nisbette artar. Bu düşünce ile aletin hareketli kısımları ya yataklarını (Şekil: 19 a) veya askıya alınır

(Şekil: 20). Yataklara basan hareketli kısmın milleri, genellikle çelikten yapılırlar. Bunların yataklara basan uçları, aletin sistem ağırlığına ve kullanım gayesine göre 35°-90° konikleştirilir (Şekil: 19 b). Sürtünme aynı zamanda mil ucunun sivriligi ile orantılıdır. Çok sivri uçlar, döner kısmın ağırlığı ile sarsıntılara fazla dayanıklı değildirler. Örneğin; Yazıcı ve taşıt vasıtalarında kullanılan aletler gibi. Bu tip ölçü aletlerinde kullanılan mil uçları ise, küreseldir (Şekil: 19 c).

Yukarıda izah edilen hareketli kısımların, sürtünmelerini azaltıp kolay dönmelerini sağlamak maksadıyla nasilki mil uçlarına çeşitli şekiller verilip sert madenlerden yapıyorsa, bunların temas ettikleri mil yataklarının durum da aletin hassasiyeti bakımından aynı öneme sahiptir. Onun için hareketli kısma bağlanan milin; kilay hareket etmesi, çabuk aşınmaması, hava etkilerinden müteessir olmaması ve nihayet sürtünmenin azaltılması bakımından da mil yataklarının çok sert taşlardan veya madenlerden yapılması gerekir (Şekil: 19).



Şekil : 19

Çeşitli aletlerin mil tertibatı ve yatakları

Mil yataklarında, aletin sınıfına göre çeşitli malzemelerden yapılır. Örneğin, ikinci sınıf ölçü aletlerinde; çelikten, fosforlu-bronzdan veya özel camlardan imal edilir. Birinci sınıf ölçü aletlerinde ise; elmas veya yakut gibi çok sert ve kıymetli taşlardan yapılır. Kuvvetli sarsıntılara maruz kalan yerlerde ise, özel olarak yaylı yataklar imal edilir (Şekil: 19 d).

Yataklara basan millerin eksen doğrultularında ve yataklar arasında fazla boşluk yapmadan dönebilmeleri için, aletin; alt veya üst yatağına ayrıca bir yatak vidası ilâve edilmiştir (Şekil: 19). Bu vida, ileri geri döndürülmeyle (vira edilmekle) mil boşluğu alınır.

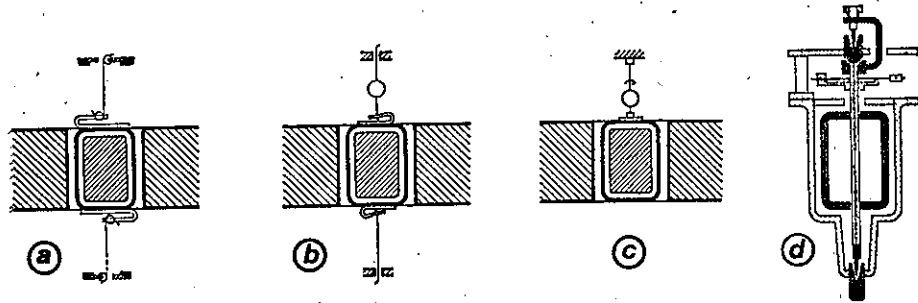
Çok hassas ölçü aletlerinde (galvanometreler gibi) hareketli kısımların yataklarıyla şekilleri ise çok değişiktir. Bu yataklarıyla ilgili birkaç örnek aşağıda verilmiştir.

a) Örgü bantlı yataklama :

Ölçü aletlerinin hareketli organı, alttan ve üstten örülmüş bir metal bantla (askı telleri ile) tespit edilmiştir. (Şekil: 20 a b). Bu her iki bant, bobine yaylı birer parça ile (elastiki bir şekilde) bağlanmıştır. Aynı zamanda bu bantlar, hareketli kısma hem akım vermeğe, hemde ters moment meydana getirmeğe yararlar. Örgü bantlı aletlerde, sürtünme kaybı olmadığından bunlar, yataklılara nazaran daha hassastırlar. Ölçü aletine ayna görüntüsünde eklenirse ölçüm hassasiyeti daha fazla yükselmiş olur (Şekil: 20 b). Buna karşın sarsıntılara karşı daha hassastırlar.

b) Askı bantlı yataklama :

Aletin hareketli kısmı, bir metal bantla üstten serbestçe askıya alınmıştır. Bu metal bantın burulması ile asılı bobin döner. Hareketli bobin dönerken, çok az bir mukavemetle karşılaştığından bu aletlerle en ince duyarlılıkları kaydetmek, bilhassa ayna görüntüsü sayesinde mümkündür (Şekil: 20 c). Askı bantlı ölçü aleti, sarsıntı ve çarpmalara karşı çok hassastır. Ve bunun için de su terazisiyle tespit edilmiş yatay bir yer ister. Bu bakımdan bu tip aletler laboratuvarlarda, etalon alet olarak kullanılırlar. Her yer değiştirmede, itinayla yerleştirilmelidirler.



Şekil : 20

Hassas ölçü aletlerinin, döner kısımlarının yataklarıyla ilgili

Diğer bir yataklama şeklide; döner kısım üstten askıya alınıp alttan yataklanır (Şekil: 20 d). Böylece askı bantının yükü hafifletilmiş olur. Dönme momenti, metal bantın burulması ile elde edilir. Dön-

meyi sağlayan ve yan sarsıntılara engel olan çelik uçlar üstten ve alttan yataklanmıştır. Gerçi bu tip yataklama sürtünme momentini çoğaltırsa da bobinin yan sarsıntıları, mutlak surette giderilmiş olur. Noktalama yapan bazı tip yazıcı ölçü aletlerinde genellikle bu tertip yataklarıyla kullanılır.

D — Elektrik akımının ve geriliminin ölçü aletlerine etkisi :

Tatbikatta kullanılan elektrikli ölçü aletlerinin hemen hepsi, elektrik akımının veya geriliminin çeşitli etkilerinden istifade ederek çalışırlar. Bu etkilerden istifade ederek çalışan ölçü aletleri (Çizelge - 4) de gösterilmiştir.

ÇİZELGE — 4

Akımın	Akımın cinsi	Bu etkiye göre çalışan ölçü aletleri
Manyetik etkisi	\approx	Vatmetreler, ampermetreler, voltmetreler
Isı etkisi	\approx	Voltmetreler, ampermetreler
Kimyasal etkisi	=	Sayaçlar
Elektromanyetik (İndüksiyon) etkisi	\sim	Voltmetreler, ampermetreler, vatmetreler, sayaçlar
Elektrostatik etkisi	\approx	Voltmetreler

E — Elektrik ölçü aletlerinin çalışma prensiplerine göre bölümlendirilmesi :

Elektrik akımı etkilerine göre çalışan ölçü aletlerini çalışma prensiplerine göre aşağıdaki bölümlere ayrılarak adlandırılır.

I — Elektromanyetik ölçü aletleri

- Yumuşak demir göbekli ölçü aletleri
- Döner demirli ölçü aletleri

II — Döner bobinli ölçü aletleri

III — Döner mıknatıslı ölçü aletleri

IV — Elektrodinamik ölçü aletleri

- V — Termik ölçü aletleri
- VI — Elektrostatik ölçü aletleri
- VII — İndüksiyon ölçü aletleri
- VIII — Titreşimli ölçü aletleri.

KONUNUN ÖZETİ:

- 1 — Ölçme; bilinmeyen, kendi cinsinden olan bilinen bir büyüklükle mukayese etmektir. Mukayese yöntemi ile yapılan ölçülere "izafi ölçüler" denir.
- 2 — Elektrikte ölçme, elektrik sistemlerinin buldukları şartları ve çalışmalarını kontrol için gereklidir.
- 3 — Herhangi bir elektrik devresinin kontrolü ve test'i, bir veya birkaç elektrik ölçü aleti kullanılmakla olur.
- 4 — Elektrik ölçü aletleri elektrik şemalarında standart kabul edilen özel işaretlerle gösterilirler. Bu özel işaretler aletin genel olarak gösterme şekline göre ya küçük bir daire veyahut alet kendi kendine kayıd eden cinsten ise, daire yerine bir küçük kare içinde bulunur. Elektrik sayaçları ise, dikdörtgen şeklinde gösterilirler.
- 5 — Elektrik büyüklükleri ölçen aletler ölçmekte oldukları büyüklüklerin birimine göre adlandırılır.
- 6 — Ölçü aletlerinin ölçü sistemlerinin özelliğini dışardan tanımak için, bunların kadranları üzerine sembolik işaretler konmuştur.
- 7 — Elektrik ölçü aletleri, hassas ölçü aletleri veya işletme ölçü aletleri olarak imal edilirler.
- 8 — Elektrik ölçü aletleri gösterme şekline göre; direkt, yazıcı ve entegre edici olmak üzere üç sınıfa ayrılır.
- 9 — Direkt (doğrudan doğruya) gösteren ölçü aletleri, göstergeli ve ışık izli ölçü aletleri olmak üzere iki tipte imal edilirler.
- 10 — Göstergeli ölçü aletlerinin hareketli kısmı; saptırma, kontrol ve amortisman gibi üç çeşit kuvvetin tesiri altında çalışır.
- 11 — Göstergeli ölçü aletleri, ölçtüğü değerleri kısa bir süre gösterirler. Kayıd ediciler, ölçtüğü değerleri uzun bir süre muhafaza ederler. Entegre ediciler (sayaçlar) ise, ilk okumadan sonra ikinci bir okumaya kadar geçen zaman içerisinde ölçtükleri değerlerin toplamını gösterirler.
- 12 — Ölçü aletlerinde; havalı, sıvılı ve fukolt frenli amortisman sistemlerinden biri kullanılır.
- 13 — Göstergeli ölçü aletlerinin sıfır ayarı, ölçmeye geçmeden önce muhakkak gözden geçirmeli, icap ediyorsa küçük bir tornavida ile düzeltilmelidir.

Ölçme ve Ölçü Aletlerinin Tanıtılması

- 14 — Ölçü aletlerinin hareketli kısımları ya yataklanır veya askıya alınır.
- 15 — Göstergeli ölçü aletlerinin iyi bir şekilde ölçme yapabilmeleri için şu koşullara uyması gerekir.
 - a) Ölçü aletlerinde hareketli kısma etki eden kuvvet, ölçülerle orantılı olmalıdır.
 - b) Ölçme yapılırken, göstergenin sıfır noktasından olan uzaklığı ile değişen karşı bir kuvvet olmalıdır.
 - c) Göstergenin salınımını önlemek için, alet üzerinde bir amortisman sistemi bulunmalıdır.
 - d) Alet; geniş kadranlı, eşit bölümlü ve ince göstergeli olmalıdır.

SORULAR:


- 1) Ölçmenin önemini açıklayınız?
- 2) Elektrikte ölçülecek büyüklükler nelerdir, hangi aletlerle ölçülür ve bu aletlerin sembollerini gösteriniz?
- 3) Ölçü aletlerinin üzerine hangi işaretler bulunur ve bu işaretlerin anlamlarını açıklayınız?
- 4) Elektrik ölçü aletleri hassasiyetlerine göre kaç kısma ayrılır?
- 5) Göstergeli aletlerin çalışmasını temin eden kaç çeşit kuvvet vardır?
- 6) Helis yaylarla, karşı ağırlıkların ödevleri nelerdir?
- 7) Amortisman ne demektir?
- 8) Sıfır ayar vidası, ne işe yarar?
- 9) Fukolt frenli amortisman sisteminin çalışmasını açıklayınız?
- 10) Sıvılı amortisman düzenini açıklayınız?
- 11) Havalı amortisman düzenini açıklayınız?
- 12) Daimi mıknatıslar ne işe yarar ve bunlarda aranılan özellikler nelerdir?
- 13) Bir aletin ölçme hassasiyeti doğruluk derecesidir. İfadesi doğru mudur?
- 14) Kadran ve gösterge, ölçü aletlerinde ne işe yarar?
- 15) Ölçü aletlerinin hareketli kısımlarının taşınmaları kaç şekilde yapılır?
- 16) Elektrik ölçü aletleri, elektrik akımının ve geriliminin hangi etkilerine göre çalışır ve bu ölçü aletlerinin isimleri nelerdir?

ELEKTRİK ÖLÇÜ ALETLERİ

KONUNUN PLANI:

- I — Elektromanyetik ölçü aletleri.
- II — Döner bobinli ölçü aletleri.
- III — Döner mıknatıslı ölçü aletleri.
- IV — Elektrodinamik ölçü aletleri.
- V — Termik ölçü aletleri.
- VI — Elektrostatik ölçü aletleri.
- VII — İndüksiyon ölçü aletleri.

I — ELEKTROMANYETİK ÖLÇÜ ALETLERİ

Akım İşareti : \sim Sembolü : 

Elektrik akımının manyetik etkisinden istifade ederek çalışan bu tip ölçü aletleri başlıca ikiye ayrılır.

- 1 — Yumuşak demir göbekli ölçü aletleri.
- 2 — Döner demirli ölçü aletleri.
 - a) Çekici tip.
 - b) İtici tip.

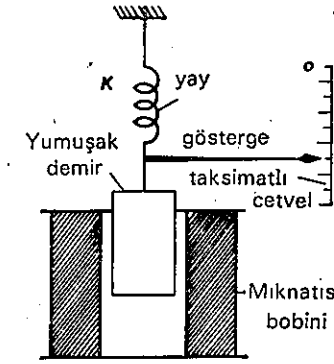
Her iki tip ölçü aletlerinin yapısı ve çalışmaları hakkındaki bilgi aşağıda sırayla verilmiştir.

1 — Yumuşak demir göbekli ölçü aletleri :

Çalışma prensibi: Demir parçasının, içinden akım geçen bir bobin tarafından çekilmesinden ibarettir.

Yapısı: Yumuşak demir göbekli ölçü aletleri şimdiye kadar yapılan ölçü aletlerinin en eski tipi ve en sağlamıdır. Aletin iki önemli parçası var-

dır. Biri: sabit bir mıknatıs bobini, diğeri bu mıknatıs bobini içerisine konmuş yumuşak demir bir göbeğdir. Göbeğin (nüvenin) üst ucu, bir yay vasıtasıyla aletin gövdesine bağlıdır. Ölçülen büyüklük, demir göbeğe tesbitli gösterge ve bunun karşısına sabit olarak konmuş taksimatlı bir cetvel aracılığı ile okunur (Şekil: 21).



Şekil: 21

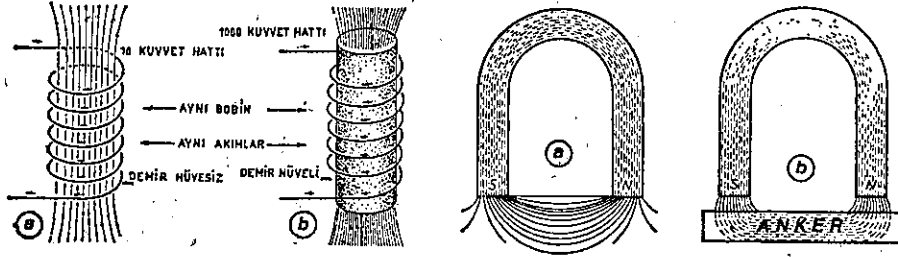
Yumuşak demir göbekli ölçü aleti

Alete, yumuşak demir konmasının sebebi :

a) Bir bobinin mıknatıslanma kabiliyetini artırabilmek için, o bobinin ya sarım sayısı veya içinden geçen akım artırılır. Yani, mıknatıslanma değeri; bobinin amper - sarımı (N.I) ile orantılıdır. (Şekil: 22 a) da içinden akım geçirilmiş nüvesiz bir bobinde meydana gelen toplam mıknatıs kuvvet çizgilerinin sayısı meselâ 10 olsun. Bu bobin içerisine manyetik olmayan (bakır veya alüminyum) gibi malzeme konması halinde bobinin mıknatıslanmasında hemen hemen hiç değişiklik olmaz. Fakat aynı bobin içerisine manyetik bir malzeme konup yine aynı değerde bir akım geçirilirse (Şekil: 22 b), bobinin toplam mıknatıs kuvvet çizgilerinin sayısında 10 yerine 1000 gibi büyük bir artış olduğu görülür. Bu değer, demir göbeğin cinsine göre değişir. Çünkü; yumuşak demirin manyetikliği kadar). Diğer bir deyimle, hava manyetik olmayan bir materyal, geçirgenlik⁽¹⁾ katsayısı, havaya oranla çok büyüktür (10 ilâ 10 000 kadar) ise kolayca mıknatıslanan bir materyaldir.

(1) Geçirgenlik : Manyetik malzemenin alan şiddetini artırması kabiliyetine geçirgenlik denir.

b) Atnalı şeklinde daimi bir mıknatıstaki kuvvet çizgilerinin, nasıl dağılık ve seyrek oldukları gösterilmiştir (Şekil: 23 a). Buna karşın (Şekil: 23 b) de ise aynı mıknatıs kutuplarına ANKER denilen yumuşak bir demir yaklaştırıldığında kuvvet çizgilerinin, bu demirden geçerek nasıl bir manyetik devre meydana getirdikleri görülmektedir.



Şekil : 22

Şekil : 23

Nüvesiz ve nüveli bir bobin ile ankersiz ve ankerli bir daimi mıknatıstaki kuvvet çizgilerinin durumu

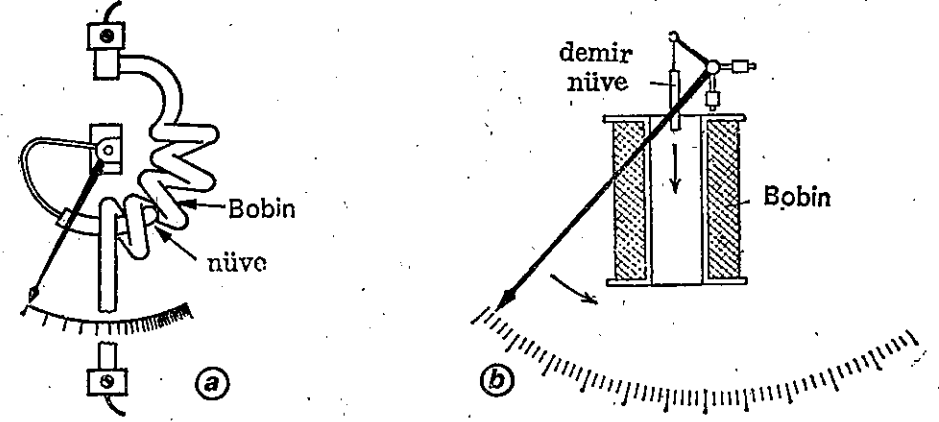
Yukarıdaki açıklamalardan anlaşılacağı üzere, sabit bobinin alan şiddetini artırmak için içerisine yumuşak demir göbek konulmuştur.

Aletin çalışması : Sabit mıknatıs bobininden akım geçtiği zaman bobin, kendi boşluğuna doğru yumuşak demir göbeği çeker. Bu çekilme bobinden geçen akım şiddetine bağlıdır. Yani devreden geçen akım şiddeti az ise, demir göbek az, geçen akım çok ise, demir göbek daha çok çekilir. Demir göbeğe bağlı olan K yayı, bobinin çekme kuvvetiyle kendi gerilme kuvveti arasında denge kuruluncaya kadar uzayıp kısalarak bir yerde durur. Demir göbeğe bağlı göstergesi yardımıyla her ölçmeye ait değerler kadran üzerinden okunabilir. Ölçme yokken K yayı, göstergesi sıfır noktasında tutar.

Yumuşak demir göbekli ölçü aletlerinin yapımları basit ve kolay olmasına rağmen sarfiyatları oldukça büyüktür. Bunlar daha ziyade ucuz tip ampermetreler olarak kullanılır. Mıknatıs bobininin sarım sayısı artırılıp ve kendisine seri bir direnç ilâve edilirse aynı alet, voltmetre olarak kullanılabilir.

Çalışma prensibi aynı olan bu tip aletlerin iki değişik tipi daha (Şekil: 24) gösterilmiştir. Bunlarda, göstergesi sıfır noktasına getiren düz, (Şekil: 24 a) da demir nüvenin kendi ağırlığı ile, (Şekil: 24 b) de ise karşı ağırlıklarla sağlanır. Bu tip aletlerin çalışma düzenlerine göre; ale-

tin dik durması, sarsıntılı yerlerde sıhhatli ölçme yapamaması ve sarfiyatlarının çok olması gibi önemli sakıncalardan dolayı, hemen hemen kullanılmaya özelliğini kaybetmişlerdir.



Şekil : 24

Basit olarak yapılmış çekmeli tip ölçü aletleri

2 — Döner demirli ölçü aletleri :

Çalışma prensibi: Yukarıda da belirtildiği gibi demir bir nüveye, manyetik alanın yaptığı mekanik etkiye dayanmaktadır. Bu etki itme ve çekme şeklinde olduğundan döner demirli aletler ikiye ayrılırlar.

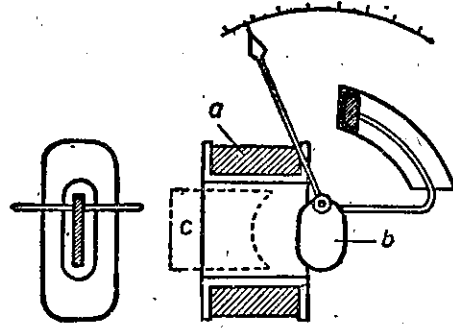
a) Çekici tip döner demirli ölçü aletleri :

Yukarıda açıklanan yumuşak demir göbekli ölçü aletlerinin geliştirilmiş bir şeklidir. Yalnız bu tip ölçü aletlerinde, sabit a bobini silindirik şeklinde olmayıp genellikle yassıdır (Şekil: 25). Hareketli b demiri de, bobine uygun olarak yapılmış bir levhadan ibarettir. Bu yumuşak demir levha merkezden kaçık olarak bobin boşluğunun hemen yanına konmuştur. a bobininden akım geçince, bobin mıknatıslanarak b demir levhasını, içine doğru eksantrik olarak çeker. Böylece aynı eksene bağlı göstergede ölçülen değeri göstermiş olur.

Döner demirin çekilmesi, bobinden geçen akımın karesi⁽²⁾ ve döner demirin manyetik indüksiyonu ile orantılı olduğundan bu aletlerin kad-

(2) $F=K.I^2$ dir. ($F=H.L.L/10$, $H=K.I$ burada H alan şiddeti, bobinden geçen I akımı ile orantılıdır. O halde çekme kuvveti $F=K.I^2.L/10$ buradan $F=K.I^2$ olur.) L=Bobinin boyu cm., K=Sabit bir sayı.

ran taksimatı eşit aralıklı değildir. Baş taraflarda sıkışık olup gittikçe açılır. Demir levhanın çekilmesi ise bobinden geçen akımın yönüne bağlı



Şekil : 25

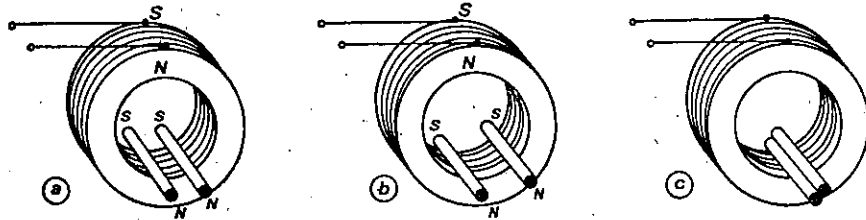
Yassı bobinli çekmeli tip ölçü aleti

olmadığından bu tip aletler, her iki akımda da kullanılırlar. Aletin alar siddetini ve dolayısıyla çalıştırıcı kuvvetini artırmak için, bazı tiplerine yassı ve sabit bir c demiri ilâve edilmiştir. Aletin sönümü, havalı amortisman sistemi ile sağlanır.

b) İtici tip döner demirli ölçü aletleri :

Aletin çalışmasına ait açıklama:

İki tane yumuşak demir çubuğu, yanyana bir bobin içersine koyarak sıra ile şu deneyleri yapalım.



Şekil : 26

Bobinden akım geçtiği zaman bu iki çubuk mıknatıslanarak birbirlerini iterler.

İtmenin şiddet ve derecesi bobinden geçen akımın büyüklüğüne bağlıdır.

Bobinden akım geçmezken iki çubuk yan yana durur.

Deney : 1

Bobin içinden akım geçtiği zaman bu iki demir çubuk birbirlerini iterler. Çünkü, bobinin alan etkisiyle bu çubukların birer tarafları N (kuzey), diğer tarafları S (güney) kutbu ile kutuplanırlar. Aynı adlı kutuplar (NN veya SS) birbirlerini iterler (Şekil: 26 a).

Deney : 2

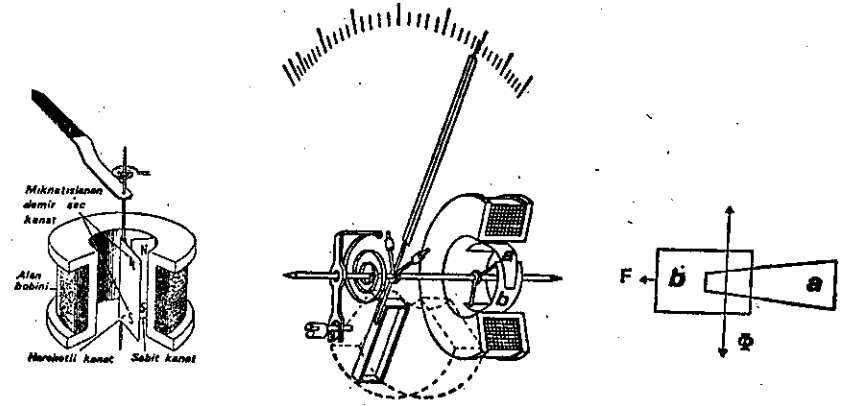
Akımın artması oranında iki demir çubuk birbirlerini daha çok iterler (Şekil: 26 b).

(Şekil: 28) de, de başka bir itici tip ölçü aleti görülmektedir.

Bobinden geçen akım kesildiği zaman iki çubuk yanyana gelirler. Yani her iki çubuğun mıknatıslanması ortadan kalkar (Şekil: 26 c).

Yukarıda açıklanan çalışma prensibine göre yapılmış bu tip ölçü aletinin kanatlı (levhali) bir tipi (Şekil: 27) de gösterilmiştir.

(Şekil: 28) de, de başka bir itici tip ölçü aleti görülmektedir. Bir ucu geniş, diğer ucu dar olan a levhası, çevresine paralel olarak bükülüp



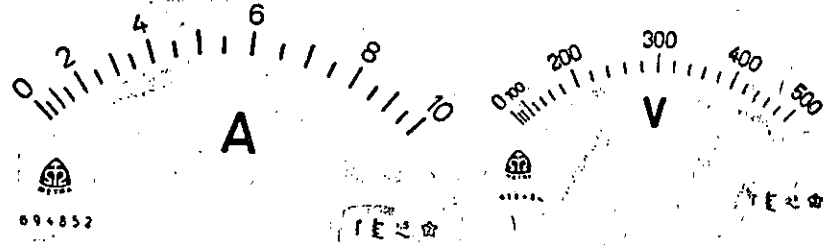
Şekil : 27

Şekil : 28

İtici tip yuvarlak bobinli elektromanyetik ölçü aletleri

bobinin içersine sabit olarak tutturulmuştur. Bundan daha dar kavisli olan b demir levhası ise aletin hareketli eksenine tesbitlidir.

Sabit ve hareketli levhaların birbirlerini itmesi, levhalar arasındaki uzaklığın karesi ile ters orantılıdır.⁽³⁾ Bu değer aynı zamanda bobinden geçen akımın karesi ile de orantılı olduğundan, bu tip aletlerinde kadran bölümlenmesi baş taraflarda sık olup sonlara doğru düzgünleşir. (Şekil: 29).



Şekil : 29

Bu tip ölçü aletlerinde genellikle havalı amortisman sistemi kullanılırsa da bazı tipleri de fukolt frenlidir. Bobinin mıknatıslanması, geçen akımın yönüne bağlı olmadığından bu aletler, hem doğru ve hemde alternatif akım devrelerinde kullanılırlar. Aletin demir aksami az olduğu için manyetik alanın büyük bir kısmı havadan geçer bu yüzden aletin duyarlılığı azalır.

Döner demirli ölçü aletleri fazla hassas olmadıklarından ikinci sınıf aletler gurubuna girer. Onun için en küçük akım ölçme sınırları 50 mili-amper, voltmetrelerden ise, 1 volttan küçük aletlerin imali iyi netice vermez. Alternatif akım devrelerinde kullanılan portatif tip ampermetrelerle 200, büyük tip panolarda ise 600 ampere kadar olan akımlar, bu tip aletlerle direkt olarak ölçülebilirler. Bundan daha büyük akımlar için, 5 amperlik aletle, akım ölçü transformatörü birlikte kullanılır.

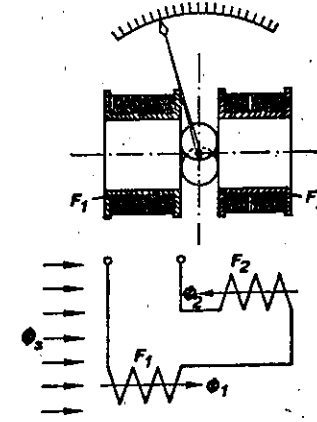
Döner demirli voltmetreler ise, seri dirençlerle 1000 volta kadar ölçme alanı yapılabilir. Daha yüksek alternatif akım gerilim değerlerini ölçmek için, gerilim ölçü transformatörlerinden istifade edilir. Transformatörlü voltmetrelerin ölçme alanları 110-120 V. tur. Doğru akım devrelerinde ise çeşitli kademelerde voltmetre ön dirençleri kullanılır.

Döner demirli ölçü aletleri doğru akımdaki ölçme hatasının fazlalığından (0,5 kadar), genellikle alternatif akım tablo aletleri olarak

⁽³⁾ Kulon Kanunu : $F(\text{itilme}) = K \cdot m_1 \cdot m_2 / r^2$ m_1 ve m_2 = kutupların şiddeti (C.G.S.), r = cm., K = geçirgenlik hava için, 1 alınır.
Coulomb : Fransız mühendisi ve fizikçisi. (1736-1806).

imal edilirler. Laboratuvarlar için portatif olan tiplerinin bazıları, her iki akım için ayrı kadran taksimatlıdır.

Döner demirli aletlerde, sabit bobinin alanı çok zayıf olduğundan harici manyetik alanlardan etkilenir. Dış manyetik alanların alet üzerindeki etkisini azaltmak için ölçü aleti, ya demir muhafazalar içine konur veya astatik (çift bobinli) olarak imal edilirler. (Şekil: 30) da çekmeli tip döner demirli aletin astatik tertiplenmiş şekli görülmektedir. Bu tip alette iki bobin mevcut olup birbirlerine göre ters sarımlıdır. Bobinlerden akım geçtiği zamanı meydana getirdikleri çalıştırıcı kuvvetleri aynı taraflı olduğundan demir parçalarını kendi boşluklarına doğru çekerler. Harici manyetik alanlar, bobinlerden birinin manyetik alanını azaltırken diğerini çoğaltır. Böylece, alet harici manyetik alanların etkisinden korunmuş olur.

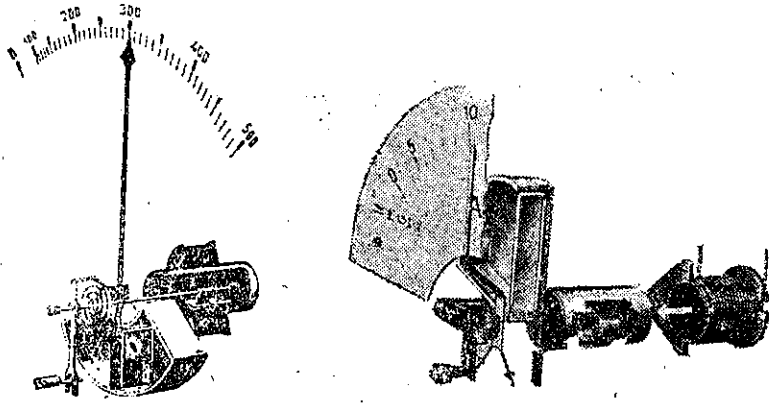


Şekil : 30

Astatik, çekmeli tip elektromanyetik ölçü aleti

Döner demirli aletlerin sarfiyatları oldukça fazladır. Ampermetrelerde 0,4-5 vat, voltmetrelerde ise 5-10 vat kadar, bu değerler; döner kısımların ağırlıkları ile de orantılıdır. Alet aşırı yüklere dayanıklı olup, normal akımın 50-100 katına kadar olan yüklere çok kısa vadeli olarak dayanabilir (1-10 saniye kadar).

(Şekil: 31 a) da Hartmann Braun, (Şekil: 31 b) de de Siemens firmasına ait itici tip elektromanyetik ölçü aletlerinin şekilleri gösterilmiştir.



Şekil : 31

Muhtelif, itici tip elektromanyetik ölçü aletleri

ELEKTROMANYETİK ÖLÇÜ ALETLERİNİN ÖZELLİKLERİ :

- 1 — Bu tip aletler, ampermetre ve voltmetre olarak yapıp kullanılırlar.
- 2 — Yapımları kolay, ucuz ve sağlamdırlar.
- 3 — Akım yönünün değişmesi ile hareket ettirici momentin yönü değişmediği için, bu aletler doğru ve alternatif akımda kullanılırlar.
- 4 — Hareketli kısımdan akım geçmediği için, bu kısımda fazla kayıp olmaz.
- 5 — Aletin kadran taksimatı, başlangıç kısmı hariç düzgün aralıktır.
- 6 — Aşırı yüklere karşı, sabit bobin telleri kalınlaştırılmak suretiyle dayanıklılığı artırılır.
- 7 — Dönme momenti, akımın karesi ile orantılı olduğundan bu aletler, alternatif akımda (etkin değer) değerleri gösterirler.

Bu aletlerin faydası yanında, bazı sakıncalarında vardır :

- 1 — Alternatif akım ölçmelerinde histerezis ve fuko kapılarından dolayı göstergenin sapma miktarı azalır. Fakat özel demirli tip ölçü aletlerinde bu kayıp çok azaltılmıştır.
- 2 — Alet demirsiz olduğundan manyetik alanın büyük bir kısmı havadan geçer. Bu sebeplerden aletin duyarlılığı azaldığı gibi dış manyetik alanlardan etkilenir.

3 — Aşırı yüklere dayanması bakımından gerekli amper-sarım (N.I) sayısını çoğaltmak icap eder. Bu kez aletin sarfiyatı o oranda artırılmış olur.

4 — Ölçmelerde; gösterge son bölüm üzerine geldiği zaman alet, ampermetre olarak çalışıyorsa 5, voltmetre olarak kullanılmışsa 10 vat kadar kayıp yapar.

SORULAR :

- 1) Elektromanyetik ölçü aletleri kaç çeşittir?
- 2) Döner demirli ölçü aletleri kaç tiptir?
- 3) Alette, yumuşak demir kullanılmasının sebebi nedir?
- 4) İtici tip döner demirli ölçü aletlerinin çalışma prensibini açıklayınız?
- 5) Elektromanyetik ölçü aletleri ölçmedeki doğruluğu bakımından, sınıfı nedir?
- 6) Bu ölçü aletlerinin bazı tipleri astatik (çift bobinli) olarak yapılır niçin?
- 7) Bobinden geçen akım yönünün değişmesi, göstergenin sapma yönüne etki eder mi?
- 8) Elektromanyetik ölçü aletleri oldukça büyük akımlar için imal edildiklerinden ekseriya şönt direncine ihtiyaç göstermezler. Doğru mu?

II — DÖNER BOBINLİ ÖLÇÜ ALETLERİ

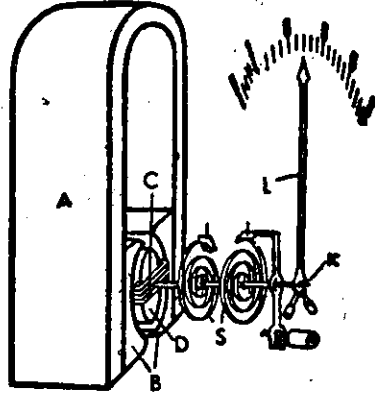
Akım İşareti : =

Sembollü :



Aletin yapısı: Bu aletlerin ölçme kısmı esas itibariyle içinden ölçü akımı geçen ve kuvvetli bir daimi mıknatısın alanı içinde dönen, bir bobinden teşekkül eder.

Aletin en büyük parçası, çelikten yapılmış atnalı şeklinde bir daimi mıknatıstır (A). Bu mıknatısın uçlarına yumuşak demirden ve silindirik parçası şeklinde iki kutup pabuçu tespit edilmiştir (B). Aletin döner kısmını teşkil eden, bakır veya alüminyum çerçeve üzerine ince bakır teller sarılmış bir bobin, bu kutup pabuçlarının ortasına konmuştur (C). Düzgün ve kuvvetli bir manyetik alan sağlayabilmek için, bu bobinin ortasına yumuşak demirden bir göbek, aletin gövdesine sabit olarak tutturulmuştur (D). Bobinin serbest bir şekilde dönebilmesi için, demir göbekte kutup pabuçları arasına 1 mm. kadar dar bir hava aralığı bırakılmıştır. Döner bobine akım, birbirine zıt yönde sarılı ve fosforlu-bronzdan ya-



Sekil : 32

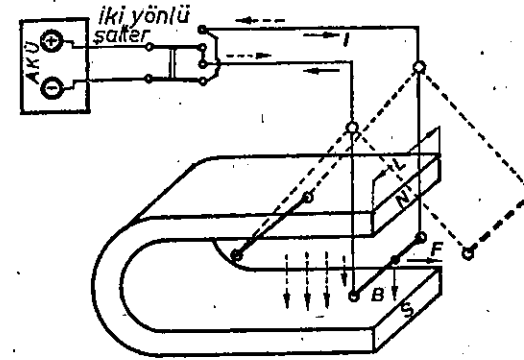
Döner bobinli ölçü aleti

pılmış iki spirall (S) yayları yardımı ile verilir. Bu yaylar aynı zamanda kontrol momenti vazifesini de görürler. Ölçü aletinin (L.) göstergesi, döner bobinin (K) eksenine tespit edilmiştir (Şekil: 32).

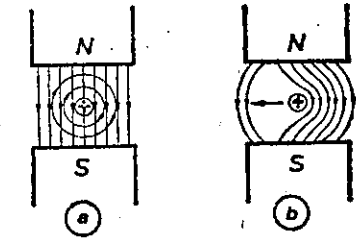
Döner bobinli⁽¹⁾ ölçü aletinin çalışmasına ait açıklama :

Bu aletin çalışması, bir mıknatıs alanı dahilinde bulunan ve içinden akım geçen bir iletkenin yapılan etkiye dayanır. (Şekil: 33) de görüldüğü gibi U daimi mıknatısın içine serbestçe hareket edebilen bir iletken asalım. Bu iletkenin iki ucuna, bir akü bataryası bağlayıp devre anahtarını kapatırsak iletkenin, bu mıknatıs içinde hareket ettiğini görürüz.

Bu olayı şu şekilde açıklamak mümkündür. Elektroteknik dersinden de hatırlayacağımız gibi, bir iletkenin akım geçtiği zaman bu iletkenin etrafında daireler şeklinde manyetik kuvvet çizgileri meydana gelir. Şimdi böyle bir iletkeni mıknatıs alanı içine koyalım. (Şekil: 34 a) da görüldüğü gibi mıknatısın kuvvet çizgilerini sol tarafta zayıflatacak, sağ tarafta kuvvetlendirecek şekilde etki eder. Bu durumda, bileşke alanın değeri (Şekil: 34 b) de olduğu gibi sağ tarafta daha sık ve kavslu, sol tarafta ise seyrekler. Faraday'ın⁽²⁾ dediğine göre "kuvvet çizgileri kısalırmak ve seyrekleşmek isterler".



Sekil : 33



Sekil : 34

Manyetik alan içindeki bir iletkenin akım geçerse, iletken alanın dışına doğru itilir.

Kutup ve iletken alanı

Kutup alanının aldığı şekil.

Bu ispattan dolayı, (Şekil: 34 b) nin sağ tarafında sıklaşan kuvvet çizgileri, yollarını kısaltıp ve seyrekleşmek isteyeceklerinden iletkeni, ala-

(1) Döner bobinli ölçü aletine; döner çerçevesi veya döner makaralı ölçü aleti de denir.

(2) Faraday: (1791-1867), İngiliz fizikçisi olup elektroliz ve indüksiyon kanunlarını buldu.

nın dışına doğru (sola) iterler. (Fleming'in sol el kaidesine göre baş parmak yönünde).⁽³⁾

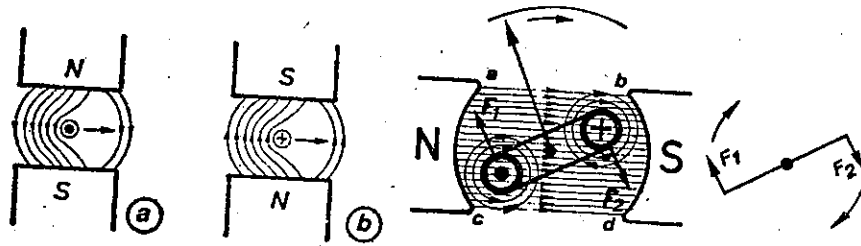
Şimdi, aşağıdaki deneyleri sıra ile yapalım (Şekil: 33).

1) Akümülatöre bağlı iki yönlü anahtar yardımıyla telden geçen akımın yönünü değiştirirsek iletkenin hareket yönünün değiştiğini görürüz (Şekil: 35 a).

2) Akım yönü sabit kalmak şartıyla, mıknatıs alanının yönünü değiştirelim. (yani N yerine S, S yerine N gelsin) yine, iletkenin hareket yönü değişir.

3) Alan yönü ile alan içindeki akımın yönü aynı zamanda değiştirilirse, iletkenin itilme yönü değişmez (Şekil: 35 b).

O halde; alan dahilinde bulunan ve içinden akım geçen bir iletkenin hareket yönünü değiştirebilmek için, ya iletken içinden geçen akımın yönünü veya mıknatıs alan yönünü değiştirmek gerekir.

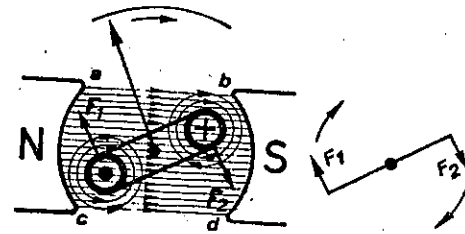


Şekil : 35

Akım yönü ile alan yönü aynı zaman da değişirse iletkenin hareket yönü değişmez.

Kutup ve bobin alanlarının meydana getirdiği döndürme momenti.

Şekil : 36



Şekil : 37

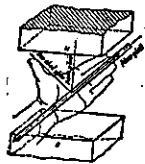
Döner bobinli ölçü aletlerinin kadran bölümleri eşit aralıktır.

Bu tip aletlerde hareketli kısımların hafif olması için, döner bobini meydana getiren ince bakır iletkenler alüminyum bir çerçeve üzerine sarılmıştır. Aynı zamanda bu alüminyum çerçeve, aletin amortisman işini de sağlar. Hava aralığındaki manyetik indüksiyonu büyültmekle aletin hassasiyeti artırılabilir. Bu özelliklerinden dolayı bu tip aletler elektrikli ölçü aletlerinin en hassası ve doğru ölçendir. Duyarlı oluşlarından dolayı laboratuvarlarda ölçme ve kontrol işlerinde çok kullanılırlar. Daimi mıknatıstan temin edilen alan için, enerji kaybı olmadığından aletin sarfiyatı çok azdır. Tablo aletlerinde 0,2 — 1 milivat, diğer hassas ölçü aletlerinde ise, 20 - 30 mikrovat kadardır.

Bu tip ölçü aletleri, tabii mıknatıslarının kuvvetli oluşları sebebiyle çok şiddetli olmayan dış manyetik alanlardan etkilenmezler. Dış alanların etkisinden mümkün olduğunca kurtulmak istenirse alet, ferromanyetik muhafazalar içine alınır.

(4) Aletin döndürme momenti: $F = B.S.N.I = K.I$

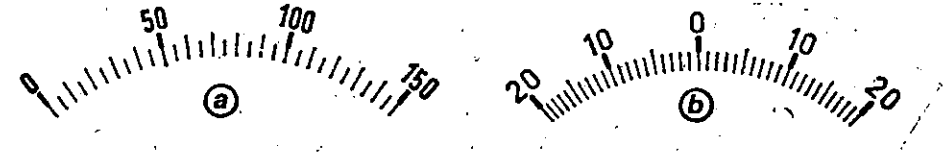
B=Hava aralığındaki indüksiyon, S=Döner bobinin alanı, N=Sipir sayısı.



Şekil : A

arasına konursa bu bobin döner. Bobin ve mıknatısın meydana getirdikleri alanlar, şeklin a ve d tarafında birbirini zayıflatır, b ve c tarafındaki alanlar ise birbirlerini takviye ederler. Bu duruma göre; bobinin a tarafı F_1 yönünde, d tarafında F_2 yönünde döner. Tıpkı birbirlerine eşit ve zıt yönlü kuvvet çifti gibi.

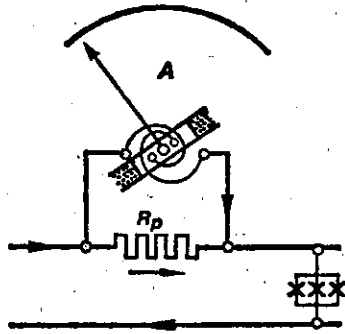
Buraya kadar, çalışma prensiplerini izahına çalıştığımız bu tip ölçü aletlerinin döndürme momenti,⁽⁴⁾ yalnız bobinden geçen akımla orantılıdır. Çünkü döner bobinin her durumu için, dar hava aralığındaki manyetik alanın değeri sabittir. Akım, iki katına çıkarsa döndürme momenti de iki katı artar. Aletin sapması akımla doğru orantılı olduğu için, kadran taksimatı eşit (lineer) aralıktır (Şekil: 37 a).



Akım, döner bobine çok hassas yaylarla verildiğinden aletle yüksek akımları direkt olarak ölçemeyiz. Onun için, 50 miliamperden yüksek akım şiddetlerini ölçmek icap ederse aletin bobinine paralel bir direnç (şönt) bağlanır (Şekil: 38).

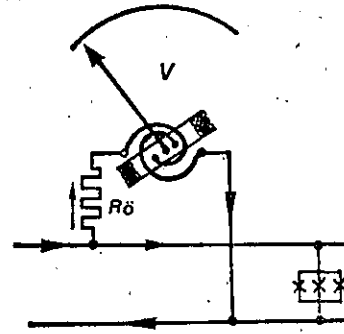
Alete bağlanan bu şönt, ölçme esnasında akımın büyük bir kısmını üzerinden geçirerek aleti yanmaktan korur. Şöntler; 30 ampere kadar ölçmelerde aletin içinde, bundan daha büyük akımların ölçülmesinde ise aletin dışında kullanılır. Bu yöntemle büyük akımların ölçülmesi esnasında aletin fazla ısınıp hata yapmasının da önüne geçilmiş olur. Şöntlerin yardımıyla bu tip aletlerle, 100.000 ampere kadar akımları ölçmek imkân dahilindedir.

Döner bobinli ölçü aletlerine bağlanan şöntler, aleti yapan fabrikalar tarafından birlikte verilir. Şöntler bir başkası ile değiştirilmedikleri gibi, kısaltılıp, uzatılmazlar değerleri hep sabittir. Şayet bir yanlışlık olursa; aletin göstereceği değerlerinde hatalı olacağı hatırdan çıkarılmamalıdır.



Şekil : 38

Döner bobinli ampermetreye şöntün bağlanması.



Şekil : 39

Döner bobinli voltmetreye ön direncin bağlanması.

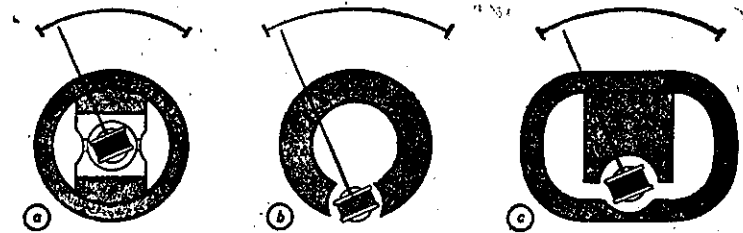
Döner bobinli ölçü aletlerini voltmetre olarak kullanırken, ölçme alanlarını genişletmek için, döner bobine seri olarak yüksek değerli bir ön direnç bağlanır (Şekil: 39).

0,5 - 400 voltluk gerilimlere ait ön dirençler aletin içinde, bundan yüksek gerilimlerin ölçülmesinde aletin dışında bulunur. Ön direncin değeri, aletin ölçme hududuna bağlı olup, "ohm/volt" olarak anılırlar.

Örneğin: 100 voltluk bir voltmetrenin göstergesi ölçme esnasında, son taksimata geldiğinde aletin bobinden 0,01 amper akım geçse, bu durumda aletin direnci $=100/0,01 = 10\ 000$ ohm. Her bir volta isabet eden direnç ise $=10\ 000/100 = 100$ Ohm/Volt dur. Bu oran ne kadar büyük olursa alet o nisbette hassas demektir. Ve bunlar 10, 100, 1000, 10 000... ohm/volt'luk aletler olarak söylenirler.

Bu tip ölçü aletlerinin en büyük sakıncası; alternatif akım devrelerinde kullanılmamalarıdır. Çalışma prensiplerinde de izah edildiği gibi akım, yön değiştirdikçe dönme - momenti de yön değiştirir (sol el kaidesi). Bu yön değiştirmeleri çok hızlı olursa (saniyede 50 defa) gösterge, ataletinden dolayı bu hızlı değişimleri izleyemediğinden birşey göstermez (olduğu yerde titrer). Onun için bu tip aletler yalnız doğru akımda kullanılırlar. Yani tek yönlüdürler bu sebepten aletin dış bağlantı uçlarına + ve - işaretleri konulmuştur. Alet doğru akım üreteçlerinin kutup tayininde de kullanılır. Ayrıca, bu tip aletlerle iki yönlü akımları da ayrı ayrı okuyabiliriz. Örneğin: akülerin şarj ve deşarjında, geçen akım yönleri birbirine zıttır. Böyle iki yönlü akımların ölçülmesinde kullanılan aletlerin kadran taksimatlarının sıfır noktası (Şekil: 37 b) de görüldüğü gibi ortadadır.

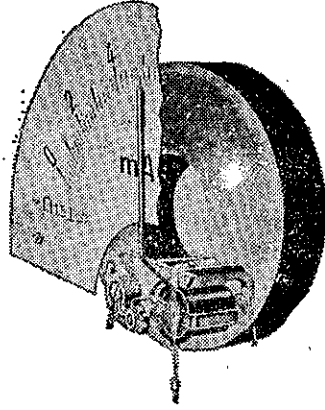
Döner bobinli ölçü aletlerinde kullanılan daimi mıknatısların tip ve şekilleri çok değişiktir (Şekil: 40).



Şekil : 40

Döner bobinli ölçü aletlerinde kullanılan daimi mıknatıslardan bazıları.

(Şekil: 40 a) da dış muhafazası yuvarlak ve muhafazanın şekline uyan, daimî mıknatıslı bir ölçü aletinin komple şekli gösterilmiştir.



Şekil : 40 a

Döner bobinli bir ölçü aleti.

DÖNER BOBINLİ ÖLÇÜ ALETLERİNİN ÖZELLİKLERİ:

- 1 — Bu tip aletler, yalnız doğru akım ve gerilim devrelerinde kullanılırlar.
- 2 — Aletin manyetik alanı, daimî mıknatısla temin edildiğinden en küçük akımlarda dahi büyük bir sapma gösterir. Yani alet duyarlıdır.
- 3 — Doğruluk derecesi, diğer ölçü aletlerinden üstündür.
- 4 — Aletin aşırı yüklere dayanıklılığı azdır.
- 5 — Alet dış manyetik alanlardan etkilenmez.
- 6 — Bu tip ölçü aletleri çok hassas olduklarından, kullanma alanları da o oranda geniştir.
- 7 — Aletin tek sakıncası, alternatif akım devrelerinde ölçme yapamamasıdır. Fakat alete ilâve edilen çeşitli düzenekler yardımıyla bu sakınca da ortadan kaldırılmıştır.

REDRESÖRLÜ ÖLÇÜ ALETLERİ

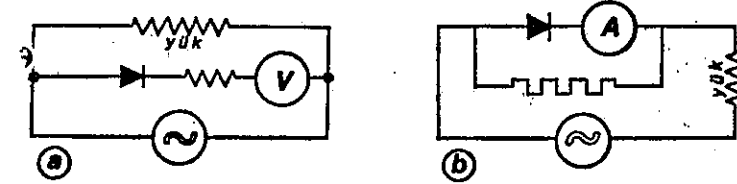
Akım İşareti : \sim

Sembolü :



Döner bobinli ölçü aletlerinin yalnız doğru akımda ölçme yapıp, alternatif akım ölçmelerinde kullanılmadığını ve bunun nedeni de aletin kendi konusunda ayrıca belirtilmişti. Bu aletlerin yüksek hassasiyet ve doğru ölçme yeteneğine sahip olmalarından, alternatif akımda da faydalanmak için bu akımın doğru akıma çevrilmesi icap eder. Bunun için de, alete bir redresör (doğrultmaç) ilâve edilir. Redresörlerin yapısı ve çalışması konumuz dışında olduğundan, redresörlerin bu tip aletlere nasıl bağlandığını göstermekle yetineceğiz.

Redresörler çok çeşitli olmakla beraber bu aletlerde genellikle kuru redresörler (bakır oksitli veya selenli cinsleri) kullanılır.⁽¹⁾ Bunların ölçü aletlerine bağlanışlarının prensip şeması (Şekil: 41) de gösterilmiştir.



Şekil : 41

Döner bobinli voltmetreye ve ampermetreye redresörün bağlanışı.

Yalnız burada şu noktaya dikkat etmek gerekir. Bir redresör, alternatif akımın yarım periyodunda akım geçirir, diğer yarım periyodunda aletten akım geçirmez. Ölçü aletinin gösterdiği değer doğrultulan akımın (pozitif ve negatif yarım dalgaların) aritmetik ortalama değeri ile orantılıdır. Bu sebepten aletin göstergesi az sapar, dolayısıyla hassas ölçü yapılamaz. Diğer bir ifade ile, doğrultulan akımda sinüs eğrisi şeklinde

(1) Kuru redresörler : Madeni bir levhanın yüzü, "yarı iletken" (selenyum, germanyum, bakır oksid, titan dioksid v.s. gibi) bir madde ile kaplanmıştır. Bunlar, elektrik akımını yalnız bir yönde geçirir, aksi yönde geçirmezler.

olan ve devreye tatbik edilen gerilimin, efektif değeri ile orantılıdır. Gerilim sinüs eğrisi şeklini kaybederse, ölçü aletinin gösterdiği değer hatalı olur. Bundan dolayı redresörlü ölçü aletleri ancak sinüsoidal akımlar için doğru netice verirler. Bu hataya sebebiyet verilmemesi için, ölçü aletlerine genellikle iki ve daha fazla redresörler bağlanarak alternatif akımın her iki yarım periyodundan da istifade edilir.

Redresör adedi ne kadar fazla olursa, alternatif akım o kadar iki doğrultulmuş olur. En basit redresör montajı (Şekil: 42 a) da görülen bir fazlı tek yöllü montajdır. Bu montajda, alternatif akımın yalnız bir yarım dalgası doğrultulur. (Şekil: 42 b) de görülen bir fazlı montajda ve (Şekil: 42 c) de görülen köprü (Graetz) montajında, alternatif akımın her iki yarım dalgası da doğrultulur.

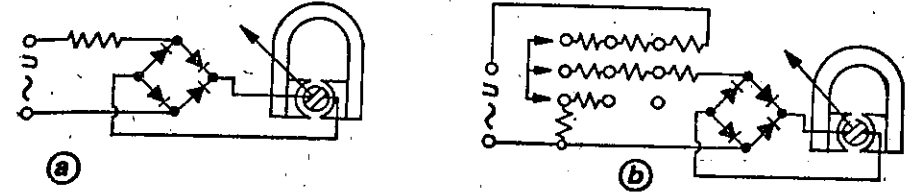
Adı	İşareti	Bağlantı Resmi	Gerilim Eğrisi
(a) Tek fazlı tek yöllü bağlantı	E		
(b) Orta uçlu bağlantı	M		
(c) Tek fazlı köprü bağlantı	B		

Şekil : 42

Bir fazlı alternatif akımın doğru akıma çevrilmesinde kullanılan bağlantılar.

Redresörlü ölçü aletleri, döner bobinli aletler kadar hassas olmadıkları için, ancak 0,5 sınıfına kadar yapılabilirler. Çünkü frekans ve ısı değişimleri redresöre etki eder. Bu sebepten, bu tip aletlerle alçak ve orta frekanslı alternatif akım devrelerinde yapılan ölçmeler iyi sonuç verir (4000-5000Hz. e kadar). Yüksek frekanslı devrelerde ölçmeler yapılması gerekirse alete, özel yapılmış redresörler bağlanır. Döner bobinin direnci

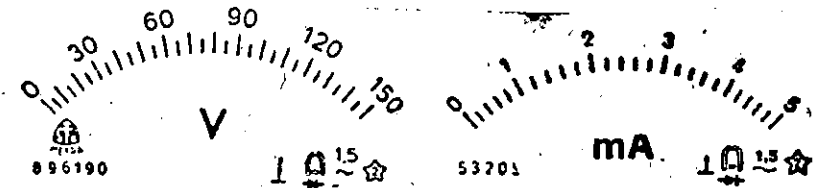
ile alete bağlanan redresörün direnci mümkün olduğunca birbirine eşit alınır ki döner bobinin çektiği akıma, redresör direnci göstererek ısınmasın diye. Bu aletler genellikle akım ve gerilim ölçmelerinde kullanılırlar.



Şekil : 43

Küçük ve yüksek gerilimlerin ölçülmesinde kullanılan redresörlü alternatif akım voltmetreleri.

0,1 A e kadar olan akımlar direkt olarak, bundan daha büyük akımları ölçmek için aletin içine şöntler bağlanır (25 Amper e kadar). Şayet alet, voltmetre olarak kullanılacak ise bir volta kadar direkt ölçmeler yapılabilir. 300 volta kadar olan ölçmelerde ön direnç aletin içinde, bundan daha yüksek gerilimlerin ölçülmesinde ise aletin dışında kullanılır. Küçük gerilimlerin ölçülmesinde kullanılan redresörlü voltmetrenin şekli (Şekil: 43 a) da, yüksek gerilimlerin ölçülmesi için ön direnç bağlı voltmetre (Şekil: 43 b) de gösterilmiştir. Bunların sarfiyatları çok küçüktür (1,1 Milivat kadar).



Şekil : 44

Bu aletler, daimi mıknatıs ve döner bobinli olduklarından kadran taksimatları düzgün (lineer) dir. (Şekil: 44) de Metra firmasına ait redresörlü döner bobinli ampermetre, voltmetre ve voltmetrenin kadran taksimatı ile alete ait işaretler bir arada gösterilmiştir. Genellikle bu tip aletler, ampermetre ve voltmetre olarak ayrı ayrı yapılmış kullanılamazlar. Her-

deki konularda göreceğimiz, doğru ve alternatif akım devrelerinde kullanılan kombine ölçü aletleri olarak imâl edilirler. Bazı maksatlar için ⁽²⁾ alternatif akım ve gerilimlerin ölçülmesinde, kuru redresörler yerine; mekanik redresörler veya tüplü redresörler kullanılır. Aletlerde, bunlara göre isim alır. Mekanik redresörlü aletler ve tüplü voltmetreler gibi.


REDRESÖRLÜ ÖLÇÜ ALETLERİNİN ÖZELLİKLERİ:

- 1 — Bu aletlerle alternatif akımın efikas (efektif-etkin) değerleri ölçüldüğünden, kadran taksimatları buna göre yapılmıştır. Yani bu aletler sinüsoidal gerilim ve akımları ölçmek için, kullanılırlar.
- 2 — Alet normal şartlarda, 500 Hz. için \pm % 1,5 hatalı ölçmeler yapar.
- 3 — Alete bağlanan redresörün direnci, ısınmayı önlemek için alet bobininin direncine mümkün olduğunca eşit seçilmelidir.
- 5 — Redresörlü aletler, döner bobinli aletler kadar fazla yüklenmeye uygun değildirler.
- 6 — Redresörlü aletler, genellikle orta ve alçak frekanslı gerilim ve akımların ölçülmesinde kullanılırlar.
- 7 — Redresörlü aletler, genellikle doğru ve alternatif akım ve gerilimleri ölçen kademeli kombine aletler olarak imal edilirler.

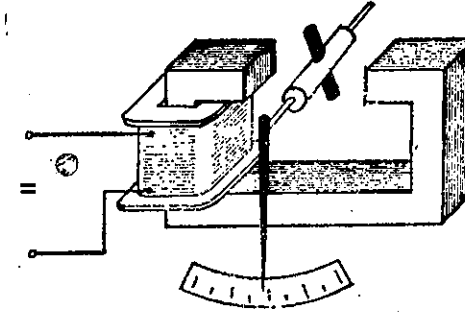
⁽²⁾ Alternatif akımda sıfır aleti olarak ve çok küçük gerilimlerin sarfiyat-sız olarak ölçülmesi gibi.

III — DÖNER MİKNATISLI ÖLÇÜ ALETLERİ

Akım İşareti : =

Sembollü : 

Aletin yapısı : Demir aralı elektromıknatısın kutupları arasında, göstergesi bulunan küçük bir daimî mıknatıs yerleştirilmiştir (Şekil: 45). Aletin bobininden akım geçirildiği zaman mıknatıs çubuğu ve ona tespitli gösterge, elektromıknatısın kutupları arasında dönerek kadran üzerinde ölçülen bir değeri gösterir.⁽¹⁾



Şekil : 45

Döner mıknatıslı ölçü aleti.

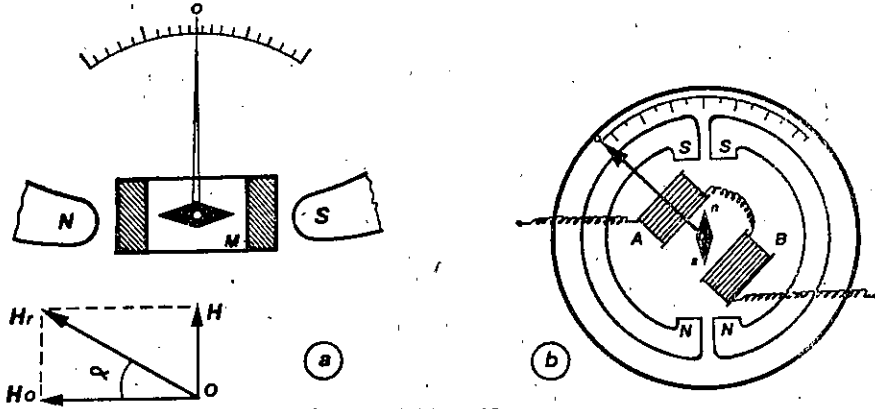
Kontrol kuvveti, yay yerine daimî mıknatısla temin edilen ve yine çalışma prensibi aynı olan, iki değişik tip döner mıknatıslı ölçü aletlerinin prensip şemaları (Şekil:46'a ve b) de gösterilmiştir. Bu ölçü aletlerinde de hareketli mıknatıs, sabit mıknatıs bobini (akım bobini) içerisinde konmuştur.

(Şekil: 46 a) dan da anlaşılacağı gibi M bobini ile kontrol kuvvetini temin eden (NS) mıknatısı, birbirine göre 90° aralıkla yerleştirilmiş olduğundan, bunların meydana getirdikleri alanlar da 90° farklı olur. Alet çalışmazken, yani M bobininden akım geçmezken döner mıknatıs; daimî (NS) mıknatısın etkisi altında kalarak 0 - Ho yatay bileşeni yönünü alır ve buna bağlı göstergede kadranın sıfır noktası üzerinde durur. Alet

⁽¹⁾ Döner mıknatıslı ölçü aletlerine aynı zamanda, oynar veya oynak mıknatıslı aletlerde denir.

çalışmaya başlayınca döner mıknatıs; M bobininin meydana getirdiği H alanı ile daimi mıknatısın H_0 alanlarının etkisi altında kalarak bu iki alanın bileşkesi olan H_r yönünü alır.⁽²⁾ Bu, sıfır noktası ortada olan bir ölçü aletidir. Döner bobinli ölçü aletlerinde olduğu gibi genellikle, akülerin şarj ve deşarj akımlarının ölçülmesinde kullanılır.

Sıfır noktası başta olan ölçü aletlerinde ise gösterge, döner mıknatıs meyilli (eğik) olarak tespit edilir. (Şekil: 46 b) de böyle bir ölçü aleti gösterilmiştir. Bu ölçü aletinde de görüldüğü gibi küçük mıknatıslı gösterge, kontrol kuvvetini temin eden yarım daire şeklinde iki mıknatısın manyetik alanına konmuştur. Ölçme yokken döner mıknatıs meyilli olarak tespitli gösterge, sol başta durup sıfırı gösterir.



Şekil : 46

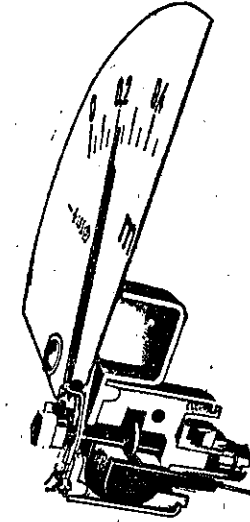
Kontrol kuvveti daimi mıknatısla temin edilen, döner mıknatıslı ölçü aletleri.

Alet devreye bağlandığı zaman AB bobininden geçen akım, manyetik bir alan meydana getirir. Geçen akımın ve mıknatısların etkisiyle, NS mıknatısı saparak yeni bir durum alır. AB bobininin elektromanyetik alanı şiddetlenince, gösterge başlangıç noktasından o kadar uzaklaşır. Yani, elektromanyetik alanın değeri akım şiddeti ile doğru orantılıdır.

Bu tip aletlerin yapıları çok basit, sağlam ve ucuzdur. Döner kısma akım verilmediğinden, sarfiyatları yalnız bobinden geçen akıma bağ-

(2) H_r 'nin H_0 ile yaptığı açığı α ile gösterirsek (göstergenin sapma değeri) $\tan \alpha = H/H_0$ dir. H_0 sabit olup K ile, H ise bobinden geçen akımla orantılı olduğundan göstergenin sapma değeri: $\tan \alpha = I/K$ dir.

lıdır (10-100 milivat kadar). Döner mıknatıslı ölçü aletlerinde daha ziyade havalı amortisman sistemi kullanılır. Aletin doğruluk derecesi ve hassasiyeti çok iyi değildir. Fakat alet, aşırı ve ani yüklenmelere dayanıklı olup çevre sıcaklıklarından da fazla etkilenmezler. Yalnız dış manyetik alanlardan etkilendiği için alet, bir madeni kutu içerisine almır. Aletin kadran taksimatı başta ve sonda sık, ortada geniştir. Bu aletin en büyük sakıncası, alternatif akım devrelerinde ölçme yapamaz. Çünkü; gösterge, döner bobinli ölçü aletlerinde olduğu gibi akım yönünün değişmelerini takip edemeyeceğinden olduğu yerde titrer (Şebeke frekansına bağlı olarak). O halde, döner mıknatıslı ölçü aletleri yalnız doğru akım devrelerinde ölçme yapar. Yani, bu ölçü aletleri tek yönlüdür.



Şekil : 47

Döner mıknatıslı ölçü aleti.

Döner mıknatıslı aletler, yukarıda izah edilen göstergeli tiplerinden başka Tangent galvanometresi, döner mıknatıslı galvanometreler ve döner mıknatıslı titreşimli galvanometreler adı altında yapıp kullanılmaktadır.


(Şekil: 47) Siemens Halske'nin göstergeli tip döner mıknatıslı ölçü aletini göstermektedir.

ALETİN ÖZELLİKLERİ :

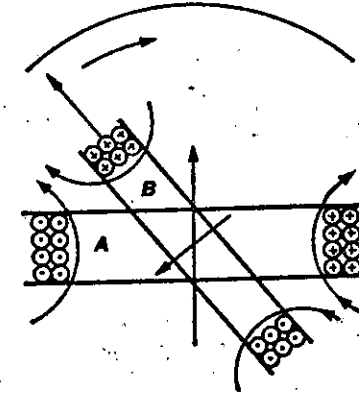
- 1 — Bu tip aletlerin yapıları basit, ucuz ve sağlamdır.
- 2 — Bu aletler, dış alanlardan etkilenmediğinden madeni muhafazalar içine alınır.
- 3 — Alet ani aşırı yüklenmelere dayanıklıdır.
- 4 — Aletin bazı tiplerinde kontrol kuvveti sabit mıknatısla temin edildiğinden yaylara ihtiyaç göstermez.
- 5 — Aletin döner kısmına, akım verilmediğinden sarfiyatları azdır (10-100 milivat kadar).
- 6 — Çevre sıcaklığından bu aletler fazla etkilenmezler.
- 7 — Bu tip aletlerin doğruluk dereceleri ile hassasiyetleri çok fazla olmadığından, ikinci sınıf aletler grubuna girer (genellikle 1-2,5 sınıfı aletlerdir).
- 8 — Kadran bölümleri muntazam olmayıp genellikle başta ve sonda sık, ortada geniştir.
- 9 — Bu tip aletler, yalnız doğru akım devrelerinde kullanılırlar.
- 10 — Genellikle bu aletlerde havaalı amortisman sistemi kullanılmakla beraber bazı tiplerinde fukolt akımlı amortisman sistemi kullanılır.

SORULAR :

- 1) Sabit bir alan içine konan bobinden akım geçtiği zaman bu bobin döner mi? Şekil çizerek kısaca izah ediniz?
- 2) Alan içindeki bobinin dönüşü, bobin içinden geçen akımın şiddetiyle doğru mu? Yoksa ters mi orantılıdır?
- 3) Döner bobinli ölçü aletlerinde, bobinin her durumunda sapma momentinin sabitliği neye bağlıdır?
- 4) Döner bobinli ölçü aletleri alternatif akımda niçin kullanılmaz? Döner mıknatıslı ölçü aletleride aynı mıdır?
- 5) Buraya kadar gördüğümüz ölçü aletlerinde şönt ve ön direnç kullanılır mı? niçin?
- 6) Alternatif akımı doğru akıma çeviren cihazlara ne ad verilir?
- 7) Döner bobinli ölçü aletlerine hangi hallerde redresör bağlanır?
- 8) Redresörlü ölçü aletleri hakkında bildiklerinizi söyleyiniz?
- 9) Döner mıknatıslı ölçü aletlerinin özelliklerini anlatınız?
- 10) Döner mıknatıslı ölçü aletlerinde kontrol kuvveti ne ile temin edilir?

IV — ELEKTRODİNAMİK ÖLÇÜ ALETLERİAkım İşareti : \approx Sembolü : 

Aletin yapısı: Elektrodinamik ölçü aletleri, esas itibariyle birbirine seri bağlı biri sabit, diğeri hareketli iki makaradan (bobinden) meydana gelmiştir (Şekil: 48). A bobini sabit, B bobini hareketlidir. B bobini, A bobininin içerisine bir gösterge ile birlikte yerleştirilmiştir. Hareketli B bobinine akım, ters mekanik kuvveti temin eden iki spiralliy yay vasıtasıyla verilir. Göstergenin salınımları genellikle havaalı bir amortisman sistemi ile sağlanırsa da fukolt frenli olan tipleride vardır.



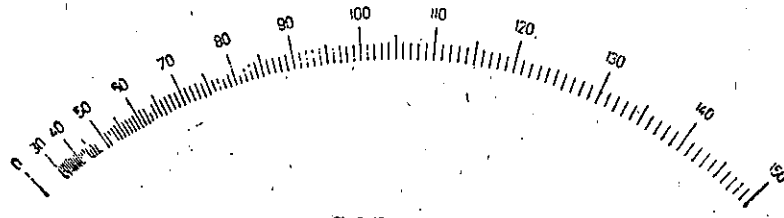
Şekil : 48

Elektrodinamik ölçü aletinin akım ve gerilim bobinleri.

Çalışma Prensi: Akım geçen iletkenlerin meydana getirdikleri manyetik alanların, birbiri üzerine yaptıkları kuvvet tesirine dayanır.

(Şekil: 48) deki alet, devreye bağlandığı zaman her iki bobinde mıknatıs alanı meydana gelir. Bu alanların yönleri, kendilerini meydana getiren makara eksenlerine paraleldirler. A ve B bobinlerinin bu alanları aynı yönlü (sağ el kaidesi gereğince) olup birbirlerine göre paralel geçmeğe çalışacaklarından, bu iki alan birbirlerine öyle bir mekaniksel etki yaparlarki hareketli bobin, soldan sağa döner. Diğer bir ifadeyle; ay-

nı adlı kutupların birbirlerini itmeleri, ayrı adlı kutupların birbirlerini çekmelerinden hareketli bobin, yine soldan sağa döner. Hareketli bobinin az veya çok dönmesi, her iki makara içerisinden geçen akımla orantılıdır. Az akımda az, çok akımda çok döner. Her iki bobinden geçen akımın yönü, aynı zamanda değişecek olursa alan yönleride değişir, fakat döndürme kuvvetinin yönü değişmez. Bu sebepten dolayı bu tip ölçü aletleri, hem doğru hemde alternatif akım ölçüleri için elverişlidir. Aletin kadran taksimatı her iki akım içinde, aynıdır. Elektrodinamik ölçü aletinin dönme momenti, akımın karesi ile değiştiğinden kadran bölümlendirilmesi başlangıçta sık ve sonlara doğru düzgünleşir (Şekil: 49). Bu tip ölçü aletlerinde, hareketi doğuran elektrodinamik kuvvetin değeri; sabit veya hareketli bobinlerden birinin içinden geçen akıma bağlı olduğundan, bu aletlerle aktif güç, reaktif güç, güç faktörü ve frekans gibi büyüklüklerin ölçülmesinde imkân dahilindedir. Aletin doğru akım devrelerindeki ölçmeleri güç kaybına sebep olduğundan, bu aletler en çok alternatif akım ölçmelerinde kullanılır.



Şekil : 49

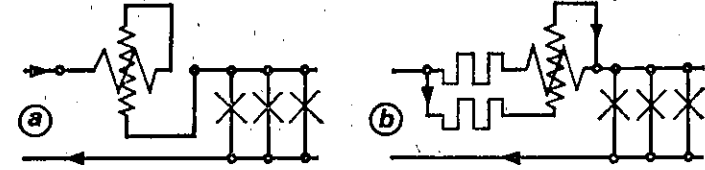
Elektrodinamik ölçü aletleri fazla yüklenmeğe uygun değildirler. Alet devreye bağlı iken, sabit ve hareketli bobinlerden aynı zamanda akım geçtiği için şimdiye kadar gördüğümüz ölçü aletlerine oranla sarfiyatları fazladır. Dolayısıyla ısınma hatası o oranda artar.

Elektrodinamik ölçü aletleri ampermetre, voltmetre, daha ziyade vatmetre olarak yapıp kullanılırlar.

Voltmetre olarak kullanılacak elektrodinamik ölçü aletlerinde hareketli ve sabit bobinlere ön dirençler ilâve edilir. Yalnız döner bobine akımın iletilmesi spiral yayların dayanıklılığı ile sınırlıdır. Ayrıca birbirine seri bağlı bobinlerin dirençleri ile şöntün uçları arasında meydana gelen gerilim düşmesi de dikkate alınrsa bu aletler, ampermetre olarak çok az kullanılırlar. Kullanılması gerektiği zaman, özel bağlantılar düzenlenmiştir. Örneğin, 5 ampere kadar akımların ölçülmesinde, sabit ve hareketli bobinler birbirine seri (Şekil: 50a), bundan daha büyük akım değer-

lerinin ölçülmesinde ise bobinler birbirleriyle paralel bağlanırlar (Şekil: 50b). Diğer bir deyimle; akımların muhtelif değerlerinin ölçülmesinde sabit bobin, seri ve paralel bağlanmasını temin eden uçları ihtiva etmektedir. Yalnız bu bağlantıda her iki bobine de, direnci sıcaklıkla değişmeyen seri dirençler bağlanmalıdır.

Elektrodinamik ölçü aletleri, demirsiz ve demirli olmak üzere iki tip-te imal edilirler.



Şekil : 50

5 ampere kadar olan ölçmelerde kullanılan bağlantı.

Yüksek akımların ölçülmesinde yapılan bağlantı şeması.

a) DEMİRSİZ ELEKTRODİNAMİK ÖLÇÜ ALETLERİ

Sistemin manyetik devresi üzerinde demir olmadığından, manyetik alanı ve dolayısıyla döndürme kuvveti zayıftır. Gerekli döndürme kuvvetinin temini için, bobindeki sarım sayısının fazla olması icap ederki bu da aletin sarfiyatını artırır (10 vat kadar). Meydana gelen alan zayıf olduğu için, alet dış manyetik alanlardan etkilenir, dolayısıyla duyarlılığında o nispette azalır. Ampermetrelerde en küçük ölçme değeri 30 mA. voltmetrelerde ise 15 V. tur. Demir, hatalara sebebiyet verdiğinden, doğruluk derecesi yüksek olması istenen yerlerde bu tip aletler demirsiz olarak yapılırlar.

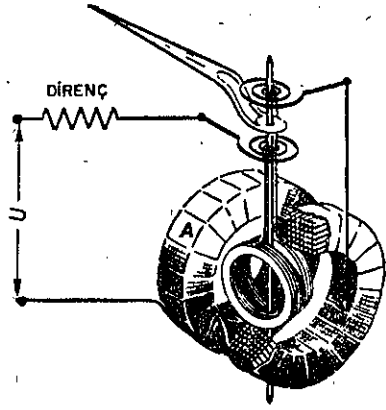
Demirsiz elektrodinamik ölçü aletleri, doğru ölçme yaptıklarından laboratuvarlarda, bilhassa kontrol aleti (etalon alet) olarak kullanılırlar.

Bu tip aletlerin çalıştırıcı momentlerinin küçük olmasından ve sürtünmesinde az olması hesaba katılarak yatık tipte imal edilirler. Yani; dik eksenli, yatay göstergeli olarak yapılırlar (Şekil: 51). Demirsiz elektrodinamik ölçü aletleri genellikle voltmetre olarak yapıp kullanılırlar.

b) DEMİRLİ ELEKTRODİNAMİK ÖLÇÜ ALETLERİ

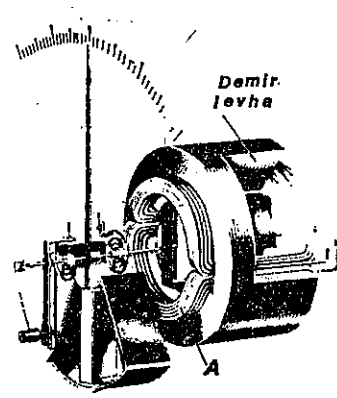
Bu tip ölçü aletleri, demirli olarak yapıldığı taktirde aynı akımda daha kuvvetli bir alan meydana geldiğinden aletin duyarlılığı o oranda

artar. Ve dış manyetik alanlardan etkilenmez. Buna karşın, aletin doğru ölçmesi azalır. Çünkü, demirin bulunması fuko ve histeresiz kayıplarına sebebiyet vereceğinden aletin doğru ölçmesine etki eder. Bu yüzden demirli ölçü aletleri; ampermetre, voltmeter yapmağa lverişli değildir. Buna karşın vatmetre, fazmetre, frekansmetre gibi ölçü aletleri olarak yapıp kullanılır. Demirli elektrodinamik ölçü aletlerine aynı zamanda "ferromanyetik" ölçü aletleride denilebilir.



Şekil : 51

Demirsiz elektrodinamik ölçü aleti.

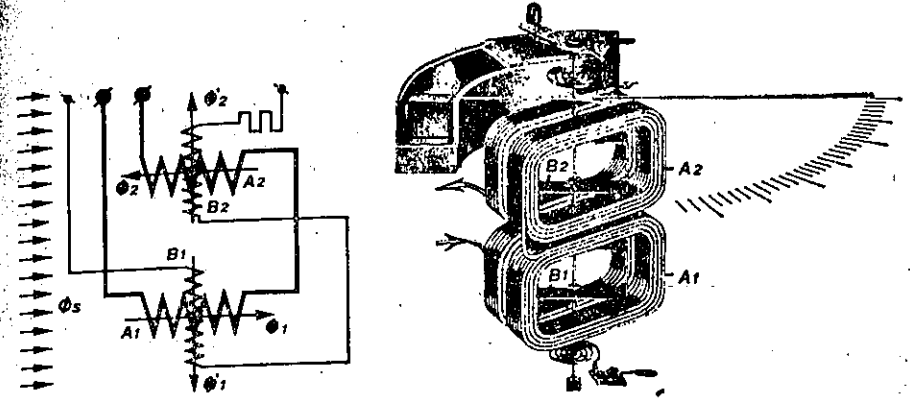


Şekil : 52

Demirli elektrodinamik ölçü aleti.

(Şekil: 52) de görüldüğü gibi A sabit bobini, ince özel saç levhalarından yapılmış bir kısım içine konmuş olup, hareketli bobinin ortasında yumuşak demirden, sabit bir göbek yerleştirilmiştir.

Bu tip ölçü aletlerine tesir eden dış manyetik alanların etkisini azaltmak için alet, ya ferromanyetik malzemelerle muhafaza altına alınır veya astatik olarak yapılır. Bunun için (Şekil: 53) de görüldüğü gibi aletin ekmesine ve birbirinin altına, ters yönde sarılmış iki sabit bobin takılır (A_1 A_2). Her iki sabit bobinin içinde de döner bobin mevcuttur. (B_1 B_2). Bu suretle aletin çalıştırıcı momenti iki misli olup her iki bobinde de aynı yönlüdür. Alete etki eden dış alanlar, bobinlerden birinin alanı zayıflatırken diğerini kuvvetlendirir. Böylece, dış homogen alanların etkisi de sifıra yakın değere indirilmiş olur. Bu durum; aletin sol yanında daha açık olarak gösterilmiştir.



Şekil : 53

Astatik elektrodinamik ölçü aleti.

ELEKTRODİNAMİK ÖLÇÜ ALETLERİNİN ÖZELLİKLERİ :

— Aletin çalışması, iki manyetik alanın karşılıklı kuvvet tesirinden başka bir şey değildir. Birbirine karşılıklı olarak tesir eden bu alanlar daimi mıknatıslar, elektromıknatıslar veya bobinler (iletkenler) tarafından meydana getirilmektedir.

— Bu ölçü aletlerinin hassasiyeti, alete tatbik edilen gerilimin frekansına bağlıdır. En doğru ölçme ise, aletin taksimatlandırıldığı frekansta yapılanıdır.

a) Demirsiz ölçü aletlerinin özellikleri :

1 — Manyetik alanın zayıf olmasından aletin duyarlılığı azdır. Döndürücü momentinin kuvvetli olması için, bobin sarım sayılarının artırılması gerektiğinden güç sarfiyatları o oranda artar.

2 — Bu aletler, dış manyetik alanlardan çok etkilenirler.

3 — Dış manyetik alanların etkisini azaltmak için, bu aletler ya ferromanyetik madenlerle ekranlanırlar veya astatik olarak imal edilirler.

4 — Doğruluk derecesi çok yüksek olup laboratuvarlarda etalon alet (mukayese aleti) olarak kullanılırlar.

5 — Alet demirsiz yapıldığından dayanıklılık temini güç olup maliyeti yüksektir.

6 — Alet ampermetre, voltmeter, vatmetre olarak yapılır.

b) Demirli ölçü aletlerinin özellikleri :

- 1 — Bu alete, dış alanların etkisi azdır.
- 2 — Alet demirli olduğundan duyarlılığı, demirsizlere oranla daha fazla olmakla beraber hatalı gösterir. (Bu sebepten, 1 ve 1,5 sınıfı aletler gurubundandır).
- 3 — Bu tip aletlerde, fuko ve histeresiz kayıpları olduğundan ölçmeler çok hassas değildir.
- 4 — Demirli elektrodinamik ölçü aletleri, ampermetre ve voltmetre olarak hemen hemen hiç kullanılmazlar. Genellikle vatmetre olarak yapılarak kullanıldıkları gibi özel şekilde (çift bobinli ve çapraz bobinli) yapılarak kosinüsmetre, sinüsmetre, frekansmetre ommetre gibi ölçü aletleri olarak imal edilirler, ayrıca self ve kapasite ölçmelerinde de kullanılır.

SORULAR :

- 1) Elektrodinamik ölçü aletleri kaç tiptir?
- 2) Aletin sapma momenti, her iki bobinin meydana getirdiği miktans alanının şiddetine mi bağlıdır?
- 3) Elektrodinamik ölçü aletlerinin bazı tiplerinde sabit bobin, demir nüvesiz yapılıdır. Niçin?
- 4) Demirli veya demirsiz aletlerin hangi tipine ferromanyetik ölçü aletleri de denir?
- 5) Elektrodinamik ölçü aletleri doğru akımda nadiren kullanılır niçin?
- 6) Elektrodinamik ölçü aletlerinden hangi tipi etalon alet olarak kullanılır. Neden?
- 7) Elektrodinamik ölçü aletlerinin özelliklerini söyleyiniz?

V — TERMİK ÖLÇÜ ALETLERİ

Elektrik akımı bir iletkenin geçtiği zaman bu iletkene üç şekilde tesir eder.

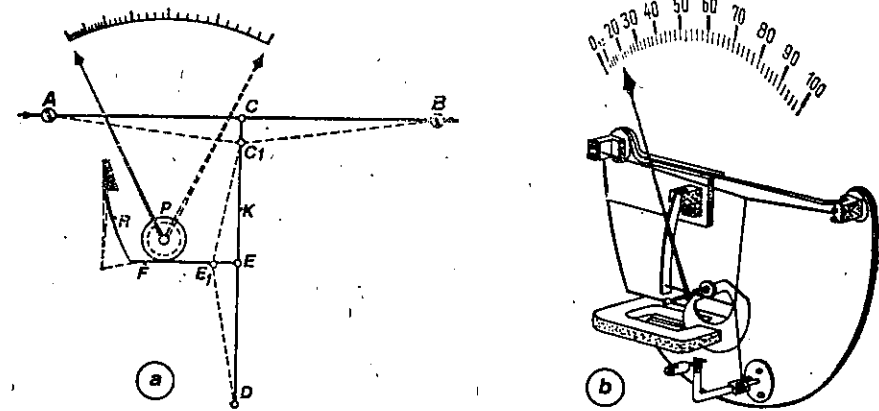
a) İletkenin sıcaklığını yükseltir. b) İletkenin boyunu uzatır. c) İletkenin direncini artırır. Elektrik akımının bu özelliğinden istifade edilerek yapılan en önemli ölçü aletleri ise şunlardır:

- a) Elektrotermik ölçü aletleri.
- b) Bimetal ölçü aletleri.
- c) Termokupul ölçü aletleri.
- d) Pirometreler.

a) ELEKTROTERMİK ÖLÇÜ ALETLERİ

Akım İşareti : \sim Sembolü : 

Aletin çalışma prensibi: İçinden akım geçen telin, ısınıp uzama özelliğine dayanır. Böyle bir aletin prensip şeması ile yapısı (Şekil: 54 a ve b) de gösterilmiştir.⁽¹⁾



Şekil : 54
Elektrotermik ölçü aleti.

(1) Elektrotermik ölçü aletlerine: Kalorifik (ısısal) veya sıcak telli aletlerde denir.

Aletin yapısı: AB noktaları arasına, ergime derecesi yüksek "platin iridyumlu" (2) bir tel gergin olarak konmuştur. Bu telin C noktası ile aletin içten yapılmış D gövdesi arasına, fosforlu-bronzdan yapılmış bir K teli gerilidir. E noktasına bağlanan ham ipek ipliği, alet göstergesinin tespitli olduğu P makarasını bir defa dolandıktan sonra R çelik yayına bağlanmıştır. Bu tip aletlerin amortismanı, fukolt akımlı düzeneklerle sağlanır.

Aletin çalışması: Ölçülmesi istenen akım AB telinden geçince bu tel ısınır ve uzar. Telin ısınıp uzaması K telinin gevşemesine sebep olur. P makarasına sarılı olan gergin F ipek ipliği, R yayı vasıtasıyla çekildiğinden makara ve göstergesi döndürür. Bu durumda C noktası C₁ e, E noktasında E₁ durumuna gelmiş olur. Yapımına titizlik gösterilmiş ölçü aletlerinde AB uzunluğunun ufak bir değişmesi, göstergenin büyük bir sapma yapmasını temin eder. Göstergenin, ölçüden sonra sıfıra geri gelmesini AB telinin, gerginliği sağlar. Telin ısınıp uzaması geçen akımın karesi ile orantılı olduğundan aletin kadran taksimatı kareseldir. Yani baş tarafı sık sonlara doğru gittikçe açılır (Şekil: 54 b).

Platin-iridyumlu telin ergime derecesi 2300°C kadardır. Gösterge son bölüm çizgisine vardığı zaman, ısınan telin sıcaklığı 300°C kadar olduğundan alete, havanın değişen sıcaklığı pek etki göstermez. Bununla beraber telin devamlı olarak ısınıp uzaması ve bu aletlerin sıcaklığa karşı hassas bulunmasından gösterge, her ölçüden sonra sıfır noktasında durmaz. Onun için bu aletlerle ölçme yapmadan önce göstergenin, sıfır ayarını yapmak icap eder.

Termik ölçü aletlerinde göstergenin hareketi, diğer ölçü aletlerine göre daha yavaştır. Zira alete akım verildiği zaman gösterge birden son durumu almaz, telin ısınmasını birkaç saniye beklemek icap eder. Ölçme bittiği halde yine gösterge hemen sıfıra gelmez, yeni ölçmeler için telin soğuması beklenir. Onun için bu tip aletlerin; a) duyarlılığı az, b) ölçme-deki doğruluğu düşük, c) aşırı ve ani yüklerle dayanıksız, d) ısınan telin, sarsıntılı yerlerde çabuk kopması gibi, sakıncalarından kullanma sahaları daralmıştır. Genellikle bu aletler, yüksek frekanslı akımların ölçülmesinde kullanılırlar.

Telin ısınması (3) akımın yönüne bağlı olmadığından alet, hem doğru hemde alternatif akım ölçüleri için elverişlidir. Bu tip aletlerin sarfi-

(2) Bu tel: Platin-gümüş, nikel-krom, manganin-platin ve platin-nikel tellerde olabilir.

(3) Telin ısınması: Alternatif akımın efikans değeri aynı ısıyı meydana getiren doğru akıma eşittir.


yatları 1,5-2 vat kadar olup genellikle ampermetre ve voltmetre olarak yapılabilmektedirler. Alet ampermetre olarak yapılmış ise, 5 amperden fazla akımlar için şöntler, voltmetre olarak yapılmış ise 3 ilâ 250 volta kadar gerilimler için, ön dirençler aletin içinde, bundan yüksek değerler için ayrıca direnç kutuları kullanılır.

ELEKTROTERMİK ÖLÇÜ ALETLERİNİN ÖZELLİKLERİ:

- 1 — Isının tel akım yönüne tabi olmadığından alet, her iki akımda da kullanılır.
- 2 — Isınan telin sıcaklığı yüksek olduğundan alet, harici sıcaklıklardan fazla etkilenmez.
- 3 — Isınan tel, mekanik etkilere dayanıklı, ergime noktası yüksek ve oksitlenmeyen cinsten olmalıdır.
- 4 — Aletin hassasiyeti, ısınan telin inceliğine bağlı ise de bazı sakıncalarından dolayı ampermetrede azami 0,5 amper, voltmetrede ise 3 volta göre hesaplanır. Bundan daha büyük akım ve gerilimlerin ölçülmesi için, ölçü değişiklikleri kullanılır.
- 5 — Termik ölçü aletlerinin kadran taksimatları eşit aralıklı değildir. Baş tarafı sık sonlara doğru seyrekleşir.
- 6 — Alet, çok şiddetli olmayan dış manyetik alanlardan etkilenmez.
- 7 — Aletin, akım geçen teli ani ısınmadığından gösterge hemen sapmaz. Ölçülen değerin okunması için biraz beklemek icap eder.
- 8 — Alet; aşırı yüklenmelere, mekanik etkilere dayanıklılığı az ve doğruluğu bakımından da 1. sınıf aletler gurubundandır.
- 9 — Elektrotermik ölçü aletleri daha ziyade 500-1000 frekanslı (bazen de 10' Hz. kadar) alternatif akım devrelerinde kullanılırlar.

b) BIMETAL ÖLÇÜ ALETLERİ

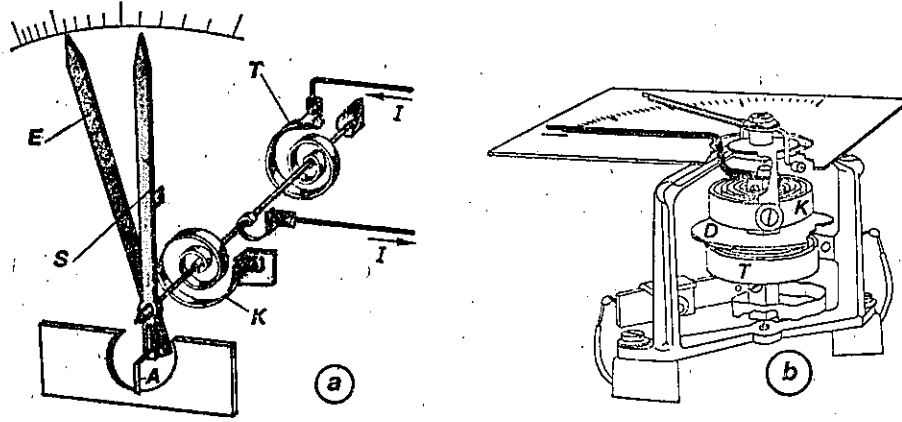
Akım İşareti : 

Sembolü : 

Ön bilgi : Isı ile uzama katsayıları farklı, iki ayrı metalin (demir-pirinç gibi) birbirlerine kaynak edilmesinden meydana gelen şeride *bimetal* denir. Bimetaller ısıya karşı çok hassas olduklarından endüstride ölçme tekniği ile sıcaklık, kontrol devrelerinde çok kullanılırlar. Bu elemanlara da kullanılacağı yere göre şekil verilir (düz şerit, U ve helis gibi).

Aletin yapısı: Yukarıda adını ettiğimiz bimetal şerit, silindirik biçiminde sarılıp spiral bir yay yapıldıktan sonra; bu yayın iç ucu, göstergeye bağlı yataklı bir mile, dış ucu da aletin gövdesine tespit edilmiştir.

Aletin çalışması: Prensip şeması (Şekil: 55 a) da verilen ölçü aletinin bimetal T yayından ölçülecek akım geçtiği zaman, bu yay ısınıp uzar ve dolayısıyla açılmağa çalışır. Bu hareket, aynı eksene bağlı E göstergesine taşınır. Bimetal yaydan akımın geçmesiyle meydana gelen ısıdan, göstergenin hareketi sağlanmış olur. İşte ısı enerjisini, hareket enerjisine çeviren bu elemanlara *bimetal* ve bundan yapılan ölçü aletlerine de **Bimetal ölçü aletleri** denir.



Şekil : 55
Bimetal ölçü aleti.

Ölçme yokken cihazı, oda sıcaklığının tesirinden kurtarmak için aynı eksene bağlı ikinci bir bimetal K yayı kullanılmıştır. Bu yay, esas işletme T yayına karşıdır. Oda sıcaklığı, iki yayda aynı tesiri göstereceğinden, gösterge sıfır noktasında durur. Bimetal ölçü aletlerinin bazı tiplerinde çalışma anındaki ısı yansımalarına engel olmak için, iki yay arasına peritaks (yalıtkan) bir D levhası konur (Şekil: 55b):

Bimetalin ısınması geçen akımın yönüne bağlı olmadığından bu aletler her iki akımda da kullanılır. Yine bu yayın ısınması, geçen akımın karesiyle de orantılı olduğundan aletin göstergesi düzgün aralıklı değildir. Yani, baş taraflarda sık sonlara doğru seyrekleşir.

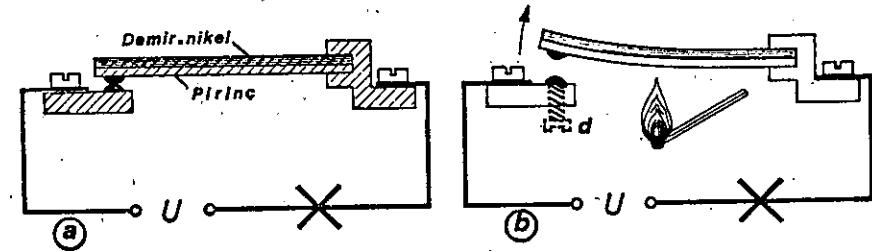
Bimetal ölçü aletlerinin, diğer ölçü aletlerine oranla göstergelyi hareket ettiren döndürme momentinin büyük olmasından, kayıt edici ve noktalama aleti olarakta kullanılırlar. Bilhassa alternatif akım tesislerinde, hatlardan geçen aşırı akımların ölçülmesinde sürüklemeli göstergeli ampere metrelerin kullanılması için elverişlidir. Sürüklemeli (kalıcı) gösterge, esas gösterge ile aynı eksene oynakça tespit edilmiş olup serbest

durumdadır. Ölçme yapılırken, cihazın E göstergesi tarafından harekete başlatılıp birlikte saparlar. Akım azalması veya kesilmesi halinde en yüksek değerde, sürüklemeli S göstergesi kalır, aletin E göstergesi geri hareketinde yalnız olarak döner. Ölçülmesi icap eden büyüklük okunduktan sonra sürüklemeli gösterge, aletin alt ucundaki A kolu yardımıyla başlama noktasına geri getirilir. (Şekil: 55 b) deki aletin komple şemasında da görüldüğü gibi sürüklemeli göstergelyi hareket ettirebilmek için, büyük bir döndürme momenti gerekir. Böyle ölçmelerde ise; yumuşak demirli ölçü aletlerinin döndürme momenti kâfi gelmediğinden tercihan, bimetal ölçü aletleri kullanılır. Yayın genişmesiyle yeter derecede döndürme momenti temin edilirken diğer taraftan çok kuvvetli bir amortisman sağlanmış olur. Üzerinden akım geçen bimetal yayın, hemen ısınmaması ve aynı zamanda amortismanın çok kuvvetli olmasından gösterge ancak 8 - 15 dakika sonra, son durumunu alabilir. Gösterge bu kadar yavaş saptığı için, bu tip ölçü aletlerinde ayrıca amortisman tertibatı kullanılmaz.

Bu tip aletlerin yapıları basit, ucuz ve sağlam buna karşın kayıpları oldukça fazla (4-6 VA kadar), ölçmedeki doğrulukları ise $\pm 0,03$ arasında olduğundan ancak, 1,5 ve 2,5 sınıfı aletler yapılabilir.

Bimetal ölçü aletlerinin akım transformatorleri ile birlikte kullanılan tipleride vardır. Bu aletlerin ölçme alanları genellikle 5 amper'e göre bölümlendirilmiş olup 1000 amper'e kadar olan akım şiddetleri ölçülebilmektedir.

Konumuz dışında, fakat yeri gelmişken bimetalin ne gibi sıcaklık kontrol devrelerinde kullanıldığından da kısaca bahsedelim. (Şekil: 56 a)



Şekil : 56

Termostat ve çalışması.

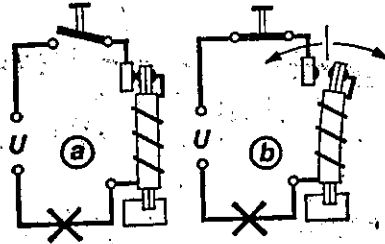
da görüldüğü gibi biri demir - Nikel (invar), diğeri pirinçten olan iki metal, birbirine kaynak edilip uçları arasında bir lamba ile üreteç bağlandığında devredeki lambanın yandığını görürüz.

Bimetal şeride, yanan bir kibrit çöpünü (çakmakta olabilir) yaklaşıtırsak bir zaman sonra, bimetalin yavaş yavaş yukarıya doğru eğildiğini ve devresindeki lambanın da söndüğü görülür. Isıtmaya ara verilip biraz beklenirse, parça soğuyarak eski normal durumuna gelir ve lamba tekrar yanar. Buradan da anlaşılacağı gibi bimetal sistemler sıcaklığa karşı çok hassastırlar. Onun için bunlar teknikte, *termostat* ve *termik röle* adı altında çok kullanılırlar. Sistem, normalde kapalı (veya açık) bir buton veya anahtar gibi düşünülebilir.

Termostat: Yukarıda da belirtildiği gibi sıcaklık değişimiyle harekete geçen bir araçtır. İçinde bulunduğu ortamın sıcaklığı, önceden belirtilen bir sıcaklık derecesinin altına veya üstüne çıkarsa kendiliğinden harekete geçerek bağlı bulunduğu elektrik donanımları çalıştırır. Örneğin; odalarda, yangın alarm devrelerinde, akaryakıtlı kalorifer sistemlerinde, otomatik ütülerde, soğutucu vb. yerlerde.

Meselâ; kaloriferli evlerde, oda sıcaklığı ayarlanan sıcaklıktan aşağı düşerse termostat harekete geçerek, bağlı bulunduğu akaryakıt musluğu açar ve kalorifer kazanını çalıştırır, dolayısıyla sıcaklık yükselir. Otomatik ütülerde böyledir. Buz dolaplarında da, dolap normalden fazla soğuyunca motor devresinin akımını keser, dolabın içi ısınmaya başlayınca da termostat yeniden harekete geçerek motor devresini kapatır.

Termostatlar kullanıldıkları yere ve cinslerine göre isim alırlar (oda veya su termostatları, köriüklü veya miknatıslı tip termostatlar gibi). Termostatların sıcaklık ayarı, kontaklar arasındaki mesafeye bağlı oldu-



Sekil : 57

Termik röle ve çalışması.

ğundan, sabit kısma konulan bir vida (d) ile bu açıklık ayarlanabilir. (Şekil: 56 b).

(1) Bimetal, daha çok soğutulursa ters yönde bükülür.

Termik röleler ise: termostatlar gibi çevre sıcaklığı ile çalışmazlar, (Şekil: 57 a) da görüldüğü gibi bimetal çubuğun etrafına, akım geçen bir iletken sarılır ve anahtarı kapatılınca lamba yanar. Şayet alıcının yükü artırılırsa veya sistemde bir kısa devre olursa, iletken üzerinden geçen akım büyür. Bu durumda iletken, dolayısıyla bimetal ısınacağından kontaklar arası açılarak meydana gelebilecek tehlikeler önlenmiş olur (termik şalterlerde olduğu gibi).

Gerek termostatların, gerekse termik rölelerin ısı duyarlılığı, metallerin cinsine, ebadına ve kontaklar arasında ki mesafeye bağlıdır. Eğer bimetal teşkil eden elemanlar, çok ince ve hassas olarak yapılırsa (Şekil: 57 a) daki düzenin anahtarı kapatıldıktan biraz sonra bimetal açılıp kapanmağa başlayacağından devresinde ki lamba yanıp yanıp söner (Şekil: 57 b). Bu sisteme de *vitrin otomatığı* denir ve reklam için kullanılırlar.

BİMETALLİ ÖLÇÜ ALETLERİNİN ÖZELLİKLERİ :

- 1 — Bimetalli ölçü aletleri akımın ısı etkisinden istifade ederek çalışırlar.
- 2 — Aletin yapısı basit, sağlam ve maliyeti ucuzdur.
- 3 — Doğruluk derecesi (ölçmedeki hata sınırları) $\pm 0,03$ kadar olup 1,5 ve 2,5 sınıfı aletlerdir.
- 4 — Ölçmedeki kayıpları 4-6 VA. kadar ve kadran bölümleri kareseldir.
- 5 — Çalıştırıcı momentleri, diğer ölçü aletlerine oranla büyük olup kayıd edici ve noktalama aleti olarak kullanılır.
- 6 — Alet, akım ve gerilim ölçmelerinde ölçülen değeri, hemen göstermez bir süre beklemek gerekir (8-15 dakika kadar).
- 7 — Termostat, bir almanın yerine göre ısınmasını ve soğumasını sağlar, görevi sıcaklık kontrolüdür.
- 8 — Termostatların bazıları sabit bir çalışma noktası için, bazıları ise ayarlanabilen tipte yapılırlar.
- 9 — Termik röleler, genellikle bimetallden yapılırlar.

SORULAR :

- 1) Elektrotermik ölçü aletlerinin çalışma prensibini izah ediniz?
- 2) Elektrotermik ölçü aletleri birkaç defa kullanmadan sonra sık sık, sıfır ayarlamaları yapılır neden?
- 3) Elektrotermik ve bimetalli ölçü aletleri ile hemen ölçme yapılabilir mi?
- 4) Elektrotermik ve bimetalli aletlere yeter büyüklükte bir ön direnç bağlansa voltmetre olarak kullanmak mümkün müdür?
- 5) Bimetalli ölçü aletlerinde ekseriya çift gösterge kullanılır neden?
- 6) Her iki tip ölçü aleti de hem yüksek hemde alçak frekanslarda aynı derecede sıhhatli ölçme yapabilir mi?

c) TERMOKUPÜL ÖLÇÜ ALETLERİ

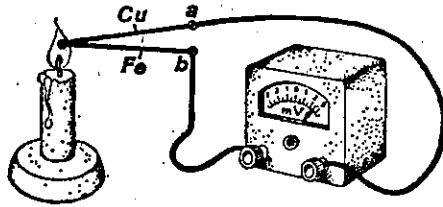
Akım işareti: \approx

Sembolü:



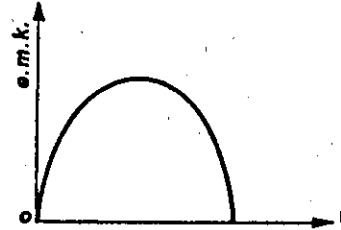
Ön bilgi: İki ayrı cins (demir ve bakır gibi) iletkenin birer uçları birbirlerine kaynak edilip veya sıkıca birleştirilip, diğer uçlarını da bir galvanometreye bağlayalım (Şekil: 58). Meydana getirilen sistemin birleşim noktaları ısıtılacak olursa galvanometre göstergesinin saptığı görülür. Yani değme noktaları ısıtılan iletkenin soğuk kalan (ab) uçları arasında bir emk. doğar ve bunun neticesinde de bağlantı telleriyle galvanometreden doğru bir akım geçer. Bu akımın değeri; belli bir sıcaklığa kadar artıp bir dönüm noktasına geldikten sonra azalır. (Şekil: 59). emk. değerinin en çok arttığı noktadaki sıcaklık derecesine, "kritik sıcaklık" denir. İletkenlerin değme noktaları ısıtılacak yerde soğutulursa, akımın yönü değişir.

Bu olaya, **Volta olayı**,⁽¹⁾ iletkenlerde meydana gelen gerilime **termoelektrik gerilimi**⁽²⁾ iki değişik metalin teşkil ettiği bu sisteme **termoelektrik çift**,⁽³⁾ bu çiftin devresinden geçen akıma da **termoelektrik akımı** denir.



Şekil : 58

Termokupul.



Şekil : 59

Termik gerilimin sıcaklıkla değişimi.

Termoelektrik gerilimin değeri; yalnız sıcaklığa değil, çifti meydana getiren metallerin cinsine de bağlıdır. Aslında, bütün farklı metaller termokupul etkisi gösterirler. Fakat bazı çiftler daha iyidir.

(1) Termoelektrik olayıda denir.

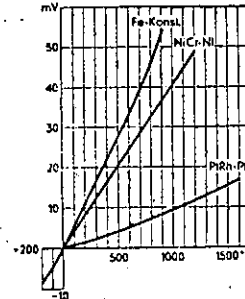
(2) Isı veya termik gerilimi de denir.

(3) Termo-eleman veya termokupul da denir.

Termoelektrik çiftlerin teknikteki uygulamaları:

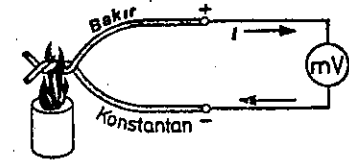
Yukarıda da belirtildiği gibi gerek ölçme tekniğinde gerekse bazı maksatlar için (termopiller gibi) çiftleri teşkil eden metaller çok çeşitlidir. Bunlardan elde edilen emk. in değeri malzemenin cinsine ve sıcaklık farkına bağlıdır. Saf metallerin kullanılması halinde bir kaç $\mu V/^\circ C$ değerinde, bazı alaşımlar için bir kaç on $\mu V/^\circ C$ ve bazı N ve P tipi yarı iletkenler (serbest elektronu alan) içinde bir kaç $\mu V/^\circ C$ civarındadır.

Örneğin: (Şekil: 60) daki grafikte de görüldüğü gibi $600^\circ C$ için, platin-platinrodyum çiftinde 4 mV. Demir-Konstantan çiftinde ise 33 mV kadardır. Birinci çiftte, gerilim aynı sıcaklıkta küçük olduğu halde, sıcaklıkla orantılı olarak artar. İkinci çiftte ise gerilim, aynı sıcaklıkta daha büyüktür. Gerçi sıcaklıkla, çiftlerde meydana gelen emk. orantılı olarak artıyorsa da, bu artışta belirli bir noktaya kadardır. Bu noktadan sonra sıcaklığı ne kadar artırırsak artıralım emk. çoğalacağına azalmaya başlar ve nihayet bir değer gelir ki tamamen sıfır olur. (Şekil: 59) daki demir-bakır çiftine ait gerilim eğrisinde olduğu gibi. Sıcaklık daha da artırılsa, meydana gelen emk. in yönü değiştiği gibi bir an gelir ki çift, bu sıcaklığa dayanamayıp ergir.



Şekil : 60

Muhtelif çiftlerde meydana gelen termik gerilimler.



Şekil : 61

Bakır konstantana göre elektropozitifdir.

Diğer taraftan çiftleri teşkil eden metallerin ek yerleri ısıtıldığında geçen akım yönü de söz konusudur. (Şekil: 61) daki bakır-konstantan çiftinde akım, gösterilen yönde dolaşmağa başlar. Yani bakır, konstantan'a göre "elektropozitifdir."

(Çizelge - 5) de verilen metallerin, $100^\circ C$ ye kadar ısıtılması ile meydana gelen sıcaklık gerilimleri ve elektropozitif durumlarının sırası gösterilmiştir.

ÇİZELGE — 5

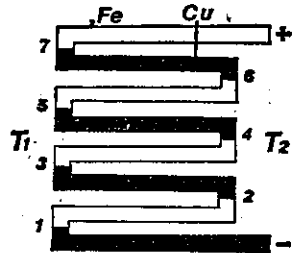
No.	Metalin adı	Sıcaklık gerilimi mV. 100°C	No.	Metalin adı	Sıcaklık gerilimi mV. 100°C
1	Bizmut	-7,7	8	Rodyum	+ 0,65
2	Konstantan	-3,5	9	Bakır	+ 0,75
3	Nikel	-1,6	10	Çinko	+ 0,77
4	Platin	± 0,0	11	Demir	+ 1,85
5	Kömür	+ 0,3	12	Kromnikel	+ 2,2
6	Alüminyum	+ 0,4	13	Silisyum	+ 44,8
7	Manganin	+ 0,6	14	Tellür	+ 50

Bu çizelgede verilen değerlere göre teşkil edilecek çiftlerden büyük bir emk. i elde etmek için, birbirlerinden oldukça uzakta bulunan metalin alınması gerekir.

Örneğin :

1) Çizelgenin başında bizmut ile en sondaki tellür çiftinden en büyük emk. elde edilir.

2) Bakır - Konstantan çiftinde ise; $+0,75 \text{ mV} - (-3,5 \text{ mV}) = 4,2 \text{ mV}/100^\circ\text{C}$ dir. Yalnız bu değerler, çiftlerin yüksüz haldeki emk. leridir.



Şekil : 62
Termopil.

Bu örneklerden anlaşılacağı gibi termoelektrik çiftlerin emk. i çok küçüktür. bunların emk. ni artırmak için, aynen pillerde olduğu gibi birkaç tanesi seri bağlanır. Elde edilen bu guruba "termoelektrik pil" veya "termopil" adı verilir. (Şekil: 62) de demir - bakır çiftinden kurulmuş;

böyle bir termopilin, sağ taraftaki çift numaralı yüzeyleri soğuk tutulup, sol taraftaki tek numaralı değme yüzeyleri ısıtılırsa elde edilen emk. in değeri; bu iki sıcaklık farkı ($T = T_1 - T_2$) nisbetinde büyük olur. Her ne kadar çiftlerin seri bağlanması ile termopilin gerilimi yükselmiş ise de buna karşılık iç direnç artacağından fazla akım çekilmez. İç direncin küçük olması, çiftlerde iyi iletken metaller kullanılmasına bağlı, fakat bu metaller akımı kolay ilettikleri gibi sıcaklıklarında soğuk uçlara doğru çabuk iletirler. Bu sebepten iki uç arasındaki sıcaklık farkı azalmış, dolayısıyla emk. küçülmüş olur.

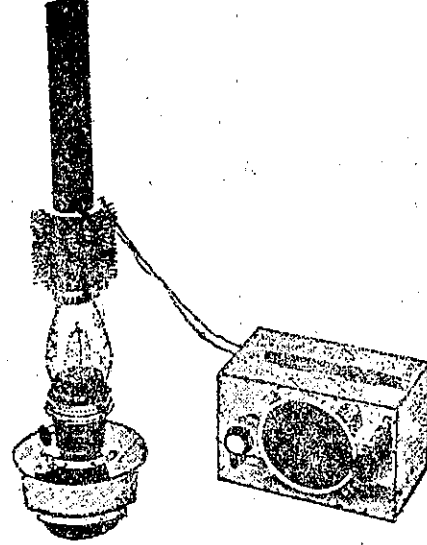
Buna karşın yapılan tecrübeler göstermiştir ki gerek yarı iletken ve gerekse bazı alaşımlardan yapılan termopiller, bazı maksatlar için kullanılabilir hale getirilmiştir. Böylece şehir şebekesine yahut bataryalara ihtiyaç kalmaksızın normal büyüklükte bir odaya yeterli gelecek transistörlü bir radyo alıcısını çalıştırmak mümkün olmuştur. Örneğin: Halen şehir şebekesinden yoksun olan Rusya ve Hollanda'nın bazı köylerinde, radyoları için termoelektrik pillerden faydalanılmaktadır. Isı kaynağı olarakta aydınlatmada kullandıkları gaz gömlekli petrol lambasıdır. Bu iş için, Kromnikel - Konstantan alaşımlarından halkalar halinde yapılan termopillerden 16 tanesi üst üste, petrol şişesinin kısaltılmış silindirik kısmına geçirilmiş ve herbir halka 12 adet termoelektrik çiftten meydana gelmiştir. Böylece sayısı 192 adet termoelektrik çiftlerin birleşim noktaları nokta kaynağı ile kaynatılıp seri bağlanarak, termopili teşkil etmektedirler. Bu tertibin emk. i her bir °C sıcaklık farkı için 65 μV civarındadır. Telin çapı 1,2 mm. olup, pilin toplam iç direnci 5 om'dur. Temas noktalarının yarı adedi iç tarafa bacaya temas edecek şekilde, yani bacadan geçen gazlar tarafından ısıtılacak durumda yerleştirilmiş olup diğer temaslı uçları dış tarafta bulunmakta ve çevredeki hava ile soğumaktadır. Lamba normal bir alevye yandığı zaman sıcak ve soğuk temas noktaları arasındaki ortalama sıcaklık farkı 180°C kadardır ki bu fark 2,2 volt kadar bir emk. meydana getirir. Bu kaynak ise; dış yük direnci 100 mW olan transistörlü bir alıcıyı besleyecek güçtedir. (Şekil: 63).

Durum ne olursa olsun tecrübeler göstermiştir ki, ısı kaynağının verdiği ısının en çok yüzde biri elektrik enerjisine dönüştüğünden, termoelektrik pillerden elde edilen elektrik enerjisi hem çok küçük, hem de verimi çok düşük ve aynı zaman da pahalıya mal olmaktadır. Bu sebeplerden, termopiller; endüstride üreteç olarak kullanılmazlar. (4)

(4) Yalnız, Güneş ve Göküzü ışımasını ölçen ANTINOMETRE gibi ölçü aletlerinde kullanılır.

Bunların endüstrideki uygulama sahaları, ölçme tekniği ile elektronik röleli kontrol devreleridir. Şimdi bizde, esas konumuz olan termoelektrik çiftlerin ölçme tekniğindeki kullanma sahasını izah etmeye çalışalım.

Yukarıda da belirttiğimiz gibi termoelektrik çiftlerde sıcaklıkla meydana gelen emk. in değeri çok küçük olmakla beraber, duyar bir ölçü aletini çalıştırabilecek büyüklüktedir.



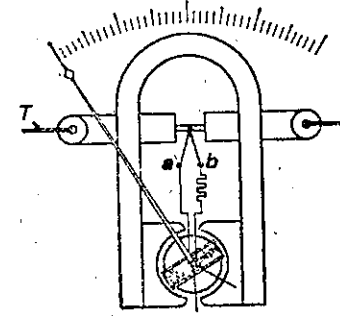
Şekil : 63

Termopille bir radyonun çalıştırılması.

(Şekil: 64) de prensip şeması verilen ölçü aletinin T iletkeninden akım geçtiği zaman iletken ısınır. T iletkeninin yanında bulunan termokupulun (termoelektrik çiftinin) ab uçlarında meydana gelen doğru akım aletin bobininden geçerek çalışmasını temin eder. Termokupul da doğan emk. in değeri T iletkeninden geçen akımın yönüne değil, bu iletkenin ısısına bağlı olduğundan alet, her iki akım ölçüleri için elverişli ise de uygulamada genellikle yüksek frekanslı alternatif akım veya gerilimlerin (efikans değerlerin) ölçülmesinde kullanılır. İşte; akımın sıcaklık etkisi ile çalışan bu tip aletlere "Termokupul ölçü aletleri" denir. Böylece, hassas ölçmelere sahip döner bobinli ölçü aletlerinin de, alternatif akım devrelerinde kullanılması sağlanmış olur.

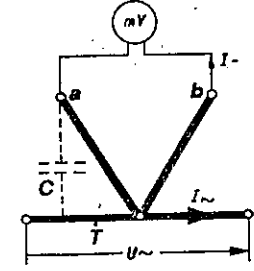
Isıtıcı tel ile termoelektrik çifti, bazı sakıncalarından dolayı temas ettirilemez. Çünkü, yüksek frekanslı alternatif akımlar ölçülürken, ısıtıcı

cı T teli termoelektrik çifti arasında bir kapasite meydana gelir (Şekil: 65). Bu kapasite üzerinden, T teline büyük akımlar geçeceğinden sistemi harap eder veya hatalı ölçmelere sebep olur.⁽⁵⁾ Bu temas, (Şekil: 66 a ve b) de gösterildiği gibi ya bir cam damlası ile yalıtılır veya (Şekil: 66 c) deki gibi termoelektrik çifti bir cam tüp içine alınarak ısıtıcı T teli, bu camın etrafına sarılır. Bu tertip ısıtmalara, *endirekt ısıtma* denir.



Şekil : 64

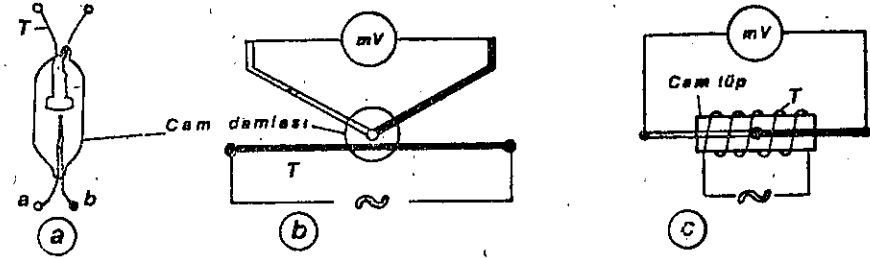
Termokupul ölçü aleti



Şekil : 65

Isıtıcı ile çiftin teması sakıncalıdır.

T iletkeninin ısınması, akımın yönüne bağlı olmayıp akımın karesi ile orantılı olduğundan, bu tip aletler fazla yüklenmeğe uygun değildirler.



Şekil : 66

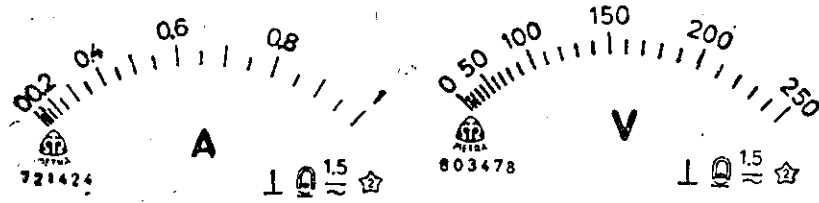
Endirekt ısıtmalı termoelektrik çiftler.

Çok kısa bir an için ölçme alanının ancak % 50 sine dayanabilirler. Aynı zamanda aletin kadran taksimatı, ısıtıcı akımın karesiyle de orantılı ol-

(5) Bu hataya ayrıca Peltier olayı (değme gerilimi) de girer. Peltier: (1785-1845), Fransız fizikçisidir.

duğundan eşit aralıklı değildir. Baş tarafları biraz sık, sonra gittikçe düzgünleşir (Şekil: 67).

Hava aralığı her tarafında eşit ve mıknatısları uygun seçilmiş özel ölçü aletlerinde, lineer bir kadran taksimatı elde etmekte mümkündür. Ölçülen alternatif akımın değeri, alternatif akımın gerilimi ile termoelektrik çiftte meydana gelen doğru akım gerilimi arasındaki bağlantıdan bulunur.



Şekil : 67

Aletin çalışması esnasında ısıtılan T iletkeninin sıcaklığı, 300 - 400°C civarında olduğundan alet, harici sıcaklıklardan etkilenmez.

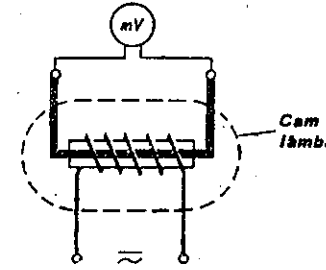
Termokupul ölçü aletlerinin gerek hassasiyetlerini ve gerekse ölçme alanlarını daha iyi bir şekilde artırabilmek için aşağıdaki tertiplerden biri veya her ikisi birden uygulanır.

a) *Isı kayıplarının önüne geçmekle* : Bunun içinde (Şekil 66 c) deki tertip, havası boşaltılmış bir cam lamba içerisine alınır (Şekil: 68). Böyle aletlerin hassasiyeti, 1 ilâ 100mA. kadar olup sarfiyatları da oldukça düşüktür (0,01 ilâ 0,001 vat kadar). Bu tip aletler voltmetre olarak kullanılacak ise, ön dirençler bağlamak suretiyle, 1 - 1000 volta kadar gerilimler ölçebilir.

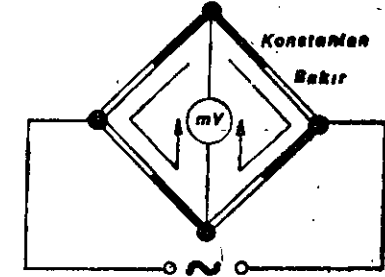
b) *Termoelektrik gerilimi artırmakla* : Termoelektrik çiftlerde elde edilen emk. çok küçüktür. Örneğin, Konstantan (Cu-Ni) ile bakır çifti; 100°C de iken 4,2 mili voltur. Bunların emk. lerini artırmak için birkaç tanesi seri olarak bağlanıp termoelektrik piller yapılırsa da bu tertibin bazı sakıncaları (iç direncin artması ve verimin düşük) olmasından, seri bağlama yerine köprü teşkil edilir (Şekil: 69).

Termokupul ölçü aletlerinin, diğer aletlere olan üstünlüğü, yüksek frekanslı alternatif akım ve gerilim ölçmelerinde daha yetenekli olmalarıdır (ampermetreler 10⁹ Hz'e kadar, voltmetreler 10⁶ Hz'e kadar kullanılabilirler). Bu tip ölçü aletleri 0,5 sınıfına kadar yapılabilirse de, genellikle 1-1,5 ve 2,5 sınıfı aletler olarak yapılıp kullanılırlar.

Termokupul ölçü aletinde genellikle bakır - konstantan çifti kullanılır. Çünkü bu çiftler diğer çiftlere oranla, küçük sıcaklık farklarında büyük gerilimler meydana getirir.



Şekil : 68



Şekil : 69

Termoelektrik çiftlerin verimini artırmak için alınan tertiplerden ikisi.

TERMOKUPUL ÖLÇÜ ALETLERİNİN ÖZELLİKLERİ :

- 1 — Bu tip ölçü aleti, termokupul uçlarına bağlanmış bir doğru akım ölçü aletinden başka bir şey değildir.
- 2 — Termokupullerin belli başlı üç değişik kullanım sahası vardır; pil olarak, pirometre olarak ve yüksek frekans ölçü aleti olarak.
- 3 — Termokupullerin ısınması, geçen akımın karesi ile orantılı olduğundan aletin kadranı düzgün aralıklı değildir.
- 4 — Isıtıcı iletkenin ısınması, geçen akım yönüne bağlı olmadığından alet, her iki akım ölçmelerinde de kullanılır.
- 5 — Isıtıcı iletkenin kapasitesi ve indüklenmesi çok küçük olduğundan bu tip aletler, yüksek frekanslı alternatif akım devrelerinde kullanılır. Çünkü; alçak frekanslı (25 - 60 Hz.) alternatif akım devrelerinde kullanılan ölçü aletleri, yüksek frekanslarda kullanılacak olursa, ısıdan dolayı meydana gelen kayıplar büyük olduğundan verimli bir çalışmaya engel olur.
- 6 — Aletin ölçme sistemi, daimi mıknatıs içinde olduğundan dış alanlardan fazla etkilenmez. Alet, ısı ile çalıştığından dış sıcaklıklardan da etkilenmez.
- 7 — Termokupul ölçü aletleri genellikle 1 - 1,5 ve 2,5 sınıfı aletler olarak yapılıp kullanılırlar. Bu aletlerin tek sakıncası fazla yüklenmelere uygun olmalarıdır.

SORULAR :

- 1) Termoelektrik olayı nedir? Bir termokupulde meydana gelen emk. değeri hangi faktörlere bağlıdır?
- 2) Termokupullerin, tatbikattaki yerleri nelerdir?
- 3) Termopiller, enerji üretimi yerine ölçme tekniğinde kullanılır. Neden?
- 4) Elektrik enerjisi ısı enerjisine, ısı enerjisi de elektrik enerjisine çevrilir mi? Örneklerle açıklayınız.

d) PİROMETRELER

Ön bilgi : Bir cismin sıcaklığını ölçmeğe yarayan cihazlara *termometre* denir. Bildiğimiz termometrelerle (Santigrat dereçesi, Reomür, Fahrenheit) en fazla 420°C ye kadar olan sıcaklıklar ölçülebilir. İçine hiçbir derece sokulamayan yüksek fırınların (maden eriten veya tav fırınları gibi) sıcaklığını bu termometrelerle ölçemeyiz. Gerçi bu sıcaklıkların ölçülmesinde alışıla gelmiş bazı eski metotlar (göz alışkanlığı, ısınma ısı ile ve renk kalemleri vb) var isede, pratikliğin az ve hatalı neticeler vermesinden tavsiye edilmez.

Endüstride, böyle yerlerdeki yüksek sıcaklıkları veya bildiğimiz termometrelerin giremeyeceği yerlerdeki (çalışan makinelerin) istenen sıcaklıkların daha kolay ve doğru ölçülmesinde kullanılan cihazlara "Piro-metre" denir. Bunlar da, genellikle iki tiptir.

- 1) Dirençli termometreler (pirometreler).
- 2) Elektriksel pirometreler.

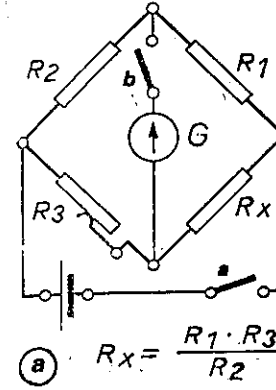
1) Dirençli Termometreler :

Konumuzun başında da belirttiğimiz gibi (c şıkında) bir iletkenin elektriki direnci, sıcaklıkla değişir.⁽¹⁾ Yani herhangi bir yerin sıcaklığını, sıcaklıkla direnci değişebilen metaller yardımıyla tayin edebiliriz. Böyle bir iletkenin direnci ise, Veston köprüsü ile ölçülür. (Şekil: 70 a) da kurulan köprüde R_1 ve R_2 dirençleri sabit, R_3 direnci ise değişkendir. R_x direnci, sıcaklığı ölçülecek yere konur. Sonra köprünün a ve b-anahtarları kapatılıp, R_3 ayarlanarak devredeki galvanometre göstergesinin sıfıra gelmesi sağlanır. Yani köprü dengeye getirilir. Şimdi, R_x direncinin bulunduğu yer ısıtılmaya başlanır. Bu durumda, R_x direncinin⁽²⁾ değeri sıcaklıkla değiştiği için köprünün dengesi bozulur. Tekrar R_3 direnci ile köp-

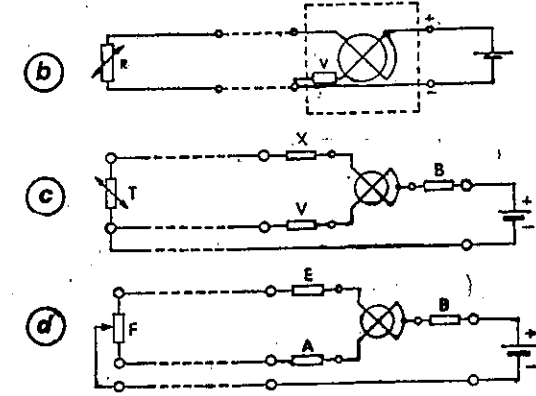
(1) $R_t = R_0 [1 + \alpha(t_2 - t_1)]$, R_0 = ilk sıcaklık (t_1) direnci, R_t = Son sıcaklık direnci, α = Sıcaklık kat sayısı.

(2) R_x direnci, bir nikel tel olabilir.

rü dengeye getirilir, sonra verilen formüle,⁽³⁾ bilinen dirençler konarak R_x direnci hesaplanır. Direnç hesaplandıktan sonra, belirli metallere göre önceden hazırlanmış "direnç-sıcaklık" çizelgesine bakılarak o yerin sıcaklığı bulunmuş olur (Çizelge-6).



Veston köprüsü ile sıcaklığın ölçülmesi



Şekil : 70

Çapraz Bobinli, iki ve üç iletkenli dirençli termometreler

Bu metotla, 550°C kadar olan sıcaklıklar tayin edilebilir. Yanlış ölçülen yerin sıcaklığını sabit tutmak ve aynı zamanda direncin sıcaklıkla özelliğini değiştirmemesini sağlamak lazımdır.

ÇİZELGE - 6

Direnç malzemesi	.Nikel (Ni)			Platin (Pt)		
	°C	Esas değeri	Toleransı		Esas değeri	Toleransı
Ölçülen sıcaklık	± Ω		± °C	± Ω		± °C
-220	—	—	—	10,41	0,7	1,8
-200	—	—	—	18,53	0,5	1,2
-100	—	—	—	60,20	0,3	0,7
-60	69,5	1,0	2,1	—	—	—
0	100,0	0,1	0,2	100,00	0,1	0,3
100	161,7	0,8	1,1	138,50	0,2	0,5
180	223,1	1,3	1,5	—	0,4	—
200	—	—	—	175,86	0,6	1,1
300	—	—	—	212,08	0,8	1,7
400	—	—	—	247,07	1,0	2,3
500	—	—	—	280,94	1,1	3,0
550	—	—	—	297,30	—	3,4

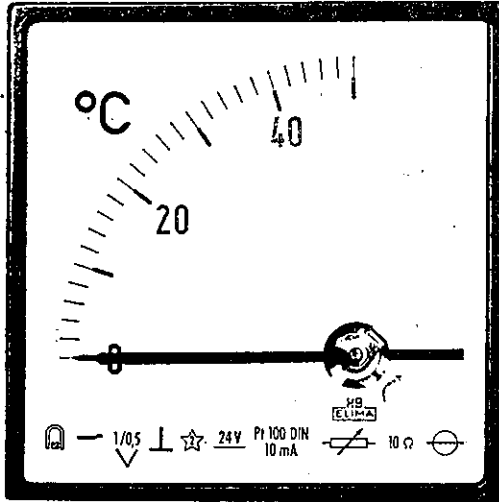
(3) Bu formülün çıkışı için, Bölüm: IV formül (33) e bak.

Bu şekilde yapılan sıcaklık ölçmeleri oldukça külfetlidir. Çünkü;

- Köprü için uygun dirençlerin temini,
- Köprünün dengeye getirilip hesaplamının yapılması,
- Yapılan hesaplamaların, direnç - sıcaklık çizelgesine uygulanması
- Çizelgeye göre, tolerans değerlerinin de dikkate alınması gibi.

Bu ve buna benzer zorunluklara rağmen yinede doğru bir değer elde edilemez (\pm).

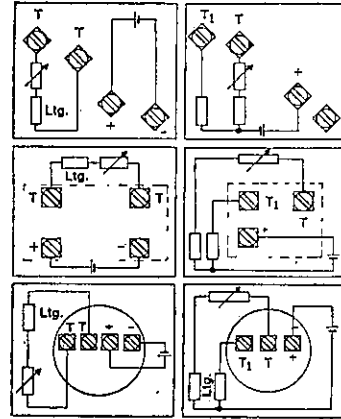
Böyle hataların önüne geçmek için, yine veston köprüsü esasına göre özel olarak yapılmış dirençli termometreler kullanılır. (Şekil: 70 b, c ve d) de prensip bağlantı şeması gösterilen bu tip köprülere ait aletin kadranı, doğrudan doğruya direnç yerine, sıcaklık derecesine göre bölümlendirilmiştir (Şekil: 71).



Şekil : 71

Dirençli termometre ve aletin arka bağlantısı.

Böylece; hiç bir hesaba lüzum kalmadan o yerin sıcaklığı, daha doğru ve direkt olarak ölçülmüş olur. Bu tip dirençli termometrelerle 1200 °C. e kadar olan sıcaklıkları ölçmek imkân dahilindedir. Ve bu aletler değişik sıcaklıklar için ayrı ayrı yapıлып kullanıldıkları gibi, devreye nasıl bağlanacakları da aletin arkasına işaret edilmiştir (Şekil: 72).



Şekil : 72

2) Elektriksel (termoelektrik) pirometreler :

Gerçek hassasiyetlerinin, gerekse kullanmalarının kolay ve pratik olması bakımından bugün en çok kullanılan ve aranan elektriksel pirometrelerdir. Termokupul ölçü aletlerinde adı geçen termoelektrik çiftlerin, teknik kullanıldığı yerlerden biri de sıcaklık ölçüsüdür. Diğer bir ifade ile termoelektrik çiftler, iyi bir termometredir.

Termokupul ölçü aletleriyle ölçülen sıcaklık; akım veya gerilim yerine, aletin kadranı ısı derecelerine göre bölümlendirilirse, bu tip aletlere de "elektriksel pirometre" veya termoelektrik pirometre denir. Bunlarla; $-250 \dots 1600^{\circ}\text{C}$ arasındaki sıcaklık farkları ölçülebilir. Yanlız burada dikkat edilecek husus; önceki derslerde de belirttiğimiz gibi çifti meydana getiren elemanların, her sıcaklık ölçümü için kullanılmıyacağıdır. Örneğin, değerli madenlerden yapılan çiftlerin ergime noktaları yüksek olduğu halde, termik gerilimleri diğer çiftlere oranla düşüktür. Onun için, bunlar yüksek sıcaklıkları ölçen pirometrelerde kullanılırlar. Bugün en çok kullanılan termoelektrik çiftlere ait geniş bilgi (Çizelge - 7) de verilmiştir.

ÇİZELGE - 7

Metal çifti		Ölçülen sıcaklıklar				Tanıtma rengi	
Pozitif uç	Negatif uç	0°	100°C	500°C	1000°C		1500°C
Demir	Konstantan	—	5,3 mV	27,7 mV	—	—	Mavi*
Bakır	Konstantan	—	4,2 mV	30 mV	—	—	Yeşil*
Kromnikel	Nikel	—	3,8 mV	20,5 mV	41 mV	—	Beyaz*
Kromnikel	Konstantan	—	5,7 mV	40 mV	70 mV	—	Beyaz*
Platin-Radyum	Platin 10 %	—	0,65 mV	4 mV	10 mV	—	Beyaz*

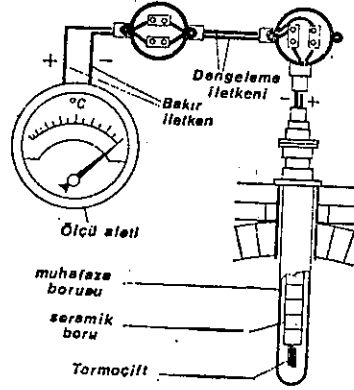
* Bunların pozitif bağlantı uçları parlak kırmızıdır.

Pirometrelere ait çiftler de aranan en önemli özellikler;

- Küçük sıcaklıklar da emk. nin büyük olması;
- Sıcaklıkla, emk. nin düzgün bir şekilde artması.
- Kullanıldığı yerde (sıcaklık, basınç, kimyasal, ... vb. etkilerden) zamanla özelliğini değiştirmemesi.

Çizelgede verilen çiftlerin, kullanma alanları içinde, sıcaklıkla emk. nin oranlı bir şekilde artmasından, bağlı oldukları ölçü aletlerinin kadran bölümleri de düzgün aralıktır.

Pirometrelere ait çiftlerin, kullanılmalarının kolay ve pratik olması için, koruyucu bir kılıf içerisine alınır ve sıcaklığı ölçülmek istenen yerin uygun bir tarafına konur (Şekil: 73).



Şekil : 73

Pirometreye çiftin bağlanması.

Böylece, çiftler aşırı sıcaklıkların ve kimyasal etkilerinden de korunmuş olur. Koruyucu kılıfın vazifesi, termociftin uzun süre dayanıklı kalmasını sağlamak olduğuna göre bunların, kullanma yerine ve sıcaklığa göre uygun malzemeden seçilmesi icap eder (demir, çelik, kromlu veya nikelli çelikler gibi).

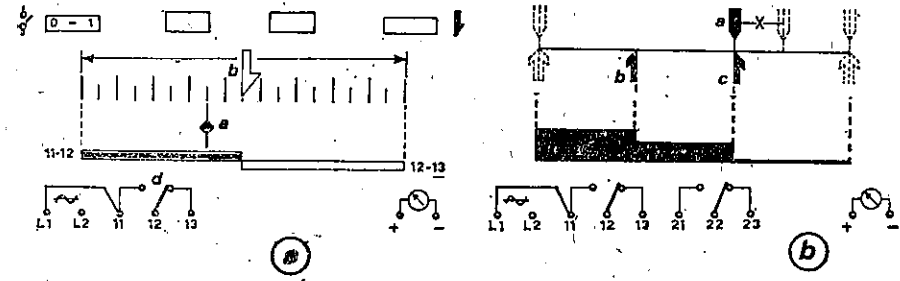
Ayrıca koruyucu kılıfın iç yüzü ile termociftin arasındaki yalıtım da önemlidir. Bunun için de termocift; porselen, seramik gibi yalıtkan borular içine alınır veya amyantta yapılmış sargularla sarılır veyahut sıcağa dayanıklı yalıtkan boyalarla boyanır.

Termo çiftlerin bağlantı yerleri (klemensleri) ısı ve ışın nedeniyle ısındıklarından buralarda sıcaklıklar değişebilir. Böyle durumlarda ayrıca dengeleme (muvazene) iletkeni kullanılır (Şekil: 73). Veya termociftin bağlantılı uçları, izole edilerek uygun yerlere kadar kesintisiz olarak uzatılır. En doğrusu, imalatçıları tarafından verilen bağlantı tellerini aynen kullanmaktır.

Sıcaklığı ölçülen yerin, yalnız sıcaklığının ölçülmesini değil aynı zamanda sıcaklığı sabit tutma işi de bu aletler yapar. Bunun için de alete, ayrıca ilâveler yapılır (açma ve kapatma kumanda röleleri, gerilim ayar dirençleri, yardımcı üreteçler vb.). Yani alet, otomatikleştirilir. Bütün bu

sistemlere, genellikle ölçü aletinin hareketli kısımları kumanda eder (gösterge gibi...). Böylece, ölçü aletinin yüz kısımlarına konulan ayar düğmeleriyle göstergenin hareketi sınırlandırılmıştır.

Örneğin: a) Çalışmaya başlayan bir fırının ısı, belirli bir sıcaklıktan sonra yükselmesi arzu edilmiyorsa, aletin yüz şekline ait prensip şemasında (Şekil: 74 a) da gösterildiği gibi derece ayar düğmesi ile göstergeye benzer b kontağı, istenilen sıcaklığa getirilip bırakılır (180° C gibi). Fırın ısınmağa başlayınca, aletin a göstergesi sağa doğru sapar, ayarlanan sıcaklığı geçerken, b kontağına temas eder etmez, bağlı olduğu kumanda devresindeki röle (d) açılarak fırının besleme akımını keser.

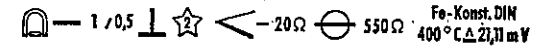


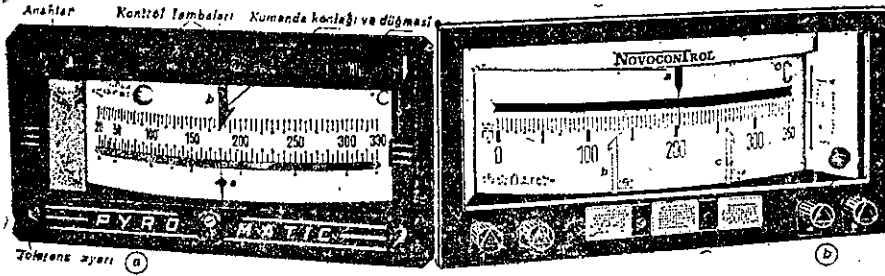
Şekil : 74

b) İşletmeye konulan fırının ısı, iki sınır sıcaklığı arasında kalması icap ediyorsa; O zaman, aletin ön yüzündeki sağ ve sol sıcaklık ayar düğmeleriyle, b ve c köntakları, istenilen asgari (en az) ve azami (en yüksek) iki sınır sıcaklık derecelerine ayarlanır (135 ile 270°C gibi). Aletin göstergesi, sağdaki c kontağına değince, kumanda devresindeki röle açılarak fırının akımını keser. Sıcaklık, ayar sınırının altına düşerken (fırın soğuduğu için) bu defa gösterge soldaki b kontağına temas edince açılan röle kapanacağından, fırın şebekeye tekrar bağlanmış olur (Şekil: 74 b). Böylece, fırın iki sınır sıcaklığı arasında istenildiği kadar çalışmış olur. Bu örnekler için (Şekil: 75) e tekrar bak.

Termoelektrik pirometrelere ait önemli bilgiler, imalatçıları tarafından aletin kadrân üzerine işaret edilmiştir.

Örneğin :





Şekil : 75

Tablo tipi termoelektrik pirometreler.

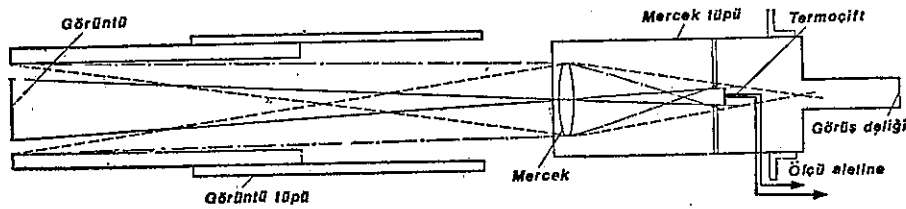
Yüksek sıcaklıklarda, termocifti doğrudan doğruya ısıya bırakmak sakıncalıdır. Böyle yerlerdeki sıcaklıklar ısı veya optik pirometrelerle ölçülür.

Not: 1) Termoelektrik pirometreler taşınırken, göstergenin sarsıntılardan etkilenmemesi için, aletin arkasındaki B ve C klemens uçları kısa devre yapılır. Devreye bağlandığı zaman bu kısa devre köprüsü kaldırılır. Kaldırılmazsa, alet çalışmaz.

2) Termokupulun (çiftin) kırmızı ucu aletin + klemensine, mavi ucu da - klemensine bağlanmalıdır. Aksi halde, gösterge ters sapar.

a : ISI PİROMETRELERİ

Bu sistemin esası : Silindirik şekilde bir borunun (tüpün) içerisine bir mercekle ve bu merceğin odak noktasına yerleştirilmiş bir termociftten oluşur (Şekil: 76).

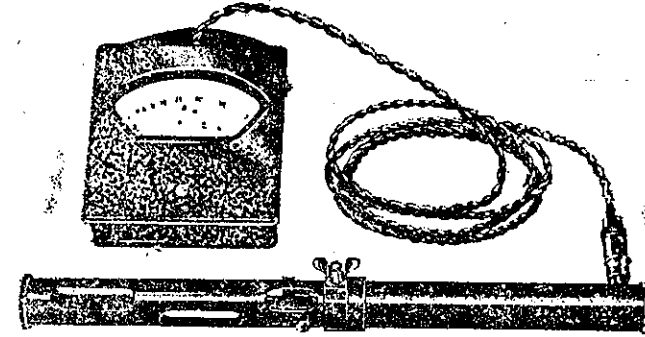


Şekil: 76

Isı pirometresine ait tüpün, prensip şeması.

Bu pirometre açıkta veya kapalı yerde olan cismin sıcaklıklarını ölçer. Pirometrenin tüpü sıcaklığı ölçülecek cisme yöneltildiğinde, ısı yayan

cismin ışınları, tüpün deliğinden ve mercekten geçerek termocifti ısıtır. Isınan termociftte meydana gelen emk. ölçülmek suretiyle, sıcaklık tayin edilmiş olur. Bu pirometrelerle, 500 ilâ 1800°C arasındaki sıcaklıklar ölçülür. Yanlış sıcaklık ölçülen yerde toz, duman vs. varsa ölçmeler pek sıhhatli olmaz. (Şekil: 77) de ısı pirometresinin tüpü ile aleti birlikte gösterilmiştir.



Şekil : 77

Isı pirometresi ve tüpü.

b : OPTİK PİROMETRELER

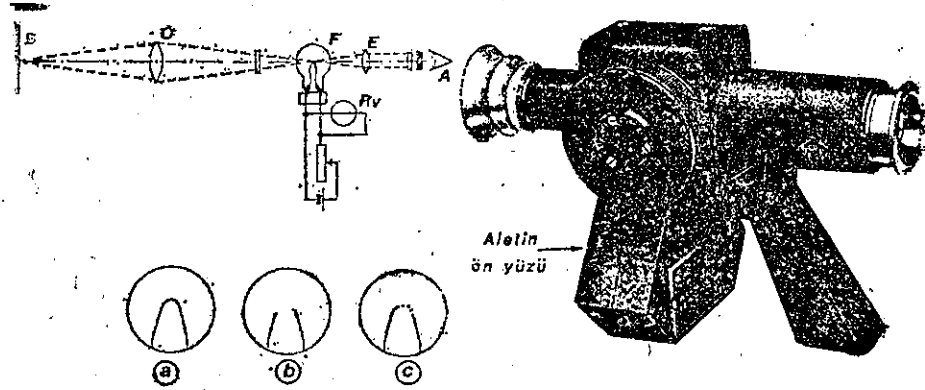
700 ilâ 3500°C. arasındaki sıcaklıkların ölçülmesinde kullanılan portatif bir cihazdır. Bu pirometre ile, ısı ölçümü, kızaran lamba flamanının aydınlık durumuna bağlıdır. Kızaran flamanın uçları arasındaki gerilim ise, ısı için bir ölçüm olmaktadır. Lamba devresine bağlanan ölçü aletinin kadranı, doğrudan doğruya sıcaklık derecesine bölümlendirilmiştir.

Ölçmenin yapılışı: Prensipten (Şekil: 78) de verilen optik pirometre, sıcaklığı ölçülecek yere çevrilir. Sıcaklığı ölçülecek B noktasının görüntüsü, pirometrenin O merceği ile F lambasının üzerine düşürülür (A gözü, E merceği içinden flaman ve B görüntüsünü beraber görür). Eğer F lambasının kızaran telinin tepesi, koyu (Şekil: 78 a) veya açık (Şekil: 78 c) görünürse, lambanın akımı bir reosta ile, görüntü yok oluncaya kadar ayarlanır (Şekil: 78 b). Bu halde, iki noktanın sıcaklığı birbirine eşit demektir.

Lambayı besleyen kaynak, bir akü bataryası olup cihazın sap kısmına yerleştirilmiştir (bazende, dışardan beslenebilir). Operatör, gözünün sağ-

lığı bakımından; 800°C den yukarı olan sıcaklıklarda, E merceğinin önüne kırmızı bir ekran (süzgeç) konması icap eder.

Bu pirometre, gözlem deliği olmayan fırın sıcaklıklarının ölçülmesinde kullanılırsa da genellikle kapalı yerlerdeki sıcaklıklar için kullanılır. Ve bunlarla yapılan ölçümler 30 - 60 saniye arasındadır.



Şekil : 78

Optik pirometresinin prensip şeması, ölçü aleti ve görüntüler.

PIROMETRELERİN ÖZELLİKLERİ :

- 1 — Genellikle, yüksek sıcaklıkların kolay ve doğru ölçülmesinde kullanılan cihazlara pirometre denir. Dirençli ve elektriksel olmak üzere iki tiptir.
- 2 — Dirençli termometreler, bir iletken direncinin sıcaklıkla değişmesi esasına dayanır. Ve bunlar sıcaklık derecesini uzaktan okumağa yararlar. Örneğin; elektrik makinelerinin ve transformatör sargılarının işletme esnasında belirli bir sınırlı sıcaklıkların kontrolü gibi.
- 3 — Elektriksel pirometreler, bir çeşit termokupullu ölçü aletleridir.
- 4 — Çok yüksek sıcaklıklarda ısı ve optik pirometreler kullanılır.

SORULAR :

- 1) Pirometre nedir ve ne işe yarar?
- 2) Dirençli termometrelerin çalışma prensibini kısaca açıklayınız?
- 3) Elektriksel pirometrelerin çalışmasını açıklayınız ve bunların diğer termometrelerden ne üstünlüğü vardır?
- 4) Elektriksel pirometrede kullanılan çiftlerde ne gibi özellikler aranır?
- 5) Isı ve optik pirometreler nerede ve nasıl kullanılır?
- 6) Gözlem deliği olmayan fırın sıcaklıklarının ölçülmesinde hangi tip pirometreler kullanılır?

VI — ELEKTROSTATİK ÖLÇÜ ALETLERİ

Akım İşareti : \sim

Sembolü : \equiv

Çalışma Prensibi : Birbirlerine göre yalıtılmış ve aralarında potansiyel farkı bulunan iki cismin (levhannın), birbirlerini itmesi veya çekmesi esasına göredir. Levhaların birbirlerine olan bu etkisi (kuvveti) gerilim ile orantılı olduğundan, bu tip aletlerle yalnız gerilim ölçülmektedir. Bu levhalar, genellikle düz bazende bükülmüş silindir parçası şeklinde yapılırlar. Bu tip ölçü aletlerinin, diğer ölçü aletlerine oranla ölçme alanları çok geniştir. Laboratuvarlarda "elektrometre" adı altında kullanılan cinsleri ile 0,0001 volt gibi çok küçük gerilimleri doğru ve hassas olarak ölçebildiğimiz gibi, diğer tipleriyle de 1 000 000 volta kadar doğru ve alternatif gerilimleri de ölçebiliriz.

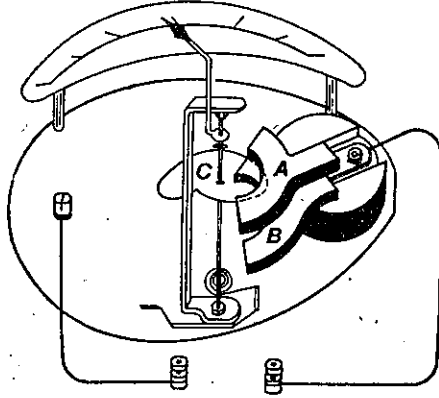
Bu tip aletlerin çalıştırıcı kuvvetleri çok küçük olduğundan, kontrol kuvveti vazifesini gören helis yaylar pek kullanılmaz. Genellikle hareketli kısım, yuvarlak veya bant şeklindeki askı tellerine alınarak a) Göstergeli, b) Işık izli (stoplu) olarak yapılırlar.

a) Göstergeli elektrostatik voltmetreler :

Prensip şeması (Şekil: 79) da gösterilen ölçü aleti sıpki hava aralı, ayarlı bir kondansatöre benzer Aletin sabit kısmı bronzdan yapılmış A ve B gibi iki levhadan oluşur. Hareketli kısım ise, sabit bir eksen etrafında serbestçe dönebilen alüminyum C levhasından oluşur. Hareketli levhaya akım helis yayla verilir. Aleti, dış elektrostatik etkilerden korumak için, yalıtılmış madeni muhafazalar içine alınır.

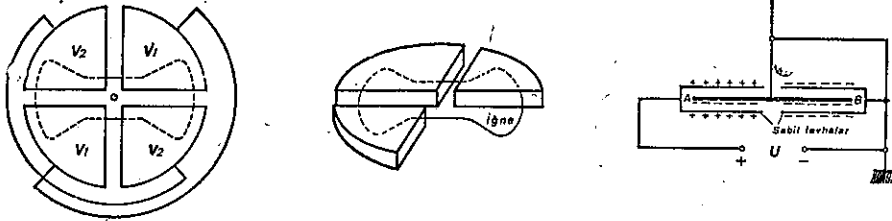
Aletin çalışması : AB sabit levhaları ile hareketli C levhasına uygulanan gerilimin büyüklüğüne göre sabit levhalar aynı, hareketli levha ise ayrı elektrik yükü ile yüklenir. Elektrostatik çekme kuvveti sebebiyle hareketli levha, sabit AB levhaları arasına çekilerek kendi eksenine bağlı göstergeli de kadran bölümleri üzerinde döndürür. Bu sapma; aynı eksene bağlı olan yayın, ters mekanik kuvvetiyle elektrostatik çekme kuvvetinin momenti, dengeye gelinceye kadar devam eder. Sabit levhaların, hareketli levhayı az veya çok çekmesi levhaların yük değerine bağlıdır. Yani, levha yüklerinin toplamı ile orantılıdır.

Bu tip ölçü aletlerinde; genellikle havalı amortisman sistemi kullanılırsa da, sıvılı veya fukolt sistemli olanları da vardır. Çalıştırıcı kuv-



Sekil : 79
Elektrostatik voltmetre.

vetleri, levhalar arasındaki uzaklığın karesine göre değiştiğinden aletin kadran taksimatı, eşit aralıklı değildir. Yanlız sabit ve hareketli levhalara uygun şekiller verilmek suretiyle başlangıçtaki ufak kısım hariç, sonraki kısımlar hemen hemen (*lineer*) düzensizdir. Bunların uygulamadaki yerleri çok geniş olup, ekseriya portatif ve sabit tablo tipi ölçü aleti olarak yapıp kullanılırlar.



Sekil : 80
İğneli elektrometre.

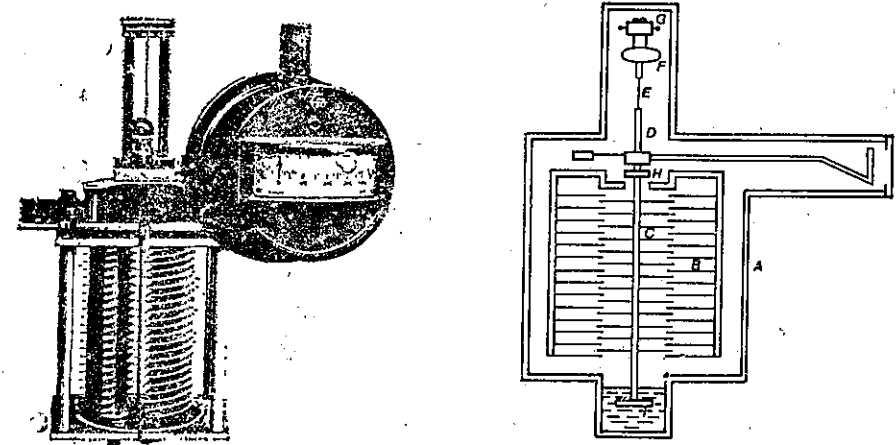
Kontrol kuvveti askı teli ile sağlanan Lord Kelvin'in iğneli elektrometresi veya diğer adıyla "*Kuadrant elektrometresi*" nin prensip şeması (Şekil: 80) de gösterilmiştir. Bu alet, oldukça hassas olup etalon alet olarak kullanılır. Sabit levhalar alüminyumdan yapılmış, dört daire dilimi şeklinde yassı bir kutudan oluşur. Sekiz rakamına benzeyen ve çok hafif

olan, hareketli alüminyum levhası "*iğnesi*" ise, bu sabit levhalar arasında, fosforlu bronzdan yapılmış bir telle asılıdır. Sabit dilimler karşılıklı olarak birbirlerine ve hareketli iğnede bu sabit levhalardan biri ile elektrikli olarak irtibatlıdır. Levhaların çıkış uçlarını bir akım kaynağına bağlarsak, sabit ve hareketli levhalar + ve - elektrik yükleri ile yüklenirler. Dolayısıyla; aynı adlı kutuplar birbirlerini iter; ayrı adlı kutuplar ise birbirlerini çekeceğinden iğne dönecektir. Yani iğnenin A ucu, sabit levhalar tarafından çekilirken, B ucu itilecektir. İğnenin dönmesi, asılı bulunduğu telin burulma momenti; gerilimin döndürme momentiyle denkleşinceye kadar devam edecektir. Ölçme bitince, askı telinin burulması aksi yönde olacağından iğnede, sıfır noktasına geri gelir. O halde bu tip ölçü aletlerinde, kontrol momenti askı telinin burulma momenti ile sağlanır.

Bu tip elektrometrelerde, çalıştırıcı kuvveti ve dolayısıyla duyarlılığı artırmak için, sabit ve hareketli levha sayısını çoğaltmak gerekir.

"Lord Kelvin" in 40-1000 volta kadar ölçmeler yapan çok plakalı elektrometresinin prensip şeması ile yüz şekli (Şekil: 81) de gösterilmiştir.

Aletin piringten yapılan A sabit gövdesine iki sıra halinde ve üçgen şeklinde, B madensel sabit levhaları konulmuştur. D, hareketli levhalarının tespit edildiği gösterge eksenini fosforlu bronzdan yapılmış ve E bu-



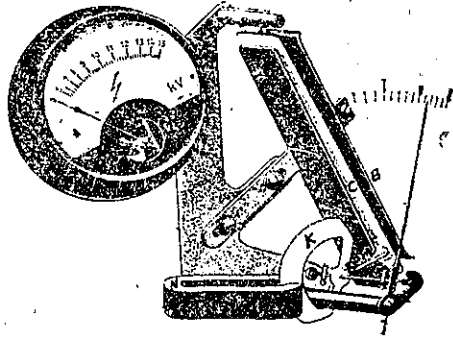
Sekil : 81
Çok plakalı elektrostatik voltmetre.

rulma teline bağlıdır. Burulma teli ise, elips şeklindeki F yayına asılmıştır. F yayıda göstergiyi sıfır noktasına ayarlamağa yarayan G ayar başlı-

ği tespit edilmiştir. Aletin çalışması halinde; E burulma teli, ters mekanik kuvveti meydana getirir. Herhangi bir sebepten burulma telinin kopması halinde, hareketli levhanın sabit levhalara değmesinin önüne geçebilmek için, burulma telinin altına bir H parçası konur. Aksi halde hem ölçen ve hemde alet tehlikeye düşer. Bu tip ölçü aletlerinde, sıvılı amortisman sistemi kullanıldığı gibi havalı olanları da vardır.

Kontrol kuvveti, yay yerine ağırlıkla sağlanan ve 1,2 ilâ 15 KV. a kadar ölçmeler yapan Lord Kelvin'in başka bir tip elektrometresi (Şekil: 82) de gösterilmiştir. Aletin, sabit ve hareketli levhaları dikdörtgen şeklinde olup alüminyumdan yapılmıştır. Hareketli C levhası, birbirine göre paralel duran AB sabit levhalarının arasına, ince iletken bantlarla askıya alınmıştır. Bu levha, sabit levhalardan biriyle elektriksel bağlantı halindedir. Sabit levhalardan çıkarılan uçlar ise doğrudan doğruya dış devreye bağlanır.

Aletin çalışması : Alet, devreye bağlandığı zaman A ve B levhaları zıt elektrik yükleri ile yüklenirler. Bunlardan biri ile bağlantılı olan hareketli C levhasında, aynı cins elektrikle yükleneceğinden birbirlerini iterler. Diğer sabit levha ise ayrı kutba bağlandığı için, hareketli levhayı çeker. Böylece hareketli levha; sabit levhalardan biri tarafından çekilip, diğeri tarafından itilir. Yani bu aletler, *itme-çekme* esasına göre çalışırlar. Hareketli levhaya bağlı göstergede buna göre sapar. C levhasının bu şekil-



Şekil : 82

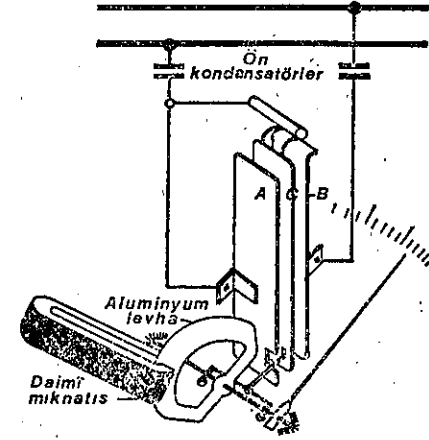
Aksiyal hareketli ölçü aleti.

deki hareketinden (deviminden) dolayı, bu tip ölçü aletlerine "*Aksiyal hareketli*" ölçü aletleri de denir. Aletin kontrol kuvveti, hareketli plağın

ağırlığı ile temin edildiğinden, ölçme yapmadan evvel aleti dik olarak, terazisine koymalıdır.

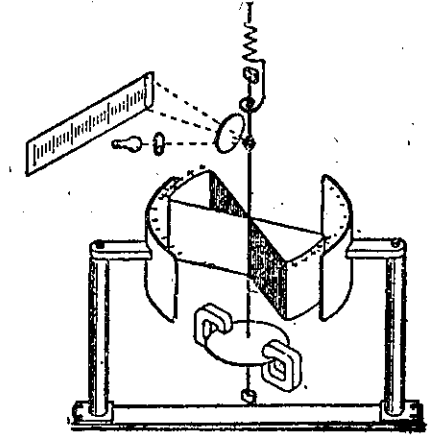
Alet, ön yüzü cam pencereleli bir kutu içerisine yerleştirilmiştir. Alete, dışarıdan gelecek etkileri azaltılmak ve duyar bir sapma temin edebilmek gayesiyle cam pencerede depo olabilecek elektrik şarjlarını (yüklerini) toprağa vermek için, cama ince bir kalay yaprağı yapıştırılmıştır.

Bu tip voltmetrelerle 120.000 volta kadar olan yüksek gerilimleri ölçmek için kondansatörler bağlanır. Alete bağlanan bu kondansatörlere "*Ön kondansatör*" ler denir (Şekil: 83). Aletin amortismanı, fuko akımlı düzeneklerle sağlanır. Bu ölçü aletinin bir milyon voltluk alternatif gerilim devrelerine bağlanabilen tipleri de vardır.



Şekil : 83

Ön kondansatörlü elektrometre.



Şekil : 84

Işık izli elektrometre.

b) Işık izli (spotlu) elektrometreler :

Bu tip aletlerin, sabit ve hareketli levhaları, önceki elektrometre levhaları gibi düz olmayıp silindirik parçası şeklinde yapılırlar. (Şekil: 84) de böyle bir elektrostatik voltmetrenin şekli gösterilmiştir.

Aletin ölçeceği gerilim, sabit ve hareketli levhaları arasındaki uzaklıkla ilgilidir. Bu aletlerde levhalar arasında yeteri kadar aralıklar bırakılmak suretiyle değişik, kademeli voltmetreler imal edilerek 3-20 kV. a kadar gerilimler ölçülebilir.

Şekil: 84) de de görüldüğü gibi bu aletlerde, ışık izli gösterge kullanılır. Bunun çalışması, ışık izli galvanometreler gibidir. Alet çalışmazken sabit ve hareketli levha eksenleri arasında belirli bir açı vardır. Devreye bağlandığında sabit ve hareketli levhalar birbirlerine göre zıt yüklerle yüklendikleri için sabit levhalar, hareketli levhayı kendilerine doğru çekerek döndürürler. Bu aletlerde amortisman, fuko akımlı düzeneklerle sağlanır.

Buraya kadar açıklanan elektrostatik aletlerin çalışma prensipleri birbirine benzemekle beraber, sabit ve hareketli levhalara (elektrotlara) verilen şekillere göre isim alan başka tipleri de vardır. (Kürelî voltmetreler, telli voltmetreler ve Lindeman'ın elektrometresi gibi).

ELEKTROSTATİK ÖLÇÜ ALETLERİNİN ÖZELLİKLERİ:


- 1 — Bu tip ölçü aletleri, doğru ve alternatif akım devrelerinde yalnız voltmetre olarak kullanılır.
- 2 — Bunlar 1. ve 2. sınıf aletler olarak yapılırlar.
- 3 — Bu aletlerle, en az 5 volta kadar gerilimler odğrudan doğruya ölçülebilir.
- 4 — Bu aletlerin doğruluk derecesi, yüksek gerilimlerde daha fazladır (Çünkü, çalıştırıcı kuvvet büyümüşür). Ölçme hatası % 0,2 kadardır.
- 5 — Aletin geçtiği akım çok küçük olduğundan ısınma hatası çok azdır.
- 6 — Frekans değişmesi alete etki etmez (çok yüksek frekanslar hariç).
- 7 — Alet, kondansatör gibi çalıştığından güç kaybı hemen hemen yok gibidir.
- 8 — Alet, demirsiz olduğu için fukolt ve histeresiz kaybı olmaz ve dış alanlardan etkilenmez.
- 9 — Elektrostatik aletler, fazla yüklenmeğe uygun değildirler. Çünkü; sabit ve hareketli levhalar arasında atlama olacağından levhalar kısa devre edilmiş olur.
- 10 — Bu tip aletler, genellikle sabit ve portatif olarak imal edilirler.
- 11 — Elektrostatik ölçü aletleri; kapasite, direnç, güç elektrik yükü ve frekans gibi büyüklerin ölçülmesi için de özel olarak imal edilirler.
- 12 — İğneli elektrometreler, çok hassas bir ölçü aleti olduğu için daha ziyade potansiyel farklarının karşılaştırılmasında kullanılırlar.

SORULAR:

- 1) Elektrostatik ölçü aletlerinin çalışma prensibini kısaca açıklayınız?
- 2) Bildiğiniz elektrostatik ölçü aletlerinin isimlerini söyleyiniz?
- 3) Elektrostatik voltmetrelerin duyarlılığını artırabilmek için ne gibi önlemler alınır?
- 4) Aksiyal hareketli ölçü aletinin şeklini çizerek çalışmasını kısaca anlatınız?
- 5) Bu tip aletlere bağlanan ön kondansatörlerin görevi nedir?
- 6) Işık izli elektrometrenin çalışmasını kısaca açıklayınız?

VII — İNDÜKSİYON ÖLÇÜ ALETLERİ

Akım İşareti: 

Sembolü: 

Döner alan prensibinden yararlanılarak imal edilen, bu aletlerin diğer bir adı da, *Ferraris*(¹) ölçü aletleridir. Bunlar, döner tamburlu ve döner diskli olmak üzere iki kısma ayrılır.

a) Döner tamburlu (silindirik) indüksiyon ölçü aletleri:

Aletin yapısı: İnce, silisli saçların paketlenmesinden meydana gelen dört kutuplu bir elektromıknatis nüve ile bu nüvenin her kutup ayağına karşılıklı olarak konmuş ve seri bağlı, iki bobin gurubundan oluşmuştur. Döner alanı meydana getiren ve aynı kaynaktan beslenen bobin guruplarından biri; ince kesitli ve çok sipirli, diğeri ise kalın kesitli, az sipirlidir. Bu bobin guruplarından geçen akımlar arasında, 90° ye yakın bir faz farkı sağlamak için, devrelerine seri olarak indüktif ve omik dirençler bağlanır (Şekil: 85 a).

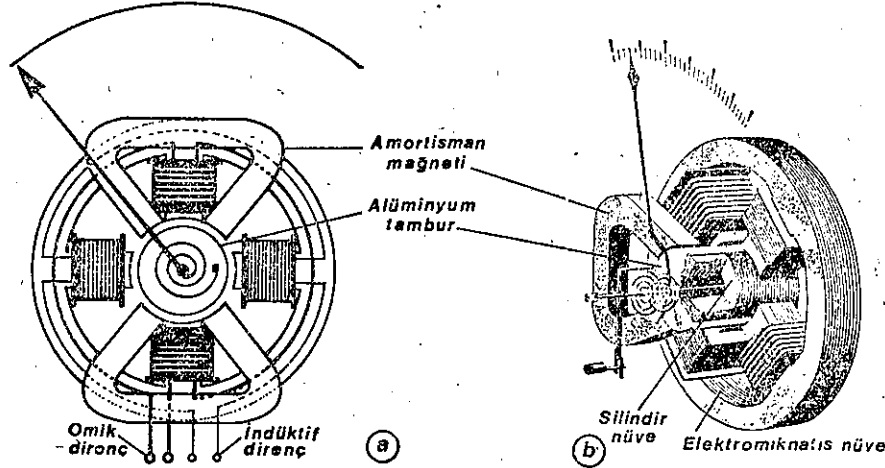
Kutup ayaklarının orta kısmındaki boşlukta; mıknatis alanını kuvvetlendirmek için yine silisli ince saçlardan yapılmış, sabit bir silindirik nüve vardır. Bu nüvenin üzerine geçirilen ince alüminyum saçtan yapılmış bir tambur (silindir kutu), ekseninde dönebilecek şekilde yataklarılmıştır. Tambur eksenine de bir gösterge ve dönmesini düzenleyen iki sipiral yay tespitlidir. Aletin amortismanı ise fukolt frenli olarak yapılmıştır (Şekil: 85).

Aletin çalışması: Her iki bobin gurubundan geçen akımlar arasında, faz farkı bulunduğu gibi bobinler tarafından yaratılan akımlar arasında da faz farkı vardır. Her iki bobine ait akımlar, bileşke bir döner alan oluştururlar. Bu döner alanın etkisi ile meydana gelen döndürücü moment; aletin, tamburunu harekete getirir.(²) Diğer bir ifadeyle; tıpkı indüksiyon (kısa devre), motorunun rotorunda olduğu gibi alüminyum tambur,

(¹) Ferraris: Döner alanın varlığını ilk bulan, İtalyan bilginidir.

(²) Şayet, fuko akımı ile kendini feydana getiren akı arasındaki açı 90° olursa dönme momenti sıfırdır (yani, akıların aynı fazla olması halinde).

kutuplar tarafından meydana getirilen döner alanın yönünde döner.⁽³⁾ Bu dönme, helezon yayların karşı koyma kuvveti ile denkleşinceye kadar devam eder. Böylece, aynı eksene bağlı olan gösterge de sapmış olur.



Şekil : 85

Döner tamburlu, indüksiyon ölçü aleti.

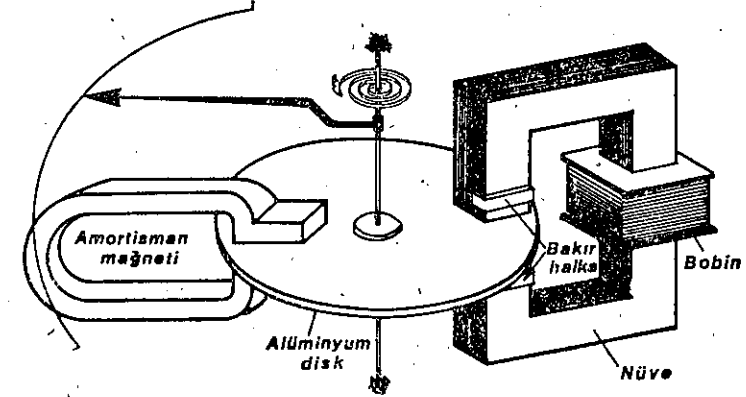
Aletin amortismanı, fukolt frenli tiptendir. Bu frende, kutuplardan dışarıya çıkarılan alüminyum tambura, karşılıklı olarak konan ve atnalı şeklindeki daimi iki mıknatısla sağlanır (Şekil: 85 b) de görüldüğü gibi.

b) Döner diskli (kurslu) indüksiyon ölçü aletleri:

Evlerde kullanılan, elektrik sayaçlarında olduğu gibi elektromıknatısın kutupları arasında dönen kısım, alüminyum bir diskten ibarettir (Şekil: 86). Bu aletlerde, döner alanın temini için elektromıknatısın her iki kutup ayağının yarısına, bakır halkalar konmuştur. Bu bakır halkalar, tıpkı döner tamburlu indüksiyon ölçü aletlerinde olduğu gibi indüktif ve omik direnç etkisi göstererek faz farkı yaratılır. Bu aletlerde döndürme momentinin meydana gelişi, şu şekilde de açıklanabilirler: Bu ba-

(3) Döner kısım üzerinde döner alanla aynı özellikte fakat farklı faz açısıyla tambur üzerinde iki alan meydana gelmiştir. Birinci alan dönüyorsa, ikinci alan bunu takip eder (az düşük bir hızla).

kır halkalar (ek kutup), ikinci bir bobin vazifesi görmekte ve esas bobinin bir kısmı mıknatıs akısı bakır halkaları kesmek suretiyle, kısa devre akımları indükler. Bu tarzda indüklenen akımın oluşturduğu akı da, aynı şartlar içinde esas akıya oranla $40^\circ - 50^\circ$ faz farkı ile geride bulunur. İşte bu faz farklı iki akı; dönme momentini meydana getirir.⁽⁴⁾ Bu tip aletlerin karşı koyma momenti helis yaylarla ve amortismanı da fukolt freni ile sağlanır.



Şekil : 86

Döner diskli indüksiyon ölçü aleti.

İndüksiyonlu ölçü aletlerinin tipi ne olursa olsun, frekans ve sıcaklık değişimleri ölçmelerine etki eder. Çünkü; dördüncü moment, şebeke frekansı ile orantılı olduğundan bu aletler, sabit frekanslı alternatif akımda kullanılmalıdır. Diğer taraftan fuko akımlarıyla ısınan döner kısmın (tambur veya diskin), özgül iletkenliği, çalışıkça küçüldüğünden indüklenen akımlarda zayıflar dolayısıyla döndürücü momentte aynı oran içinde küçülür (her 10°C . için % 5 kadar). Sıcaklık ve frekans değişmelerinin etkisini biraz olsun azaltmak düşüncesiyle alete, şönt ve seri dirençler bağlanır.

İndüksiyonlu ölçü aletlerinin kadranları, 300° ye kadar yapılabildiğinden geniş bir okuma yüzeyi sağlanır. Aynı zamanda, dördüncü momentlerinin kuvvetli olması, dış alanlardan etkilenmemesi ve akım, kontrol yayları ile verilmediğinden aşırı yüklenmelere dayanıklılığı bu aletlerin

(4) Döndürme momentinin meydana gelebilmesi için, akılar arasında bir faz farkının olması gerekir.

en iyi taraflarıdır. İndüksiyonlu ölçü aletlerinin bu özelliğinden dolayı bugün en çok vatmetreler, frekansmetreler, alternatif akım indüksiyon sayaçları ile kaydedici ampermetreler yapılmaktadır.

İNDÜKSİYONLU ÖLÇÜ ALETLERİNİN ÖZELLİKLERİ :

- 1 — İndüksiyonlu ölçü aletlerine, döner alanlı ölçü aletleri de denilir.
- 2 — Döner alan; alternatif akımla temin edildiğinden, bu aletler yalnız alternatif akım devrelerinde kullanılmak üzere ampermetre, voltmetre, frekans metre ve indüksiyon sayaçları olarak yapılırlar.
- 3 — Bu aletlerin amortismanı, fukolt frenli düzeneklerle sağlanır.
- 4 — Döndürme momenti, ölçülen akım veya gerilimin karesiyle orantılı olduğundan, ampermetre ve voltmetrelerin kadran taksimatları karesel, vatmetrelerinki lineer dir.
- 5 — Sıcaklık ve frekans değişimleri, büyük ölçme hataları meydana getirdiğinden, bu tip aletler ancak 1,5 sınıfına kadar yapılabilirler.
- 6 — İndüksiyonlu ölçü aletlerinden, ampermetre ve voltmetre olarak yapılan tiplerinin ölçme alanları da fazla büyük değildir. Tevzi tabloları gibi frekans değişimleri çok az olan yerlerde, voltmetre olarak; 1 ilâ 1000 volta ve ampermetre olarakta, 0,1 ilâ 1000 ampere kadar imal edilirler.
- 7 — İndüksiyonlu ölçü aletlerinin sarfiyatları oldukça büyük (5-10 w. kadar) ve aynı zamanda, imalatları pahalıdır.

SORULAR :

- 1) Frekans ve ısı değişimleri, indüksiyonlu ölçü aletlerine ne gibi etki eder ve nasıl düzeltilir?
- 2) Ampermetre ve voltmetre olarak yapılanların, kadran taksimatları niçin eşit aralıklı değildir?
- 3) Göstergenin 300° lik geniş bir sapma yapması yanında, kontrol yayına bir etkisi varmıdır ?
- 4) Bu tip aletler yay kontrollumudur?
- 5) İndüksiyonlu ölçü aletlerinde, döner alan nasıl meydana gelir?

F — AKIM VE GERİLİM ÖLÇÜLMESİ

KONUNUN PLANI :

- a) Akım ölçülmesi - AMPERMETRELER
- b) Gerilim ölçülmesi - VOLTMETRELER
- c) Ampermetre ve voltmetre arasındaki farklar.

a) Akım ölçülmesi — AMPERMETRELER

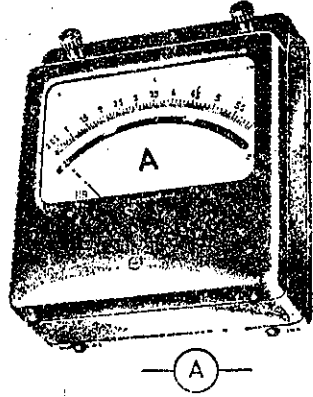
Ampermetrelerin yapısı ve çalışmasına ait bilgiler, önceki bölümlerde geniş olarak açıklanmıştır. Biz burada yalnız aletin bir elektrik devresine nasıl bağlandığını göstereceğiz.

Elektrik akım şiddetini ölçmeğe yarayan aletlere AMPERMETRE denir ve bunlar devreye daima seri olarak bağlanırlar (Şekil: 87 a). Çünkü ampermetrenin görevi; bir elektrik devresinden kaç amper geçtiğini ölçmektir. Alıcıdan geçen akım aynı zamanda ampermetreden de geçtiğinden alet, alıcı (yük veya cihaz) ile arka arkaya bağlanmalıdır, bu bağlantı şekline biz *seri bağlama* diyoruz.

Bir elektrik devresinden geçen akımı, doğru olarak ölçmek için ampermetre, ölçtüğü akımı değiştirmemelidir (azaltmamalı). Örneğin: Alıcının devreden çekmiş olduğu akım şiddeti 10 amper ise, ampermetre bu 10 amperlik akımın geçmesine müsaade etmelidir. Bunun içinde ampermetre iç dirençleri çok küçük olarak seçilir. Büyük akım ölçen ampermetrelerin iç dirençleri ise, daha küçük olarak alınır ki bu direnç üzerinde düşen gerilim uygulamada, ihmal edilecek kadar az olsun. Bunun temini içinde ampermetre bobini, kalın telli ve az sarımlı yapılır (dirençleri yaklaşık 0 ilâ 1 om arasındadır).

Ampermetreler, devreden geçen akım şiddetinin değerini doğrudan doğruya amper olarak okuyabilecek şekilde bölümlendirilirler. O halde:

AMPERMETRELER



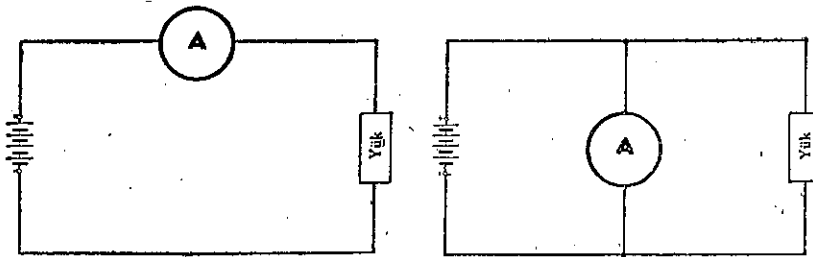
AKIMIN (I) ŞİDDETİNİ
AMPER (A) OLARAK GÖSTERİRLER

Ampermetreler; devreye daima seri olarak bağlanmalıdır (Şekil: 87 a), eğer (Şekil: 87 b) deki gibi bağlanacak olursa (paralel bağlama) alet tehlikeye düşer. Zira ampermetrenin bobini, çok küçük bir dirence sahipse sanki devrenin iki ucu bir iletkenle birleştirilmiş gibi kısa devre etkisi gösterir. Dolayısıyla ampermetreden büyük bir akım geçeceğinden, aletin bozulması (yanma) ihtimali her an mevcuttur.

Bu sebepten;

**AMPERMETRE HIÇ BİR ZAMAN
PARALEL BAĞLANMAMALIDIR**

Özel hallerde; ölçme alanı büyük olan ampermetrelerle, kuru pillerin kısa devre akımlarını ölçmek mümkündür. Yalnız bu ölçmede zamanı uzatmamak gerekir, aksi halde pil boşalır.



Ampermetre, devrenin daima bir iletkeni arasına bağlanır.

(a)

Şekil : 87

Ampermetre, hiç bir zaman devrenin iki iletkeni arasına bağlanmaz.

(b)

Özet olarak :

- 1) Akım şiddetini ölçen aletlere, ampermetre denir.
- 2) Ampermetre devreye, akımı ölçülecek cihazla seri bağlanır.
- 3) Ampermetreler, devreye asla paralel bağlanmazlar.
- 4) Ampermetreler, yalnız akım şiddetini ölçen aletlerdir.
- 5) Ampermetre, küçük bir ölçü aletidir.
- 6) Alet için, tehlikeli olabilecek akım şiddetlerinin ölçülmemesi gerekir.

Ampermetreleri hemen tanımak için; akım şiddeti birimi olan Amperin⁽¹⁾ baş harfi olan A ampermetre kadranı üzerine yazılmıştır. Ampermetreler, ölçtüğü akımın büyüklüğüne⁽²⁾ göre isim alırlar (mikro-ampermetre, miliampermetre ve kiloampermetre)

b) Gerilim ölçülmesi - VOLTMETRELER

Elektrik devrelerinde gerilim ölçmeye yarayan ölçü aletlerine VOLT-METRE denir. Diğer bir deyimle voltmetre, bir elektrik devresinde iki nokta arasındaki potansiyel farkının (gerilimin) ölçülmesine yarayan bir ölçü aletidir. Ampermetrelerin tamamen aksine, elektrik devresinin veya bir gerilim kaynağının uçları arasına doğrudan doğruya bağlanır. Bu bağlama şekline PARALEL BAĞLAMA denir. (Şekil: 88 a). Voltmetrelerde, devreye bağlandıkları zaman önemli bir değişiklik meydana getirmemelidir. Yani; devrenin veya kaynağın gerilimini düşürecek kadar büyük bir akım çekmemelidir. Bu akımın küçük olması için, voltmetrenin iç direnci ampermetrelerin aksine, büyük olmalıdır. Bu yüzden voltmetrelerin bobin teli, ince olup sarım sayısında fazladır. Bu sebepten alet, devreden kendini çalıştırabilecek kadar çok küçük bir akım çeker. Ve devredeki cihazdan geçmesi gereken akımda da önemli bir değişiklik yapmaz. Yüksek gerilimlerin ölçülmesinde kullanılan voltmetrelerin iç dirençleri daha büyüktür.

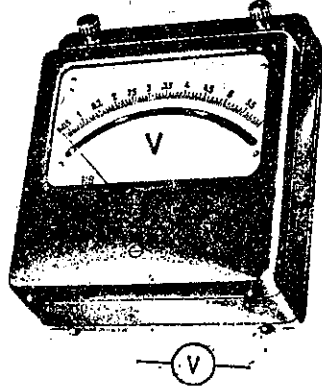
O halde; voltmetreler devreye paralel olarak bağlanırlar, devrenin uçları arasındaki U gerilimini VOLT (V) olarak gösterirler.

(1) Ampère (1775-1836), Fransız matematikçisi ve fizikçisidir.

AMPER : Elektrik akım şiddeti birimidir. Bir gümüşnitrat eriyiğinden bir sanyede 1,118 mgm gümüş ayıran akım şiddetine bir amper denir.

(2) $1 \mu A = 0,000001 A$. $1 mA = 0,001 A$. $1 kA = 100 A$. dir.

VOLTMETRELER



DEVRENİN (U) GERİLİMİNİ
VOLT (V) OLARAK GÖSTERİRLER

Voltmetreler, devreye yanlışlıkla ampermetreler gibi seri bağlanacak olursa (Şekil: 88 b), devrenin direncini yükselteceğinden geçen akım çok küçük olur (bu değerde, voltmetrelerin özelliğine bağlıdır). Bu durumda devredeki alıcılar, örneğin; lamba ise, ya flamanları kızarır veya hiç yanmaz. Buna sebep; voltmetrenin direnci büyük olduğu için, devre geriliminin büyük bir kısmı aletin bu bobini üzerine düşer, fark gerilim ise alıcıların normal çalışma geriliminden çok küçük olduğundan, alıcılar bu gerilim altında ya normal çalışmazlar veya hiç çalışmazlar.

Bu sebepten :

**VOLTMETRELER DEVREYE
SERİ OLARAK BAĞLANMAZLAR.**

Voltmetreler, bir elektrik devresinin veya kaynağının iki ucu arasındaki gerilimi doğrudan doğruya VOLT⁽¹⁾ olarak, okunabilecek şekilde bölümlendirilmiştir.

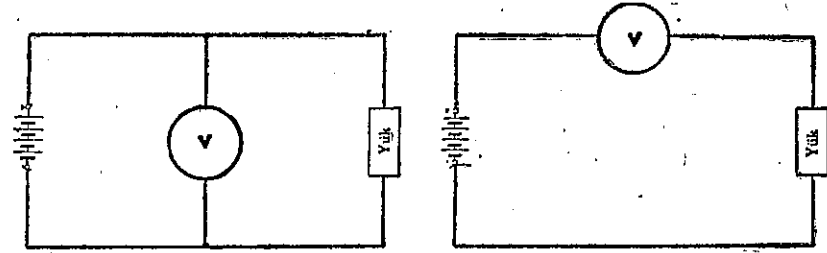
Özet olarak :

- 1) Gerilim ölçmeye yarayan aletlere voltmetre denir.
- 2) Voltmetreler, devreye paralel bağlanırlar.
- 3) Voltmetreler, büyük dirençli bir ölçü aletidir.

(1) Volt-İtalyan fizikçisi Voltanın adına izafeten alınmıştır (1745-1827).

4) Alet için, tehlikeli olabilecek gerilim değerlerinin ölçülmemesi gerekir.

5) Aleti tanımak için, gerilim birimi Volt'un baş harfi V aletin üzerine yazılmıştır. Voltmetreler, ölçtüğü gerilimin büyüklüğüne göre⁽²⁾ isim alırlar (Mikrovoltmetre, milivoltmetre, kilovoltmetre ve megavoltmetre gibi).



Şekil : 88

Voltmetre, devrenin daima
iki iletkeni arasında bağlanır.
a

Voltmetre, hiç bir zaman
devreye seri bağlanmaz
b

Voltmetrelerin Hassasiyeti : Döner bobinli ölçü aletlerinde de kısaca bahsedildiği gibi, voltmetrelerin hassasiyeti volt başına om olarak söylenir. Örneğin; 250 voltluk bir voltmetrenin direnci 100.000 om ise aletin hassasiyeti = $100.000/250 = 400$ om/volt dur. Yani, aleti duyarlığı volt başına 400 om dur. Alette, bu değer ne kadar büyük olursa, hassasiyet o kadar iyi olur. Direnç büyüdükçe aletin bobini daha küçük bir akımla çalışır. Voltmetrenin hassasiyetine etki eden bu direnç değerlerinin hesaplanması ile alete bağlanmalarını, ilerideki konularımızda daha geniş olarak açıklayacağız. (Bölüm: 2, şekil: 106).

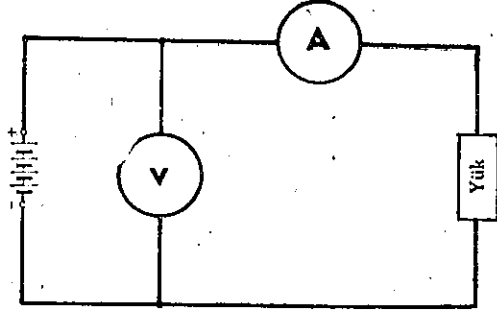
c) Ampermetre ve Voltmetre arasındaki farklar :

- 1) Ampermetre akım ölçer, voltmetre gerilim ölçer.
- 2) Ampermetre devreye seri, voltmetre ise paralel bağlanır.
- 3) Ampermetre küçük, voltmetre büyük dirençli ölçü aletidir.
- 4) Her ampermetreye; uygun bir direnç seri bağlanırsa, voltmetre olarak kullanılabilir.

(2) $1 \mu V = 0,000001 V$. $1 mV = 0,001 V$. $1 kV = 1000 V$. $1 MV = 1.000.000 V$.

5) Akım ölçme, elektrik alıcılarının normal çalışıp çalışmadıklarını kontrol için gereklidir. Akım ölçmek suretiyle çeşitli devrelerdeki yüklerin normal olup olmadığı ve çok fazlı devrelerin dengeli olup olmadığı kontrol edilebilir

Bir elektrik devresine ampermetre ile voltmetrenin beraber bağlanması gerekiyorsa devre; (Şekil: 89) da görüldüğü gibi tertiplenir.



Şekil : 89

Ampermetre ve Voltmetrenin bir devreye bağlanması

DENEY VE SORULAR :

- 1) (Şekil: 87 a) daki elektrik devresini kurup, atelyenizdeki almaçlardan birkaçını devreye bağlayınız ve çekmiş olduğu akımları ayrı ayrı ölçünüz.
- 2) (Şekil: 88 a) daki elektrik devresini kurunuz ve voltmetrenin devreye bağlanışını inceleyerek çeşitli kaynakların gerilimini ölçünüz.
- 3) (Şekil: 89) daki elektrik devresini hazırlayınız. Çeşitli alıcı bağlamak suretiyle alıcıların çektikleri akımları ve uçları arasındaki gerilimleri tespit ediniz, elde edilen değerleri karşılaştırınız.
- 4) Ampermetre ile voltmetre arasındaki yapı ve bağlanış farklarını açıklayınız?
- 5) Ampermetreye bir büyük direnç eklenecek olursa, voltmetre olarak kullanılıp kullanılmayacağını düşününüz?
- 6) Ampermetre ve voltmetrelerin, yanlış bağlanmalarından doğacak tehlikeleri açıklayınız?
- 7) (Şekil: 89 daki montajda; $U = 12 \text{ V.}$, $R (\text{yük}) = 0,5 \Omega$ dur. Akımı ölçmek için devreye iç direnci $R_A = 0,7 \Omega$ olan bir ampermetre bağlanıyor.
 - a — Ampermetre devreye bağlanmadan önce geçecek akımı,
 - b — Ampermetre devrede iken ölçülecek akımı hesaplayınız.
 - c — Seçilen ampermetre, böyle bir devre için uygun mudur, değil midir?
- 8) Bu konu ile ilgili bilgilerinizi derinleştirmek üzere, başka eserlerden de faydalanarak bir rapor hazırlayınız.

G — ÖLÇÜ ALETLERİNDE HATALAR

KONUNUN PLANI :

- 1 — Aletin kendi hatası.
- 2 — Dış etkilerin meydana getirdiği hatalar.
- 3 — Ölçme yapanın hatası.

Elektrikte bir büyüklüğün doğru olarak ölçülmüş olması çok enderdir. Ölçü aletleri ne kadar titizlikle yapılırsa yapılsın ve ölçü yapan, ne kadar dikkat ederse etsin veya hangi metodu kullanırsa kullansın ölçülen büyüklük, gerçek (hakiki) değer değildir. Çok az da olsa bir fark vardır ve bu ölçülen veya bize verilen miktarlar, o büyüklüğün yaklaşık değerleridir.

İşte, yaklaşık değerle, hakiki değer arasındaki bu farka, **ölçmenin hatası** denir. Hatalı ölçmelere etki eden faktörlerse, genel olarak üç çeşittir.

- 1 — Aletin kendi hatası.
- 2 — Dış etkilerin meydana getirdiği hatalar.
- 3 — Ölçme yapanın hatası.

1 — Aletin kendi hatası :

Aletin kendi hatasına, aletin "*ölçme hatası*" da denir. Bu hata; kalibrasyon, yapım, sıfır ayarı, aletin yaşlılığı, sürtünme gibi çeşitli sebeplerden ileri gelir. Dolayısıyla alette; ölçülen büyüklüğün hakiki değerini göstermez. Ölçülen bu değer hakiki değerden biraz farklıdır. Bu farklı değerleri imalatçılar (aşağıda izah edeceğimiz), okuma hatasında dikkate alarak bir tek değer halinde aletin kadranı üzerine, işaret ederler. (0,5 veya 1,5 gibi).

Aletin, ölçmede yaptığı hata üç şekilde ifade edilir.

a) Mutlak hata (Δm) :

Ölçmede, alette okunan değeri A_1 , aletin hakiki göstereceği değeri de A_2 ile ifade edersek bu iki değer arasındaki farka, *mutlak (fark) hata* denir.

$$\Delta m = A_1 - A_2 \dots \dots \dots (9)$$

Bu değer, — veya + olabilir.

b) Bağlı hata (Δb):

Mutlak hatanın ölçülmek istenen değere bölünüp yüzle çarpılmasıyla tayin edilir.

Yani:

$$\Delta b = \frac{\Delta m}{A_2} \cdot 100 \dots \dots \dots (10)$$

Tatbikatta, ekseriya bağlı hata kullanılır. A_2 değeri, daha önceden etalon aletlerle tayin edilir. A_1 ise mevcut aletle ölçüldüğünden, Δb kolayca hesaplanabilirse de, hassas ölçü aletlerinde çok ufak bir hata ile A_2 yerine A_1 alındığından (10) formülü;

$$\Delta b = \frac{\Delta m}{A_1} \cdot 100 \dots \dots \dots \text{Şeklinde yazılabilir} \dots \dots \dots (11)$$

c) Konstrüksiyon (yapım) hatası (H):

Mutlak hatanın, alet kadranındaki maksimum (X_{max}) değere, bölünmesi ile bulunur.

Yani,

$$H = \frac{A_1 - A_2}{X_{max}} = \frac{\Delta m}{X_{max}} \dots \dots \dots (12)$$

Pratikte bu değer yüzde cinsinden ifade edildiğinden

$$\% H = \frac{\Delta m}{X_{max}} \cdot 100 \dots \dots \dots (13)$$

Aletin kadranında okunan değer, hakiki değerden yüzden ne miktar az (—) veya çok (+) olduğunu da belirtmek icap ettiği için, hata değerinin önüne \pm işaretleri konur.

$$\pm \% H = \frac{\Delta m}{X_{max}} \cdot 100 \dots \dots \dots (14)$$

İmalatçılar, konstrüksiyon hatasına göre ölçü aletlerini (Çizelge-8) de görüldüğü gibi 7 sınıfa ayırmışlardır. VDE. nizamnamesine göre bu sınıflarda çeşitli harflerle işaretlenir. Ölçü aletleri; fabrikasına; bu işarettteki sınıfına göre sipariş verilir.

ÇİZELGE — 8

Elektrikli ölçü aletlerinin hassasiyet sınıfı, VDE 0410							
İşareti.	Hassas aletler.			İşletme aletleri			
	E	F	G	H			
Sınıfı	0,1	0,2	0,5	1	1,5	2,5	5
Gösterme hatası.	$\pm 0,1\%$	$\pm 0,2\%$	$\pm 0,5\%$	$\pm 1\%$	$\pm 1,5\%$	$\pm 2,5\%$	$\pm 5\%$

Yukardaki açıklamalarımıza bir örnek verelim:

1) Elimizdeki alet 0,5 sınıfı ise, aletin kadranındaki en büyük değere göre, ölçmedeki gösterme hatası en çok $\pm \% 0,5$ olacağı anlaşılır.

2) 20 amperlik bir ampermetre 0,2 sınıfı ise, bu aletle ölçme yapılırken, gösterdiği değer, hakiki değerden en çok ve en az, ne kadar fark hatası (mutlak hata) yapar?

Cevap:

$$H = \pm \% 0,2 \text{ veya } \pm \frac{0,2}{100}$$

$$X_{max} = 20 \text{ A.}$$

$$\Delta m = ? \text{ A.} \quad (14) \text{ nolu formülden;}$$

$$\pm \% H = \frac{\Delta m}{X_{max}} \cdot 100 \quad \text{buradan}$$

$$\Delta m = \pm H \cdot X_{max} \quad \text{verilen değerleri yerine koyalım.}$$

$$\Delta m = \pm \frac{0,2}{100} \cdot 20$$

$$\Delta m = \pm 0,04 \text{ A.} \quad \text{bulunur.}$$

Hesaplanan bu değere göre, aletle okunan değer, hakiki değerden en çok 0,04 A. eksik veya fazla ölçülmüş demektir.

3) $\% 5$ sınıflı, 150 volt'luk bir voltmetre ile,

a) 30 volt,

b) 120 volt ölçüldüğünde aletin bağlı hatası ne olur?

Bağlı hatayı aletin sınıfı, yani konstrüksiyon hatası cinsinden ifade edersek :

$$\frac{\Delta m}{A_2} = \frac{\Delta m}{X_{max}} \cdot \frac{X_{max}}{A_2}$$

$$\frac{\Delta m}{X_{max}} = H \quad \text{idi formül (14) den}$$

$$\frac{\Delta m}{A_2} = H \cdot \frac{X_{max}}{A_2}$$

$$\Delta b = H \cdot \frac{X_{max}}{A_2} \quad \dots \dots \dots (15)$$

Verilen değerleri (15) de yerine koyalım.

$$a) \Delta b = \pm \frac{5}{100} \cdot \frac{150}{30}$$

$$\Delta b = \pm 0,25$$

$$b) \Delta b = \pm \frac{5}{100} \cdot \frac{150}{120}$$

$$\Delta b = 0,0625$$

(a) dan çıkan neticeye göre bu ölçü aleti ile kadranın baş taraflarında ölçme yapılırsa bağlı ve dolayısıyla mutlak hata büyük olacaktır. (b) deki ölçmede ise bu değer, (a) ya göre oldukça küçüktür. Bu sebepten ölçmeler daima, kadranın ortası ile son kısımları arasında yapılmasına gayret etmelidir (Şekil: 90 a) da görüldüğü gibi.

Aletin, yüzde hesabıyla gösterme hatası :

Örneğin: 0,5 sınıflı, 250 V. luk bir voltmetre ile 125 V. taki ölçmede, aletin gösterme hatası % ne kadardır?

Cevap: Önce, 250 V.taki gösterme hatası bulunur.

$$\text{Gösterme Hatası} = \frac{\pm 0,5 \cdot 250 \text{ V}}{100} = \pm 1,25 \text{ V.}$$

Sonra, % hesabıyla 125 V. taki hata bulunur.

$$\% \text{ Hata} = \frac{\pm 1,25 \text{ V} \cdot 100 \%}{125 \text{ V}} = \pm \% 1$$

Burda da görüldüğü gibi aletin hatası, ölçme küçüldükçe artmaktadır.

2 — Dış etkilerin meydana getirdiği hatalar :

Aletin ölçmede yaptığı hataya etki eden dış etkiler çok çeşitlidir. Bunların bazıları bilinirse de her zaman kontrol altına alınamaz veya imkân olmaz. Örneğin; dış manyetik alanlar, frekans, rutubet, basınç, sıcaklık hava ceryanları ve farkına varılmayan sarsıntılar gibi vs.

Bu ve buna benzer sebeplerden aletteki hatayı azaltabilmek için, ölçülen büyüklük, birkaç kez aynı aletle tekrar edilir. Ölçülen değerlerin ortalaması alınır. Gerekirse bir hata grafiği de çizilebilir.

$$X_{or} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{n} \quad (16)$$

X_{or} = Ölçülen ortalama değer.

X_1, X_2, X_n = Her ölçmede alette okunan değer.

n = Ölçme (deney) sayısı.

3 — Ölçme yapanın hatası :

Bu hata da iki çeşittir.

a) *Okuma hatası* : Bu hata daha ziyade göstergeli ölçü aletlerinde tesadüf edilmektedir. Aletin hassasiyetine göre okuma hatası; kadran taksimat aralıkları ile göstergenin ve taksimat çizgilerinin inceliğine ve kalınlığına göre değişmektedir. Bilhassa kadran taksimatı, baş tarafı sık olan ölçü aletlerinde okuma hatası daha fazla olmaktadır. Hassas ölçü aletlerinde okuma hatasını azaltmak için, kadran üzerine ayrıca ince, şerit bir ayna konulmuştur. Buna rağmen gösterge; yan yana bulunan iki taksimat çizgisi arasında durduğu zaman okunan küsuratlı değerlerde de, okuma hatası olacaktır. Bu kabul edilen yaklaşık (takribi) değerler aletin, kadran taksimatının genişliğine bağlı olup tahminen $\pm 0,1$ ilâ $\pm 0,01$ kadar bir okuma hatası olacaktır.

Çeşitli sebeplerden ileri gelen göstergeli ölçü aletlerindeki bu okuma hatasının mümkün olduğu kadar küçük olabilmesi için :

1° — Alet, duruş işaretine göre kullanılmalı (dik, yatık, eğik) ve sarsıntılı yerlerde ölçme yapılmamalı.

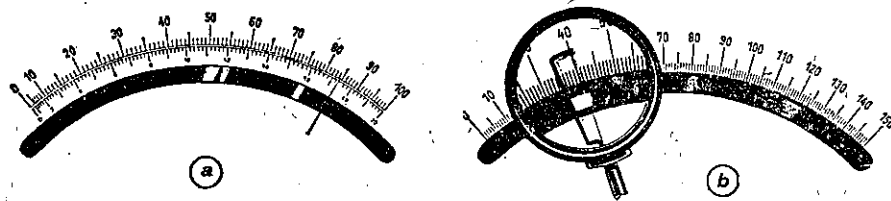
2° — Göstergeye dik bakmalı. Eğer aletin kadranı aynalı ise, göstergenin aynadaki görüntüsü (hayali) görülmeyecek şekilde okunmalı.

3° — Bilhassa küçük değerlerin ölçülmesinde; geniş kadranlı ve ince göstergeli ölçü aleti kullanılmalı, mümkün olduğu kadar kadranın sonunda yapılmalı (Şekil: 90 a).

4° — Çok/hassas okumalar için, büyüteç (lup) kullanılmalı ve lup'a tek gözle bakmalıdır (Şekil:90 b). Bilhassa 0,1 sınıfı ölçü aletleriyle yapılan ölçmelerde.

5° — Şayet kullanılan aletin duruşu hakkında bir bilgi yok ise: Bu tip portatif ölçü aletleri yatay, tablo tipi olanları da dik kullanılıp okuması, öyle yapılmalıdır.

Ayrıca; okuma hatalarına sebep olan faktörlerden biri de ölçmede kullanılacak aletlerin seçimidir. 1 A. lik bir alıcının çektiği akımı 10 A. lik bir ampermetre ile, 1,5 V. luk bir pilin gerilimini de 50 V. luk bir voltmetre ile ölçülmek istenirse; aletlerin yanlış seçiminden, büyük okuma hataları yapılabilir.



Şekil : 90

Hassas ölçmelerde, geniş kadranlı ve ince göstergeli ölçü aleti kullanılmalı. Okumalar mümkünse, bir büyüteçle yapılmalı.

b) *Metot hatası* : Elektrikte kullanılan bazı büyüklükler yalnız bir aletle ölçülüp, tayin edilemez. Yerine ve durumuna göre basit ve karışık bağlantılar yapılabilir. Yapılan bu bağlantılar da, gerek ölçü aletlerinde gerekse bağlantı noktalarında meydana gelen, ufak tefek kayıplar dikkate alınmaz. Halbuki bunlar ölçülen değerlerle ilgili olduğundan sonuca etki ederler.

Örneğin; bir cihazın direncini veya gücünü ölçmek istiyoruz (ilerki konular da göreceğiz). Bunun için, çeşitli metotlar ve ölçü aletleri kullanıldığı gibi doğrudan doğruya direnç veya güç ölçen bir aletle de bu ölçmeyi yapabiliriz. Ölçmeye ne kadar fazla alet ve bağlantı girerse hata, o oranda artar. Örneğin:

1 — Direnç ölçmelerinde : Döner salterli komütatör anahtar veya fişli direnç kutuları ile direnç ayarlamaları yapılırken; kontak parçalarının ve temas noktalarının irtibatlarına iyi dikkat edilmemiş ise, her kontak parçasının temas yerinde, takriben 0,1 ilâ 1 mili om kadar hata yapılmış olur.

2 — Pillerle ölçme yapan: Polarizasyona engel olmak için pilden küçük akım çekmez, zamanı kısa tutmaz ve çevre sıcaklığına dikkat etmezse, ölçmesine yanlışlık girmiş olur.

3 — Ampermetre ve voltmetre metodu ile direnç veya güç ölçerken, aletlerin devreye bağlanış sıralarına da dikkat edilmesi gibi.

KONUNUN ÖZETİ :

1 — Ölçü aletleri ile yapılan ölçmelerde ölçülen değerler, gerçek değerler değildir.

2 — Bütün ölçü aletlerinde kayda değer, sürtünme ve ısınmadan meydana gelen iki önemli hata vardır. Sürtünme hatası; hareketli kısımların hafif yapılmasına ve iyi yataklandırılmasına, ısı hatası ise; alette kullanılan iletken dirençlerin ısı katsayılarının küçük olmasına bağlıdır.

3 — Ölçmede, meydana gelebilecek hatalara meydan vermemek için, aşağıdaki hususlar önerilir.

a) Ölçü aleti mümkün olduğu kadar yabancı alan tesirlerinden uzakta bulunmalı ve aletin üzerinde belirtilen durumda yerleştirilmelidir.

b) Aleti, akım geçen iletkenin hemen yanına koymamalı.

c) Aleti, direnç kutularının üzerine veya sıcaklık yayan cisimlerin yanından uzakta bulundurulmalı.

d) Aleti, sarsıntılı yerlere koymamalı.

e) Ölçmeye giren aletler, birbirlerinden uzakta bulunmalı (en az 30 cm. kadar).

f) Ölçüye başlamadan evvel aletin, sıfır ayarına dikkat etmeli.

g) Aletler, imal edildikleri frekanslarda kullanılmalıdır.

h) Mecbur olmadıkça, bütün ölçme işlemleri basit ve sade olmalıdır.

4 — Aletin ölçmede yaptığı hata, % cinsinden ifade edilir.

5 — Bir aletin hassasiyeti, onun çalışması için az yava çok akım gerektirdiğini ifade eder.

SORULAR :

- 1) Ölçü aletlerinde, kaç çeşit hata vardır?
- 2) Mutlak, bağıl ve konstrüksiyon hatası ne demektir?
- 3) Ölçü aletleri hassasiyet sınıfına göre, kaç kısma ayrılır?
- 4) Hassas aletler ifadesinden ne anlıyorsunuz?
- 5) Ölçme yapanın kaç çeşit hatası vardır?
- 6) Ölçmede dikkat edilecek hususlar nelerdir?
- 7) 500 V. luk bir voltmetrenin sınıfı 0,5 dir. ifadesinden ne anlıyorsunuz?

H — AMPERMETRE VE VOLTMETRELERİN AYARLANMASI

KONUNUN PLANI :

- Kaba ayar.
- Karşılaştırma usulü.
- Potansiyometrelerle ayar.
- Etalon pillerle voltmetrelerin ayarlanması.
- Ampermetrelerin, bakırlı voltmetrelerle ayarlanması.
- Ampermetrelerin, gümüşlü voltmetrelerle ayarlanması.

Alet imal edilip kullanılmaya başlandıktan sonra zamanla ayarı bozulur. Bunun için, kullanılan ölçü aletlerinin arada bir ayarları yapıp hataları düzeltilir. Aksi halde ölçülen değerler, bizi yanlış neticelere götürür. Bu ayarlama işi birçok deneylerle yapılabilir. Biz burada ampermetre ve voltmetrelerin ayarlanmasında kullanılan birkaç metottan bahsedeceğiz.

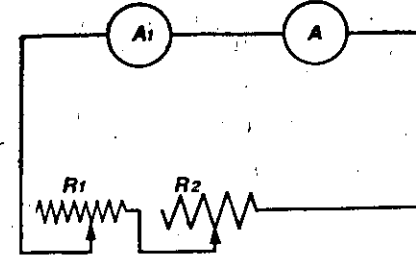
a) Kaba ayar :

Burada hiç bir deney ve tecrübeye lüzum yoktur. Yalnız ölçü aletlerini devreye bağlamadan evvel ve aletin kullanılmasına göre, göstergenin sıfır noktasında durup durmadığına bakılır. Gösterge sıfır noktasında değilse; gösterge ayar vidası, bir tornavida ile sağa sola çevrilmeye gösterge, sıfır noktasına getirilir.

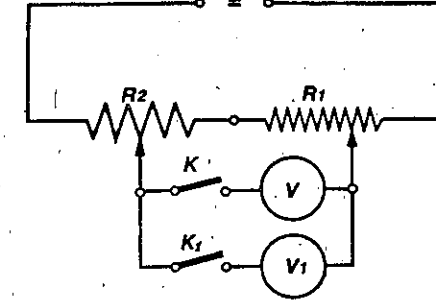
b) Karşılaştırma usulü :

1° — *Sürgülü dirençlerle ampermetrelerin ayarı* : Ölçme değerinin yanlışlığından şüphe edilen A_1 ampermetresi, karşılaştırma (etalon) A ampermetresi ile devreye seri bağlanır (Şekil: 91). Devrenin akımı, R_1 ve R_2 sürgülü dirençleriyle kademe kademe değiştirilerek iki ampermetrenin gösterdikleri değerlere bakılır. A_1 ampermetresinin gösterdiği değer, A ampermetresinden farklı ise düzeltilir. Eğer düzeltilmesine imkân yoksa bu aletle artık ölçme işi yapılamaz. Devrede, iki direncin kullanılmasına sebep; R_1 direnci devre akımını ince, R_2 direnci kaba ayar yapmak için konmuştur.

2° — *Sürgülü dirençlerle voltmetrelerin ayarı* : Burada da ayarı yapılacak V_1 voltmetresi ile etalon V voltmetresi, kaba ve ince ayar yapan R_1 ve R_2 sürgülü dirençlerine paralel bağlanırlar. Voltmetrenin K ve K_1 anahtarları kapatıldıktan sonra, R_2 ve R_1 sürgülü dirençleri, yeteri kadar değiştirilerek V_1 voltmetresinin kontrolü yapılmış olur (Şekil: 92).



Şekil : 91



Şekil : 92

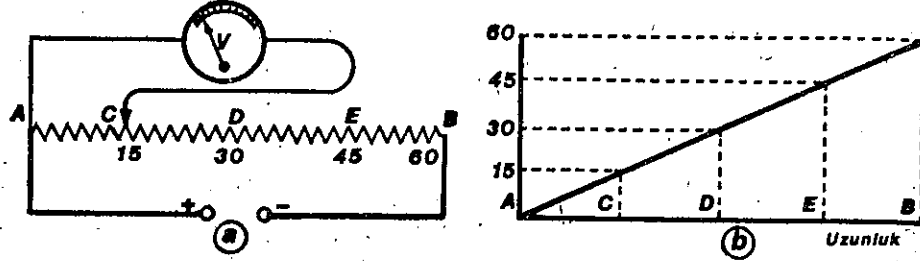
Karşılaştırma yöntemi ile ampermetre ve voltmetrelerin ayarı.

Bu deneylerle, aynı zamanda yeni imal edilmiş ölçü aletleri ile kadranı kaybolmuş veya kadran taksimatı bozulmuş aletlerin yeni baştan kadran taksimatları da yapılabilir. Şöyle ki; düzenli aralıklı ve sık taksimatlı bir kadran, ölçü aletine tespit edilir. Devredeki karşılaştırma aletinin gösterdiği değerler okunarak, yeni kadrana işaretlenir. Bu yöntemler daha ziyade sanayi de kullanılan ikinci sınıf ölçü aletlerine uygulanır. Daha hassas ayarlar, potansiyometreler veya voltmetreler yardımı ile yapılır.

c) Potansiyometrelerle ayar :

Potansiyometrelerle ölçü aletlerinin ayarlanmasına geçmeden önce potansiyometreleri tanıtmakta fayda vardır. Potansiyometreler, en basit anlamı ile bir nevi sürgülü dirençtir. Bunların sürgülü dirençlerden farkı; sürgünün her hareketinde, bir değer okunabilecek şekilde hassas olarak bölümlendirilmesidir. Potansiyometrelerin direnç değerleri oldukça yüksektir (Şekil: 93 a) da görüldüğü gibi AB arasında konulmuş ince kesitli bir tel, doğru akım üreticisine bağlanmıştır. Voltmetrenin bir ucu AB arasında hareket edebilecek şekilde terptilenir. Örneğin: AB arasında konulan tel 60 volta göre hesaplanmış ise voltmetrenin ayar ucu, sıra ile

C,D,E noktalarına getirildiğinde 15,30,45 ve 60 volt'u gösterdiği görülür. Burada gerilimin, iletkenin boyu ile doğru orantılı olduğu da anlaşılır. (Şekil: 93 b) de bu durum bir grafik ile gösterilmiştir. Böyle tertiplerle herhangi bir voltmetreyi ayarlamak gayet kolaydır. Bu sebepten bu aletlere "gerilim bölen", de denir.



Şekil : 93

Potansiyometre ve ayar karakteristiği.

Potansiyometreler; belli bir emk. sayesinde, belli olmayan bir pilin emk.i tayin etmekte, direnç ve akımların ölçülmesinde de kullanılır. Potansiyometreler çok duyarlıdır. Bu duyarlıklarından dolayı potansiyometreler; ampermetre, voltmetre ve ohmmetre gibi ölçü aletlerinin taksimatlandırılmasında ve taksimatlı aletlerin, hatalarının tayininde de kullanılır. Böyle ölçmeler için düzenlenmiş potansiyometrelerde, genel olarak AB arasındaki uzaklık bir metre alınır ve aralarında, her ayarda okunabilecek şekilde hassas olarak bölümlendirilir veya bu direnç telinin altına bir milimetrik kâğıt konur. Potansiyometrelerin ölçme alanları, çeşitli kademeli ve üzerinde değerleri yazılı direnç kutuları ile de sağlanır (Şekil: 94).

Şimdi, basit bir potansiyometre ile küçük bölümlü bir voltmetrenin nasıl ayarlandığını görelim:

1 — (Şekil: 95) deki elektrik devresi kurulur.

Burada; E_s = Standart (etalon) pil, R = Sabit direnç, R_1 = Ayarlı direnç dir.

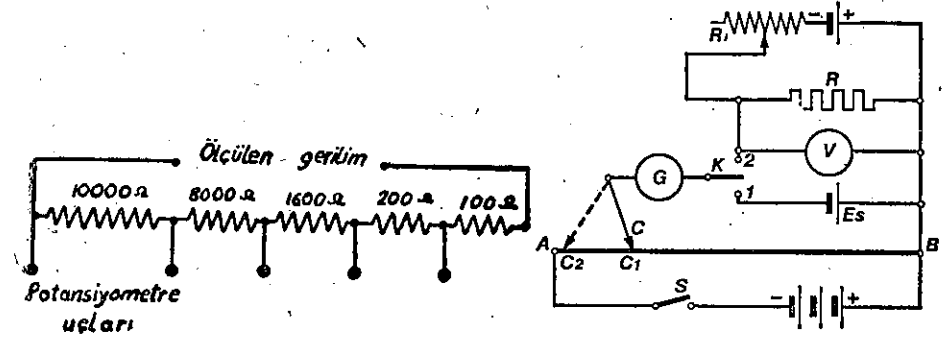
2 — Önce devrenin S anahtarı kapatılır. K anahtarı 1 durumuna getirildikten sonra potansiyometrenin ayarı yapılır, yani galvanometrenin göstergesi saptırılmaz. Bu durumda ayarı yapılan potansiyometrenin C kolu C_1 de iken C_1 ile B arası L_1 olsun.

3 — K anahtarı boşa alınır. R_1 direnci yardımıyla voltmetre en az sapacak şekilde ayarlanır

4 — K anahtarı 2 konumuna getirilerek potansiyometrenin C kolu C_2 ye alınır. Denge sağlandığında, voltmetrenin uçlarındaki gerilim = 1,018. L_1/L_2 volt dur (17)

Bulunan bu değer, voltmetre göstergesinin karşısına yazılır.

5 — R_1 direnci, kademe kademe değiştirilmek suretiyle elde edilen yeni değerler, voltmetrenin kadranı üzerine işaretlenir. Bu suretle taksimatlı voltmetrelere yeniden taksimat yapıldığı gibi, taksimatlı voltmetrelerin de taksimatları kontrol edilerek hataları varsa bu hatalar, sıra ile düzeltilebilir.



(Şekil : 94)

(Şekil : 95)

Potansiyometrenin ölçme alanını değiştiren kademeli direnç.

Potansiyometre ile bir voltmetrenin ayarlanması.

d) Etalon pillerle voltmetrelerin ayarlanması :

Sanayide dört tip etalon pil⁽¹⁾ vardır. Bu pillerden herhangi birinin yardımı ile yeni yapılmış bir voltmetre, bölümlere ayrıldığı gibi bölümlere ayrılmış voltmetrenin ölçmedeki doğruluğu da kontrol edilir. Ölçü aletinin durumuna göre aynı cins pillerden birkaç tanesi birleştirilerek ölç-

(1) 1 — Latimer Clark pili : Bunun 15°C deki emk. i 1,4326 uluslararası voltur.

2 — Gouy (Gui) pili : Bunun 14°C deki emk. i 1,383 uluslararası voltur.

3 — Daniell (Danyel) pili : Bunun 15°C deki emk. i 1,069 uluslararası voltur.

4 — Weston pili : Bunun da 20°C deki emk. i 1,0183 uluslararası voltur.

me değeri büyütülebilir. Bu piller, genellikle potansiyometrelerle birlikte kullanılır. Etalon piller, hiç bir zaman başka maksatlar için kullanılmamalıdır. Çünkü polarize olduklarından emk. leri değişir. Bu bakımdan yalnız karşılaştırma metotları için kullanılmalıdır.

e) **Ampermetrelerin, bakırlı voltametrelerle ayarlanması :**

Deney şu şekilde yapılır:

- 1 — Bir kap içerisine, bakırsulfatlı (CuSO_4) eriyik doldurulur.
- 2 — Bu eriyik içerisine, üzerleri iyice temizlenmiş ve tartılmış iki saf bakır elektrot daldırılır.
- 3 — Bu suretle elde edilmiş bakırsulfatlı voltametreye, ayarı yapılacak ampermetre seri olarak bağlanır (Şekil: 96).
- 4 — S anahtarı vasıtasıyla devreden geçen I akımı, t saniye veya D dakika sonra kesilir.
- 5 — Elektrotlar kaptan çıkarılarak iyice yıkayıp temizlenirler.
- 6 — Ve her iki elektrot yeniden tartılarak, katot üzerinde toplanan bakır miktarı tayin edilir (Bu değer, anotta eksilen miktarla da karşılaştırılır).

Örneğin: Elektrotların deneyden önceki ağırlıkları,

Katodunki M_1 gr. Anodunki P_1 gr. olsun.

Deneyden sonra tartıldığında:

Katodunki M_2 gr. Anodunki P_2 gr. olsun.

Anotta eksilen bakır miktarı : $P = P_1 - P_2$ gr.

Katotda toplanan bakır miktarı : $M = M_2 - M_1$ gr.

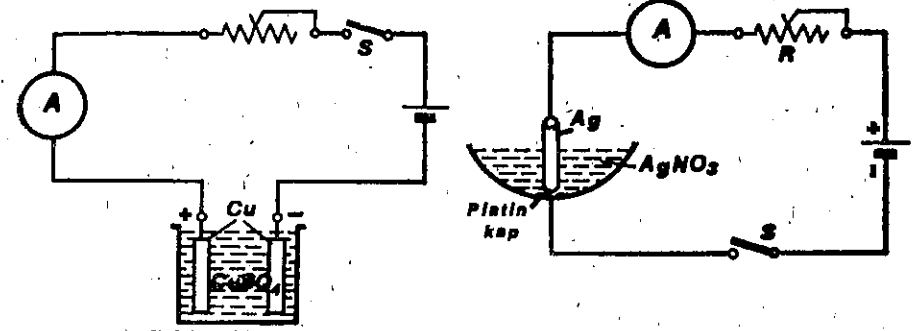
Katotda toplanan bakır miktarından, M tayin edildikten sonra Faraday kanununa göre elektrolitten geçen I akım şiddetinin değeri bulunur.

$$I = \frac{2 \cdot M \cdot 96490}{63,57 \cdot t} \text{ Amp.} \quad \dots \dots \dots (18)$$

Veya; deneyler göstermiştir ki, bir amperlik bir akım elektrolitten, dakikada 0,0197 gr. bakır açığa çıkarmaktadır. O halde:

$$I = \frac{M}{0,0197 \cdot D} \text{ Amp.} \quad \dots \dots \dots (19)$$

Formülde bulunan I akım şiddetini, devreye bağlanan ampermetre aynen gösteriyorsa ampermetre ayarı doğrudur. Değilsen bulunan değere göre düzeltilir.



Şekil : 96

Şekil : 97

Ampermetrenin, bakırlı ve gümüşlü voltametre ile ayarlanması.

f) **Ampermetrelerin, gümüşlü voltametrelerle ayarlanması:**

Bu deney şu şekilde yapılır;

- 1 — Katot görevini yapacak platin bir kap alınıp tartılır. Ve içerisine gümüşnitrat (AgNO_3) eriyiği doldurulur.
- 2 — Bu kap içerisine de, anot görevini yapacak gümüş bir çubuk daldırılır.
- 3 — Elde edilen gümüşlü voltametreye ayarı yapılacak ampermetre seri olarak bağlanır (Şekil: 97).
- 4 — Yine R direnci ile devreden geçen I akım şiddeti belirli bir değere ayarlanır.
- 5 — Deney süresi olan, 5-10 dakika sonra S anahtarı açılır.
- 6 — Platin kap boşaltılarak birkaç kez, su ile yıkayıp ve kurutulduktan sonra tartılır.

Deneyden önce tartılan platin kabın ağırlığı; M_1 gr.

Deneyden sonra tartılan platin kabın ağırlığı da, M_2 gr. olsun.

Kapta toplanan gümüş miktarı: $M = M_2 - M_1$ gr. dır.

Bulunan gümüş miktarını, formülde yerine koyarak

$$I = \frac{M \cdot 96490}{1,118 \cdot t} \quad \text{veya} \quad I = \frac{M}{0,0671 \cdot D} \quad \text{Amp. bulunur} \quad . (20)$$

Formülde bulunan I akım şiddetini, ampermetre aynen gösteriyorsa ampermetrenin ayarı doğru demektir. Değilse ayarlama yapılır. Bu deneylerde zamanı ölçmek için, kronometre veya saniyeli bir saat kullanılır.

KONUNUN ÖZETİ :

1 — Ampermetre ve voltmetreler imal edildikten sonra kullanılmalarından dolayı özellikleri bazen kaybederler. Bu bakımdan aletleri, arada bir kontrol etmek gerekir.

2 — Göstergeli ölçü aletlerinde görülebilen ilk hata; aletin duruş şekline göre göstergenin, sıfır noktası üzerinde durup durmadığıdır.

3 — Bir ampermetreyi, karşılaştırma yöntemi ile ayarlamak için onu etalon bir ampermetre ile devreye seri bağlamalıdır. Alıcının çekmiş olduğu akım, devredeki dirençlerle sıfırdan itibaren ampermetrenin en büyük ölçme alanına kadar artırılmalıdır.

4 — Bir voltmetreyi, karşılaştırma yöntemi ile ayarlamak için, onu etalon bir voltmetre ile paralel olarak aynı gerilime bağlamalıdır. Voltmetrelere tatbik edilen gerilim, sıfırdan itibaren voltmetrenin en büyük ölçme alanına kadar artırılmalıdır. Bu şekilde ayarlanan ampermetre ve voltmetre ile etalon ampermetre ve voltmetrenin gösterdikleri farklar, ya bir cetvel halinde veya bir grafik üzerinde belirtilir. Ayarlanan aletlerde okunan değerler, etalon aletlerin değerlerinden daha büyük ise, hatası pozitif küçük ise, negatif olarak kabul edilir.

5 — Potansiyometre; sürekli olarak ayarlanabilen sürgülü bir dirençtir. Gerilim ile bazı ölçü aletlerinin ayarlanmalarında kullanılır.

6 — Etalon pillerle voltmetrelerin ayarı yapılabilir.

7 — Voltmetre, elektroliz olayında akım şiddetlerinin ve elektrik miktarlarının ölçülmesinde kullanılır.

SORULAR :

- 1) Ölçü aletleri hangi hallerde ayarlanır?
- 2) Kaba ayar ne demektir ve nasıl yapılır?
- 3) Hangi tip ölçü aletlerinin ayarları sık sık bozulur, neden?
- 4) Karşılaştırma yöntemi ile ampermetre ve voltmetre nasıl ayarlanır?
- 5) Potansiyometre nedir ve ne işe yarar?
- 6) Bir ampermetrenin, bakırlı voltmetre ile ayarlanmasını açıklayınız?

Akım ve Gerilim Ölçen Aletlerin Ölçme Alanlarının Genişletilmesi

BÖLÜM

2

KONUNUN PLANI :

Nedeni :

- 1) Ampermetrelerin ölçme alanlarının genişletilmesi.
- 2) Kademeli ölçme alanlı ampermetreler.
- 3) Voltmetrelerin ölçme alanlarının genişletilmesi.
- 4) Kademeli ölçme alanlı voltmetreler.
- 5) Ölçü transformatörleri.

A — Akım transformatörleri. B — Gerilim transformatörleri.

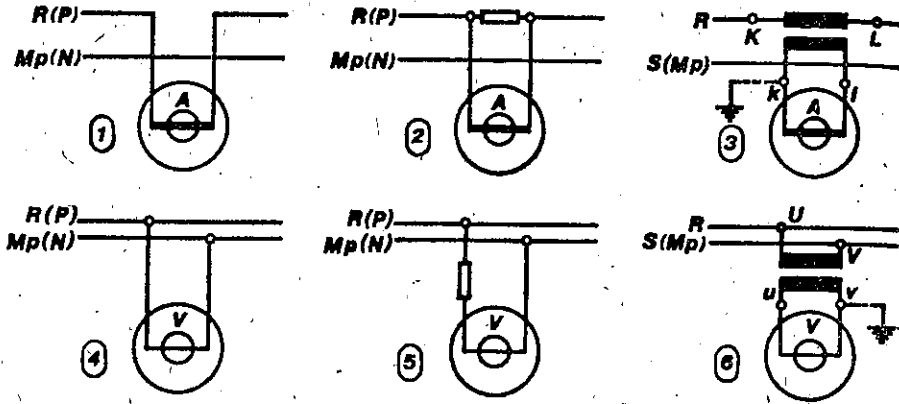
Nedeni : Ampermetre ve voltmetreler; yapıları itibarıyla umumiyetle küçük değerlerdeki akım ve gerilimleri ölçen, ölçü aletleri olduğundan kadranları da buna göre bölümlendirilmiştir. Uygulamada aynı ölçü aletinden yararlanılarak bundan daha büyük değerleri ölçmek icap eder.

Örneğin: En büyük ölçme değeri 5 amper olan bir ampermetre ile ancak, 5 amper kadar olan akım şiddetlerini direkt olarak ölçebiliriz. Biz istiyoruzki bu ampermetre ile 20 A. veya 50 amper çekebilene bir cihazın akım şiddetini ölçelim. Halbuki aletin bobini, ölçülecek olan bu akıma dayanamayıp yanar. Buna engel olmak ve değişik değerleride ölçebilmek için ayn. alete, hariçten ilâveler yapılır. Çünkü aletin yapısında (sabit ve hareketli kısımlarında) bir değişiklik yapamayız. Voltmetrelerde de aynı düşünce hakim olup en büyük ölçme alanına kadar devreye direkt olarak bağlanırlar. Bundan büyük değerlerin ölçülmesi için, yine hariçten alete ilâveler yapılır. O halde: Bir ölçü aletinin ölçme alanının genişletilmesi demek; en büyük ölçme alanı⁽¹⁾ belirli bir ölçü aletine yapılan ilâvelerle, ölçme sınırı dışına çıkılarak yapılan ölçmedir.

(1) Ölçme alanı: Aletin ölçebileceği en küçük değerle en büyük değer arasındır. (Örneğin: 0—10 A, 0—500 V. gibi).

Demek ki; elektrikli büyüklüklerin ölçülmesinde kullanılan ölçü aletleri, devreye iki şekilde bağlanıp ölçme yapılır.

a) *Direkt ölçme:* Araya bir vasıta konmadan doğrudan doğruya aletin devreye bağlanması ile yapılan ölçmedir (Şekil: 98-1 ve 4).



Şekil : 98

Ampermetre ve voltmetrelerin direkt ve indirekt bağlantıları.

b) *Endirekt ölçme:* Araya bir yardımcı vasıta konularak yapılan ölçmeye denir (Şekil: 98 de 2, 3, 5 ve 6).

Ölçülecek akım ve gerilimin cinsine göre alete yapılan bu ilâveler isim alır.

Doğru akım devrelerinde, ampermetreye yapılan ilâveye şönt (Şekil: 98-2), voltmetreye yapılan ilâveye ise ön direnç adı verilir (Şekil: 98-5). Alternatif akım devrelerinde ise; akım ve gerilim transformatörlerinden istifade edilir (Şekil: 98 de 3-6). Gerek doğru akım, gerekse alternatif akım devrelerinde kullanılan bu yardımcı vasıtaların hepsine birden, ölçü değışkisi adı verilir. Şimdi sıra ile bu değışkiler hakkında kısa bilgiler vermeğe çalışalım.

1 - Ampermetrelerin ölçme alanlarının genişletilmesi (DA)

Ampermetrelerin, devreye seri bağlanıp alıcının çektiği akımı ölçen aletler olduğunu biliyoruz. Bu aletlerle ölçülecek akım, kadranın gösterebileceği akımın birkaç katı ise; devreden çekilen akımın büyük kısmını, aletin bobinine paralel bağlı küçük dirençli bir koldan geçirmek lâzımdır. İşte, bu ilâve kola yan direnç veya şönt denir.

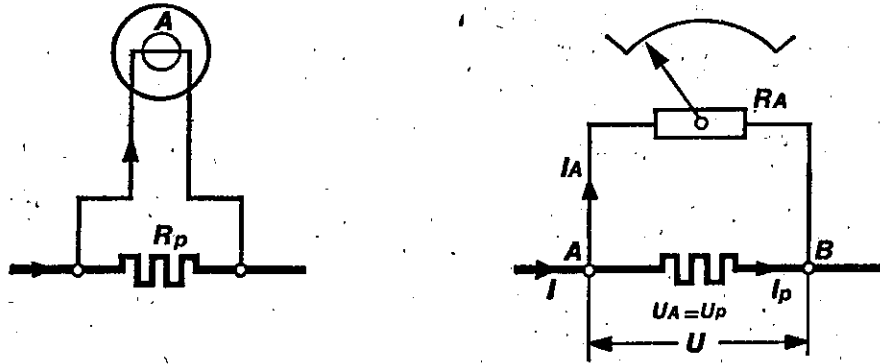
Elektromanyetik ampermetreler, direkt ölçmeler için istenilen değerde yapılıp kullanıldığı halde termik, elektrodinamik ve bilhassa döner bobinli ölçü aletleri yapıları itibariyle amperin çok altındaki akım değerlerini ölçebilirler. Bunlarla daha büyük akım değerlerini ölçmek zorunluluğu doğduğu zaman mutlaka yapım bakımından şönt kullanmak gerekir. (Şekil: 99). Halbuki; elektromanyetik aletlerin maliyeti, şöntlü aletlerin yanında çok düşük olup istenen alanlı bir alet almak daha ekonomiktir. Diğer taraftan; aletin akım bobininden çeşitli uçların dışarı çıkarılmasıyla, ilerde göreceğimiz "kademeli ölçme alanlı ampermetreler" yapımının kolay olması gibi avantajlarından, elektromanyetik ampermetrelerin ölçme alanını genişletmeye pek gerek kalmaz. Buna rağmen icap ederse, döner bobinli aletlerde olduğu gibi hareket edilir.

Gerekli şöntün tayininde, paralel bağlı direnç kurallarından faydalanılır. Şöntle, aletin bobini paralel bağlı olduğu için, her ikisinde düşen gerilim aynıdır. Bu gerilim şöntteki akımla doğru orantılı olduğundan ölçü aletin kadranı, doğrudan doğruya şöntten geçen akıma göre takimatlandırılmıştır (yapılan deneyler göstermiştir ki ölçü aletinden geçen akım, şöntteki akıma oranla çok küçük olduğundan ihmal edilebilir. Böylece şöntten geçen akım, ölçülecek akım demektir).

Ampermetreye bağlanacak bir şönt direncinin hesaplanabilmesi için, aşağıdaki bilgilerin doğru olarak bilinmesi gereklidir.

- Ampermetrelerin iç direnci.
- Ampermetrenin en büyük ölçme alanı (aletin ölçtüğü en büyük akım).
- Aynı aletin, yeni ölçme alanının ne olacağı (ölçülmesi istenen akım).

Şimdi, ampermetreye bağlanmış bir şöntün değerini hesaplayalım. (Şekil: 99) daki harflerin anlamları;



Şekil : 99

Bir şöntün bir ampermetreye bağlanması.

I = Devreden geçen toplam akım, yani ölçülmek istenilen akım (Amp.)

I_A = Ampermetrenin ölçülebileceği en büyük akım (Amp.)

I_p = Şöntten geçen akım (Amp.)

R_p = Şöntün değeri (Ohm.)

R_A = Ampermetrenin iç direnci (Ohm.)

U_p = Şöntte düşen gerilim (V.)

U_A = Alette düşen gerilim (V.)

Şekildeki devrede, AB' arasına bağlanan şöntte düşen gerilim:

$$U_p = I_p \cdot R_p \quad (a)$$

Aynı noktalar arasına bağlanan ampermetrede düşen gerilim:

$$U_A = I_A \cdot R_A \quad (b)$$

Paralel kollarda düşen gerilimler birbirlerine eşit olduğundan (a) ve (b) deki değerlerde birbirlerine eşittir. O halde;

$$I_p \cdot R_p = I_A \cdot R_A \text{ yazılır. Burdan } R_p \text{ nin değeri}$$

$$R_p = \frac{I_A \cdot R_A}{I_p} \text{ olur.} \quad (c)$$

Birinci Kirchhoff (*) kanununa göre; A noktasına gelen akım ikiye ayrılmıştır. (I_p ve I_A gibi)

$$I = I_p + I_A \text{ yazılır. Şöntten geçen akım ise}$$

(*) Kirchhoff (1824-1887), Alman fizikçisidir.

$$I_p = I - I_A \text{ dir.} \quad (d)$$

(d) deki değeri, (c) de yerine koyalım.

$$R_p = \frac{I_A \cdot R_A}{I - I_A} \text{ bulunur. Buradaki eşitliğin pay ve paydasını } I_A \text{ ya bölelim.}$$

$$R_p = \frac{I_A \cdot R_A}{I - I_A} \text{ bu değeri kısalttığımızda}$$

$$R_p = \frac{R_A}{\frac{I}{I_A} - 1} \text{ yazılır. Bu ifade de } \frac{I}{I_A} = n \text{ diyelim.}$$

n : Dönüştürme oranı veya yükseltme katsayısıdır. Formülde yerine koyalım.

$$R_p = \frac{R_A}{n - 1} \text{ om olarak şöntün değeri bulunmuş olur.} \quad (21)$$

R_A : Ampermetrenin iç direnci olup, değeri aletin üzerinde yazılır, yazılı değilse bir ommetre ile ölçülebilir.

Formülden çıkan neticeye göre aletin en büyük ölçme (okuma) değerini değiştirmiş oluyoruz. Bu duruma göre aletin; ya kadranındaki taksimat aralıklarını veya kadranını değiştirmek gerekir. Buna imkân olmadığına göre, ölçmede okunan yeni değerleri hesaplayabilmek için, bir katsayı bulmak gerekir. İşte, dönüştürme oranında bulunan n sayısı bu işe yarar.

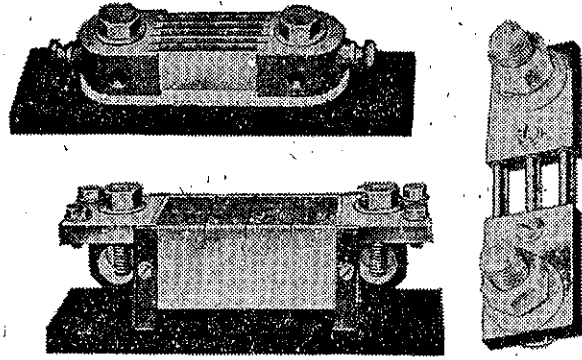
Örneğin: 5 amperlik bir ampermetre ile 50 amper ölçülmek istenirse alete bir şönt bağlanır. Gösterge, örneğin; kadran taksimatı üzerindeki üç rakamı üzerinde duruyorsa, bu durumda ölçülen değer 30 Amp. dir.

Yani, $n = I/I_A = 50/5 = 10$ dur. Demek ki bu şönt, alete bağlandığı zaman iki taksimat arasında okunan değeri, 10 katı arttırmıştır. O halde yukardaki örnekte ölçülen değer,

$$I = I_A \cdot n = 3 \cdot 10 = 30 \text{ A. okunmuş olacaktır.}$$

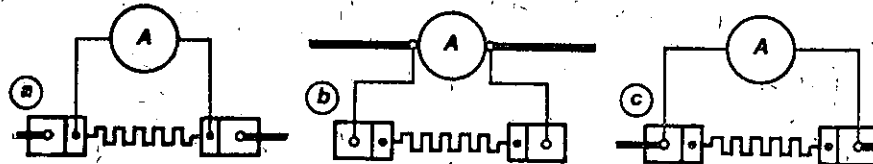
Kısaca: n öyle bir değer ki; şöntle ölçme alanı değiştirilen bir ampermetrenin, kadran bölümleri arasını yeni baştan düzenleyen bir katsayısıdır.

Şöntler, genellikle 50 Ampere kadar akımların ölçülmesinde aletin içinde, bundan yüksek akımların ölçülmesinde ise aletin dışında bulunur. Çünkü, ölçülecek akım yükseldikçe buna ait şönt, aleti kutusu içersine sığdıramayacak kadar hem büyük olur, hem de şöntün meydana getirdiği ısı, alete etki eder. Aletin dışında kullanılan şöntler, ampermetreleri yapan fabrikalar tarafından aletle birlikte verilir. Bazı ampermetrelerin bir değil birkaç adet şöntü vardır ve bunlar özel kutular içinde korunarak, ölçmelere uygun olanı alete bağlanır. Bu şöntler, genellikle alçak ısı katsayılı konstantan veya manganin materyallerinden, ya yuvarlak çubuk şeklinde veya lama olarak yapılırlar (Şekil: 100). Lama şeklinde olanlar daha az ısındıklarından ekseriya yüksek akımların ölçülmesinde kullanılırlar.



Şekil : 100
Muhtelif Şöntler

Kendi ampermetresine ait olan bu şöntler, bir başkası ile değiştirilemedikleri gibi kısaltılıp uzatılmazlar da, değerleri hep sabit olup üzerinde yazılıdır (300 A/60 mV, 50 A/300 mV gibi). Eğer bir yanlışlık olursa, aletin hatalı göstereceği hatırdan çıkarılmamalıdır. Ayrıca, şöntlerin alete bağlanması da çok önemlidir. (Şekil: 101 a) da gösterilen bağlantı doğ-



Doğru.

Şekil : 101

Yanlış.

Yanlış.

rudur. Bunun dışında yapılan bağlantı şekilleri (Şekil : 101 b, c gibi) ölçüm yanlışlığına sebep olur.

Ampermetreye bağlanan şöntler de bilinmesi gerekli hususlar şunlardır:

1°) Şöntün, sıcaklıkla değerini değiştirmemesi.

2°) Alet devreye bağlı kaldığı sürece; ampermetre direncinin, şönte oranı sabit kalması.

3°) Bağlama vidalarının iyice sıkıştırılması (aksi halde temas yerlerinin direnci de devreye girer).

2) Kademeli ölçme alanlı ampermetreler (DA.)

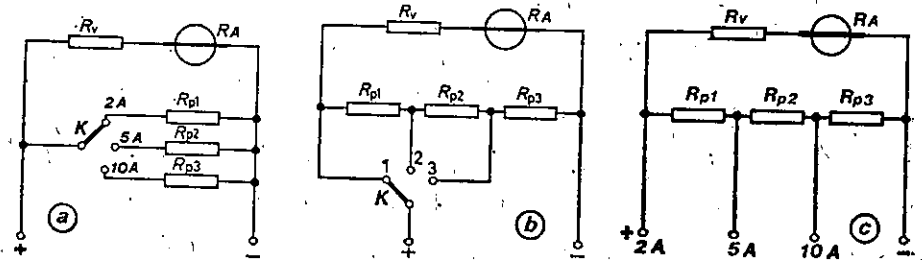
Yukarıdaki açıklamalarımızda bir ampermetrenin, bir şönt ile ölçme alanının nasıl değiştirildiğini gördük. Tatbikatta çeşitli kademelerdeki akım değerlerini bir ampermetre ile ölçüp okumak icap ettiği zaman aynı alete, birden fazla şöntler bağlanarak imal edilirler. Bu ti paletlere, "kademeli ölçme alanlı ampermetreler" denir. Böyle aletlerin avantajları şunlardır.

a — Bir ölçü aleti ile, çeşitli kademelerdeki akım büyüklüklerinin ölçülmesi,

b — Her kademedeki büyüklüğü, geniş bir kadran taksimatı üzerinde daha hassas ve doğru okuyabilmek imkânının mevcut olması,

c — Duruma göre birkaç ölçü aletinin yerine, bir ölçü aleti kullanarak mali yönden iktisat etmektir.

Bu tip aletlerin; ölçme alanlarının değiştirilmesinde kullanılan şöntlerin bağlantı uçları alet muhafazası üzerine ya iki uç olarak veya her şöntün ucu ayrı olarak çıkarılmıştır. İki bağlama uçlu olan kademeli ampermetrelerin ölçme alanı, (Şekil: 102 a ve b) de görüldüğü gibi alet-



Şekil : 102

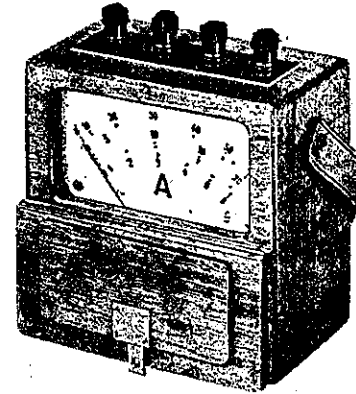
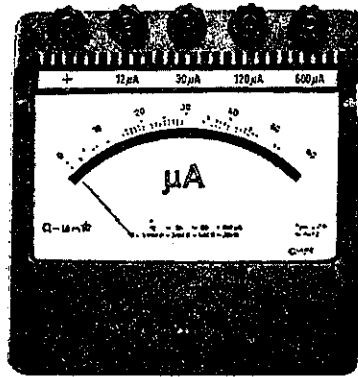
Kademeli ölçme alanlı ampermetrelere, şöntlerin bağlanması.

üzerine tespitli ve değerleri üzerinde yazılı bir seçici K anahtarı (komütatör) yardımı ile değiştirilir. Her şönte ait uçları dışarı çıkarılan çok uçlu kademeli ampermetrelerde de, bu uçların hangi akımda kullanılacağı yine yanlarına yazılmış olup (Şekil: 102 c), bağlantıları da ona göre yapılır.

Çeşitli kademelerdeki akım değerlerinin daha hassas ölçülmesi (Şekil: 102 b ve c) deki bağlantılar ile mümkündür. Çünkü, her kademe değişiminde aletin bobinine seri direnç ilâve edildiğinden, şöntle birlikte kontrol imkânı daha iyi sağlanır.

Örneğin: Ölçülecek akıma göre seçilmiş bu şöntlerden (Şekil: 102 c) de 2 amperlik uç kullanıldığı zaman R_{p1} , R_{p2} , R_{p3} şöntleri seri bağlanmıştır. 5 amperlik uç kullanıldığı zaman, R_{p1} aletin bobini ile seri duruma geçer. R_{p2} ile R_{p3} ampermetreyi şöntler. 10 amperlik uç kullanılırsa R_{p1} ile R_{p2} aletle seri bağlanıp R_{p3} ise ampermetreyi şöntler Bu düzene "ön direnç kumandalı akım ölçme" bağlantısı da denir.

Bu ampermetrelerin kadrantları üzerindeki taksimatlı bölüm kademesi, aletin cinsine göre genellikle bir veya üst üste iki sıra olduğu halde, bazı tiplerinde daha fazladır. (Şekil: 103, 104) de böyle kadrantlı, iki tip ampermetre gösterilmiştir.



Şekil: 103-104

Kademeli ölçme alanlı ampermetreler.

SORULAR :

1 — 10 amperlik ampermetre ile 50 amperlik bir devrenin akım şiddeti ölçülecektir. Ampermetrenin iç direnci 0,05 om olduğuna göre ampermetreye bağlanacak şöntün değeri kaç om dur?

$$C: R_p = 0,0125 \text{ om.}$$

2 — İç direnci 0,1 om olan 1 amperlik bir ampermetre ile 100 amperi ölçebilmek için kullanılacak şöntün değeri ne olmalıdır?

$$C: R_p = 1/990 \text{ om.}$$

3 — Sıfırdan 100 ampere kadar bölümlendirilmiş bir ampermetre ile 500 amperlik akımları ölçmek istiyoruz. Ampermetreye bağlanacak şöntün direnci ile ampermetre direncine oranı ne olmalıdır?

$$C: R_p / R_A = 1/4$$

4 — İç direnci 0,1 om olan bir ampermetrenin, dönüştürme oranının 10 olduğu tespit edilmiştir. Bu ampermetreye bağlanan şöntün değerini bulunuz.

5 — İç direnci, 20 om olan ve 20 mA e kadar ölçebilen bir ampermetre yardımı ile 10 Amp. e kadar olan değerleri ölçmek istiyoruz.

a) Şöntün değerini hesaplayınız?

b) Şöntlenmiş olan ampermetre, 8 mA. i gösterdiği zaman ana devreden geçen akımı bulunuz?

$$C: a) R_p = 0,04 \text{ om.}$$

$$b) I = 4 \text{ A.}$$

6 — İç direnci 0,01 om olan 10 amperlik bir ampermetre ile 80 A. ölçmek istiyoruz. Şöntte ve ampermetre boboninde düşen gerilimi bulunuz?

$$C: 0,1 \text{ V.}$$

7 — İç direnci 15 om olan bir ampermetre, 150 voltluk bir devreye bağlandığı zaman tam sapmadan, aletin bobininden geçen akım 0.01 A. iken 75, 150 ve 300 Amper için şönt direncinin değerini sıra ile bulunuz?

$$C: 0,002, 0,0010 \text{ ve } 0,00050 \text{ om dur.}$$

8 — $U_A = 60 \text{ mV}$, $I_A = 0,6 \text{ mA}$, $I = 6 \text{ mA}$, ise $R_p = ? \text{ om.}$

$$C: 11,1 \text{ om.}$$

9 — $R_A = 50 \text{ om}$, $I_A = 6 \text{ A}$. ise $R_p = ? \text{ om.}$

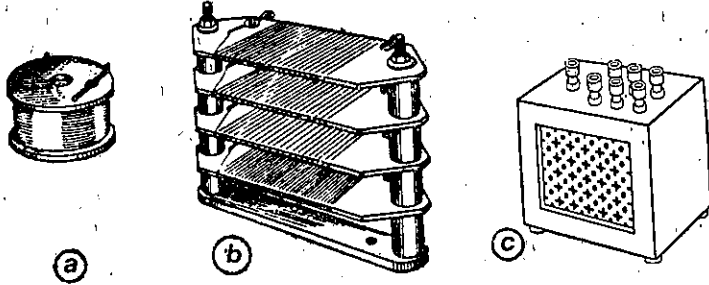
$$C: 0,01667 \text{ om.}$$

3) Voltmetrelerin ölçme alanlarının genişletilmesi (DA.)

Voltmetrelerin de ya gerilim kaynağının uçları arasına doğrudan doğruya veya devrede bulunan herhangi bir altıcı ile paralel bağlandığını biliyoruz. Yalnız, voltmetreler yapılış itibarıyla (elektrostatik voltmetreler hariç) çok küçük gerilimler ölçebilirler. Tatbikatta ise genellikle, bundan daha yüksek gerilimlerin (1—10—100—1000 V... gibi) ölçülüp bilinmesi gerektiğinden alete, seri olarak yüksek değerli bir direnç bağlanır. Biz bu dirence, **ÖN DİRENÇ** diyoruz.

Bu direncin bağlanmasından gaye; ölçü aletinin ölçülebileceği gerilimden fazlasını bu direnç üzerinde düşürmektir. Böylece aletin ölçme alanından daha büyük gerilimlerin ölçülmesi sağlanmış olur.

Ön dirençler de, ampermetrelerde kullanılan şöntler gibi özelliklerini sıcaklıkla değiştirmeyen ve düşük ısı katsayılı konstantan, manganin veya bakır - nikelli iletkenlerden yapılır. Bu iletkenler, ya makaralara veya yalıtkan lama levha üzerine sarılırlar (Şekil: 105 ab).



Şekil: 105

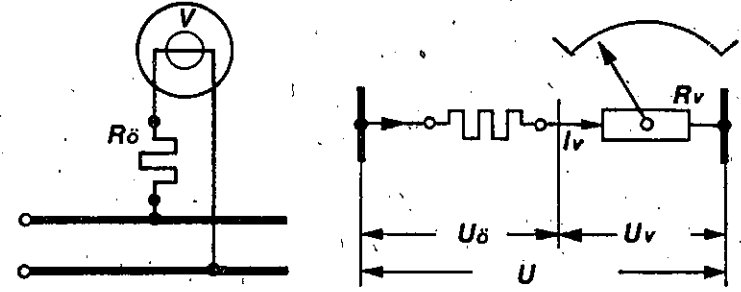
Voltmetre ön dirençleri.

Genellikle 600 V. a kadar ölçmeler yapan voltmetrelerin ön dirençleri; aletin muhafazası içinde, bundan yüksek gerilimlerin ölçülmesinde ise aletin dışında, delikli özel kutular içine konur (Şekil: 105 c). Bu delikler, ısınan ön dirençlerin soğumasını kolaylaştırırlar. Ön dirençlerde, şöntler gibi aleti yapan fabrikalar tarafından birlikte verilir. Verilen bu direnç kutularının üzerinde içindeki ön direncin, hangi gerilimde kullanılacağı ile çektiği akım yazılıdır (60 V/50 mA, 600 V/5 mA gibi).

Bu ön dirençlerin değerleri uygun olarak hesaplanmış ise, voltmetrenin gösterdiği en yüksek değer, tatbik edilen gerilimden çıkarıldığında

kalan gerilim, ön direnç üzerinde düşerse alet hatasız bir ölçme yapmış olur. Alete bağlanan ön direnç değerinin hesaplanması için, seri bağlı dirençlerde kullanılan kurallar dikkate alınır.

Şimdi, voltmetreye bağlanmış bir ön direnç değerinin nasıl hesaplandığını görelim (Şekil: 106).



Şekil: 106

Bir ön direncin bir voltmetreye bağlanması.

Şekildeki harflerin anlamları:

U = Devreye tatbik edilen gerilim (V).

U_ö = Ön dirençteki gerilim düşümü (V).U_v = Voltmetrenin gösterdiği maksimum gerilim (V).R_v = Voltmetrenin iç direnci (Ω). R_ö = Ön direncin değeri (Ω).I_v = Ön direnç ve aletten geçen akım (A).

Ohm kanununa göre;

$$I_v = \frac{U_{\text{ö}}}{R_{\text{ö}}} \dots \text{ön dirençten geçen akım} \dots \dots \dots (a)$$

$$I_v = \frac{U_v}{R_v} \dots \text{voltmetrenin çektiği akım} \dots \dots \dots (b)$$

(a) ve (b) deki I_v ler aynı olduğundan (seri devreler)

$$\frac{U_{\text{ö}}}{R_{\text{ö}}} = \frac{U_v}{R_v} \dots \text{ yazılır, buradan } R_{\text{ö}} \text{ yü bulalım.}$$

$$R_s = R_v \cdot \frac{U_s}{U_v} \text{ olur.} \quad (c)$$

$U = U_s + U_v$ olduğundan burada U_s ise,

$$U_s = U - U_v \text{ dir.} \quad (d)$$

(d) değerini (c) de yerine koyalım.

$$R_s = R_v \cdot \frac{U - U_v}{U_v} \text{ veya } R_s = R_v \left(\frac{U}{U_v} - 1 \right) \text{ yazılır.} \quad (e)$$

buradaki, $\frac{U}{U_v} = n$ dersek,

$n =$ dönüştürme oranı veya yükseltme katsayısıdır. (e) de yerine koyalım.

$$R_s = R_v \cdot (n - 1) \Omega \text{ olarak ön direncin değeri bulunmuş olur.} \quad (22)$$

Örneğin: Elimizde, iç direnci 1000 om olan 10 V. luk bir voltmetre var. Bu alete uygun bir seri direnç bağlayarak 100. V luk bir voltmetre yapmak istiyoruz. Bu duruma göre, aşağıdaki değerleri bulalım.

- Dönüştürme oranını,
- Voltmetreye bağlanacak ön direncin değerini,
- Yeni ölçme alanlı voltmetrenin kadran taksimat aralıklarını,
- Gösterge, 4 rakamı üzerinde duruyorsa ölçülen gerilimi,
- Devre gerilimi, 90 volt ise gösterge hangi rakam üzerinde durur?

Verilenler: $U = 100 \text{ V.}, U_v = 10 \text{ V.}, R_v = 1000 \Omega$ olduğuna göre

$$a) n = U/U_v = 100/10 \quad n = 10$$

b) (22) formülünden,

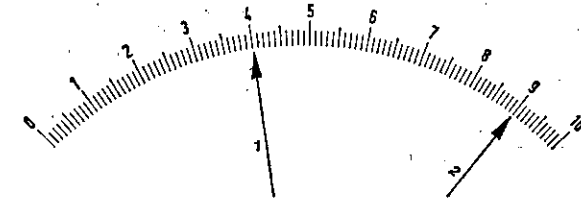
$$R_s = R_v \cdot (n - 1) = 1000 \cdot (10 - 1)$$

$$R_s = 9000 \Omega$$

Böylece 10 V. luk voltmetremizin ölçme alanını, 100 V. a çıkarmamız için 9000 om luk bir direnci, alete seri olarak bağlamak gerekir.

$$c) U_v = \frac{U}{n} = \frac{100}{10} = 10$$

Kadranın 10 voltluk maksimum alanı, 100 volta çıkarıldığına göre her taksimat arası 10 katı büyümüş olur. Yani, gösterge nerde durursa dursun okunan değerler 10 la çarpılacak demektir.



Şekil: 107

d) Gösterge, 4 rakamı üzerinde durduğuna göre okunan değer;
 $U = 4 \cdot n = 4 \cdot 10 = 40 \text{ V.}$ tur (Şekil: 107 de 1 durumu).

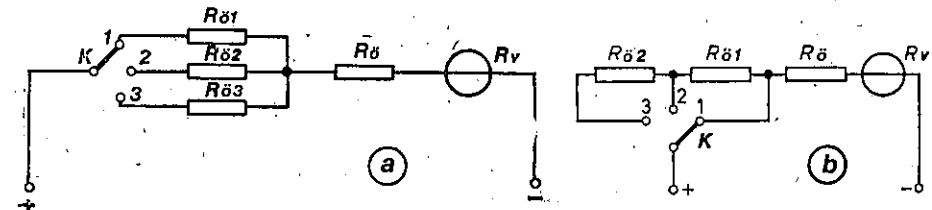
e) Devre gerilimi $U = 90 \text{ V.}$ olduğuna göre göstergenin durduğu yer,

$$U_v = \frac{U}{n} = \frac{90}{10} = 9 \text{ rakamıdır (Şekil: 107 de 2 durumu).}$$

4) Kademeli ölçme alanlı voltmetreler (DA)

Kademeli ölçme alanlı ampermetreler gibi voltmetrelerde, tablo aletleri hariç genellikle kademeli olarak yapıp kullanılır. Bundan maksat istenilen büyüklükteki gerilimleri bir alet ile ölçebilmektir. Bu da çeşitli değerlerdeki ön dirençleri, voltmetreye seri bağlamakla sağlanır. Diğer bir ifade ile bir voltmetrenin ölçme alanı, seri dirençlerin değerini değiştirerek değiştirilebilir.

Kademeli ölçme alanlı voltmetrelerin her kademesine ait ön dirençlerinin uçları, ya aletin K seçici anahtar kontaklarına (Şekil: 108 a b),



Şekil: 108

Kademeli ölçme alanı voltmetrelere, ön dirençlerin bağlanması.

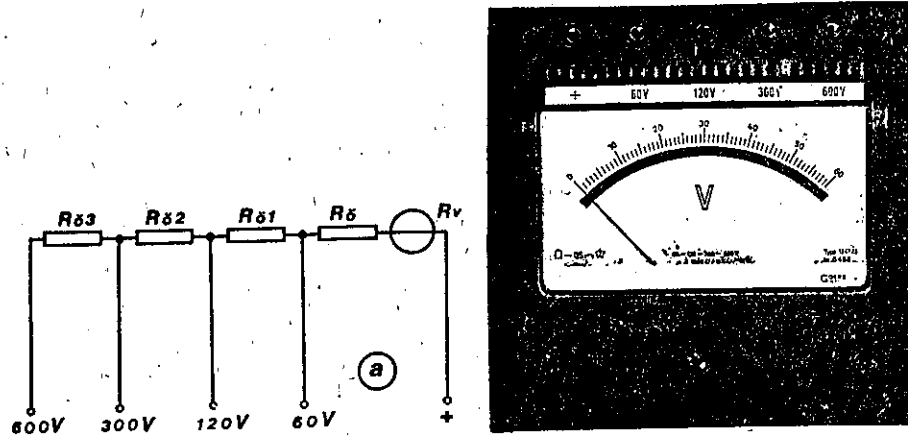
veya aletin üzerindeki bağlantı vidalarına ayrı ayrı tespit edilir (Şekil: 109).

(Şekil: 108 a) da her büyüklüğe ait ön dirençler, ayrı ayrı (müstakil olarak) aletin bobinine seri bağlandıkları halde. (Şekil: 108 b) ve (Şekil: 109 a) da ise ölçülen gerilim yükseldikçe ön dirençlerde, birbirlerine seri olarak bağlanırlar.

Bu tip ölçü aletlerinin ölçebileceği gerilim kademeleri aletin üzerindeki bağlantı vidalarının yanına veya seçici anahtarın karşısına işaretlenmiştir. Her kademede ölçülen gerilimlerin okunması için, aletin kadranı ayrı ayrı bölümlendirildiği gibi bir veya iki sıra halinde de bölümlendirilir.

Kadranı bir bölümlü olan bu tip ölçü aletlerinde dikkat edilmesi gereken en büyük özellik, her kademede ölçülen gerilimi doğru olarak okuyabilme yeteneğine sahip olmaktır.

(Şekil: 109 b) de gösterilen ölçü aleti üzerinde bunu açıklayalım. Görüldüğü gibi aletin kadranı 60 V. a göre bölümlendirilmiştir. 60 V. a kadar ölçülen değerler, göstergeden doğrudan doğruya okunabilir. Eğer, aletin 60 V. ucu değil de 120, 300 veya 600 V. luk ön direnç uçlarından biri kullanılmış ise o zaman alette ölçülebilen değer, şöyle okunur. Örneğin;



Şekil: 109

Bağlantı uçları dışarda olan, kademeli ölçme alanlı bir voltmetre.

a) Aletin 120 V. luk bağlantı ucu kullanılmış ise, mevcut kadran bölümü 60 V. a göre değil, 120 V. a göre bölümlendirildiği kabul edilip,

okumada 120 V. a göre yapılır. Aynı yöntem; 300 ve 600 volt içinde geçerlidir.

Kısaca: Aletin üzerinde, değeri belirtilmiş ön direncin hangi bağlantı ucu kullanılmış ise, mevcut kadran, o değere göre bölümlendirilmiş var sayılır (kabul edilir).

b) Bu duruma göre alete bağlanan her ön direnç için, bir yükseltme katsayısı tayin etmek gereklidir. Bu katsayı; voltmetrenin her bağlantı vidası üzerindeki değeri ölçü aletinin kadranı üzerindeki maksimum değere bölmekle bulunur.

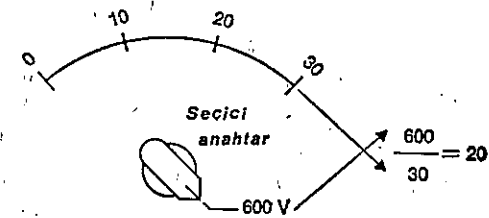
Aletin kadranı üzerindeki maksimum değer 60 V. dur. Eğer biz, 300 V. luk ucu kullanmış isek, o zaman; $n=300/60=5$ bulunur. Kadranda okunan değer, bu 5 ile çarpılırsa ölçülen gerilim bulunmuş olur.

Örneğin; gösterge, kadran üzerinde 20 sayısı üzerinde durmuş ise,

Ölçülen değer $=20 \cdot 5=100$ V. tur, eğer 600 V. luk uç kullanılmış ise; $n=600/60=10$ dur. Burada da ölçülen değer $=10 \cdot 20=200$ V. tur. Bu durumu bir formüle bağlarsak;

$$\text{Ölçülen değer} = n \cdot \text{okunan değer} \dots \dots \dots (23)$$

Şayet; ön dirençlerin uçları, K kesici anahtar kontaklarına tespitli ve dışarıya iki bağlantı ucu çıkarılmış ve yine aletin kadranı tek bölümlü ise ölçme, yine aynı yöntemle yapılır.



Şekil: 110

Şöyleki; Aletin seçici anahtarını hangi kademeye çevirsek çevirelim, işaret ettiği gerilim, kadranın en büyük değerine bölünür ve çıkan sayı, göstergede okunan değerle çarpılırsa bize ölçülen büyüklüğün değerini verir (veya yeni ölçme alanlı bir voltmetreye çevrilmiş olur).

Örneğin, seçici anahtar 600 V. luk kademeye çevrilmişken gösterge de 10 rakamı üzerinde dursa, ölçülen gerilim 200 V. tur. (Şekil: 110) da

gösterildiği gibi yeni ölçme alanlı voltmetrenin önce, yükseltme veya dönüştürme oranını (n) buluruz.

$n = \frac{600}{30} = 20$ bu çıkan sayı, göstergede okunan 10 rakamı ile çarpılırsa, ölçülen değer bulunmuş olur. Yani, ölçülen gerilim $= 20 \cdot 10 = 200$ V. tur.

SORULAR :

1 — İç direnci 10.000 om olan, 100 voltluk bir voltmetre ile 300 voltluk bir devrenin gerilimini ölçmek istiyoruz. Ön direncin değerini bulunuz?

C: $R_o = 20.000$ om.

2 — 150 voltluk bir voltmetre ile 600 voltluk bir devrenin gerilimini ölçmek istiyoruz. Voltmetrenin direnci 15.000 om olduğuna göre ön direncin değeri ne olur?

C: $R_o = 45.000$ om.

3 — 0,3 voltluk bir voltmetre ile 1,5 voltluk gerilimi ölçmek istiyoruz. Aletten geçen akım 0,6 mA. olduğuna göre voltmetreye bağlanacak ön direncin değeri ne olur?

C: $R_o = 2000$ om.

4 — İç direnci 13.000 om olan 30 voltluk bir voltmetre ile 150 voltluk bir devrenin gerilimini ölçmek istiyoruz. Voltmetreye bağlayacağımız ön direncin değerini ve mevcut kadran taksimat aralıklarının, kaç voltu gösterdiğini bulunuz?

C: $R_o = 52.000$ om. ve her taksimat aralığı 5 voltu gösterir.

5 — İç direnci 1500 om olan 220 voltluk bir voltmetre ile 380 voltluk gerilimlerin ölçülmesi isteniyor. a) Dönüştürme oranını, b) Ön direncin değerini, c) Alete ön direnç bağlı iken gösterge, 100 voltu gösterdiğine göre devrenin gerilimini bulunuz?

C: a) $U/U_v = 380/220 = 1,7$ volt.

b) $R_o = 1050$ om.

c) $U = n \cdot 100 = 1,7 \cdot 100 = 170$ volt.

6 — Dönüştürme oranı $n=5$ olan bir voltluk bir voltmetrenin iç direnci, 150 om ise bu alete bağlanan ön direncin değerini bulunuz?

C: 600 om.

7 — Direnci 1000 om ve ölçme alanı 3 V. olan bir voltmetre ile 300 voltluk bir devrenin gerilimini ölçmek istiyoruz.

a) Ön direncin değerini,

b) Ön direnç bağlı voltmetre, devreye bağlandığında göstergesi 2,3 voltu gösterdiğine göre devre gerilimi kaç voltur?

C: $R_o = 99.000 \Omega$, $U = 230$ volt.

8 — İç direnci 50 om olan 10 mA. lik bir ampermetre ile 100 V. luk gerilimleri ölçmek istiyoruz. Mevcut aleti voltmetre olarak kullanmak için, bağlanacak ön direncin değerini hesaplayınız? $U = I_A \cdot (R_A + R_o)$ den

C: $R_o = 9950 \Omega$ olur.

9 — Bir voltmetrenin direnci 3 om dur. Ve 100. amperlik bir akımı ölçebilmek için 0,0004 om luk bir şönt dirençle beraber kullanılmaktadır. Aletten ne kadar akım geçer?

10 — Herhangi bir voltmetrenin hassasiyeti (duyarlık) 1000 ohm/volt ise,

a) 150 V. luk kadrandan 100 V. ölçüldüğü zaman,

b) Aynı kadrandan 150 V. ölçüldüğü zaman, aletin bobininden geçen akım şiddetini bulunuz?

11 — Direnci 100 om olan ve içinden en fazla 2 A. geçirebilen bir alıcıya 220 V. tatbik edilebilir mi? değlse ne yapmak gerekir?

12 — Ölçme alanı 12 V. olan ve içinden 40 mA. geçen bir voltmetre ile 100 V. ölçmek istiyoruz. Voltmetrede kullanılacak ön direncin değerini hesaplayınız?

C: $R_o = 2200$ om.

13 — İç direnci 1000 om olan bir voltmetre ile 100 V. a kadar ölçmeler yapılabilir. Aynı voltmetre ile 500 V. değerinde olan bir gerilimi ölçmek istesek, bu durumda aletten geçecek akımı, öncekine göre karşılaştırarak ne söyleyebilirsiniz?

KONUNUN ÖZETİ :

1 — Ampermetre ve voltmetreler devreye direkt veya endirekt olarak bağlanırlar.

2 — Şönt ve ön direnç; doğru akım, akım ve gerilim transformatörü ise, alternatif akım devrelerinde ölçmeler için kullanılır.

3 — Ampermetre bobini, ölçülecek akıma dayanmadığı takdirde bu akımı ölçülecek değere düşürmek için, şönt veya akım transformatörlerinden biri kullanılır.

4 — Şönt, ampermetrenin klemenslerine paralel bağlanan bir dirençtir.

5 — Büyük akımlarda şöntün kullanılması, yüksek kayıpların meydana gelmesine sebep olur.

6 — Döner bobinli aletlerde, şönt kullanılmadan yapılan hiç bir akım ölçüsü yok gibidir.

7 — Doğru akım devrelerinde voltmetreye bağlanan seri direnç, ön direnç (katlayıcı direnç) denir.

8 — Yüksek gerilimleri ölçerken ön dirençlerin kullanılması kayıpların artmasına ve yalıtım zorluklarının ortaya çıkmasına sebep olur.

9 — Elektrik ölçü aletleri, yapıldıkları ölçme alanı sınırları içerisinde kullanılmalıdır. Aksi halde çabucak bozulurlar.

10 — Ölçmeyi kademeli bir ölçü aleti ile yapıyorsamz, ölçmeye ölçü aletinin en büyük kademesinden başlayınız. Eğer ölçüleni okuyamıyorsanız kademeleri yavaş yavaş küçültünüz, hassas bir okuma temin edinceye kadar.

5) ÖLÇÜ TRANSFORMATÖRLERİ

Elektrik tesislerin kontrol ve koruma devrelerinde kullanılan ölçü aletleri ve röleler; a) Yüksek gerilim şebekelerine, b) Büyük akım geçen devrelere, doğrudan doğruya bağlanmaları sırasında bazı zorluklarla karşılaşılır. Çünkü; yalıtkanlıklarının temini güç olduğundan, okuyup kontrol edenlerin hayatlarını tehlikeye soktuğu gibi maliyetleri de çok yükselir. Böyle devrelere, standart olarak yapılmış, bildiğimiz ucuz ve küçük ölçü aletleri ile kontrol cihazlarının bağlanmasını temin eden özel transformatörler kullanılır. Bu transformatörlere "ölçü transformatörleri" denir. Bunlar da akım ve gerilim transformatörleri olmak üzere ikiye ayrılır.

A - Akım Transformatörleri :

Alternatif akım devrelerinde şönt kullanarak ampermetrelerin ölçme alanlarının genişletilmesi aşağıda belirtilen iki önemli sebepten dolayı sakıncalıdır.

a — Ölçme alanı değiştirilen her ampermetre için, ayrı bir şönt kullanmak gerekir.⁽¹⁾

b — Yüksek akımların ölçülmesi için kullanılan şöntlerde, büyük kayıplar meydana gelir. Örneğin;

İç direnci 5 om olan, 200 mA lik bir ampermetre ile 1000 A. ölçbilmek için şöntteki güç kaybını hesaplayalım.

Alete bağlanacak şöntün değeri :

$$R_p = \frac{R_A \cdot I_A}{I - I_A} = \frac{5 \cdot 0,2}{1000 - 0,2} = \frac{1}{999,8} \Omega$$

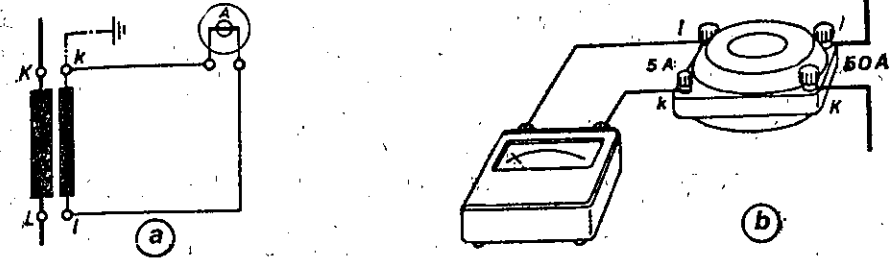
Şöntteki güç kaybı :

$$P_p = R_p (I - I_A)^2 = \frac{1}{999,8} (1000 - 0,2)^2 = 999,8 \text{ W} \approx 1 \text{ kW.}$$

Bu örnekten de anlaşılacağı üzere doğru akımların, şöntler aracılığı ile ölçülmesi, büyük kayıplara sebep olmaktadır. Transformatörler ise doğru akımda kullanılmazlar. Onun için, alternatif akım devrelerinde kullanılan ampermetrelerin ölçme alanlarının genişletilmesi, akım transfor-

(1) Çünkü: Değişik frekanslarda, şöntten ve ampermetreden geçen akımların oranının değişmemesi için, alet ile şöntün zaman sabitelerinin eşit olması lazımdır.

matörleri aracılığı ile yapılır. Bunlar akım değerini belli bir oran dahilinde düşürüp, şönte oranla daha az bir güç kaybı yaparlar.



Şekil: 111

Akım ölçü transformatörünün bir ampermetreye bağlanması.

Alçak (220/380 V) ve yüksek gerilim devrelerinde kullanılmak üzere yapılan bu transformatörlerin, primer ve sekonder sargıları aynı nüve (çekirdek) üzerine sarılırlar. Primer sargısı kalın bir veya birkaç sipirden fibaret olduğu halde sekonder sargısı ise, ince telli ve çok sipirlidir. Bu iki devre sargıları birbirlerine göre çok iyi izole edilmişlerdir.

Primer sargı uçları (K—L); akımı ölçülecek devreye, sekonder sargı uçları (k—l) ise ölçü aletinin devresine seri olarak bağlanır.⁽²⁾ Diğer bir ifade ile akım transformatörlerinin sekonder uçları; ampermetre, vatmetre, fazmetre, frekansmetre ve elektrik sayaçları gibi ölçü aletleri ile rölelerin⁽³⁾ akım bobinlerine bağlanır. (Şekil: 111 a) da ampermetreye bağlı böyle bir akım transformatörünün prensip şeması görülmektedir.

Akım transformatörünün primerinden ne büyüklükte akım geçerse geçsin sekonderinden bu akımla orantılı küçük bir akım geçer ve bunun değeri, en fazla 5 amper (bazen 1 A. veya 10 A.) olarak kabul edilmiştir. Bu değeri ölçen ampermetrenin de ölçme alanı en fazla 5 amperdir.

Primer akımının sekonder akımı oranına; akım transformatörünün "Çevirme oranı" denir: ($n_1 = I_1/I_2 = 50/1$ veya $50/5$ veya $600/5$ veya $1600/5$ gibi).

Örneğin: Üzerinde 50/5 A oranı yazılı bir akım transformatörünün (Şekil: 111 b) primerinden 50 A. geçtiği zaman sekonderine bağlı alet, 5 amperi gösterir. Eğer alet 3 amperi gösteriyorsa, primerinden geçen

(2) Amerikan normlarına göre: Primer sargı uçları (K—L) yerine, $H_1—H_2$ ile sekonder sargı uçları (k—l) yerine, $x_1—x_2$ ile gösterilmektedir.

(3) Aşırı akım rölesi, mesafe rölesi, güç ve aşırı akım yön rölesi gibi.

akım, $n_1 = I_1/I_2 = 50/5 = 10$ $I = n_1 : 3 = 10 : 3 = 30$ Amperdir. Bu örnekten de anlaşıldığı gibi, akım transformatörüne bağlı olan devrelerde primer akımını tayin etmek için ölçü aletinin gösterdiği değeri, transformatörün çevirme oranı ile çarpmak gerekir. Bu oran, çalışma şartlarına bağlı olarak yükte biraz değişirse de (% 0,5 kadar) hassas ölçmeler hariç, genellikle sabit kabul edilir.

Bir elektrik tesisine bağlı akım transformatörünün sekonder devresinden geçen akım 180° kadar primer akımının oranla fazla kaymış durumdadır. Bu faz farkına, akım transformatörünün "faz hatası" denir. Faz hatası ise, hata açısı ile açıklanır. Bu hata açısı; sekonder akımının primer akımına oranla dakika cinsinden açı farkını gösterir. Eğer, sekonder akımı faz bakımından primer akımına oranla ilerde ise hata pozitifdir. Faz hatası, akım büyüklüklerinin ölçülmesine pek etkisi olmazsa da enerji ve güç ölçmelerine etki eder.

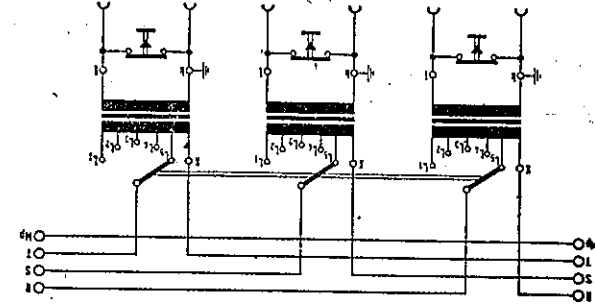
Yüksek gerilim hattına bağlanmış bir akım transformatörünün sekonder uçları, primer devresinde akım varken hiçbir zaman açılmamalıdır. Aksi halde hem transformatör yanar, hem de ölçme yapanları tehlikeye sokar. Çünkü;

Akım transformatörü ile ölçme yapılırken, primer ve sekonder akımları arasındaki faz hatası tesiriyle, nüvedeki mıknatıs alanları da birbirine karşı çalışırlar. Yani, sekonder akımının etkisiyle meydana gelen manyetik alan, primer akımı etkisiyle meydana gelen alanın tersine çalışır ve bunu kısmen yok eder. Bu durumda birbirlerine karşı etkili olarak çalışan mevcut mıknatıs alanı o kadar zayıf olur ki akım transformatörünün demir nüvesi, mıknatıslık bakımından çok az doyurulmuş demektir.

Eğer, akım transformatörünün sekonder sargısının uçları açılırsa veya açık kalacak olursa, bu sargının mıknatıs alanını azaltma etkisi ortadan kalkar. Primer sargısının meydana getirdiği alan, olduğu gibi demir nüveden geçer, yani alan çok büyük bir değer alır. Bunun sonucu olarak fazla doyurulmuş demir nüve de haddinden fazla ısınarak etrafında sarılı olan sargısını yakar. Bundan başka meydana gelen büyük manyetik akı, sekonder sargı da hayat için tehlikeli olan yüksek gerilimler indükler.

Bu sakıncalardan dolayı, akım transformatörlerinin sekonder uçları hiçbir zaman açılmıyacağı gibi devresine de sigorta konulmaz. Onarım veya ölçü devresindeki bağlantıları değiştirmek gibi sebeplerden açılması gerekirse, ya primer akımı kesilir veya sekonder sargı uçları önce

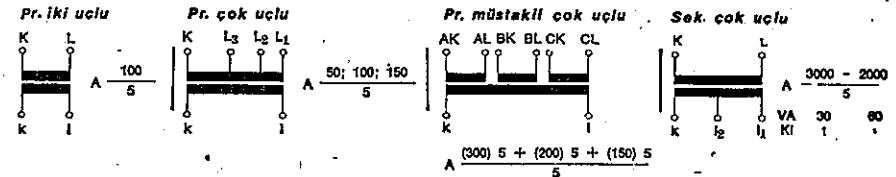
kısa devre edilir sonra açılır. Bunun için de akım transformatörünün sekonder devresine bir kısa devre anahtarı konmuştur. Ayrıca yüksek gerilim tehlikelerine karşı güvenlik tedbiri olarak sekonderin k ucu daima topraklanır. (Şekil: 112).



Şekil: 112.

Akım ölçü transformatörlerinin sekonder uçları asla açılmaz. Ve güvenlik için de k ucu daima topraklanır.

Alçak gerilim devrelerinde kullanılan akım transformatörleri, sargılı veya baralı olarak yapılabılır ve bunlara "Akım redüktörleri" de denir. Sargılı akım transformatörleri genellikle portatif tipte imal edildikleri gibi kademeli olarak da yapılırlar (Şekil: 113).



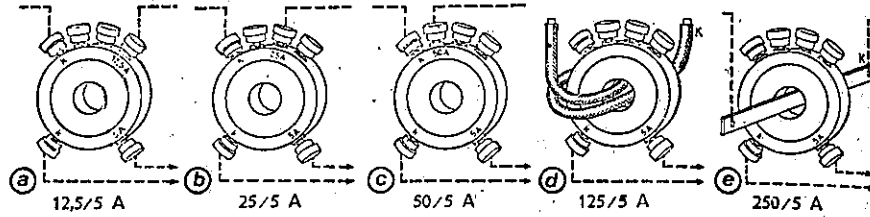
Şekil: 113

Kademeli akım ölçü transformatörleri.

(Şekil: 114) de laboratuvar ölçmelerinde ve alçak gerilim devrelerinde kullanılan portatif tip, sargılı bir akım transformatörü görülmektedir. Bu akım transformatörünün primer sargısından çıkarılan 4 uç yardımıyla 12,5 - 25 - 50 A. değerindeki akım büyüklükleri ölçülür. Ölçüden akım değeri büyüdükçe transformatörün çevirme oranı da büyür. Aynı akım transformatörünün ortasından primer hattı, bir veya bir kaç sarım halinde geçirilirse transformatörün ölçme alanı da genişletilmiş olur.

Örneğin: (Şekil: 114 d ve e) de, primerin iki sargısı ile 125/5 A bir iletken (bara) ile bu değer, 250/5 A. oranına yükseltilmiştir.

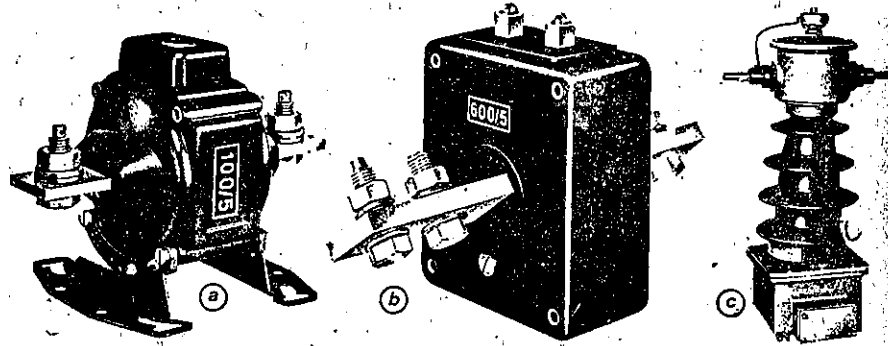
Bu örneklerden de anlaşıldığı gibi akım transformatörlerinin çevirme oranı büyüdükçe primer devresinin sarım sayısı azalmaktadır.



Şekil: 114

Çok uçlu, bir akım ölçü transformatörünün çeşitli bağlantıları.

Alçak ve yüksek gerilim devrelerinde, primerden geçen akım değeri büyüdükçe, bunun sargısı, transformatör nüvesinin ortasından geçen, yuvarlak veya dikdörtgen kesitli bir hat barasıdır. Böyle transformatöre bara veya bar tipi akım transformatörü denir. (Şekil: 115). Bunlar dahili ve harici tipi olmak üzere, genellikle sabit yerlerde kuru ve yağlı olarak kullanılırlar. (Şekil: 115 a, b) de alçak gerilim, bara tipi akım redüktörleri, (Şekil: 115 c) de ise 35 kV. ve 600 A. lik tesislerde kullanılan harici tip, bir yağlı akım ölçü transformatörü görülmektedir.



Şekil: 115

Çeşitli akım redüktörleri.

Bugün Türkiye de ALCE ve SUPER firmasınınca imal edilen alçak ve orta gerilim dahili ve harici tip akım transformatörlerinde, çok iyi yalıtım malzemesi olan sentetik reçine kullanılmaktadır. Bu yalıtım mal-

zemesi, primer ve sekonder sargılarını birbirinden yalıtıtları gibi aynı zamanda transformatöre, komple bir gövde de teşkil ederler.

Akım transformatörlerinin primer ve sekonder akımları ile yükleri tayin edilerek sınıflara ayrılmıştır. Bu sınıflara göre hata değerlerini de belirten bir çizelge hazırlanarak, transformatörlerin kullanma yerine göre seçimi kolaylaştırılır.

Çizelge - 9 da çeşitli sınıflara ayrılmış akım transformatörlerinin çeşitli akım değerlerine göre çevirme oran hatası ile, dakika cinsinden hata açıları gösterilmiştir. Yalnız bu çizelgedeki değerler: 0,1 - 0,2 - 0,5 - 1 sınıfları için, sekonder yükünün 1/4 ilâ 1/1 ve v sınıfı için, 1/2 ilâ 1/4 arasında ve güç faktörü 0,8 olduğuna göre, Elima firması tarafından hazırlanmıştır.

Çizelge - 9

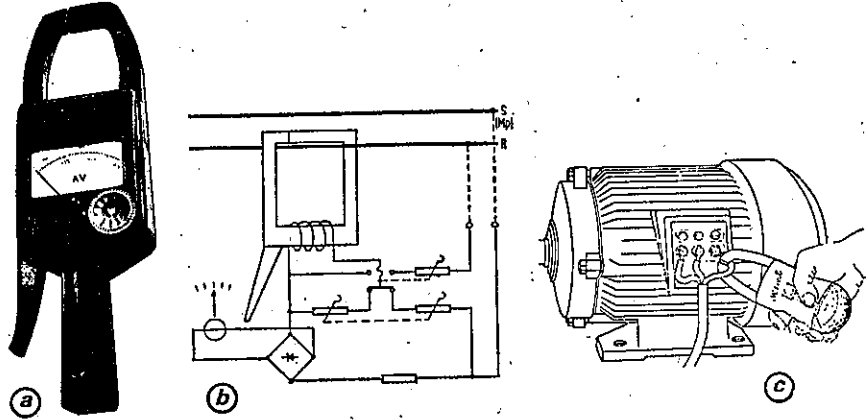
SINIFI	Çevirme Oran Hatası ($n = \pm \%$)				Faz Hatası \pm (dakika)			
	$1,2 \cdot I_n$	$1,0 \cdot I_n$	$0,2 \cdot I_n$	$0,1 \cdot I_n$	$1,2 \cdot I_n$	$1,0 \cdot I_n$	$0,2 \cdot I_n$	$0,1 \cdot I_n$
0,1	0,1	0,1	0,2	0,25	5	5	8	10
0,2	0,2	0,2	0,35	0,5	10	10	15	20
0,5	0,5	0,5	0,75	1,0	30	30	40	60
1	1,0	1,0	1,5	2,0	60	60	80	120
3	—	3,0	—	—	—	—	—	—

Pensli ampermetre :

Alçak gerilim devrelerinde, ölçme kolaylığı sağlamak için bazı tip akım transformatörleri, ölçü aletiyle aynı gövde içerisinde imal edilmişlerdir. Bunlara "pensli ampermetre" denir (Şekil: 116 a). Aletin gövdesinden dışarıya doğru çıkarılan demir nüvesi, pens gibi açılıp kapanabilecek şekilde yapılmıştır. Böylece, akım transformatörünün primer iletkeni olan hat kesilmeden demir nüve içerisine alınır ve içinden geçen akım kolayca ölçülür. Sekonder sargısı üzerine bağlı olan ampermetrenin kadranı da primer akımına göre bölümlendirilmiştir. Alete ilâve edilen seçici bir anahtar yardımıyla 15 - 60 - 150 - 600 A. e kadar olan akım şiddetleri kademeli olarak ölçülür.

Pensli ampermetrelerin ölçü devresine bağlanan alet, alternatif akım ampermetresi olursa da genellikle daha hassas ölçmeler için, redresörlü ölçü aleti kullanılır. Pensli ampermetreler yalnız akım ölçmelerinde kullanıldığı gibi aynı zamanda gerilim ölçmelerine göre de yapılırlar. Bunun için de aletin gövdesi üzerine ayrıca çıkarılan iki gerilim ucu ile, 150 - 300 ve 600 V. luk gerilimler de ölçülür. Böylece aynı alet, hem akım ve hem

de gerilim ölçmelerinde kullanılmış olur. Bunların kadran bölümleri, bazı tiplerinde akım ve gerilim ölçmelerinde bir ise de, genellikle ayrı bölümlüdür. (Şekil: 116 a b) de böyle bir alet ile bu aletin prensip şeması gösterilmiştir. (Şekil: 116 c) de ise değişik bir tip pensli ampermetrenin, kullanım şekli gösterilmiştir. Pensli ampermetrelerin, güç ve güç katsayısını ölçebilecek şekilde yapılan tipleri de vardır.



Şekil: 116

Pensli ampermetre, iç bağlantısı ve kullanılması.

Akım transformatörlerinin özellikleri:

1) Doğru akım aletlerinde kullanılan şöntlerin görevini, alternatif akımda kullanılan aletlerde akım transformatörleri görür. Yanlış bir farklı, ölçülecek akımı belli bir oran dahilinde düşürür. Ayrıca ölçü sistemini izole ederek güvenlik sağlar.

2) Akım transformatörlerinin primer sargısı akım geçen hatta seri, sekonder sargısı ise ampermetreye veya kendi üzerine kısa devre edilir. Yani akım transformatörleri, genellikle kısa devre durumunda çalışan cihazlardır.

3) Primer akımının sekonder akımına oranına, çevirme oranı denir.

4) Primer akımının büyüklüğü ne olursa olsun, sekonder akımı daima 5 Amperdir (bazen de devamlı ölçmeler için, 1 ilâ 10 A. e göre yapılırlar).

5) Akım transformatörlerinin primer sargısı; belli bir süre kısa devre akımları ile darbe kısa devre akımlarına dayanabilmelidir.

6) Primerinden akım geçerken, sekonder devresi asla açılmamalıdır.

7) Bağlanacağı şebeke gerilimine göre yalıtılan akım transformatörünün gövdesi ile sekonderi; daima topraklanmalıdır.

8) Akım transformatörleri, bağlanacakları aletlerin sınıfına göre seçilmelidir. Örneğin:

a — Etalon akım transformatörleri (0,1 ilâ 0,2 sınıfı): Çok hassas ölçü aletlerinin ayarlamalarında.

b — Hassas akım transformatörleri (0,5 sınıfı): İşletmede kullanılan ölçü aletlerinin kontrollerinde.

c — İşletme akım transformatörleri (1 sınıfı): İşletmede kullanılan sayaç ve vatmetrelerde.

d — Hassas olmayan akım transformatörleri (3 sınıfı): İşletmede kullanılan ölçü aletlerinde (ampermetre ve röleler gibi).

e — Bu sınıflara ilâveten 10 sınıfı akım transformatörleri de vardır ki bunlarda, aşırı akım açıcı rölelerinde kullanılırlar.

9) Akım trafoları imalatı bakımından

a — Alçak ve yüksek gerilim trafoları,

b — Sargı tipi ve bara tipi trafoları,

c — Dahilli tip ve harici tip trafoları olarak anılırlar.

10) Akım trafolarının primer uçları K—L, sekonder uçları da k—l harfleriyle gösterilirler.

11) Nominal güçleri VA (Volt-Amper) olarak ifade edilir.

(10 VA—100 VA—200 VA gibi)

12) Transformatörlerin: Çevirme oranı, çalışma gücü, hassasiyet sınıfı, yalıtıklılık sınıfı vb. özelliğini açığa belirten bir etikete sahip olmalıdır. Elima firmasınınca, akım trafoları için hazırlanmış böyle bir etiket de (Şekil: 117) de gösterilmiştir.

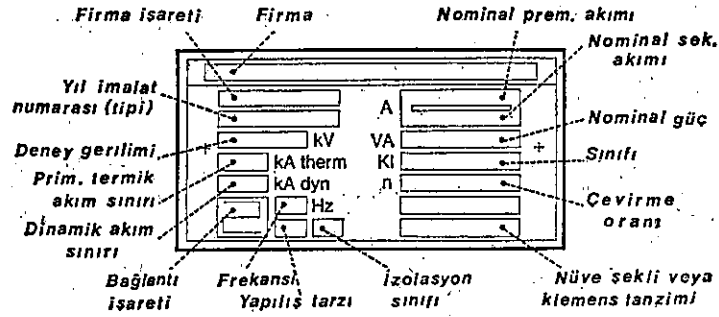
13) Pensli ampermetre ve voltmetreler yalnız alternatif akım devrelerinde kullanılırlar.

14) Baralı akım ölçü transformatörleri de; çubuklu ve lamalı olmak üzere iki tiptir. Primer sargısı çubuklu (yuvarlak kesitli) olan akım transformatörleri 20/1 amperden 2000/5 ampere kadar ve lamalıları da 100/5 den 50000/10 ampere kadar yapılmaktadırlar.

15) Akım transformatörünün hata açısı, 180° döndürülmüş sekonder akımı ile primer akım arasındaki faz farkıdır; sekonder akımının fazı ilerde ise bu, pozitif ve dakikayla gösterilir.

16) Akım transformatörleri bir fazlı olarak yapılırlar.

17) Akım ölçü transformatörlerinin normlaştırılmış primer akımları: 10-15-20-30-50-75-100-150-200-300-400-600-800-1000-1500-2000-3000-4000-6000-8000-10.000-15.000-20.000-30.000-40.000-60.000-80.000 A. dir.



Şekil: 117

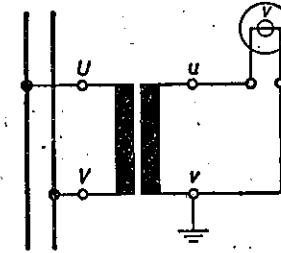
Akım transformatörünün etiketi.

B — Gerilim Transformatörleri:

Alternatif akım devrelerinde ölçülecek gerilim 600 volt'tan büyük olduğu zaman, böyle devrelerin kontrolünde kullanılan ölçü aletlerinin (voltmetre, vatmetre ve sayaç gibi) ölçme alanlarının genişletilmesinde (4) gerilim transformatörlerinden faydalanılır. Akım transformatörlerinde olduğu gibi gerilim transformatörlerinin de başı başına primer ve sekonder sargıları vardır. Bir farklılık; bunların primer sargıları ince telli ve çok sarımlı, sekonder ise yine ince telli az sarımlıdır. Primer uçları (U-V) gerilimi ölçülecek devreye, sekonder uçları da (u-v) ölçü aletine bağlanır (Şekil: 118).

(4) Alternatif akım ölçü aletlerinin ölçme alanlarının genişletilmesinde; çok yüksek olmayan gerilimlerde ön dirençler kullanılırsa da, bu gibi devrelerde ön direncin büyümesinden kayıp artar. Diğer taraftan, yüksek gerilimlerde güvenlik zorluğu ve maliyet yüksekliliği gibi sakıncaları vardır.

Gerilim transformatörünün primer geriliminin büyüklüğü ne olursa olsun, sekonder gerilimi 100 ilâ 120 V. (bazan 150 V.) a göre normlaştırıldığından, (5) sekonder uçlarına bağlanan voltmetrenin azami ölçme alanı, bu değeri ölçebilecek büyüklüktedir. Böylece gerilim transformatörleriyle yüksek gerilim devrelerini, ölçü aletlerinden ve koruma rölelerinden yalıtılmak mümkün olmaktadır. Gerilim transformatörlerinin çalışması esnasında, sekonderine bağlanan yük, en çok birkaç ölçü aletinden ibaret olduğu için güçleri oldukça zayıftır (100-500 VA. kadar). Aynı zamanda, transformatörün sekonder devresi, yüksek dirençli ölçü aletlerine göre boyutlandırıldığından gerilim transformatörlerinin sekonder tarafları akım transformatörlerinin aksine, açık devreye yakın durumda çalışırlar. Zira, sekonderin uçları açık iken meydana gelen gerilim, alet varken meydana gelen gerilimden (100-150 V.) pek fazla değildir. Bu gerilim ise cihazda bir tehlike arz etmez. Yalnız yüksek gerilim uçları, ölçü transformatörüne bağlamadan evvel kısa devrelere karşı tesisatı korumak için sigortalanmalıdır. Aynı zamanda yüksek gerilim tehlikelerini azaltmak ve güvenliği sağlamak içinde sekonderin (v) ucu topraklandığı gibi diğer ucu da, aşırı yüklenmelere ve ters topraklanmalara karşı sigortalanır.



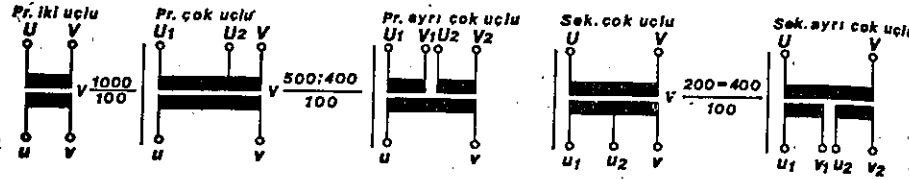
Şekil: 118
Gerilim redüktörü.

Gerilim transformatörlerinde, primer nominal gerilimin sekonder nominal gerilimine oranına "çevirme oranı" ($n_u = U_1/U_2$) denir. Bu oranların değeri primer gerilimine göre değişir (10/1, 40/1, 100/1 ..., 250/1 gibi). Alette okunan değerler, çevirme oranı ile çarpılırsa primer gerilimi bulunmuş olur.

Örneğin: Primer gerilimi 4000 V. olan bir gerilim transformatörünün, sekonder gerilimi 100 V. olduğuna göre, bu transformatörün çevirme oranı $4000/100 = 40/1$ dir. Bu değer 100 V. ile çarpılırsa primerin nominal

(5) Bu değer Almanya için 100 V. Amerika için 120 V. kabul edilmiştir.

gerilimi bulunmuş olur. Sekonder devresine bağlanan voltmetrelerin bazı tipleri; primer gerilimini, doğrudan doğruya gösterecek şekilde bölümlü olanları da vardır.



Şekil: 119

Çok uçlu ve çeşitli, gerilim ölçü transformatörleri.

Gerilim transformatörlerinde, primer gerilimi ile sekonder gerilimi arasında, bazı hatalardan (mıknatıslanma, histeresiz ve fuko akımlarından) dolayı tam 180° faz farkı yoktur, bu farka; "faz hatası" veya açı hatası denir. Bu hatalar, imalatçılar tarafından tayin ve tespit edilmiş olup kullanıldıkları yerlere göre: 0,1 - 0,2 - 0,5 - 1 - 3 gibi 5 sınıfa ayrılmıştır. Bunlardan,

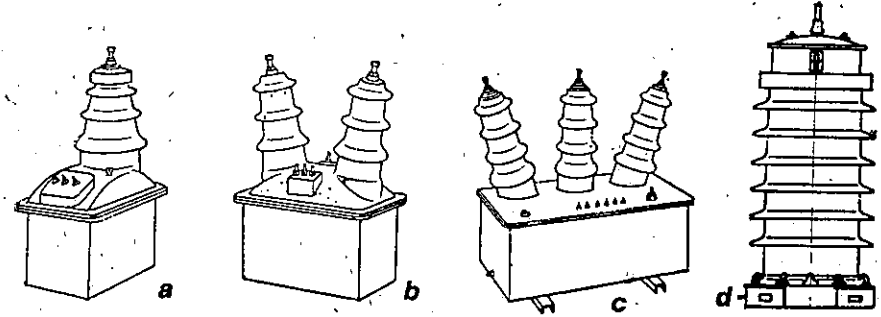
a) 0,1 sınıfı: Etalon aletlerde. b) 0,2 ilâ 0,5 sınıfı: İşletmede kullanılan sayaç ve vatmetre gibi ölçü aletlerinin kontrolunda ve hassas ölçmelerde. c) 1 sınıfı: İşletmede kullanılan vatmetre ve sayaçlarda. d) 3 sınıfı: Koruma gerilim rölelerinde kullanılırlar.

Bu bakımdan gerilim ölçü transformatörleri, belli ölçme cihazlarına göre hesaplanıp ve aynı zamanda bağlanacağı primer geriliminde çalışmak üzere imal edilirler. Onun için gerilim ölçü transformatörleri, bağlı bulunduğu sınıfın hata miktarını geçmemek kaydıyla devamlı olarak yüklenebileceği VA cinsinden (15 - 30 - 60 VA gibi), bir nominal gücü belirlenmiştir.

Bunların, primer ve sekonder sargılarından çeşitli uçlar çıkarılmak suretiyle kademeli olarak yapılan tipleri de vardır (Şekil: 119).

Gerilim transformatörleri; kullanılacağı yere göre dahili ve harici, yalıtımlarına göre de kuru ve yağlı olarak yapılırlar. Yüksek gerilim şebekelerinde kullanılan yağlı tipler, metal tanklı olup, primer girişleri de porselen izolatörle yalıtılır (Şekil: 120 a b c). Bugün alçak ve orta gerilim şebekelerinde, katı yalıtım malzemesi olan sentetik reçine kullanılmaktadır. Bu yalıtkan malzeme, aynı zamanda gerilim transformatörünün blok gövdesini de teşkil eder.

Gerilim yükseldikçe, ölçü transformatörünün ölçüleri, ağırlığı ve dolayısıyla maliyeti artar. Buna engel olmak için,



Şekil: 120

Muhtelif, harici gerilim ölçü transformatörleri.

1 — Gerilim transformatörü; içi yağla doldurulmuş geniş bir porselen izolatör içersine konup, primer sargılarından biri topraklanır. Böylece yüksek gerilim ucu, ikiden, bire indirilmiş olur (topraklı ucun gerilimi, çok yüksek değildir).

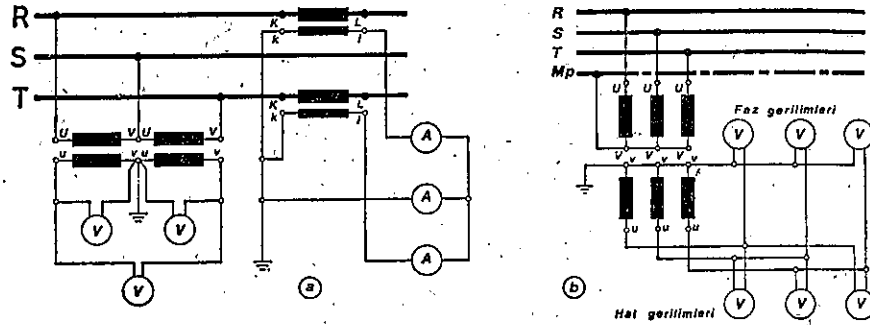
2 — Bilhassa çok yüksek gerilimlerde, yalıtım zorluğu bir problem teşkil ettiğinden primer gerilimini, eşit olarak birkaç transformatöre taksim etme yoluna gidilir. Bu usule "kaskad bağlantı" denir. Kaskad bağlı transformatörler, bir porselen izolatör içersine yerleştirilir veya sentetik reçine ile birlikte bir gövde teşkil edilir. Böylece, hem transformatörün yalıtımı kolaylaştırılmış ve hem de ölçüleri ve maliyeti küçültülmüş olur. (Şekil: 120 d) de 150 kV. luk böyle bir gerilim ölçü transformatörü gösterilmiştir.

Gerilim transformatörleri, bir ve üç fazlı olarak imal edilirler. Yüksek gerilim tesislerinde enerjinin iletim ve dağıtımını, genellikle üç fazlı olduğundan bunlara ait gerilim transformatörleri de ya üç fazlı veya aynı özelliği taşıyan bir fazlı, iki transformatör montajı kullanılır.

Ölçü transformatörlerinin bazı tipleri hem gerilim ve hem de akım ölçülerine cevap verecek şekilde yapılırlar. Bunlara "kombine akım ve gerilim transformatörleri" denir. Bu suretle ebat ve malzeme bakımından büyük tasarruf sağlanırsa da yapı problemlerinin zorluğu gibi sakıncaları da vardır. (Şekil: 121 a) da böyle bir kombine ölçü transformatörünün üç fazlı ve üç iletkenli şebekeye, ölçü aletleriyle birlikte nasıl bağ-

landıkları gösterilmiştir. Şekilde iki gerilim transformatörü, V montajı (bağlantısı) yapıldığından voltmetrelerin üçüde, hat gerilimini gösterir.

Toprak kısa devrelerinde gerilimin toprağa karşı ölçülmesi gerektiği zaman (Şekil: 121 b) de görülen bir yıldız montajı kurulur. Yıldız noktası topraklanmış bu montajda, üç adet bir fazlı gerilim transformatörleri kullanılmıştır.



Şekil: 121

Üç fazlı üç iletkenli sistemde, akım ve gerilim transformatörlerinin ölçü aletleriyle bağlantısı.

Üç fazlı dört iletkenli bir şebekeye, bir fazlı üç adet gerilim transformatörlerinin ölçü aletleriyle birlikte bağlantısı.

Gerilim Transformatörlerinin Özellikleri :

- 1) Alternatif akım ölçü aletlerinin, ölçme alanlarının genişletilmesinde gerilim transformatörleri kullanılır.
- 2) Bir gerilim transformatörünün primer gerilimi ne büyüklükte olursa olsun, sekonder gerilimi 100 ilâ 120 V. olarak standardize edilmiştir. Böylece, ölçü aletleri tehlikeli şebeke geriliminden yalıtılmış olur.
- 3) Gerilim transformatörlerinin sekonder sargısı, akım transformatörlerinin aksine kısa devre yapılmamalıdır. (Sekonder uçları açık kalabilir veya yüksek dirençli bir ölçü aleti bağlanır).
- 4) Gerilim transformatörlerinin sekonderine bağlanan ölçü aletlerinde okunan değerleri, çevirme oranı ($n_u = U_1/U_2$) ile çarpmak gerekir.
- 5) Gerilim transformatörlerinin kapasiteleri çok küçük olup, güçleri çoğunlukla 15 ilâ 600 VA arasındadır.

- 6) Gerilim transformatörlerinin sekonder uçlarından (v) ucu, yüksek gerilimlere karşı emniyet tedbiri olarak topraklanır.
- 7) Gerilim transformatörlerinin primer sargı uçları U—V, sekonder sargı uçları da u—v harfleriyle gösterilirler.⁽⁶⁾
- 8) Gerilim transformatörleri, voltmetre gibi hat'ta paralel olarak bağlanırlar.
- 9) Gerilim transformatörleri bir fazlı veya üç fazlı olarak yapılırlar. Umumiyetle yüksek gerilim şebekelerinde bir fazlı, üç transformatör birlikte kullanılır. (Şekil: 121 b) de 4 iletkenli üç fazlı şebekede, üç gerilim transformatörünün yıldız-yıldız sıfır grubunda (Yy0) voltmetrelere bağlantısı gösterildiği gibi.
- 10) Gerilim transformatörleri; kuru, yağlı, dahili veya harici tip olarak yapılırlar.
- 11) Gerilim transformatörlerine, gerilim redüktörleri de denir.
- 12) Akım transformatörleri gibi gerilim transformatörlerinin muhafazaları üzerinde, özelliklerini belirten bir etiketleri vardır.
- 13) Değişik gayeler için kullanılan gerek akım, gerekse gerilim transformatörleri normal transformatörlerden ancak yapı tarzı yönünden farklıdırlar.
- 14) Gerilim ölçü transformatörlerinin yapım sırasına göre, primer devresine tatbik edilen nominal gerilim, aşağıda verildiği gibi normlaştırılmıştır.

Sıra	Nominal Gerilim kV.
0	0,1 - 0,5
(3)	1 - 1,1 - 1,5 - 2 - 2,2 - 3 - 3,3
6	5 - 5,5 - 6 - 6,6
10	3 - 3,3 - 5 - 5,5 - 6 - 6,6 - 10 - 11
20	15 - 16,5 - 20 - 22
30	25 - 30 - 33 - 35
(45)	45
60	60

⁽⁶⁾ Amerikan normlarına göre: U—V yerine, H₁—H₂
u—v yerine de x₁—x₂ ile gösterilir.

SORULAR :

- 1 — Ölçü transformatörleri ne işe yarar?
- 2 — Kaç tip ölçü transformatörü vardır?
- 3 — Akım transformatörleri, şönlere niçin tercih edilir?
- 4 — Pensli ampermetrenin pratikte ne gibi önemi vardır?
- 5 — Akım ve gerilim transformatörleri sembolik olarak nasıl gösterilirler?
- 6 — Akım transformatörleri kaç tiptir?
- 7 — Bir akım transformatörünün sekonder devresi asla açık bırakılmamalı ve kullanılmadığı zaman daima kısa devre edilmelidir. Neden?
- 8 — Gerilim transformatörleri, hangi ölçü aletlerinde ve niçin kullanılırlar?
- 9 — Bir gerilim transformatörünün primer sargısı, şebeke gerilimine göre mi boyutlandırılır?
- 10 — Gerilim transformatörünün sekonder gerilimi, transformatörün primer yüküne bağlı mıdır?
- 11 — Gerilim transformatörlerinin sekonder yükü, neler olabilir?
- 12 — Gerilim transformatörleri bir ve üç fazlı olarak mı yapılırlar?
- 13 — Gerilim transformatörlerinin özellikleri nelerdir?

Küçük Akım Ve Gerilim Ölçen Aletler "Galvanometreler,"

BÖLÜM

3

KONUNUN PLANI :

Galvanometre çeşitleri:

- 1 — Demir paletli galvanometreler.
- 2 — Tanjant galvanometresi.
- 3 — Döner mıknatıslı galvanometreler.
- 4 — Döner bobinli galvanometreler.
- 5 — Balistik galvanometre.

Ölçme tekniğinde kullanılan ölçü aletlerinin, en duyarlısı (hassas) ve doğru ölçenidir. Galvanometre denince, çok küçük değerlerde akım veya gerilim ölçen (mili ve mikro birim değerlerinde) ölçü aleti akla gelir. Uygulamada kullanılan ölçü aletlerinin büyük bir kısmı (ampermetre, voltmetre ve ommetre gibi), hassasiyetinden en az derecede fedakârlık edilip ve sağlamlığı artırılmış galvanometre denilen aletin, geliştirilmiş olanlarıdır.

Galvanometreler; yukarıdaki büyüklüklerden başka, elektrik miktarı ve elektrik akımına çevrilebilen bazı değerlerin ölçülmesinde de kullanılırlar (akı, titreşim, ışık ve ısı gibi).

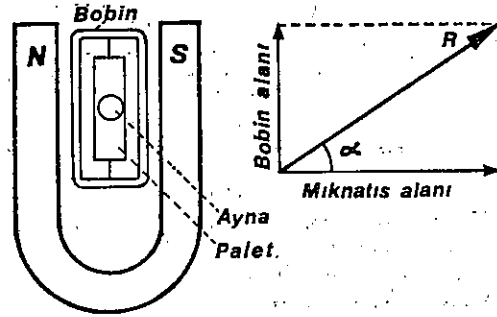
Ölçme tekniğinde kullanılan galvanometreler genel olarak beş tiptir.

1 — DEMİR PALETLİ GALVANOMETRELER :

Bu tip galvanometreler de dönen kısım, atnalı biçimindeki mıknatısın arasında duran bir bobinin ortasına asılı, yumuşak demir bir palet-

tir (Şekil: 122). Bu palet, bobinden akım geçtiği zaman döner ve ölçtüğü büyüklük, paletin ortasına tespitli bir aynadan yansıyan ışığın izi, bölümlü bir kadrân üzerine düşürülerek, okunur.

Aletin, daimî mıknatısı ile arasındaki sabit bobini, o şekilde tertiplenmiştir ki bobinden akım geçtiği zaman, meydana getirdiği alan daimî



Şekil: 122

Demir paletli galvanometre.

mıknatıs alanına dik olacak şekilde. O halde; demir palet, bu iki alanın bileşkesi yönünde döner. Bunun dönme değeri yalnız, bobinden geçen akımın büyüklüğüne bağlıdır, çünkü daimî mıknatısın alanı sabittir. Bobinin, bu sapma değeri (açısı) akımın büyüklüğü ile orantılı bir şekilde artmadığından kadrân taksimatı, gittikçe sıklaşır. Bu sebepten bu tip aletler, ufak sapmalarda daha hassas ölçmeler yapar. Büyük sapmalar da düzgün aralıklı bir kadrân taksimatının temini için, daimî mıknatıs ile sabit bobin arasındaki açı, biraz küçültülür. Aletin çalışması sırasında, dönen paletin havaya karşı sürtünmesi büyük olduğundan alette, ayrıca amortisman sistemi kullanılmaz. Yumuşak demir paletin ölçmeden sonra sıfıra gelmesi, burulan askı telinin ters çalışması ile olur. Bu aletin tek hatası, dönen paletin fazla ısınmasından dolayı meydana gelen kayıplardır.

2 — TANJANT GALVANOMETRESİ (PUSULASI):

Bu tip galvanometreler de, galvanometrelerin en eskisi, en basiti ve en doğru ölçeni olup, etalon bir alettir.

Aletin yapısı: Az sipirli, dairesel bir bobin ve bu bobinin tam ortasına yatay olarak konmuş dereceli bir pusuladan meydana gelmiştir (Şekil: 123 a).

Aletin çalışması: Gerek bobin ve gerekse ortasındaki pusulanın ibresi, arzın manyetik alanı yönüne konur (arzın, kuzey - güney kutbuna). Bu durumda, pusulanın ibresi sıfırı gösterir. Alet bobininin eksenini, arzın yatay H_0 alanına dik olduğundan ölçülecek akım, bu bobinden geçince, bobinin meydana getirdiği H alanı da, H_0 alanına dik olur. Pusula ibresi de bu iki alanın R bileşkesinin doğrultusunu alıncaya kadar sapar. Bu sapma açısının tanjantı (Şekil: 123 b) deki vektör diyagramına göre $\text{tg} \alpha = H/H_0$ dir. Pusula ibresinin bu sapma açısına göre ölçülen akım miktarı da, hazırlanmış cetvel veya grafiklerden tayin edilir. Eğer pusulanın kadrânı derece yerine, bobinden geçen akıma göre bölümlendirilmiş ise bu tip galvanometrelerle doğrudan doğruya akım ölçülür, değilse hesaplanabilir de.⁽¹⁾

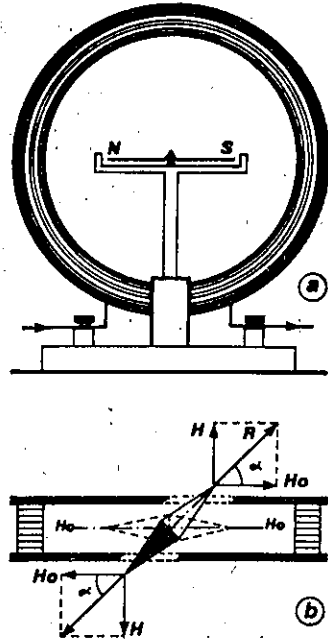
Bu tip galvanometreler; mikroamper değerindeki büyüklükleri ölçebilecek kadar duyarlı, yapıları basit, maliyetleri ucuz, aşırı yüklerle dayanıklı, sağlam ve sıcaklıklarından fazla etkilenmezler. Aynı zamanda sarfiyatları az (10 - 100 mW gibi) ve 2,5 - 1 ve 0,2 sınıfına kadar yapılmalarına rağmen, aşağıdaki sakıncalarından dolayı laboratuvarlarda çok az kullanılırlar.

- Ölçme sırasında bobini, yerin manyetik alanı yönüne, doğru olarak koymak çok zordur, değilse hatalı ölçme yapar.
- Alet demirsiz olduğu için dış alanlardan, ekranlansa dahi etkilenir.
- Mıknatıs ibresinin yatay dönmesi gerektiğinden ibrenin, ağırlık merkezinden dengelenmesi ve altlığının terazisinde olması gereklidir.

(1) N sarımlı, r yarı çaplı bir bobinden geçen akım şiddeti I ise, bu bobinin merkezindeki alan şiddeti: $H = 0,2 \pi N \frac{I}{r}$ olur. Bu değer, yukardaki formülde yerine konup, α açısı kadar sapsın aletin bobininden geçen akım hesaplanabilir. $I = \frac{H_0 \cdot r}{0,2 \pi N} \cdot \text{tg} \alpha$ bulunur. Formüldeki bölüm kısmı sabit olup K ile, açının küçük olmasından $\text{tg} \alpha$ da, α ile gösterilirse, formül: $I = K \cdot \alpha$ şeklinde yazılabilir. $I =$ Amper, $H =$ Örsted, $r =$ cm.

Örnek: $N = 10$ cm, $r = 11$ cm, $I = 0,35$ A. lik bir akım için $\alpha = 45^\circ$ dir. Ölçme yapılan yerin H_0 hesaplanırsa; $H_0 = 0,2$ Örsted bulunur.

Örsted: (1777 - 1851) Danimarkalı fizikçidir.



Şekil: 123

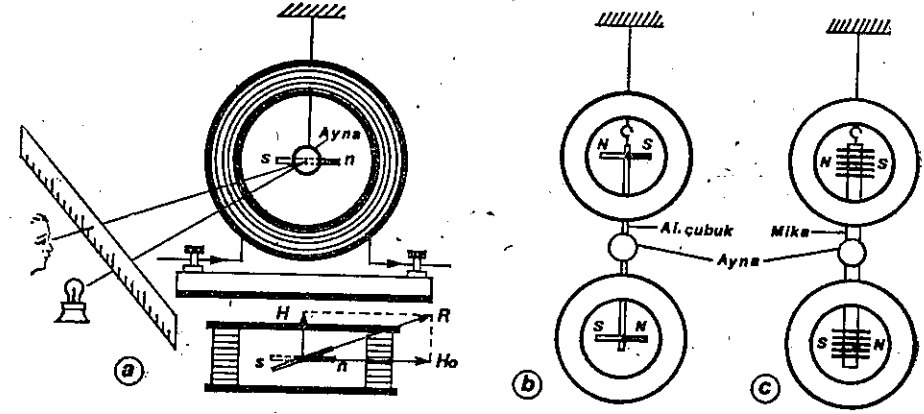
Tanjant galvanometresi.

3 — DÖNER MIKNATISLI GALVANOMETRELER :

Tanjant galvanometresindeki prensip esas alınarak, daha duyarlı bir ölçü aleti yapabilmek için pusula yerine, çok küçük bir mıknatıs veya iğnesi; burulmasız ince bir tel (koza veya kuarts) ile bobinin tam ortasına asılır (Şekil: 124 a).

Bobinden akım geçmezken mıknatıs iğnesi, arızın H_0 yatay alanı yönünde ve sarmımlar düzlemi içinde bulunur. Ölçülecek akım bobinden geçince, bobinin meydana getirdiği H alanının etkisiyle mıknatıs iğnesi sapar. Bu sapmanın miktarı, aynı iğneye tespitli bir aynadan istifade edilir ve aynanın sapma açısı, bobinden geçen akımla orantılıdır. Sapma ne kadar büyük olursa alet o kadar duyarlıdır. Bu tip galvanometrelerin ölçmedeki doğruluğuna tesir eden en büyük faktör dış alanların etkisidir. Bunun önüne geçmek için bobin ya yumuşak demir muhafazalılarla ekranlanır (böylece, manyetik alanın etkisi 1000 defa küçültülebilir)

veya astatik olarak yapılır ki en çok baş vurulan yöntem de budur. Bu esasa göre yapılan çeşitli galvanometreler varsa da, biz bunlardan en önemlisi olan aşağıdaki iki tipi üzerinde duracağız.



Şekil: 124

Döner mıknatıslı galvanometre

Lord Kelvin galvanometresinin döner kısmının tertibi.

a) Lord Kelvin Galvanometresi :

Bu tip galvanometrelerin duyarlığı o kadar büyüktürki 10^{-11} amperlik akım şiddetleri daha ölçülebilir. Bu kadar büyük hassasiyetin sağlanması döner kısmın astatik düzenli olmasındandır. Astatik yapmaktan amaç; alete tesir eden dış alanların mümkün olduğunca azaltmaktır. Bunun içinde, birden fazla çok küçük ve kuvvetli mıknatısları, ters işaretli olarak birbirlerine seri bağlı, iki bobinin⁽²⁾ ortasına konması ile sağlanır. Yani alet, çift olarak yapılmaktadır. Böyle sistemlerin döndürme momentleri aynı taraflı olduğundan dış olanlar, birinin alanını azaltırken diğerinin alanını çoğaltır.

En basit bir şekilde yapılmış, astatik ölçü aletinin prensip şeması (Şekil: 124 b) de görülmektedir. Bu sistemde özdeş iki mıknatıs iğnesi, iki bobin içerisine yatay ve paralel konulup, birbirlerine bir çubukla bağlanarak asılmışlardır.

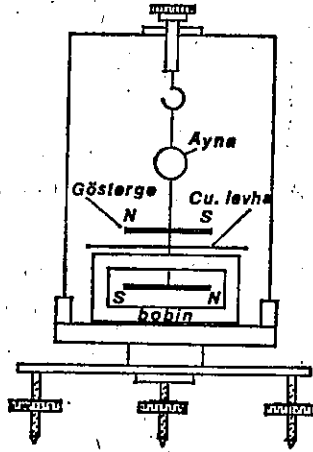
Bobin içerisine konulan mıknatıs sayıları ne kadar artırılırsa; manyetik momentler o oranda büyük, eylemsizlik momentinin de küçük ol-

(2) Esasında bir bobin olup; aynı bobin, iki kısma bölünmüştür. Dört bobinli yapılmış ise, aslında iki bobinlidir. Bu bobinler, duruma göre seri-paralel bağlamak, galvanometrenin hassasiyeti değiştirilebilir.

ması sağlanır. Ayrı iki gurup halinde olan bu mıknatıslar, eğer bir mika levha üzerine yapıştırılıp burulmasız bir telle asılırsa aletin, amortismanı da artırılmış olur (çünkü bu tiplerin, hareketli kısmın salınımlarının sönümü hava ile sağlanır). Lord Kelvinin tertiplemiş olduğu böyle aletlerin prensip şemaları (Şekil: 124 b ve c) de gösterildiği gibidir. Bu tip galvanometreler de erişebilen en yüksek duyarlık (10^{-11} A.) için, aynadan bir metre uzaklıktaki bir cetvel üzerinde, 1 mm. lik sapma elde edilir.

b) Nobili Galvanometresi :

Bu tip galvanometrelerde, yerin manyetik alanı etkisine karşı astatik olarak yapılmıştır. (Şekil: 125) de de görüldüğü gibi alınan iki özdeş mıknatıslardan biri, bir bobin içerisine diğeri, aynı bobinin üzerine gelecek şekilde burulmasız bir tele, birlikte asılıdır. Çalışma prensipleri, yukarıdaki galvanometrelere benzediği için tekrar edilmiyecektir. Yalnız bunların amortisman sistemleri farklıdır. Şöyleki; üstteki mıknatıs ile bobin arasına, derece cinsinden taksimatlı yuvarlak bir bakır levha kon-



Şekil : 125

Nobili galvanometresi.

muştur. Bu bakır levha; hem amortisman işini (fuko freni) sağlar hem de üstteki mıknatısın, sapma açısını gösterir. Nobili galvanometresi de diğer galvanometreler gibi çok duyarlıdır.

Döner mıknatıslı galvanometrelerin özellikleri:

Döner mıknatıslı galvanometreler çok duyarlı olup, mutlak ölçü aletleri olarak kullanılmalarına rağmen, aşağıdaki sakıncalarından dolayı bugün yerlerini tamamen döner bobinli galvanometrelere bırakmışlardır.

- Taşınmalarının zor olması.
- Çeşitli tertiplere rağmen sönümünün çok küçük oluşu, ölçmeleri sıkıntılı kılar.
- Kullanılan mıknatıslar da tam özdeşlik (simetriklik) sağlanamamasından dış alanların etkisi, istenilen şekilde giderilemez.

4 — DÖNER BOBİNLİ GALVANOMETRELER :

Bu ölçü aletlerinin yapısı ve çalışmasına ait geniş bilgi, döner bobinli ölçü aletleri konusunda verilmiştir. Fakat, tatbikatta; akım, gerilim, elektrik miktarı ve fluks gibi büyüklüklerin değerini, yakın bir duyarlıkla ölçmeleri ve bilhassa iki nokta arasında potansiyel farkı olup olmadığının tayininde "sıfır aleti" olarak (direnc köprülerinde ve potansiyometreler de olduğu gibi), çok kullanılan bir ölçü aleti olmaları bakımından çalışmalarını, kısaca hatırlatıp sonra da duyarlıklarının artırılması, hassasiyetlerinin değiştirilmesi ve çeşitli tipleri hakkında, kısa bilgiler vermeğe çalışalım.

Aletin yapısı: NS daimi mıknatısın alanı içerisine dikdörtgen şeklindeki bir bobinin, burulma katsayısı olan bir tel ile asılmasından meydana gelmiştir (Şekil: 126). Ölçülecek akım bu bobinden geçince, bobinde meydana gelen momentten dolayı eksenini etrafında dönmeğe çalışır. Bobini döndüren manyetik kuvvetlerle, askı telinin burulmasından doğan karşıt kuvvetler denkleşince, bobinin dönmesi durur.

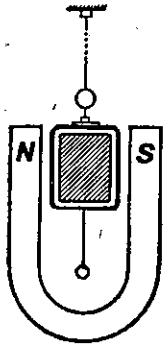
Bu tip galvanometrelerin duyarlığını artırmak için;

- Çok kuvvetli daimi bir U mıknatısı kullanılmalı.
- Düzgün ve kuvvetli bir manyetik alanın temini için, bobin içerisine yumuşak demirden silindirik bir nüve koymalı.
- Döner bobinin salınım süresini azaltmak için, bobinin ölçülerini fazla büyütmeden sarım sayısını artırmalı,
- Karşı kuvveti (momenti) küçük tutmak için; bobin, gümüş veya platinden uzun ve ince (0,1 mm. gibi) tellerle veyahut burulma momenti küçük, çok ince kesitli yassı şeritlerle asmalı.

e) Çok küçük sapmaları büyültmek için seçilen optik sistemin, iyi ve uygun olması gereklidir.

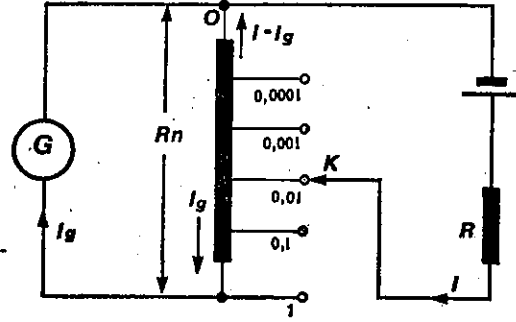
Aynı zamanda döner bobinli galvanometrelere, yerin manyetik alanının etkisi olmadığı gibi dış manyetik alanlardan da fazla etkilenmezler. Bu özelliklerinden, döner mıknatıslı galvanometrelerin duyarlığına yakın bir duyarlık elde edilebilir.

Örneğin: 10^{-9} ilâ 10^{-10} amperlik bir akım şiddeti için 1 m. uzaklıktaki bir cetvel (kadran) üzerinde, 1 mm. lik sapma yapar (en iyi galvanometreler, şiddeti 10^{-12} amper değerindeki akımlarda duyarlıdır).



Şekil: 126

Aski bantlı döner bobinli galvanometre.



Şekil: 127

Ayrton şöntü

Galvanometre hassasiyetlerinin değiştirilmesi :

Galvanometreler, çok hassas bir ölçü aleti olduklarından kullanma imkânlarını sınırlamıştır (salınım periyotları çok büyük olduğundan durmasını beklemek, bilhassa ölçmeyi sıkıntılı hale sokar). Eğer hassasiyetlerinden biraz fedakârlık edilirse kullanma alanları genişletilebilir.

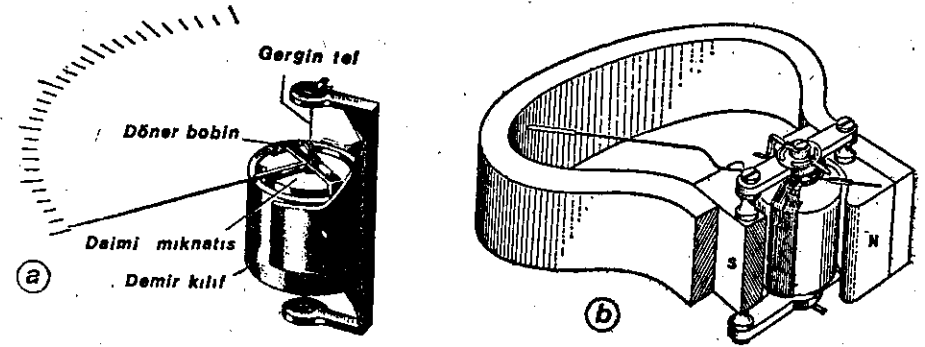
Galvanometrelerin hassasiyetlerinin azaltılması, döner bobin devresine ön ve şönt dirençlerin birlikte bağlanması ile sağlanır. Bugün en çok kullanılan sistem, 0,0001 ilâ 1 değerleri arasında ve 5 kademeli hassasiyet temin eden "Ayrton" üniversau şöntüdür (Şekil: 127). Bu bağlantıyla elde edilen en büyük hassasiyet, aletin şöntsüz haldeki hassasiyetinden sonra, K sürgüsünün, 1 üzerinde iken elde edilen hassasiyettir. Sürgü kolu yukarıya doğru ilerledikçe hassasiyet gittikçe azalır. Bu usul

$R \approx R_n$ ise uygundur, değilse galvanometreye, ayrı ayrı ayar edilebilen ön ve şönt direnç bağlamak gerekir. Bunun değerinin hesaplanması, ampermetre ve voltmeter ölçme alanlarının genişletilmesinde olduğu gibidir (Formül: (21) ve (22) e bak.)

Galvanometrelerde hassasiyet, iyi bir özellik olmasına rağmen kullanılacak yere göre seçilmesi gerekir. Bilhassa, ölçmenin hassasiyeti seçilen galvanometre direncinin, bağlanacağı devre direncine uygun olmasına bağlıdır (aksi halde, galvanometrenin amortismanı sabit kalmıyacağından kullanılması zorlaşır). Yani, direnci büyük olan devrelerde, büyük dirençli galvanometreler kullanılmalıdır.

Galvanometreler hassasiyetlerine göre: *göstergeli, ışık markalı ve aynalı* olmak üzere üç tipte imal edilirler. Fazla hassasiyet istenmeyen yerlerde göstergeli ve yerine göre ışık markalı olanları, çok hassas ölçmelerde ise aynalı olanları kullanılır.

Göstergeli ölçü aletlerinin çalışmasına ait gerekli bilgiler, bundan önceki konularda yeterince verildiğinden burada tekrar edilmeyecektir. Yalnız, bu galvanometrelerde hassasiyetlerine göre bobinleri; gergin telli, bantlı (Şekil: 128 a) veya yataklı olarak tespit edilirler (Şekil: 128 b). Gergin telli olanların, sürtünme ve amortismanı çok zayıf buna karşın yataklılara oranla daha hassastır. Tek sakıncaları, bobini tutan askı telleri çok ince olduğundan sarsıntılı yerlerde kullanılamazlar.



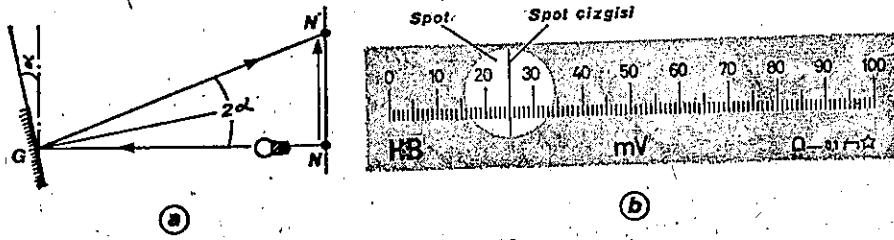
Şekil: 128

Gergin telli ve mil yataklı döner bobinli galvanometre.

Gerek ışık markalı, gerekse aynalı galvanometrelerin gösterme prensipleri aynı olmakla beraber, kullanma yerleri değişiktir. Işık markalı tipleri genellikle portatif, aynalı tipleri ise sabit olan yerlerde kullanılırlar.

Işık markalı galvanometreler; aynalar kadar hassas olmamakla beraber göstergeli tiplerinden daha hassas, aynalara nispetle daha kullanışlıdır.

Prensip şeması (Şekil: 129 a) da gösterildiği gibi bobinle birlikte dönen çukur (konkav) bir ayna⁽³⁾ ve bu aynanın karşısına konan bir akkor lambanın ışığı, galvanometrenin G aynası üzerine düşürülür. Bu ışık hüzmesi aletten, normal olarak 1 metre uzağa konulan taksimatlı bir cetvel (kadran) üzerine aksettirilir. Aksettirilen bu ışık hüzmesi, taksimatlı kadran üzerinde yuvarlak bir ışık lekesi halinde gözükür. Kadran üzerindeki bu ışık lekesine "spot" denir. Kolay ve bilhassa hassas bir okuma için, lambadan sonraki merceğin önüne ince bir kıl tel konur. Bu ince telin kadran üzerindeki hayali, spotun tam ortasında, koyu ince bir çizgi şeklinde görünür ve buna da "spot çizgisi" denir (Şekil: 129 b).



Şekil : 129

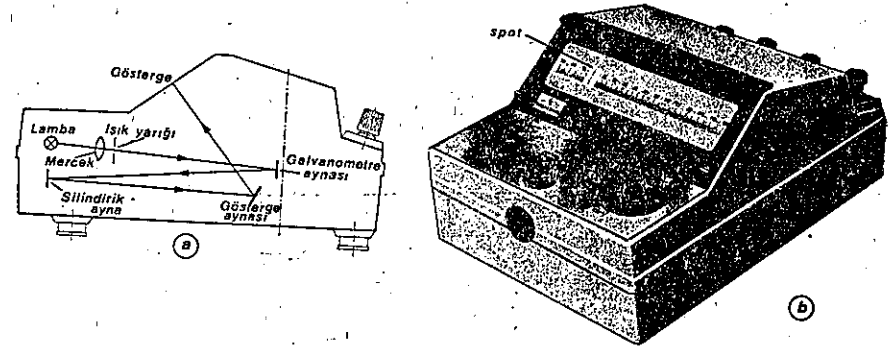
Spot ve spot çizgisinin bölümlü cetvel üzerindeki görüntüsü ve ışığın yansımaları.

Ölçme yokken spot çizgisi, kadranın sıfır noktasını gösterecek şekilde ayarlanır. Bobin ve ayna, α açısı kadar dönseler, yansıyan ışınlar 2α kadar dönerler. Bu durumda, N noktasındaki görüntü, N' noktasına gelir (Şekil: 129 a). Görüntünün bu yer değiştirme değeri veya açısının büyüklüğü, bobinden geçen akımla orantılıdır.

Kullanılan hassas ölçü aletleri içerisinde okuma hatası, ışık markalılarda daha az olduğundan bu gün en çok bu tipleri tercih edilmektedir. Spot çizgisinin kadran üzerindeki netliği; ayna ile kadran arasındaki mesafe, normal 1 m. olduğu zaman mümkün olmaktadır. Onun için, portatif ölçü aletlerinde bu uzaklık alet içerisine konan bir kaç ayna ile temin edilir. (Şekil: 130 a) daki ışık markalı portatif bir ölçü aletinde, ışığın, aynalardan yansyarak kadran üzerine nasıl düşürüldüğü gösterilmiştir. Aletin kadranı ya kâğıttan veya göz kamaştırmayan buzlu camdan yapı-

(3) Ayna, konkav değilse düz ise lambanın önüne, ışığın dağılmasını önleyen bir merceğe konur.

lır. Bu tip galvanometreler, akım veya gerilim büyüklüklerini ölçmek için ayrı ayrı yapıldığı gibi bir tek ölçü aleti, her iki değeri de ölçebilecek şekilde imâl edilen tipleri de vardır (Şekil: 130 b). Aletin üzerine, akım ve gerilim kademelerini değiştiren iki adet, seçici anahtar konmuştur. Bunların yardımıyla, 15 - 30 - 150 - 300 - 750 μ A. - 1,5 - 3 - 7,5 - 15 - 30 mA. lik akımları ve 750 μ V - 1,5 - 3 - 7,5 - 15 - 30 - 75 - 150 - 300 - 750 - 1500 - 3000 mV. luk gerilim değerlerini bu galvanometreyle, ayrı ayrı ölçebiliriz.



Şekil : 130

Portatif tip ışık markalı ölçü aleti.

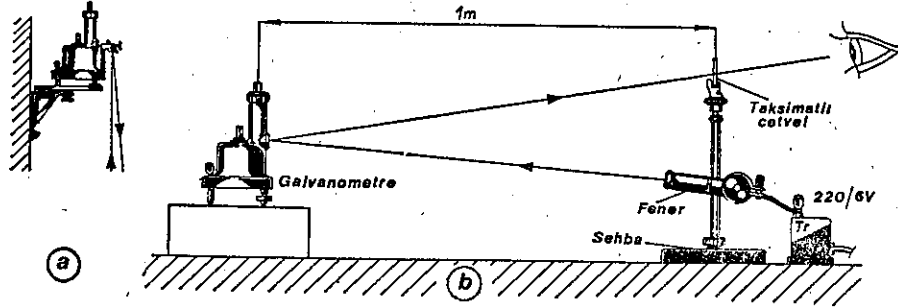
a) Aynalı Galvanometreler:

Döner mıknatıslı galvanometrelerden sonra en duyar bir ölçü aletidir. Dönen bobinin askıya alınması (Şekil: 20 b ve c) de gösterildiği gibidir. Aynalı galvanometrelerin kullanılması, diğer ölçü aletleri gibi kolay ve basit değildir. Gerek konacağı yerin tespiti ve gerekse ölçme işlemleri itina, titizlik ve sabır ister. Bu bakımdan aletin kullanılmasına ait bilgiler, aşağıda kısaca verilmiştir.

1) *Galvanometrelerin taşınması:* Döner bobini taşıyan askı telleri, çok ince olduğundan ufak bir sarsıntı veya sallantı bu tellerin kopmasına sebep olur. Bu sallantıya mani olmak için, alete kollu veya düğmeli bir düzenek ilâve edilmiştir (Şekil: 133 a). Alet taşınmadan evvel bu düzenegin kolu veya düğmesi çevrilerek bobinin sabit, oynamaz bir duruma getirilmesi ve ondan sonra taşınması lâzımdır. Konulduğu yerde, kullanılacağı zaman kol veya düğme tekrar çevrilerek, bobin serbest duruma getirilir.

2) *Galvanometrenin yerleştirilmesi ve ayarlanması*: Aletin bobini, çok küçük sarsıntılarda dahi duramaz. Bu bakımdan, galvanometre duvar (Şekil: 131 a) veya makine temelleri (Şekil: 131 b) gibi sallantı ve sarsıntısız en az olan yerlere konur. Galvanometrenin konduğu yerin sarsıntısız olması bir yana, düzgün konması da gereklidir. Çünkü; döner bobin, çok dar bir hava aralığı içerisinde hareket ettiğinden, yanlarına olan ufak bir sürtünme duyarlığına etki eder. Onun için galvanometre kullanılmadan evvel, oturduğu üç ayaklı sehpa-sının vidaları çevrilerek terazisine getirilmesi gerekir. Kolaylık olsun diye bazı galvanometrelerin üzerine ayrıca bir su terazisi konmuştur.

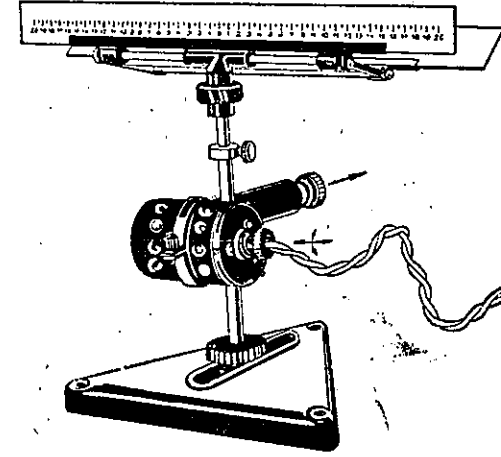
3) *Ölçmenin yapılması*: Galvanometrenin seviye ayarı yapıldıktan sonra artık alete dokunulmaz. (Şekil: 132) de görüldüğü gibi aynı sehpa



Şekil: 131

Aynalı galvanometrenin duvar ve zemine tespiti

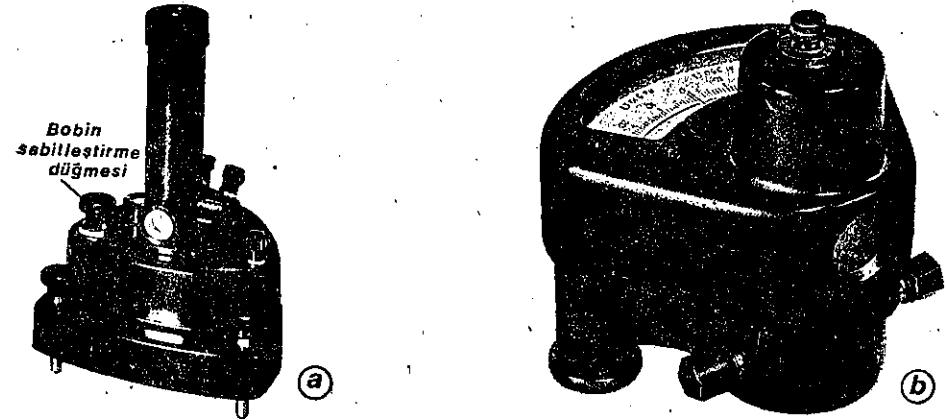
üzerine tespitli fener ve mm. taksimatlı buzlu cam cetvel, aletin normal olarak 1 m. uzaklığına konur. Bir transformatörden beslenen 6 V. luk ve 5 A. lik fenerin lambası yakılarak galvanometre aynasına yöneltilir (Şekil: 131 b). Aynadan yansıyan ışık, bölümlü cetvel üzerine düşürülerek önceden de açıkladığımız gibi spot ayarı yapılır. Yalnız, bu spot ayarı; galvanometre bobini serbest ve akım geçmezken yapılır. Ölçmede kolaylık sağlamak için, spot çizgisini mümkün olduğunca, cetvelin sıfır noktasına veya tam bir sayı üzerine getirilmesi gerekir. Bu ayarlar yapıldıktan sonra ölçülecek küçük değerli akım, aletten geçirildiği zaman galvanometrenin bobini ve aynası döner, bunlarla birlikte cetvel üzerindeki ışık lekesi de, önceki değerinden uzaklaşarak bir yerde durur. Bu iki değer arasındaki mm. lik mesafe, galvanometrenin sapma değerini verir. Yalnız, burada dikkat edilecek en önemli nokta spotun salınım hareketi tamamen durduktan sonra okuma yapmalıdır.



Şekil: 132

Aynalı galvanometreye ait fener, bölümlü cetvel ve sehpa-sı.

(Şekil: 133 a) da görülen aynalı galvanometrelerin bazı tiplerine, ayrıca gösterge ve kadran da ilâve edilmiştir (Şekil: 133 b). Böyle aletlerle ölçme yaparken ölçme sırasında, aletin göstergesine ait sıfır ayar vidasına, asla dokunmamak gerekir. Aksi halde, ters veya çok çevrilirse tel burularak kopabilir.



Şekil: 133

İki ayrı tip aynalı galvanometre.

4) *Ölçmenin bitimi ve sıfır ayarı* : Ölçme bittikten sonra galvanometre anahtarı açıldığı veya akımı kesildiği zaman aletin spotu, hemen sıfıra gelmez. Sıfıra yakın değerler üzerinde gittikçe azalan salınımlar yapar ve bu halin geçmesi için de bir müddet beklemek gerekir. Bu ise bir zaman kaybıdır. Spotu, hemen sıfır noktasına getirmek için aletin uçları kısa devre edilmelidir (böylece bobin, elektromanyetik frenlenerek hemen, sıfıra gelip durur). En sonra ve ikinci bir ölçmeye kadar galvanometreye ait bobinin kolu veya düğmesi çevrilerek sabit duruma getirilir.

Galvanometrenin hassasiyeti : Yapılan ölçmelerde taksimatlı cetvel mm. cinsinden, alet ile cetvel arasındaki mesafede 1 m. olduğuna göre alet, ampermetre veya voltmetre olarak yapılıp kullanılırsa galvanometrenin,

$$\text{Akım hassasiyeti} : \frac{\text{mm.}}{\text{m. A}} \text{ veya } \frac{\text{mm.}}{\text{m. } \mu\text{A}} \quad (23)$$

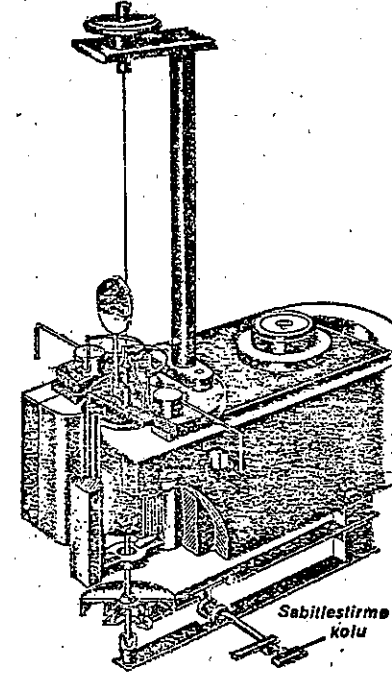
$$\text{Gerilim hassasiyeti} : \frac{\text{mm.}}{\text{m. V}} \text{ veya } \frac{\text{mm.}}{\text{m. mV}} \text{ olarak açıklanır.} \quad (24)$$

5) BALİSTİK GALVANOMETRE :

Bu tip galvanometreye, bir devreden çok kısa bir anda geçen elektrik miktarı (yükü) ölçülür. Balistik galvanometrede aranan en büyük özellik; üzerine boşaltılan yük anında bobin sapmamalı, yükün tamamı boşaldıktan sonra sapsmalı. Diğer bir ifadeyle; yükün boşalma süresinin, aletin periyodu karşısında küçük olmalıdır. Bunun temini içinde galvanometrenin, eylemsizlik momenti büyük olan bir bobine sahip olması gerekir.

Örneğin, (Şekil: 134) deki balistik galvanometreye şarjlı bir kondansatör bağlanırsa, kondansatörün boşalma (deşarj) süresinde hareketli bobin (bu kısa müddet içinde, kıvılcama zamanı bulamaz; harekete başladığı zaman isedeşarj akımı sıfır olur), geçen elektrik yükü ile orantılı olarak sapsar. Aletin spot çizgisine dikkat edilirse, bobin, sanki bir şok veya ani bir vuruş almış gibi en büyük dönmesini yapar. Bu anda boşalma sona ermiş olduğundan bobinin dönmesi devamlı olmaz ve hafif salınımlar yaparak eski durumuna geri gelir. Aynalı galvanometrelerle yapılan ölçmelerde ise spot çizgisinin, milimetrik cetvel üzerinde en büyük sapsması okunur (tayin edilir). İşte, bobinin bu en büyük sapma değeri,

elektrik miktarı için bir ölçek sayılır. Yalnız bu iş için, galvanometre önceden etalona edilmiş (ayarlanmış) olması gereklidir. Bunun için de; kapasitesi bilinen bir kondansatör, belli bir gerilimle şarj edilip, aletin üzerine boşaltılır. Böylece Q ile orantılı sabite de tayin edilmiş olur.



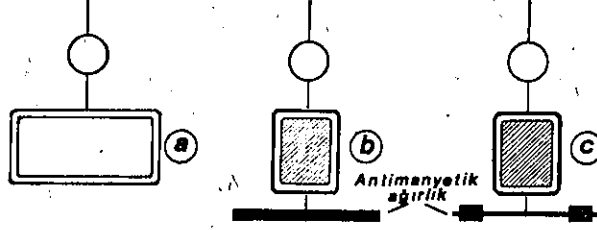
Şekil : 134

Balistik galvanometre.

Hareketli bobinin salınım süresi 5-10 saniye kadar olduğundan bu zaman içerisinde, bobinin en büyük sapma değerinin okunuşunu daha uygun kılmak ve spotun hareketini yavaşlatmak için bobinin, eylemsizlik momentini artırmak gerekir. Bunun için de aşağıdaki tertipler alınır.

- Bobini tutan askı teli, uzun alınır (Şekil: 134).
- Bobinin boyutlarıyla birlikte, sarım sayıları artırılır (Şekil: 135 a).
- Bobinin altına, antimanyetik ağırlıklar asılır (Şekil: 135 b ve c).

Ölçme tekniğinde, yalnız döner bobinli galvanometreler balistik galvanometre olarak kullanılırlar. Bunların duyarlılığı 10^{-8} kulon kadar olup bu değer, 1 m. mesafeden 1 mm. lik sapma yapar.



Şekil : 135

Balistik galvanometreye ait çeşitli bobinler.

Balistik olarak kullanılacak galvanometrenin, uzun periyodlu ve çok az amortismanlı olması gereklidir. Ayrıca; bobinin ilk hareketi esnasında, okuma yapılmalıdır. Bunların hassasiyetleri, diğer galvanometrelerde olduğu gibi şöntlerle ayarlanabilir.

KONUNUN ÖZETİ:

- 1 — Mili ve mikro değerlerindeki akım veya gerilimleri ölçen alete, galvanometre denir.
- 2 — Lord Kelvinin galvanometresi ile aynalı galvanometreler doğru akım köprülerinde, sıfır oleti olarak kullanılırlar.
- 3 — Döner bobinli galvanometreye yapılacak basit bir değişiklikle, alternatif akımda; akım, gerilim ve direnç ölçme yaptırılabilir.
- 4 — Galvanometre bobini; çok küçük değerli bir dirençle şöntlendiği zaman ampermetre, çok yüksek değerli bir dirençle seri bağlandığı zaman voltmetre olarak kullanılır.
- 5 — Duyar (hassas) ölçü aletleri, küçük akımlarda büyük sapmalar gösterirler.

SORULAR :

- 1) Galvanometre nedir ve ne ölçer?
- 2) Kaç çeşit galvanometre biliyorsunuz?
- 3) Demir paletli galvanometreyi anlatınız?
- 4) Tanjant galvanometresinin şeklini çizerek çalışmasını açıklayınız?
- 5) Döner mıknatıslı galvanometreler kaç tiptir ve özelliklerini söyleyiniz?
- 6) Döner bobinli galvanometreyi kısaca anlatınız?
- 7) Aynalı galvanometreyi kullanırken nelere dikkat edilir?
- 8) Balistik galvanometre ile ne ölçebiliriz?
- 9) Alternatif akım, galvanometrelerle ölçülür mü?

BÖLÜM

4

Direnç Ölçmek

KONUNUN PLANI :

Direnç ölçmenin önemi ve çeşitleri.

A — Katı dirençlerin ölçülmesi.

- 1 — Ampermetre - voltmetre metodu ile direnç ölçmek.
- 2 — Gerilim düşümü metodu ile direnç ölçmek.
- 3 — Voltmetre metodu ile direnç ölçmek.
- 4 — Ayarlı standart bir direnç ve ampermetreyle direnç ölçmek.
- 5 — Standart bir direnç ve ampermetre ile direnç ölçmek.
- 6 — Ampermetre ve vatmetre ile direnç ölçmek.
- 7 — Voltmetre ve vatmetre ile direnç ölçmek.
- 8 — Potansiyometrelerle direnç ölçmek.
- 9 — Köprülerle direnç ölçmek.
- 10 — Ommetreler.

B — Sıvı dirençlerin ölçülmesi.

- 1 — Veston köprüsü ile sıvı dirençlerin ölçülmesi.
- 2 — Ampermetre - voltmetre metodu ile sıvı dirençlerin ölçülmesi.

Direnç ölçmenin önemi ve çeşitleri :

Elektrikle çalışan cihazların ve enerjinin iletilmesinde kullanılan buletkenlerin, uygun bir elektrik direncine sahip olmaları istenir. Yani devrenin direnci, o sistemin iyi çalışmasını sağlayan etkenlerden biridir. Çünkü direnç ısı şeklinde enerji kaybına, gerilim düşümüne veya arıza oluşan etkilere neden olur. Bu sebepten cihazın üzerinde, direnci olmayan bir çok parçaların ve bazı hallerde devrelerdeki arızaların dirençlerinin ölçülmesiyle bulunabilir.

Diğer taraftan elektrik enerjisini ısı enerjisine çevirmek, bir devredeki akım veya gerilimi ayar etmek gibi istenilen gayelerin elde edilmesi için yapılan veya yapılacak direnç değerlerinin, ölçülüp bilinmesine ihtiyaç vardır.

Dirençler ya direkt olarak yahutta endirekt metotlarla ölçülür. Bilinmeyen dirençlerin ölçülmesinde hangi metot kullanılırsa kullanılsın, bütün metotlar Ohm kanunu ile açıklanan gerilim, akım ve direnç arasındaki ilişkiye dayanır ($R=U/I$).

Tatbikatta kullanılan dirençler, katı ve sıvı dirençler olmak üzere ikiye ayrılırlar.⁽¹⁾

A - KATI DİRENÇLERİN ÖLÇÜLMESİ :

Değer bakımından katı direnç, büyüklerine göre üçe ayrılırlar.

a) *Küçük değerdeki dirençler*; sıfır ile bir om arasında değişen dirençlere küçük değerdeki dirençler denir. Ampermetre ve şönt dirençleri, büyük güçlü dinamo endüvi dirençleri gibi...

b) *Orta değerdeki dirençler*; 1 ilâ 100.000 om arasında değişen dirençlere denir. Uygulamada kullanılan bütün elektrik alıcılarının dirençleri bu guruba girmektedir.

c) *Yüksek değerdeki dirençler*; 100.000 om'dan büyük olan dirençlere denir. Daha çok yalıtkan dirençler bu guruba girerler.

Şimdi, bu üç değerdeki dirençlerin nasıl ölçüldüğünü birkaç metotla açıklayalım: Bu ölçmelerde, iyi sıkıştırılmamış bağlantıların değme noktalarındaki dirençlerin araya girmesinden ölçmeler hatalı olur. Ölçme yapanların bu hususa önemli dikkat etmeleri gerekir.

1 — AMPERMETRE-VOLTMETRE METODU İLE DİRENÇ ÖLÇMEK:

Bu metodun adındanda anlaşılacağı üzere devreye bir ampermetre, bir voltmetre bağlamak suretiyle, bilinmeyen R_x direncinin değerini, Ohm kanunundan faydalanarak ölçmektir.

Dirençten geçen akım, devreye bağlanan ampermetreden amper olarak, gerilim ise voltmetreden volt olarak okunur. Bu iki değerden R_x in direnci om cinsinden bulunmuş olur ($R_x = U/I \Omega$).

(1) Elektrik akımı ileten iletkenler, iki çeşittir.

a — Katı iletkenler: Madenler, alaşımlar ve karbonlar gibi.

b — Sıvı iletkenler: Asitler, bazlar ve maden tuzlarının sulu çökeltileri gibi.

Bu ölçmede; ölçmek istediğimiz direnç, R_x direncinin değerine yakın olmakla beraber hakiki değeri değildir (yani bir-hata vardır). Bu hata, her ampermetrenin bir direnci olduğu ve her voltmetrenin çalışabilmesi için bir miktar akım çekmeye ihtiyacı olduğundan ileri gelir. Diğer taraftan ölçü aletleri ne kadar hassas olursa olsunlar ve hatta okuma hatası dahi olmasa, yine ölçme hatalıdır; çünkü, bağlantıda metot hatası vardır. Onun için, ölçme yapanların bu hususa dikkat etmeleri gerekir. Bu sebepten, ampermetre-voltmetre metoduna göre direnç ölçmek için aletler devreye iki şekilde bağlanır. Ampermetre; voltmetreden önce bağlanmış ise "*önce bağlama*", voltmetreden sonra bağlanmış ise "*sonra bağlama*" yönetimi denir.

a) *Önce bağlama*: (Şekil: 136 a) daki bağlantıda görüldüğü gibi devreye, önce ampermetre sonra voltmetre bağlanmıştır. Ölçülecek direncin değeri ise:

$$R_x = \frac{U}{I_x} \text{ dir.} \quad (a)$$

Şekle dikkat edilirse ölçülmek istenen R_x direnci, voltmetre direnci ile paralel bağlı olduğu görülür. Bu sebepten ampermetre, yalnız R_x direncinden geçen akımı değil, voltmetreden geçen akımda birlikte gösterir ($I = I_v + I_x$).

O halde; R_x direncinden geçen gerçek akım, ampermetrenin gösterdiği değerden biraz küçüktür, yani:

$$I_x = I - I_v \text{ dir.} \quad (b)$$

(b) değerini (a) da yerine koyalım.

$$R_x = \frac{U}{I - I_v} \text{ olur.} \quad (c)$$

Bu formülle hesaplanan direnç; hakiki R_x direnci olduğu için, (a) da bulunandan farklı çıkar.

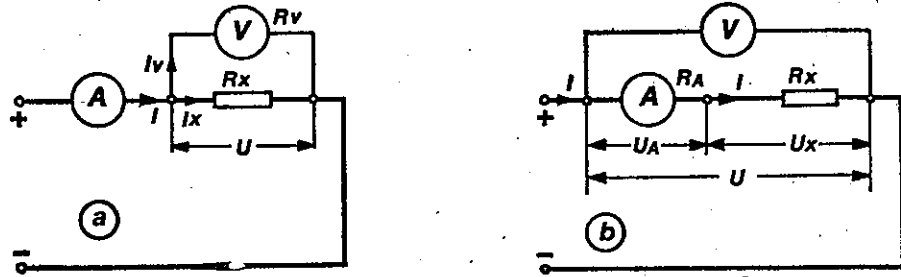
Eğer, voltmetreden geçen I_v akımı bilinmiyorsa Ohm kanununa göre bunun değeri: $I_v = U/R_v$ dir. Bu değeri, (c) de yerine koyarsak R_x direncinin gerçek değerini bulmuş oluruz.

$$R_x = \frac{U}{I - \frac{U}{R_v}} \quad \Omega \quad (25)^{(2)}$$

Bu formüldeki U ve I değeri, devredeki aletlerden okunur. R_v ise voltmetrenin iç direnci olup aletin üzerinde yazılıdır, değilse bir ohmmetre ile ölçülebilir.

Bu bağlantı ile ölçülecek R_x direnci, voltmetre direncinin yanında (1/100) den çok küçük ise hatada küçük olur. Yani I_v akımı, I_x akımının yanında ihmal edilebilir ($I_v \cong 0$). Bu durumda $I = I_x$ olacağından, ölçülen direncin değeri de, $R_x = U/I$ formülü ile hesaplanır.

Netice olarak: Bu bağlantı küçük dirençlerin ölçülmesinde kullanılır (o ilâ birkaç om arasında) Eğer kullanılan voltmetre elektrostatik tipten ise ölçülen direnç hatasız çıkar.



Şekil : 136

Önce bağlama

Sonra bağlama

Ampermetre - voltmetre yöntemiyle direnç ölçmek.

b) sonra bağlama: (Şekil: 136 b) deki bağlantı ile ölçülecek R_x direncinin değeri; Ohm kanununa göre:

$$R_x = \frac{U_x}{I} \quad \text{formülü ile hesaplanır} \quad (a)$$

(2) (25) ile açıklanan bu formülü, şu şekilde de bulabiliriz. U/I ile hesaplanan direnç; ölçülecek R_x direnci ile voltmetre R_v direncinin meydana getirdiği paralel grubun eşdeğer direncini verir, Yani $\frac{U}{I} = \frac{R_x \cdot R_v}{R_x + R_v}$ dir. Buradan

R_x hesaplanırsa (25) formülü bulunur.

Devredeki ampermetre, doğrudan doğruya R_x direncinden geçen gerçek I akımını gösterir. Voltmetre ise yalnız R_x direnci üzerinde düşen gerilimi değil, R_x direnci ile seri bağlı ampermetredeki, gerilimin düşümünde birlikte gösterir ($U = U_A + U_x$).

Bu değere göre hesaplanan direnç, R_x direncinin gerçek olmayıp ampermetre direncinin değeri kadar fazla olur ($R = R_x + R_A$). Onun için, ampermetrede düşen gerilimi, voltmetreden okunan değerden çıkarmak lazımdır. Yani,

$$U_x = U - U_A \quad (b)$$

(b) değeri, (a) da yerine konursa R_x direncinin değeri bulunmuş olur.

$$R_x = \frac{U - U_A}{I} \quad (c)$$

Ampermetrede düşen gerilimin Ohm kanununa göre değeri ise:

$$U_A = I \cdot R_A$$

dir. Bu değeride (c) de yerine koyduğumuzda, R_x direncinin hakiki değerini bulmuş oluruz.

$$R_x = \frac{U}{I} - R_A \quad (26)$$

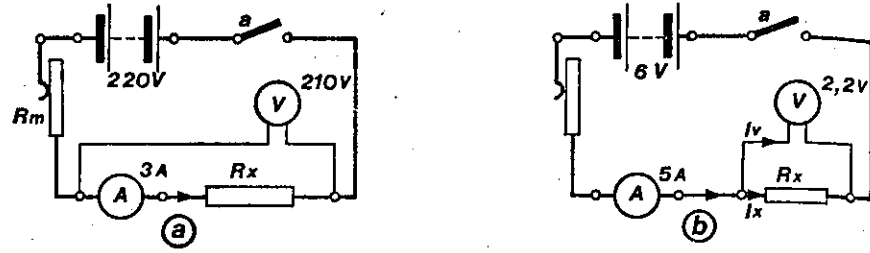
Eğer ampermetrenin R_A direnci, ölçmek istediğimiz R_x direncinin yanında (1/100 den) çok küçük ise, yani R_x direnci R_A nın 100 katından büyük ise böyle büyük bir değer yanında, ampermetredeki gerilim düşümü % 1 hata ile ihmal edilebilir ($U_A \cong 0$) yani, $U = U_x$ olur. Bu durumda aletlerde okunan değerlerden, R_x direncinin değeri bulunmuş olur ($R_x = U/I$).

O halde bu metot, büyük dirençlerin ölçülmesinde kullanılır.

Örnek : 1

(Şekil: 137 a) daki büyük değerli dirençlerin ölçülmesinde kullanılan montajı hazırlıyarak bir elektrik ütüsünün direncini hesaplayalım. Devredeki ampermetrenin direnci $0,04 \Omega$, 220 V. luk bir voltmetrenin direncide $10\,000 \Omega$ olsun. Buna göre ütünün direnci ile % hata oranını bulalım.

Gerilimi, R_m sürgülü direnci ile ayarladığımızda; voltmetre 210 voltu, ampermetrede 3 A. i gösterebilir.



Şekil : 137

Bu durumda: Ölçülen direnç,

$R_x = U_x / I = 210/3 = 70 \Omega$ dur. Ampermetrenin direnci dikkate alındığı zaman,

$$R_x = \frac{U}{I} - R_A, \quad 70 - 0,04 = 69,96 \Omega \text{ bulunur.}$$

Ölçmede yapılan hata değeri ise; $\Delta b = \frac{70 - 69,96}{69,96} \cdot 100 = \% 0,057$ dir.

Bulunan bu değer çok küçük olduğu için, ihmal edilebilir.

Elimizdeki ütünün direncini bu kez, (Şekil: 136 a) daki küçük dirençlerin ölçülmesinde kullanılan bağlantıyı kurarak ölçelim.

Aletlerde okunan değerlerle bulunan direnç:

$$R_x = U/I = 210/3 = 70 \Omega \quad \text{dur.}$$

Voltmetreden geçen akımın değeri de hesaba katıldığında hakiki direnç :

$$\text{Formül (25) den, } R_x = \frac{U}{I - \frac{U}{R_v}} = \frac{210}{3 - \frac{210}{10000}} = 70,49 \Omega \text{ bulunur.}$$

$$\text{Burada yapılan hata ise: } \Delta b = \frac{70,49 - 70}{70,49} \cdot 100 = \% 5,24$$

Yapılan % 5,24 lük hata, büyük bir değer sayılır. Onun için, büyük değerli dirençler bu montajla ölçülmez.

Örnek: 2

(Şekil: 137 b) deki montaj ile R_x şönt direncinin değerini ölçmek için, devreye 6 voltluk bir üreteç bağlayalım. Bu değeri ölçen voltmetrenin iç direncide, 2000 Ω olsun. Sürgülü reosta ile gerilimi ayarlayarak voltmetre 2,2 voltu, iç direnci 0,2 Ω olan ampermetrede 5 A. i göstürsün.

Bu duruma göre;

Şönt direncinin değeri: $R_x = 2,2/5 = 0,44 \Omega$ bulunur. Voltmetreden geçen I_v akımı dikkate alındığında R_x direncinin gerçek değeri;

$$R_x = \frac{U}{I - \frac{U}{R_v}} = \frac{2,2}{5 - \frac{2,2}{2000}} = \frac{2,2 \cdot 2000}{10000 - 2,2} = \frac{4400}{9997,8} = 0,44009$$

Yapılan bağıl hata:

$$\Delta b = \frac{0,44009 - 0,44}{0,44009} \cdot 100 \cong \% 0,020 \text{ dir.}$$

Halbuki bu direnç (Şekil: 136 b) deki bağlantı ile yapılırsa idi, şöntün değeri:

Ampermetre direnci ile şöntün direnci birbirlerine seri olduklarından toplam direnç = $0,44009 + 0,2 = 0,64009 \Omega$

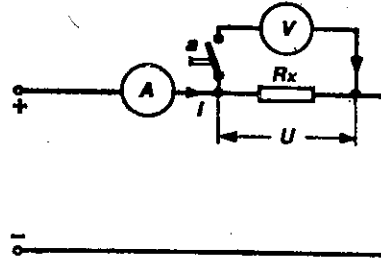
Voltmetrenin yine 2,2 V. u gösterdiğini kabul edelim. Bu durumda ampermetreden geçen akım = $2,2/0,64009 \cong 3,43$ A. olacak ve ampermetre bu değeri gösterecektir. O halde, hesabımızda şöntün değeri 0,64009 çıktı, halbuki şöntün hakiki değeri: 0,44009 Ω dur. Burada yapılan hata,

$$\Delta b = \frac{0,64009 - 0,44009}{0,44009} \cdot 100 = \% 45,44$$

Bu hata ise, oldukça büyüktür.

Özet olarak : Gerilim düşümü küçük, akım büyük ise önce bağlama, şayet gerilim düşümü büyük, akım küçük ise sonra bağlama yöntemi kullanılırsa da doğru bir ölçme için, bu yöntemler pek tavsiye edilmezler. Çünkü her iki halde de hata büyük oluyor. Ölçü aletlerindeki bu hatalardan kurtulmak için (Şekil: 138) deki bağlantı tertiplenerek aletler, ayrı ayrı kullanılır. Şöyleki; voltmetre önüne konulan bir anahtar bu işi sağ-

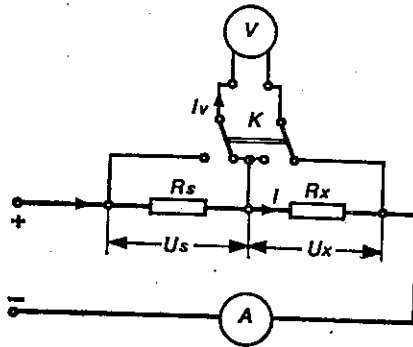
lar. Voltmetre anahtarı açık iken önce ampermetreden R_x direnci üzerinden geçen I akımı okunur. Sonra, voltmetre anahtarı kapatılarak R_x direnci üzerinde düşen U gerilimi okunur. Böylece R_x direncinin gerçek değeri bulunmuş olur ($R_x = U/I \Omega$).



Şekil : 138

2 — GERİLİM DÜŞÜMÜ METODU İLE DİRENÇ ÖLÇMEK :

Bu metoda, *standart direnç ve voltmetre metodu* da denir. Bu montajda; değeri bilinen standart bir R_s direnci ile değeri bilinmeyen R_x direnci seri bağlanır. Ölçmenin hassasiyeti ve çabukluğu için voltmetre devresine, iki kutuplu bir enversör şalter konmuştur (Şekil: 139).



Şekil : 139

Gerilim düşümü metodu ile direnç ölçme.

Ölçmenin yapılışı:

1 — Voltmetre şalteri, sıra ile önce R_x direnci uçlarına kapatılarak U_x gerilimi okunur.

Direnç Ölçmek

2 — Sonra voltmetrenin K şalteri, R_s direnci uçlarına kapatılarak U_s gerilimi okunur.

3 — Her iki deneyde de devre gerilimi sabit olduğu için ampermetre, aynı değeri gösterir (çünkü, seri devrelerden geçen akım şiddeti birbirine eşittir). Bu sebeple her iki dirençteki gerilim düşümleri, bunların değerleriyle orantılı olur. Yani,

Birinci ölçmede:

$$I = U_x / R_x$$

İkinci ölçmede:

$$I = U_s / R_s \text{ yazılır. } I \text{ ler aynı olduğundan } U_x / R_x = U_s / R_s \text{ olur.}$$

Buradan,

$$R_x = R_s \cdot \frac{U_x}{U_s} \Omega \text{ bulunur.} \quad (27)$$

Bu deneyde, ölçmelerin duyarlılığı şunlara bağlıdır.

a) Her iki ölçmede de akımın değişmediğini ve voltmetrenin de akım çekmediği kabul edilmiştir.

b) Ölçmede kullandığımız voltmetre elektrostatik tipten ise, bulunan değer hatasız olur.

c) Ölçmede; dirençlerden geçen akım büyük olursa, kaynağın (pil-bataryasının) polarize olma ihtimali olduğundan, I akımı değişir. Onun için ölçmeyi birkaç kere yapıp ortalamasını almak gerekir.

d) Seçilen standart pilin hassasiyeti yüzde 99,99 dan aşağı olmamalıdır.

Örnek problem: Standart direncin değeri 200Ω , uçlarında ölçülen gerilim ise 10 V . tur. R_x direncinin uçlarında ölçülen gerilim, 9 V . olduğuna göre; R_x direncini bulunuz?

Cevap: Formül (27) den $R_x = 180 \Omega$ bulunur.

3 — VOLTMETRE METODU İLE DİRENÇ ÖLÇMEK :

Değeri bilinmeyen direnci ölçmek için; iç direnci bilinen bir voltmetre, ölçek olarak kullanılır. (Şekil: 140) da olduğu gibi R_x direnci voltmetreye seri olarak bağlanır. Voltmetreden iki ayrı okuma yapabilmek için, montaja bir b butonu ilâve edilmiştir (biri R_x direnci devre dışı iken diğeri, R_x direnci voltmetre ile seri bağlı iken).

Ölçmenin yapılması:

- 1) b butonuna basılıp, devrenin U gerilimi okunur.
 - 2) b butonu açık iken, voltmetrorenin gösterdiği U_v gerilimi okunur.
- Bu halde devreden geçen akım,

$$I = \frac{U}{R_v + R_x} \text{ dir.} \quad (a)$$

$$\text{Voltmetreden geçen akım ise; } I = U_v / R_v \text{ dir.} \quad (b)$$

(a) ve (b) değerlerinin eşitliğinden;

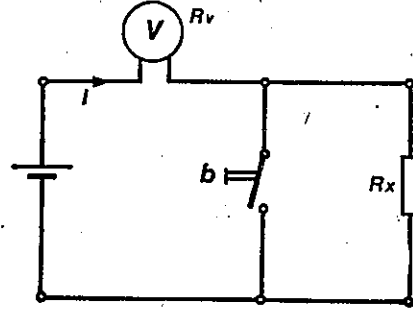
$$\frac{U_v}{R_v} = \frac{U}{R_v + R_x} \text{ yazılabilir. Buradan } R_x \text{ hesaplanarak}$$

$$U_v \cdot R_x + U_v \cdot R_v = U \cdot R_v$$

$$U_v \cdot R_x = U \cdot R_v - U_v \cdot R_v$$

$$R_x = R_v \left(\frac{U}{U_v} - \frac{U_v}{U_v} \right)$$

$$\underline{\underline{R_x = R_v \left(\frac{U}{U_v} - 1 \right)}} \text{ değeri bulunur.} \quad (28)$$



Şekil : 140

İç direnci bilinen bir voltmetre ile direnç ölçmek.

Bu metot genellikle orta ve yüksek değerli dirençlerin ölçülmesinde kullanılır.

Ölçmenin hassasiyeti:

- a) Kaynağın gerilimi sabit olmalı,
- b) Kaynak olarak pil bataryası kullanılıyorsa, ölçme çabuk yapılmalı,
- c) Ölçmenin hassasiyeti, kullanılan voltmetreye bağlı olduğu için yüksek dirençli döner bobinli tipten olması tercih sebebidir.

Örnek problemler:

1) b butonu kapalı iken, iç direnci $50\,000 \, \Omega$ olan döner bobinli bir voltmetre ile ölçülen gerilim, $120 \, \text{V}$. tur. b butonu açılıp, R_x direnci devreye sokulduğu zaman voltmetrede okunan değer ise, $30 \, \text{V}$. olduğuna göre bilinmeyen direncin değeri nedir?

Cevap: (28) formülünden $R_x = 150\,000 \, \Omega$ bulunur.

2) $U = 10 \, \text{V}$, $R_v = 2000 \, \Omega$, $U_v = 5 \, \text{V}$. ise; $R_x = ? \, \Omega$

Cevap: Aynı formülden $R_x = 2000 \, \Omega$ bulunur.

4 — AYARLI STANDART BİR DİRENÇ VE AMPERMETREYLE DİRENÇ ÖLÇMEK :

Bu metotla direnç ölçmek için, (Şekil: 141) deki montaj kurulur.

Ölçmenin yapılması:

K anahtarı önce 1 durumuna getirilip, R_x direncinden geçen I_x akımı ampermetreden okunur. İkinci halde, K anahtarı 2 durumuna getirilir. R_s ayarlı veya fişli bir direnç olup, üzerinden geçen I_s akımı öyle ayarlanır ki önceki I_x akımına eşit oluncaya kadar ($I_s = I_x$).

Aynı şartlar altında, eşit dirençlerden eşit akımlar geçer.

O halde: $R_x = R_s$ bulunmuş olur.

Ölçme; Ohm kanununa göre ifade edilirse:

$$\text{K anahtarı 1 durumunda iken: } I_x = U/R_x \quad \dots \quad (a)$$

$$\text{K anahtarı 2 durumunda iken: } I_s = U/R_s \quad \dots \quad (b)$$

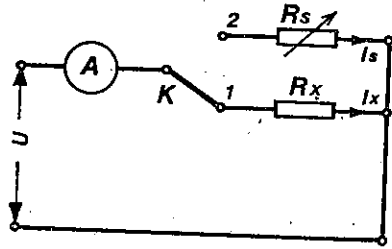
(a) ve (b) de, $I_s = I_x$ yapıldığından, $U/R_x = U/R_s$ yazılır.

Buradan: $R_x = R_s$

bulunmuş olur. (28)

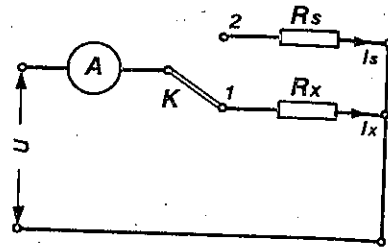
Ölçmede dikkat edilecek hususlar:

- Devre gerilimi sabit olmalı,
- Ampermetre ile ayarlı direncin çok duyarlı olması,
- R_s ayarlı direncinin, en az R_x direnci kadar, yeter büyüklükte ve istenilen değerlere ayar edilebilmelidir.



Şekil : 141

Ayarlı bir direnç ve ampermetre ile direnç ölçmek.



Şekil : 142

Akımları karşılaştırmak suretiyle direnç ölçmek.

5 — STANDART BİR DİRENÇ VE AMPERMETRE İLE DİRENÇ ÖLÇMEK :

Bu metoda: *akımları karşılaştırmak suretiyle, direnç ölçme* de denir. ve bunun için de (Şekil: 142) deki bağlantı yapılır. Her ne kadar yanındaki montaja benzerse de, burada kullanılan ve değeri bilinen R_x direnci ayarlı değildir. Bu deneyde en önemli özellik, devre geriliminin sabit olması icap eder.

Ölçmenin yapılışı: K anahtarı 1 durumda iken, R_x direncinden geçen I_x ampermetreden okunup kaydedilir. K anahtarı 2 durumuna getirildiğinde, R_s direncinden geçen I_s akımı da okunup kaydedilir.

Ohm kanununa göre :

$$1. \text{ durumda : } U = I_x \cdot R_x \quad (a)$$

$$2. \text{ durumda : } U = I_s \cdot R_s \quad (b)$$

(a) ve (b) eşitliklerinden: $I_x \cdot R_x = I_s \cdot R_s$ yazılır. Buradan, R_x değeri:

$$R_x = R_s \cdot \frac{I_s}{I_x} \quad \Omega \quad \text{bulunur.} \quad (29)$$

6 — AMPERMETRE VE VATMETRE İLE DİRENÇ ÖLÇMEK :

Direnci bilinmeyen bir devrenin R_x direncini, ampermetre ve vatmetre ile ölçmek için (Şekil: 143 a) daki bağlantı tertiplenir. Ampermetre devrenin çekmiş olduğu I akımını, vatmetre ise devrenin P gücünü ölçer.

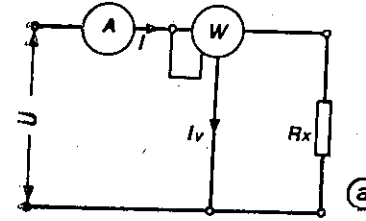
Ohm kanununa göre, devrenin gerilimi : $U = I \cdot R_x \quad . . . \text{ Volt (a)}$

Vatmetrenin gösterdiği değer ise : $P = I \cdot U \quad . . . \text{ Vat (b)}$

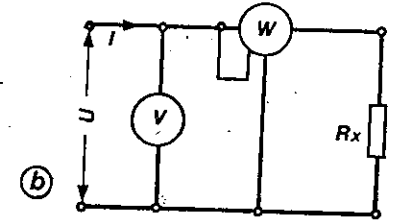
(a) değerini, (b) de yerine koyalım.

$P = I \cdot R_x \cdot I = I^2 \cdot R_x$ dir. Buradan R_x in değeri,

$$R_x = \frac{P}{I^2} \quad \Omega \quad \text{bulunur.} \quad (30)$$



(a)



(b)

Şekil : 143

Ampermetre ve vatmetre ile direnç ölçmek

Voltmetre ve vatmetre ile direnç ölçmek.

7 — VOLTMETRE VE VATMETRE İLE DİRENÇ ÖLÇMEK :

Bu metotla da direnç ölçmek için (Şekil: 143 b) deki montaj kurulur. Devrenin uçları arasındaki gerilimi voltmetreden, gücünü de vatmetreden okuruz.

Ohm kanununa göre, devreden geçen akım : $I = U/R_x \quad . (a)$

Vatmetrenin gösterdiği değer ise : $P = U \cdot I \quad . (b)$

(a) değerini, (b) de yerine koyalım.

$P = U \cdot U/R_x = U^2/R_x$ buradan, R_x in değeri,

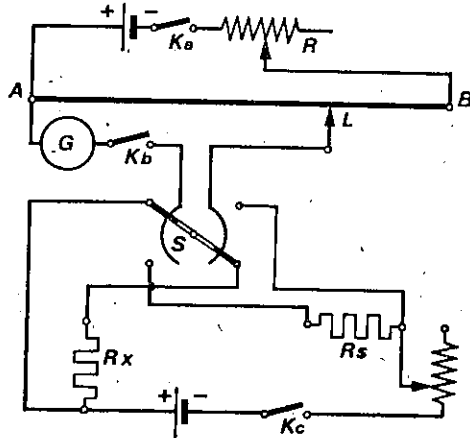
$$R_x = \frac{U^2}{P} \quad \Omega \quad \text{bulunur.} \quad (31)$$

Vatmetrenin aracılığı ile direnç ölçme metodu; orta değerdeki dirençlerin kabaca ölçülmesinde kullanılır. Çünkü, ölçü aletlerindeki kayıplardan dolayı araya bazı hatalar girer. Buna rağmen ölçmenin hassasiyeti aşağıdaki faktörlere bağlıdır:

- 1) Ölçü aletlerinin duyar olmasına,
- 2) Vatmetrenin gerilim bobininden geçen I_v akımının ihmal edilecek kadar küçük olmasına (a bağlantısı),
- 3) Vatmetrenin akım bobininde düşen gerilim, devre gerilimi yanında ihmal edilecek kadar küçük olmasına (b bağlantısı),
- 4) Devre geriliminin sabit olmasına.

8 — POTANSİYOMETRELERLE DİRENÇ ÖLÇMEK :

Potansiyometreler, daha çok küçük değerdeki dirençlerin ölçülmesinde kullanılır. Örneğin: (Şekil: 144) deki bağlantı ile ampermetrenin direncini tayin edelim. Ölçülmek istenilen ampermetrenin iç direnci, R_x olsun. Şekilde görüldüğü gibi potansiyometre, AB arasına konulmuştur.



Şekil : 144

Bir ampermetre direncinin potansiyometre ile ölçülmesi.

Ampermetrenin direnci bir pil, bir reosta ve bir etalon R_s direnci ile seri olarak devreye girmektedir. Galvanometrenin bağlı bulunduğu

komütatör yardımıyla ayrı ayrı R_x ve R_s dirençlerinin uçları arasındaki gerilimler, potansiyometrenin sürgüsü ile ayarlanır. Potansiyometreye, pillerin aynı adlı kutupları bağlanır. Aksi halde denge temini mümkün olmaz.

Ölçmenin yapılışı :

S komütatörü, önce R_s uçlarına kapatılıp potansiyometrenin L sürgüsü yardımıyla, galvanometre dengeye getirilir. Denge temin edildiği zaman, sürgünün durduğu yer L_s olsun, ikinci halde, S komütatörü R_x direncinin uçlarına kapatılarak ayar edilir. Galvanometre göstergesi yine sıfıra geldiği zaman bu defa L sürgüsünün durduğu yere de L_x diyelim. Burada, sürgünün hareket uzunluklarının oranı, dirençlerin birbirine oranına eşit ve doğru orantılıdır. Yani;

$$\frac{R_x}{R_s} = \frac{L_x}{L_s} \quad \text{olur. Buradan } R_x \text{ in değeri,}$$

$$R_x = R_s \cdot \frac{L_x}{L_s} \quad \Omega \quad \text{bulunur. (32)}$$

Deney, değişik akımlara göre ayrı ayrı yapıp çıkan sonuçların ortalaması alınır L_x ve L_s değerleri, potansiyometrenin bölümlü çizelgesinden okunur.

Bu ölçmede dikkat edilecek hususlar :

- 1 — Ölçmenin hassas olabilmesi için, L_x ve L_s uzunluklarının doğru olarak okunması.
- 2 — L sürgüsünün ilk hareketi sırasında galvanometreyi korumak için, devreye R ayarlı direncinin bağlanması (denge durumunda bu direnç çıkarılır).
- 3 — Ölçmede kullanılan pilin kapasitesi, yeter büyüklükte olmalıdır.

ÖLÇMEYE AİT SORULAR :

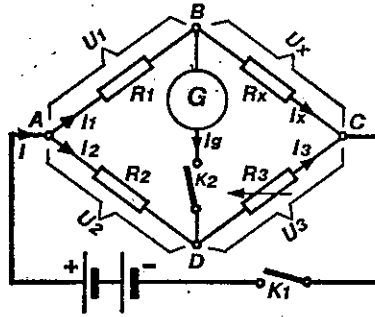
- 1 — (Şekil: 144) deki bağlantıyı düzenleyiniz.
- 2 — Değeri bilinen, deneyinize uygun etalon bir direnç seçiniz.
- 3 — Galvanometrelerin dengeye gelmesi size neyi ifade eder?
- 4 — Potansiyometreler, deney esnasında seri bir direnç bağlanmasının sebebi nedir?
- 5 — Uzunlukların oranı, gerilimlerin oranına eşit midir?
- 6 — Deneyi değişik akımlar için tekrarlayınız Ortalamasını alın. Sebebi?
- 7 — Belirli bir akım için, yapılan deney size neyi ifade eder?
- 8 — Deneyden elde edilen sonuçlara bir rapor haline getiriniz.

9 — KÖPRÜLERLE DİRENÇ ÖLÇMEK :

Değişik değerlerdeki dirençlerin, doğru olarak ölçülmesi gerektiği zaman, "Ölçme köprüleri" kullanılır. Tatbikatta çok kullanılan bu köprülerin en önemlileri şunlardır :

- Wheatstone (Veston) köprüsü
- Telli Vehton köprüsü
- Thomson (Tomson) köprüsü
- Veston⁽³⁾ köprüsü ile direnç ölçmek :

Bu köprüler, daha ziyade orta değerdeki (10 ilâ 100 000 om arası) dirençlerin hassas olarak ölçülmesinde kullanılır. Bu sistemin esası; bilinen dirençlerle bilinmeyen direncin karşılaştırılmasıdır. Bu karşılaştırmanın yapılması için (Şekil: 145) deki bağlantı kurulur. Bu köprü; ölçülecek R_x direnci, değerleri bilinen R_1 ve R_2 dirençleri ile her ayarda değeri okunan R_3 direnci; bir ABCD dörtgeni teşkil edecek şekilde tertiplenmiştir. Bağlantının AC köşeleri arasına, genel olarak 4,5 V. luk bir pil bataryası ile BD arasına da bir G galvanometresi bağlanmıştır.



Şekil : 145

Veston köprüsü.

Galvanometre ve pil devresine de, K_1 ve K_2 anahtarları konmuştur. K_1 ve K_2 anahtarları kapatıldığı zaman galvanometrenin göstergesi, geçen akım yönüne bağlı olarak herhangi bir yöne sapar. Bu farkı gidermek için R_1 , R_2 ve R_3 direnci, değiştirilerek galvanometrenin göstergesi sıfır

(3) Wheatstone, Charles (1802-1875) 1838 de ilk elektrik telgrafını yapan İngiliz fizikçisi.

rı gösterinceye kadar devam edilir ($I_g = 0$). Galvanometrenin sıfır göstermesinin anlamı şudur; köprü dengeye gelmiştir. (Şayet devreye osilatör voltajı tatbik ediliyorsa, ya alternatif akım galvanometresi veya bir telefon kulaklığı bağlanır. Kulaklıkta sesin işitilmemesi, köprünün dengeye geldiğini gösterir). Yani B ve D noktaları, eşit potansiyelde demektir.

Bu durumda :

R_1 den geçen akım, aynen R_x direncinden de geçer. Yani;

$$I_1 = I_x \quad \dots \dots \dots (a)$$

Bunun gibi; R_2 direncinden geçen I_2 akımı da, aynen R_3 direncinden de geçer.

$$\text{Yani; } I_2 = I_3 \quad \text{olur.}^{(4)} \quad \dots \dots \dots (b)$$

Diğer taraftan, AB arasındaki U_1 potansiyel farkı, AD arasındaki U_2 potansiyel farkına eşit olur. Yani;

$$U_1 = U_2 \text{ dir. (} U_1 \text{ ve } U_2 \text{ nin Ohm kanununa göre ifadesini yazalım.)} \quad (c)$$

$U_1 = I_1 \cdot R_1$ ve $U_2 = I_2 \cdot R_2$ bunları (c) de yerine koyalım.

$$I_1 \cdot R_1 = I_2 \cdot R_2 \quad \text{olur.} \quad \dots \dots \dots (d)$$

Bunun gibi; BC arasındaki U_x potansiyel farkı da, DC arasındaki U_3 potansiyel farkına eşittir. Yani;

$$U_x = U_3 \text{ dir. (} U_x \text{ ve } U_3 \text{ Ohm kanununa göre ifadesi ise) } \quad (e)$$

$U_x = I_x \cdot R_x$ ve $U_3 = I_3 \cdot R_3$ bunları da (e) yerine koyalım.

$$I_x \cdot R_x = I_3 \cdot R_3 \quad \dots \dots \dots (f)$$

(d) denkleminin, (f) denklemine bölümü ile,

$$\frac{I_1 \cdot R_1}{I_x \cdot R_x} = \frac{I_2 \cdot R_2}{I_3 \cdot R_3} \quad \text{olur. (a) ve (b) eşitliklerinden}$$

$$\frac{R_1}{R_x} = \frac{R_2}{R_3} \quad \text{bağıntısı bulunur.}^{(4)} \text{ Buradan;}$$

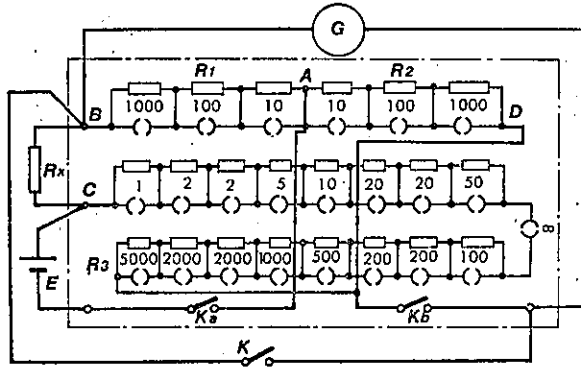
(4) Çünkü; galvanometreden geçen akım ($I_g = 0$) sıfır olunca, R_1 ile R_x direnci ve R_2 ile R_3 direnci seri bağlı devrelere benzerler, seri kol akımları ise birbirlerine eşittir.

$R_x \cdot R_2 = R_1 \cdot R_3$ Bu denklemde de görüldüğü gibi köprüdeki; karşılıklı dirençlerin çarpımları, birbirine eşittir. Burada, R_x arandığından

$$R_x = R_3 \cdot \frac{R_1}{R_2} \quad \Omega \quad \text{bulunur.} \quad (33)$$

Böyle bir köprü bağıntısı ile üç direnç bilinirse, dördüncüyü bulmak mümkün olur.

Ölçmeleri daha kolay ve çabuk yapmak için hususi yapılı, portatif veston köprüleri kullanılır. Bu köprülere bağlanacak pil, galvanometre ve ölçülecek direnç için, belirli uçlar dışarıya çıkarılmıştır. (Şekil: 146) da görüldüğü gibi R_1 ve R_2 kollarında her biri için; 10, 100 ve 1000 er Ω luk üçer adet direnç mevcuttur. Bunların R_1/R_2 oranları ise 0,01, 0,1, 10 ve 100 değerlerini alır. R_3 kolunda da; 1, 2, ve 5 Ω luk dirençler ile bunların 10, 100, 1000 katlarını ihtiva eden dirençler mevcuttur. Bu duruma göre, R_3 direnci, 1 Ω dan 11110 Ω kadar (bire om atlayarak) bütün değerleri alır. Böylece, bu köprülerle; bir milyon Ω dan daha fazla değerlerin ölçülmesi imkân dahilinde ise de, duyarlılığının büyük olması bakımından tatbikatta daha çok 10 ilâ 100 000 Ω arasındaki dirençlerin hassas olarak ölçülmesinde kullanılırlar.



Şekil : 146

Kurulmuş veston köprüsü.

Ölçmenin Yapılışı :

Ölçülecek R_x direncinin değeri bilinmediğinden, köprüden geçen akımı küçük tutmak için R_1/R_2 oranı 1000/1000 Ω olarak alınır. Başlangıçta köprü denge durumunda olmayacağı için, galvanometre anahtarı de-

vamlı olarak kapalı tutulmaz. Zira geçen akım büyük olduğundan aleti yakabilir onun için galvanometre göstergesinin sapmasını görecektir. Kapatılıp sonra hemen açılır. Ön bilgi olarak bunları öğrendikten sonra, ölçmeyi yapabiliriz.

Köprünün önce K_a , sonra K_b anahtarları kapatılır. R_3 direncinin en büyük değeri seçildiğinden aletin göstergesi meselâ sağa sapsin. Şimdi R_3 en küçük değerini alıp K_b ye bastığımızda bu sefer, göstergenin sola saptığını göreceğiz. O halde aranan direnç bu iki değer arasındadır.

Sıra ile, R_3 için verilen değerlerde galvanometrenin göstergesi sağa sapıyor ise verilen bu değerler denge için büyüktür, sola sapıyor ise, verilen değerler denge için küçüktür. Böylece, verilen değerler gittikçe daraltılarak dengeye yaklaştırılır. Bu işlemleri yaparken mümkün olduğu kadar R_1/R_2 nin bütün oranları da sıra ile kullanılmalıdır. Köprü, denge durumundan çok uzak olduğu zaman veya büyük dirençlerin ölçülmesinde, gerilim yükseltilmesi halinde (45 V. kadar) koruma tertibatı olarak galvanometreyi kısa devre eden bir K anahtarı bağlanmıştır. Anahtar kapalı iken, dengesizlikten dolayı galvanometreden geçecek akımın büyük bir kısmı bu şöntten geçer, buna rağmen galvanometrede küçük de olsa bir sapma görülebilir. Köprü dengeye yaklaşıncaya K anahtarı açılıp bütün akımın galvanometreden geçmesi temin edilir. K anahtarı açık iken galvanometre daha hassastır. O halde; başlangıçta galvanometreyi korumak için K anahtarını kapatmalı, dengeye yaklaşıncaya K anahtarı açılmalıdır.

Örneğin: Önce R_1 ve R_2 kollarındaki 1000 er Ω yazılı kısımdaki fişleri çıkardıktan sonra, R_3 kolundaki 5000 Ω luk fişi de çıkaralım. K_a ve K_b anahtarlarını kapattıktan sonra galvanometre göstergesinin, meselâ sağa saptığını görelim. Şimdi, R_3 deki çıkardığımız fişi tekrar yerine koyup 1 Ω luk kısımdaki fişi çıkaralım. Bu durumda da göstergenin sola saptığını göreceğiz. O halde ölçülecek direnç 1 ilâ 5000 Ω arasında demektir. O halde sıra ile R_3 kolundaki direnç fişleri kademe kademe küçültülür. Her kademe değişiminde, R_1/R_2 oranlarının bütün değerleri bu arada sıra ile yoklanarak köprünün dengeye gelmesi böylece sağlanmış olur.

Bu ölçmede dikkat edilecek hususlar :

a) Ölçme yapılırken; devreden fazla akım geçmemesi için, genellikle $R_1 = R_2 = 1000 \Omega$ olarak alınmalıdır.

b) Ölçme esnasında, dirençlerin ısınmasını ve pilin boşa sarfiyatını önlemek için, akımı kısa bir süre devreden geçirmek icap eder. Aksi halde ölçülen değer

hatalı olur. Onun için ölçmeye başlarken önce Ka anahtarına, sonra Kb anahtarına basılır. Galvanometre göstergesi sapınca, Kb anahtarı hemen açılır. Direnç ayarları yapılırken, Kb anahtarı arada bir kapatılarak köprünün dengeye gelip gelmediği kontrol edilir.

c) Bu ölçmede köprünün duyarlılığını artırmak için yani, ölçü yapılırken hangi bağlanışta az akım geçecekse galvanometre ve pil köşegenleri iyi tespit edilmelidir. Prensipte olarak; dirençleri büyük olan kolların birleştiği noktalar arasında galvanometre bağlanır. Pil bağı, köşegenlerin iç dirençleri ise mümkün olduğu kadar küçük olmalıdır.

b) Telli Veston köprüsü ile direnç ölçmek

Telli veston köprüsü, veston köprüsünün hemen hemen aynıdır (Şekil: 147). Yalnız bu köprü de; R_1 ve R_2 dirençlerinin yerine, 1 metre uzunluğunda ve kesiti bütün uzunluğu boyunca aynı olan düzgün bir direnç teli, AD noktaları arasında gerilmiştir. Bu direnç telinin üzerindeki C kursorü (sürgüsü) mevcut teli, iki kısma bölerek R_1 ve R_2 dirençlerine karşılık, L_1 ve L_2 uzunluklarını verir. Onun için; R_1 ve R_2 direnç değerlerinin bilinmesine lüzum yoktur, bunların yerine L_1 ve L_2 uzunlukları alınır. Bu uzunluklar da AD telinin kenarındaki milimetrik taksimatlı bir cetveldən okunur. O halde; dirençlerin oranı yerine, uzunlukların oranı alınırsa,

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{L_1}{L_2} \quad \text{bağıntısı yazılabilir.}^{(5)}$$

BD arasına da 0,1 - 1 - 10 - 100 - 1000 Ω luk kademeli etalon dirençler bağlanmıştır.

Ölçmenin yapılışı :

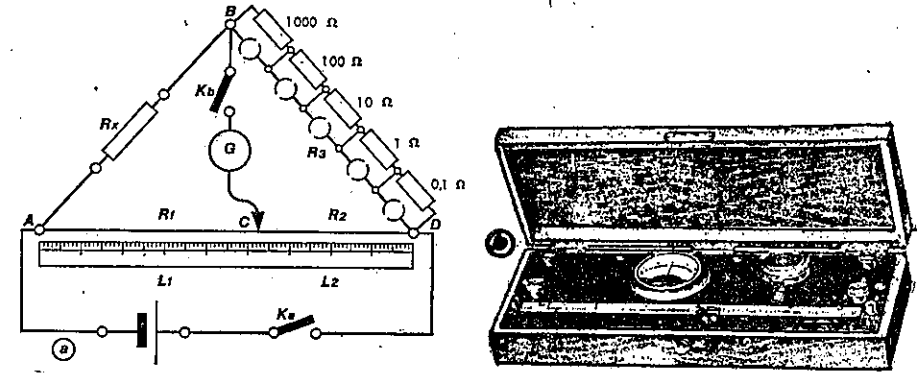
Ölçülecek R_x direnci, AB arasına bağlanıp, R_3 direncine de en büyük değer verildikten sonra önce, Ka sonra Kb anahtarı kapatılarak galvanometrenin saptığı yön tespit edilir. Bundan sonra Veston köprüsündeki sıra takip edilerek C kursorü, sağa sola kaydırılarak köprü dengeye getirilir. Buradaki denge şartında da karşılıklı kolların çarpımları birbirine eşit olduğundan, aşağıdaki ilişki yazılır.

$$R_x \cdot L_2 = R_3 \cdot L_1 \quad \text{buradan, } R_x \text{ değeri}$$

$$R_x = R_3 \cdot \frac{L_1}{L_2} \quad \Omega \quad \text{bulunur.} \quad \dots \dots \dots (34)$$

(5) İletkenlerin direnç formülü, $R = \rho \cdot L/S$ dir. Buna göre;
 $R_1 = \rho \cdot L_1/S$, $R_2 = \rho \cdot L_2/S$ dir.
 AD telinin kesiti ve malzemesi, her noktada aynı olduğundan
 $R_1/R_2 = \rho \cdot L_1/S : \rho \cdot L_2/S$ den, $R_1/R_2 = L_1/L_2$ bulunur.

O halde; sürgü kolu, ayar esnasında ne tarafa giderse gitsin uzunlukların oranı, dirençlerin oranına eşittir.



Şekil : 147
Telli veston köprüsü.

Ölçmenin hassasiyeti : Değme dirençleri ile sıcaklığa bağlıdır. Onun için;

- Bağlantıların sıkı sıkıya olmasına,
- Gerili telin, sıcaklıkla direncini değiştirmeyen (manganin veya konstantan gibi) metal tellerinden seçilmesine,
- Ayrıca, ölçme yanlışlıklarına meydan vermemek için de ölçülecek direncin, R_3 direncine yakın değerde olmasına dikkat edilmelidir.

Telli Veston köprüleri, genellikle 0,1 ilâ 1000 Om a kadar olan dirençlerin hassas olarak ölçülmesinde kullanılırlar. Köprünün duyarlılığı ve çabukluğu, gerili telin, uzunluğuna da bağlıdır. Tel ne kadar uzun alınırsa, köprünün duyarlılığı yanında, ölçme alanı da genişler.

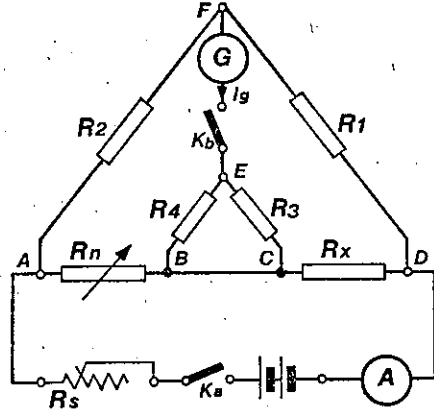
Telli köprüler, çok çeşitli olmakla beraber çalışma prensipleri hep aynıdır. (Şekil 147 b) de Lord Kelvinin, böyle bir portatif ölçme köprüsü gösterilmiştir.

c) Tomson Köprüsü ile Direnç Ölçmek :

10^{-6} ilx 1Ω arasında bulunan küçük değerli dirençlerin ölçülmesinde Tomson köprüsü⁽⁶⁾ kullanılır. Bu köprünün esası da; diğer köprülerde olduğu gibi ölçülecek dirençle bilinen dirençleri karşılaştırmaktır. mu-

(6) Tomson köprüsüne : Kelvin köprüsü veya Lord Kelvinin çift köprüsü de denir.

kayese etmektir) (Şekil: 148) de böyle bir köprünün prensip şeması gösterilmiştir. Bu köprü esas itibariyle iki kısımdan meydana gelmiştir. Birinci kısım: Ölçülecek R_x değeri, bilinen ayarlı etalon R ve devre akımını düzenliyen R_n dirençleri; bir ampermetre ile seri bağlanarak akü bataryasının uçlarına birleştirilmiştir. Bu montaj, köprünün ana devresini teşkil eder. Bu ana devre üzerinde ve kıymetleri doğru olarak bilinen R_1, R_2, R_3, R_4 dirençleri ile galvanometrenin meydana getirdiği montaj da, köprünün ikinci kısmını teşkil eder.



Şekil : 148
Tomson köprüsü.

Ana devre üzerindeki R_n sürgülü direnci, devre akımını deney süresince sabit tutmak için konmuştur, ampermetre ise bu devreden geçen akımı gösterir. Ölçülecek dirençle ayar dirençlerinin değerleri çok küçük olduğundan bu dirençlerde düşen gerilimler de küçük olur.

Ölçmede; dirençlerde düşen gerilimlerin biraz büyük olması için, devreden geçen akımın da büyük olması icap eder (5 ilâ 10 A. kadar). Bu bakımdan, tayin hatasını mümkün olduğu kadar azaltmak gayesi ile böyle köprülerde pil yerine, akü bataryası kullanılır. Ayrıca, R_n direnci de ölçülecek R_x direncine yakın büyüklükte seçilmesi lazımdır.

Ölçmenin yapılışı : Bu tip köprülerle ölçme yapılırken, ölçmede kolaylık sağlamak için R_1 ile R_3 , R_2 ile R_4 dirençleri birbirlerine eşit ve $R_1/R_2 = R_3/R_4$ oranları da uygun olarak alınır. Ölçmeye başlarken önce K_a ve K_b anahtarları kapatılıp R_n direnci ile köprü dengeye getirilir. Sonra, köprünün aşağıdaki denge şartı yazılır.

$R_x / R_n = R_1/R_2 = R_3/R_4$ Buradan, R_x direnci hesaplanır.

$$R_x = R_n \cdot \frac{R_1}{R_2} \quad \text{veya} \quad R_x = R_n \cdot \frac{R_3}{R_4} \quad \text{bulunur.} \quad (35)$$

Burada, $R_1/R_2 = R_3/R_4$ oranları; 0,01-0,1-1-10 ve 100 değerleri arasında olup, bu değerler köprü üzerindeki seçici bir anahtar yardımı ile sağlanır.

R_n etalon direnci ise, iki bölümden meydana gelmiştir. A tarafındaki ayarlanabilen kısım 9 kademeli olup herbiri 0,001 Ω dur. B tarafındaki ikinci bölüm ise, A tarafındaki kademeli kısma seri bağlı ve devamlı olarak ayarlanabilen, toplamı, 0,001 olan bölümdür.

Bu köprülerle daha ziyade; endüvi sargılarının direnci, iletkenlerin öz dirençlerinin tayini ve şönt dirençlerinin değerleri gibi küçük değerli dirençler ölçüldüğünden temas yerlerinin iyi olmasına, B ve C noktalarını birleştiren iletkenin kalın ve kısa olmasına, ayrıca dirençlerin sıcaklıkla özelliğinin değişmemesi de lazımdır. Çok hassas ölçmelerde sıcaklıkla, ölçülen direncin değerinde değişiklik olmaması için, yağ içerisine konur.

Köprülerle yapılan ölçmelerde dikkat edilecek hususlar:

- 1) Fiş ve sürgü kısımlarının ayar esnasında iyi temas etmesi gerekir.
- 2) Önce üreteç anahtarı kapatılır, sonra galvanometre anahtarı. Ölçme bitince bunun tersi yapılır.
- 3) Dirençleri değiştirirken devreden akım geçirilmemelidir.
- 4) Kullanılan galvanometrenin iç direnci büyük olmalı.
- 5) Dirençlerin ısınmasını önlemek için, ölçmeyi çok çabuk yapmalı.
- 6) Bilinmeyen direnci ölçerken, köprünün dengeye getirilmesini çabuklaştırmak için, R_1/R_2 oranının bütün değerleri kullanılmalı.
- 7) Ölçmenin hassas olup olmadığı kontrol edilmek istenirse, direnç değerleri değiştirilmeden üreteç ile galvanometrenin bağlantı köşeleri değiştirilir. Telli köprüde, bu bağlantı yerlerinin değiştirilmesi sakıncalıdır. Şayet buraya üreteç bağlanacak olursa telden ve sürgüden fazla akım geçeceğinden, sürgünün kaydırılması esnasında meydana gelebilecek ufak bir şerare temas direncini artırabilir. Onun için galvanometreyi daima, tel üzerinde kaydırılan sürgüye bağlamalıdır. Köprü dengede iken zaten bu koldan akım geçmez.

10 — OMMETRELER

Doğrudan doğruya direnç ölçen ölçü aletlerine, **ommetre** denir. Ommetre esas itibariyle akım ölçen, döner bobinli bir ölçü aletidir. Aletin kadranı akım yerine, doğrudan doğruya direnci gösterecek şekilde Om (Ω), Kiloom ($k\Omega$) veya Megaom ($M\Omega$) olarak bölümlendirilmiştir. Direnç ölçmede, çeşitli ommetreler kullanılırsa da tatbikatta kullanılan ommetreler, genel olarak beş tiptir.

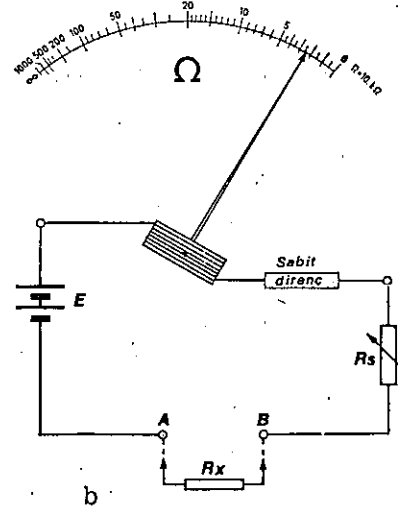
- Seri tip ommetreler
- Paralel tip ommetreler
- Veston tipi ommetreler
- Tomson tipi ommetreler
- Çapraz bobinli ommetreler.

a) Seri tip ommetreler :

En basit ommetre tipidir. Fazla doğruluk istenmeyen orta değerdeki dirençlerin kabaca ölçülmesinde, kısa ve açık devre kontrollerinde, elektrikli cihazların arızalarının tayininde çok kullanılırlar. Seri tip ommetreler, bir pil bataryası, seri bir reosta (ayar direnci) ve om taksimatlı döner bobinli bir mikroampermetre (galvanometre) den meydana gelir. Bunlarda kullanılan gerilim kaynağı, genellikle 4,5 voltluk yassı bir pil ba-



a



b

Şekil : 149

Seri tip ommetre ve prensip şeması.

Direnç Ölçmek

taryasıdır. Devredeki R_s reostası, aletin sıfır ayarını yapmaya yarar. Ölçülecek direnç, AB uçları arasına bağlanır (Şekil: 149 b).

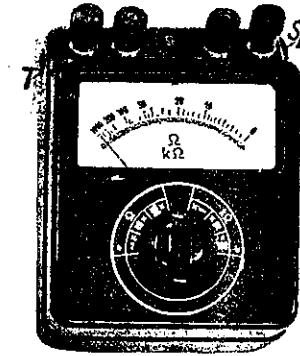
Devreden geçen I akım, devredeki dirençle ters orantılıdır.

$$(I = E / (R_s + R_x)).$$

R_s direncinin değeri ayardan sonra sabit bırakıldığı için, aletin göstergesi R_x direncine bağlı olarak sapar. Bu duruma göre devreden geçen akım, bataryanın emk. i ile doğru, R_x direnci ile ters orantılıdır. R_x direnci küçüldükçe I akımı büyür, R_x büyüdükçe I akımı küçülür.

Ölçmenin yapılışı : Ölçme yapmadan önce aletin AB uçları, direnci çok küçük bir iletkenle kısa devre edilir. Aletin göstergesi, kadran bölümlerinin sağ tarafındaki sıfır rakamını gösterecek şekilde R_s reostası ile ayarlanır. Sonra kısa devre uçları açılıp, ölçülecek R_x direnci bağlanırsa gösterge, öncekine nispetle daha az sapar. Ve bize R_x in om cinsinden değerini doğrudan doğruya gösterir. R_x değeri ne kadar büyürse, göstergenin sapması da o nispette azalır (çünkü, geçen akım da azalmıştır). AB uçları açılırsa, devreden akım geçmediği için göstergede sol taraftaki sonsuz işareti üzerine gelir.

O halde; seri tip ommetrelerin sıfır rakamı kadranın sonunda (sağ tarafta), ∞ (sonsuz) rakamında kadranın başında (sol taraftadır). Bu tip ommetrelerin kadran bölümlenmesi düzgün aralıklı olmayıp, kadranın başında geniş, sonsuza doğru gittikçe sıklaşır. (Şekil: 149 a) da Metra firmasına ait seri tip bir ommetre gösterilmiştir. Seri tip ommetrelerin iç direnci ($R_i = R_s + r$), bir komütatör yardımı ile değiştirilerek, değişik kademeli ommetre yapılabilir. (Şekil: 150) de Siemens firmasına ait böyle



Şekil : 150

Değişik kademeli seri tip ommetre

bir' ommetre tipi gösterilmiştir. Aletin komütatörü 7 pozisyonlu olup, sol taraftaki kademelerden 1Ω dan $100 \times 1000 \Omega$ kadar, sağ taraftaki kademelerden ise $1 k\Omega$ dan $100 \times 1000 k\Omega$ kadar olan direnç değerleri ölçülür. Aletin üzerinde dört adet bağlantı ucu vardır. Bunlardan ikisi, komütatör anahtarın sol tarafındaki Ω işaretli, diğer ikisi de sağ taraftaki $k\Omega$ işaretli kısma aittir. Bu aletle ölçme yapılmadan evvel Sp düğmesi ile sıfır ayarını yapar. Ölçme yapılırken, göstergenin sapması içinde T butonuna basmak icap eder. Bu tip ommetrelerin bataryaları değiştirilirse, yeni batarya eskiye nazaran, göstergiyi daha fazla saptırır. Onun için, ölçme yapmadan önce aletin uçları kısa devre edilerek, Sp reostası ile sıfır ayarını kontrol etmelidir, aksi halde ölçme hatalı olur. Alet birkaç kademeli ise, her kademe değişiminde sıfır ayarı yenilenmelidir.

b) Paralel (şönt) tip ommetreler :

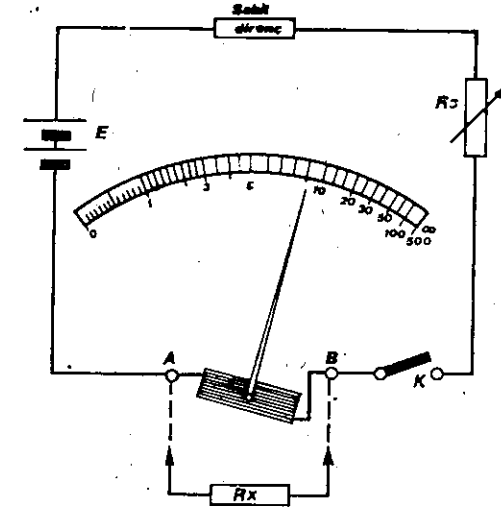
Paralel tip ommetreler daha ziyade küçük değerdeki dirençlerin ölçülmesinde kullanılır. Bu tip ommetrelerin teşkilinde kullanılan aletler bir evvelki montajdaki aletlerin aynısıdır. Yalnız ayarlı R_s ve ölçülecek R_x direnci alete, üreteçle birlikte paralel bağlanır (Şekil: 151).

Alette okunan değerler, soldan sağa doğrudur. Yani sıfır rakamı; kadranın sol başında, sonsuz işareti ise sağ baştaadır.

Çünkü; aletle ölçme yapılmazken (AB uçları açık iken), galvanometreden azami akım geçer ve göstergede en büyük sapmayı yapar. Devreye ölçülecek direnç bağlanınca göstergenin sapma değeri azalır. R_x direnci, sıfır değerinde ise, döner bobini kısa devre yapacağından gösterge hareket etmez, yani; sıfırı gösterir. Çünkü, dış devre direnci ile aletin bobini paraleldir. Kısa devre üzerinde düşen gerilim ise sıfırdır (bobin dış devreye paralel olduğu için uçlarında sıfıra yakın gerilim bulunur). Bobinin direnci R_i ise, üzerinden geçen akım:

Yeni imal edilmiş seri devreli ommetrelerin kadran taksimatını şu şekilde yapar :

- 1 — Aletin çıkış uçları kalın bir iletkenle kısa devre edilir.
- 2 — R_s reostası yardımı ile aletin göstergesi en büyük sapması temin edilerek durduğu noktaya sıfır rakamı yazılır.
- 3 — Aletin uçlarındaki kısa devre iletkeni kaldırılarak yerine, değeri bilinen etalon dirençler sıra ile bağlanır. Her bir etalon direncin değeri, göstergenin durduğu yere işaretlenir. Gösterge sonsuz gösterinceye kadar ölçmeye devam edilir. Bulunan noktaların arası çizilirse, aletin kadranı böylece bölümlendirilmiş olur.



Şekil : 151
Paralel tip ommetre devresi

$$I_v = U/R_i \cong 0/R_i = 0 \text{ Amp. olur.}$$

Bu tip ommetrelerinde kadran taksimatı eşit aralıklı olmayıp baş tarafta geniş, sonsuza doğru aralıklar gittikçe sıklaşır.

Ölçmenin yapılışı : Aletin sıfır ayarı yapıldıktan sonra ölçülecek R_x direnci AB uçları arasına bağlanıp K butonu kapatılırsa ommetre doğrudan doğruya R_x direncinin değerini gösterir. Bataryanın ömrünü uzatmak için, aletin K butonu yalnız ölçme esnasında kapatılır ve bunlarda genellikle, 4,5 V. luk yassı bir pil bataryası kullanılır.

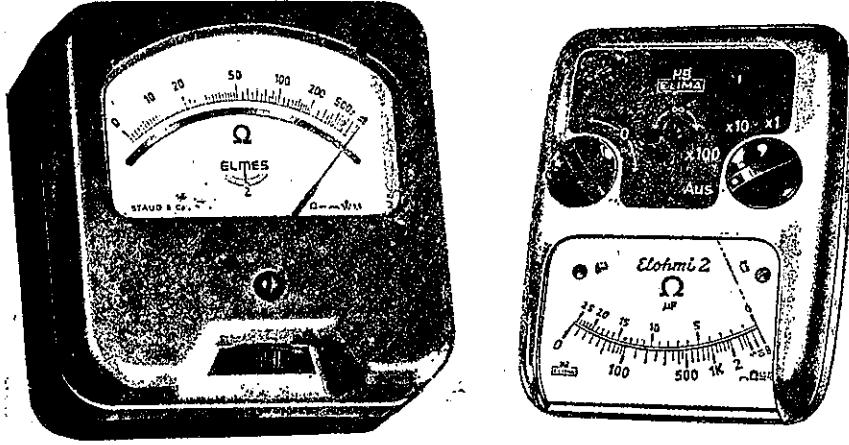
Paralel devreli ommetreler, çeşitli tiplerde imal edilirse de çalışma prensibi hep aynıdır. (Şekil: 152) de Elmes ve Elima firmasına ait, paralel devreli ve iki ayrı tip ommetre gösterilmiştir. Bu tip ommetrelerde de ölçme alanının genişletilmesi istenirse alete birkaç kademeli, komütatör bir anahtar ilâve edilir. (Şekil: 152) deki Elima firmasına ait ommetrede olduğu gibi.

Yeni imal edilmiş paralel devreli ommetrenin kadran taksimatı şöyle yapılır :

- 1 — Ommetrenin dış devre uçları açık iken R_s reostası yardımı ile göstergenin büyük sapması temin edilerek durduğu noktaya sonsuz işareti konur.
- 2 — Seri devreli ommetrelerin aksine, büyükten küçük değerlere doğru, değeri bilinen etalon dirençler sıra ile bağlanır. Nihayet, direnç değeri yok denecek bir iletkenle dış devre uçları kısa devre edildiğinde göstergenin en az saptığı noktaya da sıfır işareti konur. Böylece, kadran üzerindeki işaretlerin arası çizilerek aletin kadran taksimatı yapılmış olur.

KONUNUN ÖZETİ:

- 1) Ommetre; pil bataryası, bir galvanometre ve seri dirençlerden meydana gelir.
- 2) Ommetre; akım taşıyan dirençlerin ölçülmesinde kullanılmaz.
- 3) Ommetrenin uçları birleştirilerek göstergenin sıfıra ayarlanmasına, "sıfır ayarı" denir.
- 4) Ommetrelerin içindeki gerilim kaynağının gerilimi çok küçük olduğundan bu aletler, yalıtıklık muayenesinde kullanılmazlar.
- 5) Uçlar açıkken ommetrenin göstergesi ∞ göstermez ise, ayar vidası ile gösterge ∞ a ayarlanır.
- 6) Pili yeni değiştirilmiş bir ommetrenin göstergesi, eskiye nazaran daha fazla sapar.



Şekil : 152

iki ayrı tip, şönt ommetre.

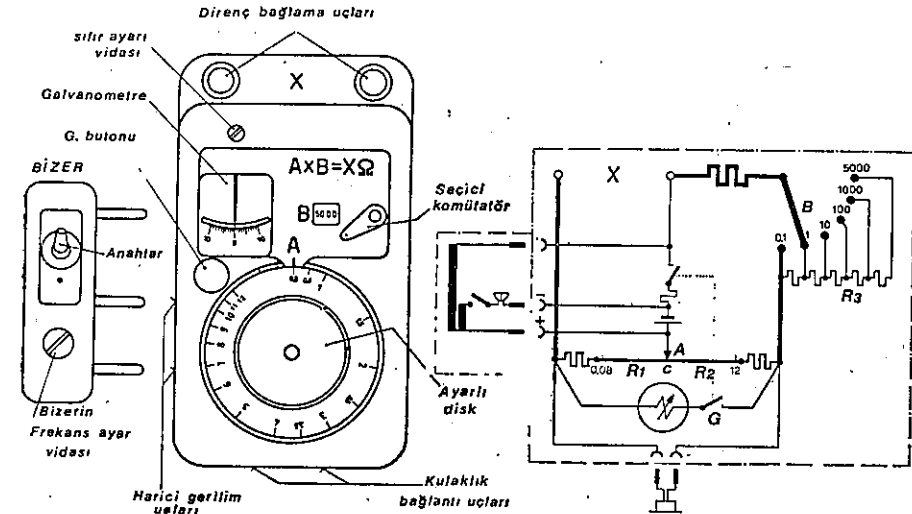
SORULAR :

- 1 — Ampermetre, miliampermetre, milivoltmetre, voltmetre ve galvanometre gibi ölçü aletlerinden hangisi ommetre olarak kullanılır?
- 2 — Seri tip ommetrenin iç devre şemasını çiziniz.
- 3 — Paralel tip ommetrenin iç devre şemasını çiziniz.
- 4 — Ommetrelerde, sıfır ayarı niçin yapılır?
- 5 — Uçları açık olan ommetre, niçin sonsuz işaretini gösterir?
- 6 — Ayarlı reosta, ommetrede ne işe yarar?
- 7 — Yeni pil eskiye nazaran göstergenin daha fazla sapmasına sebep olur, niçin?

c) Veston tipi ommetreler :

Tatbikatta direnç ölçme işlerinde çok kullanılan bir ölçü aletidir. Galvanometresi, pili ve değeri bilinen standart dirençleri bir kutu içersine yerleştirilerek portatif hale getirilmiş bir nevi telli veston köprüsüdür. Yalnız bu ölçü aletinde R_3 ve R_1/R_2 dirençlerinin ayar şekli değiştirilmiştir. Şöyleki: R_3 direncinin ayarı fiş yerine, değeri üzerinde yazılı seçici bir komütatör anahtar ile yapılır, R_1/R_2 oranını değiştiren C kursorü ise, çevresi taksimatlandırılmış ayarlı bir diskten ibarettir.

Bu aletlerle $0,05 \Omega$ dan $60\,000 \Omega$ a ve hatta $11\,M \Omega$ kadar olan direnç değerlerini, hiçbir tertip ve düzene lüzum görmeden, gayet kolaylıkla ölçebiliriz. Bu tip aletler genellikle $4,5\,V.$ luk yassı bir pil bataryası ile çalışırlar ve bu batarya ekseriya aletin içinde bulunur. İcabında haricden tatbik edilecek gerilimlerle de çalışabilmesi için, üzerinde + ve - işaretli uçlar dışarı çıkarılmıştır. Ayrıca bu aletlere bir kulaklık ve bir vibratör bağlanarak, alternatif akımla da ölçme yapabilir. Meselâ; sıvı dirençlerin ölçülmesi gibi (Şekil: 153 a ya bak).



Şekil : 153

Veston tipi ommetre ve iç bağlantısı.

(Şekil: 153) de Norma firmasına ait böyle bir aletin, dıştan görünüşü ile iç bağlantısı görülmektedir. Bu aletle $0,08 \Omega$ dan $60\,000 \Omega$ a kadar olan direnç kıymetleri ölçülebilir. R_3 dirençleri için verilen: $0,1 - 1 - 10 -$

100 - 1000 ve 5000 gibi değerler, B ile gösterilen seçici bir komütatör anahtar ile değiştirilir. 0,8 den 12 e kadar bölümlendirilmiş A ayarlı diski ile de, R_1/R_2 veya L_1/L_2 oranı değiştirilir.

Bu ommetre ile ölçülen dirençlerin değerini bilmek için, köprü metotlarında olduğu gibi uzun bir hesaba lüzum yoktur. $A \times B = X \Omega$ olarak, aletin üzerine pratik bir formül yazılmıştır. Bunun manası: Ölçme yaparken aletin göstergesi, sıfırı gösterdiği an, A ve B de okunan iki değer çarpımı bize ölçülen direncin kıymetini verir anlamındadır. Yani veston köprüsünde bulunan bağıntı, burada da aynen caridir.

$$R_x = R_s \cdot R_1/R_2$$

Aletin kullanılması:

Şimdi (Şekil: 153) de gösterilen ommetrenin nasıl kullanıldığını kısaca izah edelim.

1 — Ölçme yapmadan önce, alet göstergesinin sıfır noktasında durup durmadığına bakılır. Gösterge sıfır noktasında değilse, sıfır ayar vidası ile düzeltilir.

2 — B komütatörü, 5000 değeri üzerine çevirilip G butonuna basıldığında, göstergenin sona kadar sapıp sapmadığına bakılır. Sapmıyor ise pil bozuktur, değiştirilir.

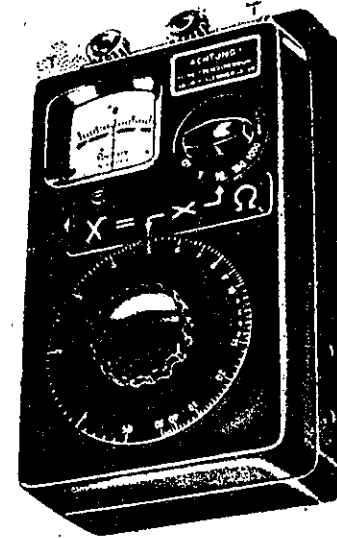
3 — Ölçülecek direnç, (X) işaretli uçlara bağlanır.

4 — A ile B en büyük değere getirilir (Yani: A=12 ve B=5000 gösterecek şekilde).

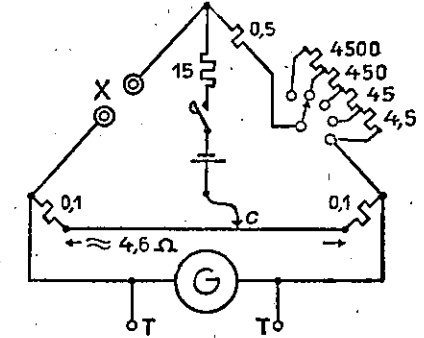
5 — Aletin G butonuna basılıp, göstergenin saptığı tarafa bakılır. Meselâ, gösterge sağ tarafa sertçe çarpıyor ise, ölçülecek direncin değeri için B deki değer, büyük seçilmiştir. Onun için B komütatörü, kademe kademe küçültülür. Her kademe değişiminde G butonuna basılarak aletin göstergesi izlenir. Aynı zamanda her kademe değişiminde, A diski de çevrildiğinden göstergenin sıfıra gelmesi sağlanmış olur. Bu durumda A ve B de okunan değerlerin çarpımı, ölçülen direncin değerini verir.

Bu tip ommetrelerin taşınmaları, kullanışlı olmaları ve bilhassa ölçmedeki doğruluk ve pratikliğinden laboratuvarlarda çok kullanılır. Veston tipi ommetrelerde fiziki bakımdan çeşitli şekillerde imal edilirlerse de çalışma ve ölçme prensipleri hep aynıdır. (Şekil: 154) de Hartmann-Braun firmasının "pontavi" adını verdiği veston tipi bir ommetrenin dıştan görünüşü ile iç bağlantı şeması gösterilmiştir. Aletin R_s komütatörü

5 kademeli olup 0,1 - 1 - 10 - 100 ve 1000 gibi değerleri ihtiva eder. R_1/R_2 oranlarını veren ayarlı diskte (kürsör), 0,5 den 50 e kadar bölümlendirilmiş olduğundan bu tip ommetreyle de 50 000 oma kadar olan direnç değerleri ölçülebilir. Yalnız bu tip ommetrede R_s ve ayarlı diskte okunan değerlerin birbirleriyle çarpılacağını bildiren harfler (AB) yerine, oklarla gösterilip araya bir çarpı işareti konmuştur. Bu aletlerin, alternatif akımda da ölçme yapabilmeleri için, bağlanacak telefon kulaklığının uçları, T T harfleri ile belirtilmiştir. (*)



Ölçme: $R_x = 5 \cdot 10 \Omega = 50 \Omega$



Şekil : 154

Pontavi ve iç bağlantı şeması.

Veston tipi ommetrelerin bazı cinsleri, yalnız direnç değil kapasite ve self ölçebilecek şekilde de imal edilirler.

(*) Not: Bu köprülerle, seri ölçmeler yapılırken ikide bir butona basılmaz, buton kilitleme durumuna getirilir. Ölçme işlemi bittikten sonra butonu bu durumdan kurtarmak icap eder. Aksi halde alet tehlikeye düştüğü gibi pili de, deşarj olur. Ölçme yapanların bilhassa bu hususa dikkat etmeleri lâzımdır. Aletin butonunu kilitleme durumundan kurtarmak için, butona hafifçe basıp geri çevirmelidir.

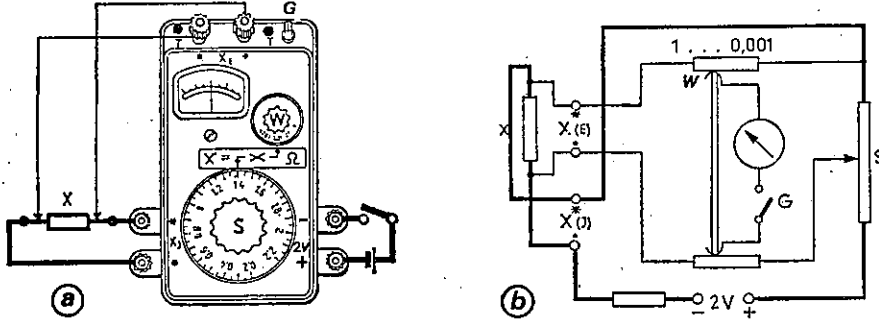
d) Tomson tipi ommetreler

Önceden de izah ettiğimiz gibi küçük değerli şönt ve etalon dirençlerinin ölçülmesinde kullanılan Tomson köprüsü, kullanışlı bir muhafaza kılıf içerisine alınarak portatif hale getirilmiştir (Şekil: 155).

Pontavi - Tomson adı verilen bu ommetrelerle çabuk ve kesin ölçmeler yapılır. Şekilde görüldüğü gibi aletin, 6 bağlantı ucu vardır. X_1 ve X_E uçlarına ölçülecek X direnci, + ve - işaretli ucuna da, 2 V. luk bir doğru akım kaynağı bağlanır. Ölçme yapılırken alet 2,5 ampere yakın akım çeker.

W ile gösterilen seçici komütatör anahtar, 4 kademeli olup 0,001 - 0,01 - 0,1 - 1 değerlerini, S ayarlı diski (kürsörü) ise 0,2 den 2,2 ye kadar bölümlendirilmiştir.

Bu ommetrenin ölçme sahası da: 0,0002 ilâ 2,2 Ω arasındadır. Aletin, küçük bölümlerde yapılan ölçmedeki hatası: $\pm \% 1$, büyük bölümlerde ise $\pm \% 0,5$ kadardır.



Şekil : 155

Tomson tipi ommetre ve iç bağlantı şeması.

Ölçmenin yapılışı : Ölçülecek X direnci, aletin üzerindeki X_1 ve X_E işaretli uçlara bağlanır. Yalnız burada dikkat edilecek iki husus vardır.

- Bağlantı uçlarının birbirine temas etmemesi,
- 4 uçlu X direncinin, potansiyel klemensleri ile akım klemenslerine ait uçlarını birbirine karıştırmamak lazımdır. Esas direnci ölçülecek kısmın akım klemensli uçları, X_E ye bağlanacağı yerde X_1 uçlarına bağlanacak olursa ölçmede büyük hatalar olur. Ayrıca X direncinin, X_E ye bağlantısını temin eden iletkenler, gelişigüzel seçilmezler. Bu irtibatlar için,

özel olarak hazırlanmış direnç ve uzunlukları belli, bakır tel veya çubuklar kullanılır. Bunların boyları genel olarak; 100, 200, 500, 1000 mm. olup, çapları ise 1 ilâ 25 mm, arasındadır.

Bu hususları dikkate aldıktan sonra G butonuna basılarak Veston tipi ommetrelerde olduğu gibi, seçici komütatör (W) ve ayarlı disks (S) ile galvanometre göstergesinin sıfıra gelmesi temin edilir. Bu iki ayarın ölçüm sahasına giren değerlerin çarpılması ile X direncinin kıymeti bulunmuş olur. Meselâ: Köprü dengeye geldiği zaman, seçici komütatörün 0,01 rakamı ile taksimatlı diskin 1,4 rakamı ok işaretini gösteriyorsa

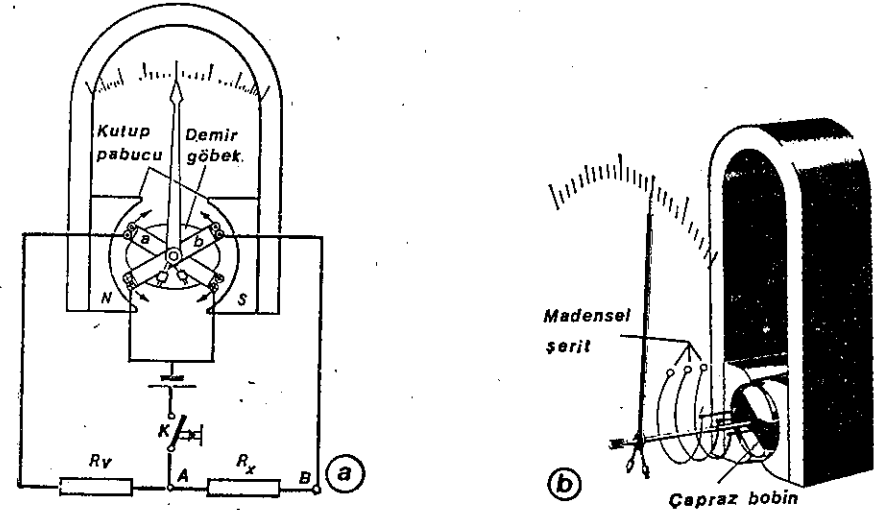
$$X = 1,4 \cdot 0,01 = 0,014 \Omega$$

bulunur. (Şekil: 155 a) da olduğu gibi.

e) Çapraz bobinli ommetreler :

Bu aletle; 0,001 om dan 10 Mega om'a kadar direnç büyüklüklerini doğrudan doğruya ölçebiliriz. Yalnız 0,001 om'dan 100 om'a kadar dirençleri ölçmek için 2 voltluk bir pil bataryası kâfi geldiği halde 10 kilomdan, 10 Mega om'a kadar dirençleri de ölçmek için 500 V. luk bir üreteç kullanmak icap eder. Bu değerdeki dirençlerin ölçülmesi için de, ayrıca ileride göreceğimiz manyetolu tipleri kullanılır.

Aletin yapısı : At nalı şeklindeki daimî mıknatısın uçlarına yumuşak demirden birer kutup pabucu yerleştirilmiştir (Şekil: 156 a).



Şekil : 156

Çapraz bobinli ommetre.

Kutup pabuçlarının ortasındaki boşluğa, elips şeklinde sabit bir demir göbek tespit edilmiştir. Bu demir göbek ile kutup pabuçları arasındaki dar hava aralığı her yerde aynı olmadığından (yani bu aralık, ortalarda dar dışarıya doğru genişler), bu hava aralığındaki manyetik alan şiddetleri de birbirine eşit (homogen) değildir. Kutup pabuçları ile sabit demir göbek arasındaki dar hava aralığına, serbestçe dönebilen ve birbirlerine sıkı sıkıya çapraz şekilde bağlı iki bobin yerleştirilmiş ve göstergede bu bobinlerin ortasına tespit edilmiştir. a gerilim bobini sabit R_v direncine, b akım bobini de ölçülecek R_x direnci ile seri bağlıdır. Bu bobinlere akım, esnekliği ve karşı koyma momenti olmayan üç madensel şerit (sürtünme fırçaları) ile verilir (Şekil: 156 b). Yan yana bulunan iki bobinin ucu, doğrudan doğruya üretcin aynı kutbuna bağlanmıştır.

Ölçmenin yapılışı : Ölçmek istenilen R_x direnci, aletin AB uçlarına bağlanır. K butonuna basıldığı zaman, a ve b bobinleri, birbirlerine göre ters bağlı olduklarından meydana getirdikleri dönme momentleri de birbirine terstir. Yani a bobini sağa dönmek, b bobini sola dönmek ister. Bobinlerden, akımın geçmesi ile meydana gelen dönme momentleri, akımın şiddetine ve bobinlerin alan içinde buldukları duruma göre değişme gösterir. İki bobinin döndürme momentleri denge meydana getirdikleri anda, bu bobinlere tespitli gösterge de, kadranın belirli bir işaretini gösterir.

Üretcin emk. i değişse bile her iki bobine de aynı derecede etki edeceğinden, bobinlerin denge durumunda bir değişiklik olmaz. Çünkü, gösterge; bobinlerden geçen akımların oranına göre sapar. Bu oran ise dirençlerin oranına eşittir (yani; $R_x/R_v = I_v/I_x$ buradan

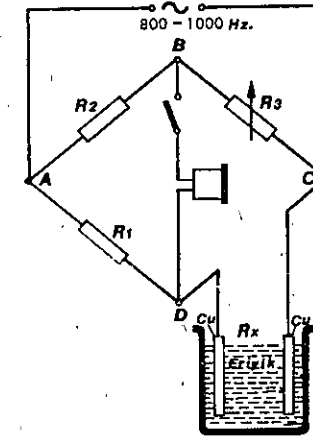
$$R_x = R_v \cdot I_v/I_x. \text{ Formül (29) a bak.}$$

R_v direncinin değeri sabit olduğuna göre, gösterge doğrudan doğruya R_x direncinin büyüklüğüne göre sapma yapar. Aletin kontrol yayı olmadığından, göstergenin kadran üzerinde belirli bir yeri yoktur.

B — SIVI DİRENÇLERİN ÖLÇÜLMESİ :

Sıvı dirençler, tatbikatta suya yeteri kadar maden tuzları⁽⁸⁾ katmak suretiyle elde edilir. Bunlar laboratuvarlarda yük direnci (örneğin; bir alternatörü yükleyip denemek icap ettiği zaman), sanayide ise elektrolit olarak, maden kaplamacılığında kullanılır.

Sıvı dirençlerin ölçülmesinde; katı dirençlerin ölçülmesinde olduğu gibi doğru akım kullanılmaz. Çünkü; eriyikten doğru akım geçirildiği zaman elektroliz olayı meydana gelir. Diğer bir ifade ile doğru akım, elektrolitte analiz yapar ve aynı zamanda elektrolitin yoğunluğunu değiştirir. Bu sebepten ölçülen dirençler hakiki değerlerinden hem büyük çıkar ve hem de, her an değişme gösterir. Bu sakıncadan dolayı sıvı dirençlerin ölçülmesinde, alternatif akım kullanılır. Kimyasal değişiminden dolayı, meydana gelecek hatalara sebebiyet vermemek için, kullanılan alternatif akımın frekansı 50 periyodtan aşağı olmamalıdır. Laboratuvarlarda, sıvıların direncini ya veston köprüleri ile veya ampermetre - voltmetre metoduyla ölçebiliriz.



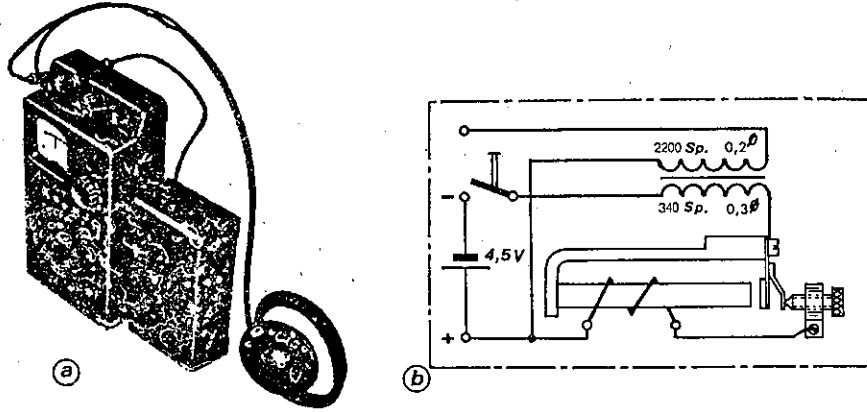
Şekil : 157
Veston köprüsü ile sıvı dirençlerin ölçülmesi.

1 — Veston köprüsü ile sıvı dirençlerin ölçülmesi :

Veston köprüsü ile sıvıların dirençlerini ölçmek için (Şekil: 157)deki köprü kurulur. Kurulan köprüünün BD köşegenleri arasında, galvano-

(8) Bu tuzlardan bazıları: Yemek tuzu (NaCl), Bakır sülfat (CuSO_4) ve Nikel sülfat (NiSO_4) gibi.

metre yerine bir telefon kulaklığı, AC köşegenleri arasına da, pil bataryası yerine frekansı 800 ilâ 1000 c/sn ve gerilimi de 15 - 20 V. olan bir sinyal jeneratörü (bizer) bağlanır. Önceden izah edildiği şekilde köprü dengeye getirilerek, $R_x = R_3 \cdot R_1 / R_2$ bağıntısından elektrolitin direnci hesaplanır. Laboratuvarlarda daha ziyade böyle ölçmeler için, (Şekil: 158 a) da kulaklığı ve bizeri⁽⁹⁾ ile birlikte gösterilen veston tipi ommetre (pontavi) den istifade edilir. Şimdi, bu aletle sıvı direncinin nasıl ölçüldüğünü görelim. (Şekil: 158 b) de de bizerin iç şeması gösterilmiştir.



Şekil : 158

Pontaviye'ye bizerin ve kulaklığın bağlanması

Pontavi bizerinin şeması.

Ölçmenin yapılışı :

- 1 — Direnci ölçülecek sıvı, ⁽¹⁰⁾ yalıtkan bir kapta hazırlanarak içerisinde, iki elektrot daldırılır.
- 2 — Şekilde gösterildiği gibi bizer ve telefon kulaklığının fişleri, pontavi üzerinde ve kendilerine ait olan fiş deliklerine sokulur.
- 3 — Pontavinin; x işaretli bağlantı vidalarına, elektrotların uçları sıkıca bağlanır.
- 4 — Kulaklığı, kulağımıza taktıktan sonra bizerin anahtarı kapatılır.
- 5 — Kulaklıkta işitilen ıslık sesi (sinyal), seçici komütatör ve taksimatlı disk yardımıyla işitilmez (sıfıra yakın) duruma gelinceye kadar ayarlanır. Yani, köprü dengeye getirilir.

⁽⁹⁾ Bizere: Vibratör veya sinyal jeneratörü de denir.

⁽¹⁰⁾ Örneğin; çeşme suyuna yemek tuzu ilâvesi.

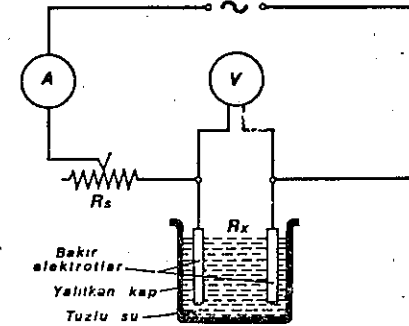
6 — Seçici komütatör ve taksimatlı diskte okunan değerler çarpılarak, sıvının direnci bulunmuş olur.

Örneğin: Kulaklıktaki sesin işitilmez anında, seçici komütatör 1, taksimatlı disk 3,8 rakamını göstürsün. Ölçülen sıvının direnci = $1 \cdot 3,8 = 3,8 \Omega$ bulunur.

2 — Ampermetre - Voltmetre metodu ile sıvı dirençlerinin ölçülmesi :

Bu metotta da, elektrolize engel olmak için alternatif akım kullanılır. (Şekil: 159) daki montajda görüldüğü gibi direnci ölçülecek sıvı, yalıtkan bir kaba doldurulduktan sonra içerisinde iki elektrot daldırılır. Devre akımını düzenliyen R_s reostası ile bir ampermetre bu elektrotlara seri, bir voltmetrede paralel bağlanır.

Akımın herhangi bir değeri için yapılan ölçme neticesinde, ampermetre ve voltmetreden okunan değerler, Ohm kanununa göre hesaplandığında sıvının direnci bulunur. $R = U/I \Omega$.



Şekil : 159

Ampermetre - voltmetre metodu ile sıvı dirençlerin ölçülmesi.

Ölçmenin yapılışı :

- 1 — (Şekil: 159) daki montaj kurulur.
- 2 — R_s reostasının tamamı devrede iken, şebeke gerilimi (220 V.) tatbik edilir. Aletlerden okunan bu büyüklükler, akımın belirli bir değeri için iki elektrot arasındaki sıvının direncini verir.

3 — R_s direncini kademe kademe devreden çıkararak, aletlerden okunan değerler bir gözlem tablosuna kaydedilir.

4 — Gözlemlerde bulunan dirençlerin, aritmetik ortalaması alınır, sıvının ortalama direnci bulunmuş olur.

$$R_{or} = \frac{R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + \dots + R_n}{n} \dots \dots \dots (36)$$

Gözlemler :

Gözlem No:	Şebeke gerilimi	Sıvıdan geçen akım	Elektrotlar arasındaki gerilim	Hesaplanan direnç	Sıvının ortalama direnci
n	V.	A.	V.	Ω	Ω
1	197	$I_1 = 8,4$	$U_1 = 16,3$	$R_1 = 1,94$	$R_{or} = 1,94$
2	197	$I_2 = 9,0$	$U_2 = 17,8$	$R_2 = 1,97$	
3	197	$I_3 = 9,5$	$U_3 = 18,4$	$R_3 = 1,93$	
4	197	$I_4 = 10$	$U_4 = 19,2$	$R_4 = 1,92$	

Buraya kadar yapılan ölçmelerde, elektrotlar arasındaki uzaklık sabit tutulmuştur. Halbuki sıvıların direnci;

Elektrotlar arasındaki uzaklığa, elektrotların yüzeyine, elektrolitin sıcaklığına ve yoğunluğuna bağlı olarak değişir.

Örneğin: a) Önceki deneye oranla elektrotları birbirine doğru yaklaştırırsak; voltmetrenin göstergesinde düşme, ampermetrenin göstergesinde ise yükselme görülür.

b) Elektrotlardan birini veya her ikisini birden, eriyikten yavaş yavaş çıkarıp, yüzeyi küçültürsek; voltmetre göstergesinde yükselme, ampermetrede ise azalma görülür.

Ayrıca; elektrolitin direnci, sıcaklık derecesiyle çok değiştiğinden mümkün olduğu kadar sıcaklık derecesini sabit tutmak gerekir.

KONUNUN ÖZETİ :

1 — Elektrikle çalışan cihazların irtibatında kullanılan iletkenlerde aranan en büyük özelliklerden biri de, uygun bir dirence sahip olmalarıdır.

2 — Tatbikatta kullanılan dirençler, katı ve sıvı dirençler olmak üzere ikiye ayrılır.

3 — Dirençler büyüklüklerine göre; küçük, orta ve yüksek değerdeki dirençler olmak üzere üç kısımda sınıflandırılabilir

4 — Ampermetre-voltmetre yöntemi ile ölçülecek direnç küçük ise önce bağlama, büyükse sonra bağlama montajı yapılmalıdır.

5 — Potansiyometre ve tomson köprüleri ile küçük değerdeki dirençler ölçülür.

6 — Veston köprüsü, orta değerdeki dirençlerin ölçülmesinde kullanılır.

7 — Ommetre, devrenin kopuk olup olmadığını anlamak veya direnç ölçmek için kullanılır.

8 — Ommetreler, döner bobinli hassas ampermetrelerden başka bir şey değildir. Bir farklı kadranı om olarak bölümlendirilmiştir.

9 — Ommetreler, kullanılmadan önce kontrol uçları birleştirilerek sıfır ayarı yapılmalıdır. Ve her kademe değişiminde, sıfır ayarı yenilenmelidir.

10 — Tomson tipi ommetreler ekseriya 4 uçlu dirençlerin ölçülmesinde kullanılırlar.

11 — Sıvı dirençler, suya yeteri kadar maden tuzlarının ilavesiyle elde edilir.

12 — Sıvıların direnci; elektrotlar arasındaki uzaklığa, elektrotların yüzeyine, elektrolitin sıcaklığına ve yoğunluğuna bağlıdır.

SORULAR :

- 1) Direnç ölçmenin önemini açıklayınız?
- 2) Küçük, orta ve yüksek değerli dirençler denince ne anlıyorsunuz?
- 3) Dirençler, kaç türlü metotla ölçülür?
- 4) Önce bağlama yöntemi ile direnç nasıl ölçülür?
- 5) Sonra bağlama yöntemi, hangi dirençler için uygulanır?
- 6) Gerilim düşümü metodu ile direnç nasıl ölçülür?
- 7) İç direnci bilinen bir voltmetre ile direnç nasıl ölçülür?
- 8) Akımları karşılaştırmak yöntemi ile bilinmeyen bir direnci ölçünüz?
- 9) Bir ampermetrenin iç direncini potansiyometre ile ölçebilir misiniz, nasıl?
- 10) Kaç çeşit direnç ölçme köprüsü vardır?
- 11) Veston köprüsü ile direnç nasıl ölçülür?
- 12) Veston köprüsü ile yalnız direnç mi ölçülür?
- 13) Telli veston köprüsü ile direnç nasıl ölçülür?
- 14) Küçük dirençlerin ölçülmesinde, Tomson köprüsü kullanılır mı?
- 15) Ommetre ne işe yarar ve kaç çeşittir?
- 16) Seri tip ommetreyi izah ediniz?
- 17) Çapraz bobinli ommetrelerin çalışmasını açıklayınız?
- 18) Sıvıların direnci var mıdır, varsa hangi metotlarla ölçülür?
- 19) Veston tipi bir ommetre ile direnç nasıl ölçülür?
- 20) Sıvıların direnci, hangi faktörlere bağlıdır?
- 21) Çalışmakta olan bir makina sargısının direnci ommetre ile ölçülebilir mi neden?

Yalıtkanlık Direncinin Ölçülmesi

BÖLÜM 5

KONUNUN PLANI :

- A — Yalıtkanlık ve öneminin tanıtılması:
- B — Yalıtkanlık direncinin ölçülmesi.

- 1 — Doğrudan doğruya yalıtkanlık direncini ölçen aletler (Megerler).
- 2 — Doğru akımda döner bobinli ölçü aletleri ile yalıtkanlığın ölçülmesi.

A — YALITKANLIK VE ÖNEMİNİN TANITILMASI :

Elektrikle çalışan tüm cihazlar, akım kaynaklarından ne nispette uzakta olurlarsa olsunlar, bunların birbirine olan irtibatlarını iletken teller yapar, bunu hepimiz biliriz. Yalnız enerjinin, cihazlara iletimi sırasında bu iletken teller içinden geçen akım, bazı sebeplerden başka yollara saparlar. Bu durumda cihazlar normal çalışmazlar, çalışsalar dahi insanlar için önüne geçilmeyen tehlikeler yaratabilirler. İletken içinden geçen akımın başka yollara sapmaması, istediğimiz cihazlardan veya istenilen yerlerden geçebilmesi için, bu teller kullanma yerlerine göre yalıtılır. Örneğin, kablolarda; plâstik, lastik, kâğıt, bobinaj tellerinde; pamuk veya vernik, havaî hatlarda; cam veya porselen izolatör gibi yalıtkanlar kullanılır. İşte yalıtkan maddelerin, elektrik akımına karşı gösterdikleri bu dirence “yalıtkanlık direnci”⁽¹⁾ denir.

(1) Yalıtkanlık direncine: Yalıtım direnci, izolasyon direnci veya izolman direnci de denmektedir.

Elektrik akımının bu teller içersinden iletilip başka yollara sapmaması; yalnız yalıtkan maddenin yapısına bağlı olmayıp, tesisatın büyüklüğüne çalışma geriliminin yüksekliğine, rutubet ve kimyevî etkilere de bağlıdır. Büyük tesisatta akım, küçük tesisattakinden daha fazla geçecek yer bulur. Çalışma gerilimi ne kadar büyükse, aynı geçiş direncinde akımın şiddeti de o kadar büyük olur. Zaten tam bir yalıtkanlık temin etmek çok zordur. İşte çeşitli faktörlerin etkisiyle birinden diğerine veya yalıtkanlık direncinden geçen bu “arıza akımı”nın veya diğer tabiriyle “kaçak akımın” değeri, VDE nizamnamesine göre 1 mA. i geçmemelidir. Pratikte, arıza akımının değeri ölçülmeyip bunun yerine, hatların birbirine veya toprağa karşı olan direnci om cinsinden ölçülür ve bu değer ise, Ohm kanununa göre hesaplanır ($R = U/I$). Örneğin: VDE nizamnamesine göre arıza akımının 1 mA.⁽²⁾ den fazla olmaması istendiğinden,

- 1) Çalışma gerilimi 110 V. olan tesislerde, yalıtkanlık direnci;

$$R = 110 : 1/1000 = 110.1000 = 110 000 \Omega$$

- 2) Çalışma gerilimi 220 V. olan tesislerdeki yalıtkanlık direnci;

$$R = 220 : 1/1000 = 220.1000 = 220 000 \Omega$$

- 3) 3000 V. luk çalışma geriliminde ise : 3 000 000 Ω vb.

O halde yalıtkanlık direnci; aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$\text{Yalıtkanlık direnci} = \text{Çalışma gerilimi} \cdot 1000 \Omega$$

Yukarıda verilen değerler; tesisatın tümü için şart değildir. Her bir kısma ait olabilir. Örneğin; iki sigorta arasında veya bir hat boyunca müteakip sigortaya kadar, yalıtkanlık direnci verilen değerlerde olması lâzımdır. Yüksek yalıtkanlık mukavemetine sahip enerji nakil hatlarında, yağmur sebebiyle bu mukavemet çok düşebilir. Yeni yapılmış bir yapıda, hatlar hemen döşenirse yalıtkanlık direnci çok küçük olabilir. Onun için, böyle yerler tamamen kuruduktan sonra tesisat döşenmelidir. Rutubetli

(2) İnsanlar için ölüm tehlikesi: Özel hallerde, gayri müsait şartlar göz önüne alınarak 24 V. tan başlar ve vücuttan 20 mA. geçerse insan ölebilir.

ve ıslak yerlerde, sıcaklık⁽³⁾ ve kimyasal etkilerden dolayı, yalıtkanlık direncinin sabit bir değerde tutulması güçtür. (kimya, boya, şeker fabrikaları ile gamaşırhane ve boyahaneler vb.)

VDE Nizamnamesine göre bu durum özetlenirse :

1) Küçük gerilimlerle yapılan ölçmelerde; genellikle hata yerleri görülmez, zira yalıtkan tabakasının bu hatalı yerleri, küçük ölçme gerilimi için, kâfi dirence sahiptir. Bu çeşit hatalı yerler normal çalışma gerilimi ile ölçme yapılırca delinerek kısa devreyi meydana getirirler. Bundan dolayı yalıtkanlık muayenesi, 100 V. tan aşağı olmamak şartı ile çalışma geriliminde yapılmalıdır.

2) Yalıtkanlık muayeneleri için doğru akım, alternatif akımdan daha uygundur. Zira doğru akım ölçü aletleri, daha doğru neticeler verir. Alternatif akım ile yalıtkanlık ölçülmesinde, kapasite dikkate alınmalıdır.

Eğer yalıtkanlık ölçülmesi doğru akımla ve toprağa karşı yapılıyorsa, o zaman akım kaynağının negatif kutbu muayene edilecek iletkene, pozitif kutbu da toprağa bağlanmalıdır. Çünkü, akım yönünde ve arıza yerlerinde, elektrolitik tesirle tuzların toplanmasına ve arızalı yerin geçiş direncinin artırmasına engel olunur.

3) Şayet, hatların birbirleri arasındaki yalıtkanlık ölçülmesi yapılacaksa, ölçü yapılmadan önce lambalar, motorlar ve diğer alıcılar devreden çıkarılır. Buna karşı bütün sigortalar ve şalterler bağlanmış durumda kalmalıdır.

⁽³⁾ İzolasyonda müsaade edilebilecek sıcaklık yükselmesi: Amerikan standartlar enstitüsünün elektrik mühendisliği kısmı, izolasyon materyalini şu üç sınıfta toplamıştır.

0 sınıfı : Pamuk, ipek, kâğıt ve bunlara benzer organik materyali ihtiva eder, hiçbir yalıtkan karışımlarla muameleye tâbi tutulmamış veya yağa batırılmamıştır.

A sınıfı: Muameleye tâbi tutulmuş veya yağa batırılmış, pamuk ipek ve kâğıdı ihtiva eder. Bazı iletkenlere tatbik edilen emaye de bu sınıfa dahildir.

B Sınıfı: Özel şekilde bir araya getirilmiş mika, aspes ve aspes tozu gibi inorganik maddeleri ihtiva eder.

Yapılan deneyler sonunda bu sınıftaki materyallerin herhangi bir bozukluğa uğramadan devamlı olarak çalışabileceği en yüksek sıcaklık sınırları şöyle tespit edilmiştir.

0 sınıfı: 90°C, A sınıfı: 105°C, B sınıfı: 125°C. Pratikte kullanılan bu yalıtkanlıklar, yukarıdaki değerleri aşmamalıdır.

4) Alçak gerilim tesislerinde, işletme gerilimi ile ölçülen yalıtkanlık değeri (iki sigorta arasında veya son sigortadan uca kadar) 1 mA.i aşmayacak şekilde olmalıdır. Her dağıtım tablosunda ve bir hat yolunda, yalıtkanlığın değeri aşağıdaki gibi hesap edilecektir.

$$\text{Yalıtkanlık} = 1000 \text{ om. İşletme gerilimi (volt olarak)} \quad . . \quad (37)$$

Makinelerin, akümülatörlerin, transformatörlerin izolasyon seviyelerinin yukarıdaki gibi hesap edilmesi mecburiyeti yoktur.

5) Havai hatlarda, rutubetli ve ıslak yerlerde (bira fabrikaları, boyahaneler, tabakhaneler, damla halinde su toplanabilen mahaller vb.) 4. maddede verilen şartlar yeterli olmaz. Bu gibi yerlerde izolasyon direncinin hususî ölçmelere tabi tutulması lâzımdır. Bu sebeple, rutubet arzeden mahalleri de içine alan büyük bir tesiste, yalıtkanlık muayenesi yapılırken diğer mahallerin irtibatı kesilerek, yalnız kuru yerlerin tecrübesi 4. maddeye göre yapılır.

B — YALITKANLIK DİRENCİNİN ÖLÇÜLMESİ

Tesislerde yalıtkanlık direncinin ölçülmesi için çeşitli metotlar kullanılır. Bunun için ya, doğrudan doğruya yalıtkanlık direncini ölçen aletlerle veya doğru akımda döner bobinli gerilim ölçü aletleri ile yapılan tertiplerle.

1 — Doğrudan doğruya yalıtkanlık direncini ölçen aletler :

(MEGERLER)

Büyük yalıtkanlık dirençlerinin ölçülmesinde, pilli ommetreler kullanışlı değildir. Çünkü; pilin emk. i çok küçük, yalıtkan dirençlerinin değeri ise çok büyük olduğundan aletten, yeter derecede akım geçmez. Bunun için, yalıtkanlık dirençlerinin ölçülmesinde üreteç olarak el manyetosu kullanılır. Bunlar genel olarak 100, 250, 500, 625, 1000, 1250, 2500 ve 5000 volt üreten doğru akım üreteçleridir. Yalıtkanlık deneyi, ne kadar yüksek gerilimle yapılırsa, alınacak güvenlik tertibatları da o kadar iyi olur.

Yalıtkanlık direncini doğrudan doğruya ölçen ölçü aletlerine MEGER'ler veya *Megaohmmetreler*" denir. Bunlar esas itibariyle özel tipte imal edilmiş portatif ommetrelerdir.

Yüksek yalıtkanlık dirençlerinin direkt olarak ölçülmesinde çeşitli tip megerler kullanılmakla beraber, biz burada tatbikatta çok kullanılan iki tipinden bahsedeceğiz.

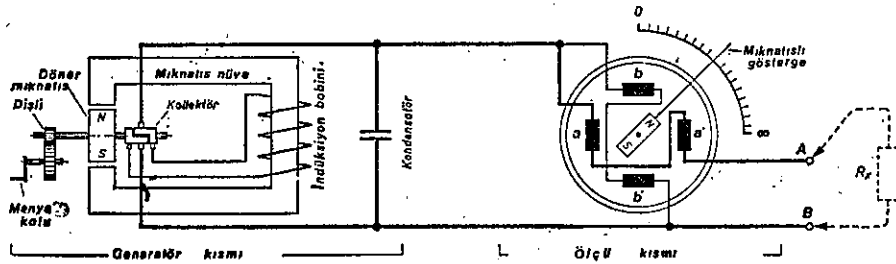
- Mıknatis göstergeli megerler
- Çapraz bobinli megerler

Bunların her iki tipinde de bilhassa generatör (manyeto) kısmında ufak tefek değişiklik olmakla beraber, prensipler hep aynı yalnız, ölçü aletleri kısmı farklıdır. Bu generatörler de üretilen gerilimle, ölçü aleti kısmı ve ölçülecek direnç beslenir. Megerlerin manyeto kolları elle çevrildiği gibi, motorla çevrilen tipleri de vardır. Şimdi bu iki tip megerin yapısı ve çalışma durumu hakkında kısaca bilgi verelim.

a) Mıknatis göstergeli megerler :

Yalıtkanlık dirençlerinin ölçülmesinde kullanılan bu tip megerin prensip şeması (Şekil: 160) da gösterilmiştir. Manyeto kolunun çevrilmesi ile indüksiyon bobininde meydana gelen alternatif akım, kollektör vasıtasıyla doğru akıma çevrilir.

Yapısı : Aletin ölçme kısmında karşılıklı olarak seri bağlı dört bobin vardır. aa' akım bobini, bb' gerilim bobini olarak çalışır. Bu iki bobin gurubu, birbirlerine göre 90° lik bir açı ile yerleştirilmiş olduklarından, bunların meydana getirdikleri alanlarda 90° farklı olur. Bu sabit bobinlerin ortasına da hareketli bir mıknatıslı gösterge tespit edilmiştir. Yalıtkanlığı ölçülecek R_x direnci de AB uçları arasında bağlanır.

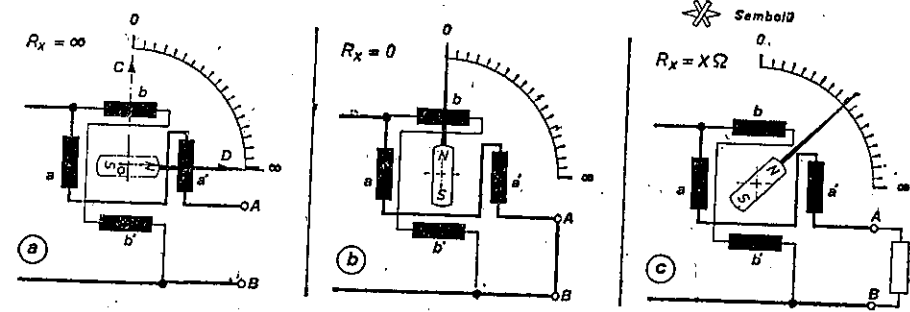


Şekil : 160
Mıknatis göstergeli meger.

Aletin çalışması : Megerin AB uçları açık iken manyeto kolu çevrilirse, aa' bobininden akım geçmediği için, OC yönündeki alan sıfır olur. Akım, yalnız bb' bobininden geçtiğinden mıknatıslı gösterge, bb' bobininin manyetik etkisi altında kalarak, OD yönünü alır. Yani gösterge kadran bölümü üzerindeki sonsuzu (∞) gösterir (Şekil: 161 a).

Şimdi AB uçlarını, direnci çok küçük olan bir iletkenle birleştirelim (kısa devre). Bu durumda manyeto kolu çevrildiği zaman, öncekinin tersine akım yalnız aa' bobininden geçer. Mıknatıslı gösterge bu defa, aa' bobininin kuvvetli manyetik etkisi altında kalarak, kadran üzerindeki sıfırı (0) gösterir (Şekil: 161 b).

AB uçları arasında bağlanan muhtef R_x dirençlerinin değerleri için gösterge, aa' ve bb' bobinlerinin etkisi altında kalarak, bu iki alanın bileşkesi yönünü alır ve bu değerde, ölçülen dirençlerin değerlerini verir (Şekil: 161 c). Aletin kadranı megaom (M Ω) olarak bölümlendirilmiştir. Sıfırdan sonsuza doğru gittikçe sıklaşan bu kadran taksimatı, etalon dirençlere göre kalibrasyonu (ayarı) yapılır. Diğer megerlerde olduğu gibi aletle ölçme yapılmadığı zaman gösterge sıfır noktasında durmadığı gibi sabit bir yeri de yoktur. Bu tip megerlerin en büyük sakıncası; mıknatıslı göstergenin, zamanla mıknatıslılığını kaybetmesidir.



Şekil : 161

Aletin uçları açıkken gösterge ∞ gösterir.

Aletin uçları kısa devre iken gösterge 0 gösterir.

Aletin uçlarına R_x bağlı ise, gösterge bir değer gösterir.

b) Çapraz bobinli megerler :

Yapısı : Bu aletler de, mıknatis göstergeli megerler gibi generatör (manyeto) ve ölçü aleti kısmı olmak üzere iki bölümden oluşmaktadır (Şekil: 162 a).

Generatör kısmı : Sabit mıknatısın kutupları arasında elle döndürülen bir çift bobinden meydana gelmiştir. Ürettiği gerilimle, ölçü devresini ve ölçülecek direnci besler. Bu gerilimi üretebilmesi için, manyeto kolunu dakikada ortalama 60 devir yaptırmak yeterlidir.

Ölçü aleti kısmı :

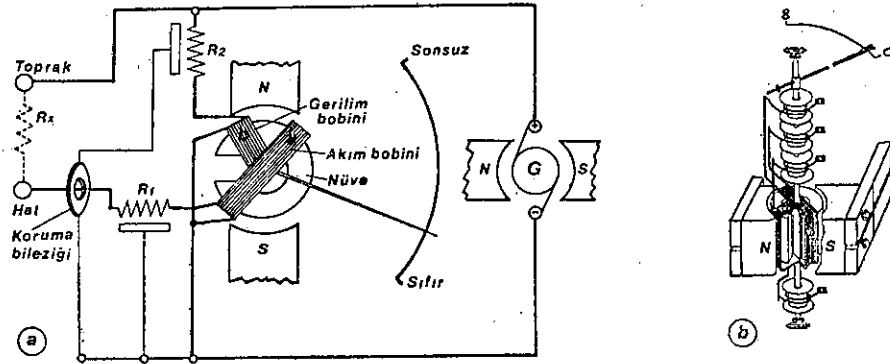
a) Döner bobinler: Sabit mıknatıs kutupları arasında dönen ve birbirlerine çapraz olarak sıkıca tespitli, iki bobin gurubundan meydana gelmiştir. Bunların biri gerilim, diğeri akım bobinidir. Gerilim bobini, R_2 direnci ile birlikte generatör uçlarına paralel bağlı, akım bobini ise; bir ucu generatörün eksi (—) kutbuna, diğeri ucuda R_1 direnci ile seri olarak hat ucuna bağlanmıştır. Bobinlere, akım; esnekliği ve karşı momenti olmayan üç madensel şeritle verilir (Şekil: 162 b).

b) Demir nüve: Sabit mıknatıs kutupları arasında düzgün bir alan sağlar. Aynı zamanda, sabit mıknatıslar arasındaki manyetik devrenin direncini küçültmek ve radyal bir mıknatıs alanı elde etmek için bu nüvenin, küçük bir parçası kesilip çıkarılmıştır.

c) Kadran: Sıfır ile sonsuz arasındaki değerler, megaom ($M\Omega$) cinsinden bölümlendirilmiştir.

d) Gösterge: Aletin, kontrol yayı olmadığı için ölçme yokken, gösterge herhangi bir yerde durabilir, belirli bir yeri yoktur.

e) Sabit mıknatıslar: Alet için, gerekli manyetik alanı sağlar.



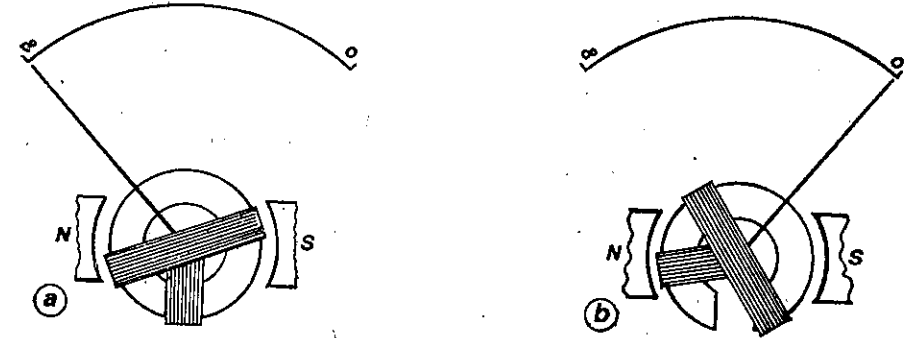
Şekil : 162
Çapraz bobinli meger.

Megerin çalışması :

a) Aletin dış bağlantı (hat ile toprak) uçları açıkken; manyeto kolu çevrilirse, akım yalnız gerilim bobini üzerinden devresini tamamlar (zira, akım bobininin devresi açıktır). Gerilim bobini üzerinden geçen akı-

mın meydana getirdiği alan, bobin gurubunu mıknatıs alanı dışına itilmesini sağlar. Bu itilme; yani dönme, gerilim bobini C şeklindeki demir nüvenin hava aralığı kısmına girinceye kadar devam ederken bağlı göstergede sonsuza gelir (Şekil: 163 a). Bu değer en büyük direnç demektir.

b) Aletin uçları kısa devre iken; manyeto kolu çevrilince, öncekinin aksine gerilim bobininden hiç bir akım geçmez (Çünkü, aletin uçları kısa devre edilmiş ve aynı zamanda, gerilim bobininin ise büyük bir direnci vardır. Kısa devre üzerinde düşen gerilim, küçük olacağından, gerilim bobininden bir akım geçmesi sağlanamaz). Akım, yalnız aletin R_1 direnci ile akım bobininden geçer. Bu durumda; akım bobininde meydana gelen manyetik alan, bobin gurubunu dışarı iterek, soldan sağa döndürür. Bu defa da, akım bobininin alt ucu, C şeklindeki halka demir nüvenin hava aralı kısmına yaklaşır ve gösterge de sıfıra gelir (Şekil: 163 b).



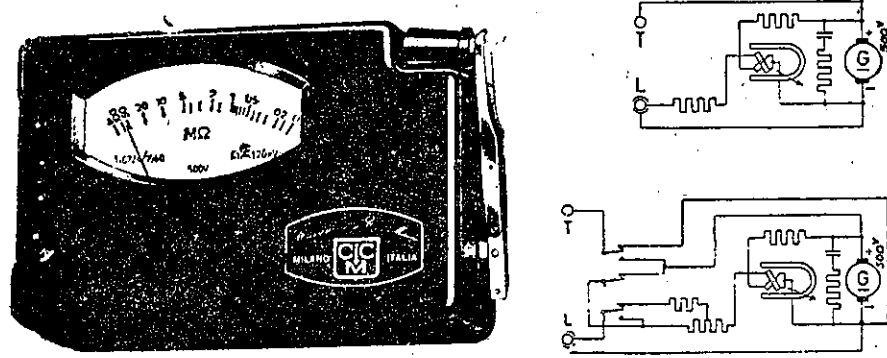
Şekil : 163

Megerin uçları açıkken
gösterge ∞ gösterir.

Megerin uçları kısa devre
iken gösterge 0 ı gösterir.

s) Alet uçlarına ölçülecek direnç bağlı iken; aletin manyeto kolu çevrilince, bobinlerde bir manyetik alan meydana gelir. Yukarıda, a ve b şıklarında izah ettiğimiz gibi bobinler, tek tek bobin gurubunu, ayrı ayrı yönlere döndürdüğünü görmüştük. O halde bobinlerde meydana gelen iki zıt döndürme momenti, denge sağladığı anda, göstergede kadranın belirli bir yerinde durur (Şekil: 162 a). Dış devre direnci küçük ise, akım bobininden geçen akım büyük olur, gösterge sıfıra doğru gider. Dış devre direnci büyük olursa, akım bobininden küçük akım geçer, bu defa gerilim bobini tesirini göstererek göstergelyi sonsuza doğru yaklaştırır.

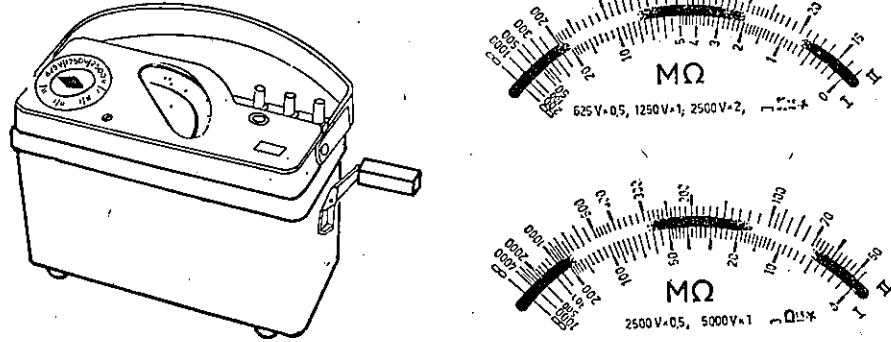
Bu tip megerlerle ölçme yaparken, kaçak akımların akım bobinine olan etkisini azaltmak için, alete koruyucu bir devre ilâve edilmiştir.



Şekil : 164

Meger ve iki ayrı iç şeması.

(Şekil: 164) de tatbikatta çok kullanılan ve manyeto gerilimi 500 V. olan bir meger ile bu megerlere ait, iki değişik iç bağlantı şeması gösterilmiştir.

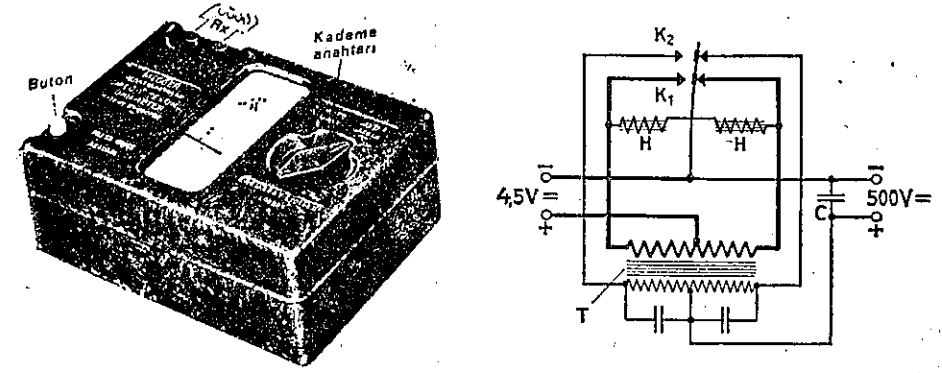


Şekil : 165

Değişik gerilimli meger ve kadran taksimatı.

Megerlerin bazı tiplerinde kadran taksimatı yukarıda görüldüğü gibi bir, bazı tiplerinde ise altta ve üstte iki tanedir. Kadran taksimatı iki kademeli ve değişik gerilimli megerlerde, ölçülecek direncin büyüklüğüne göre aletin üzerine bir kademe anahtarı konmuştur. Ayrıca, megerlerin

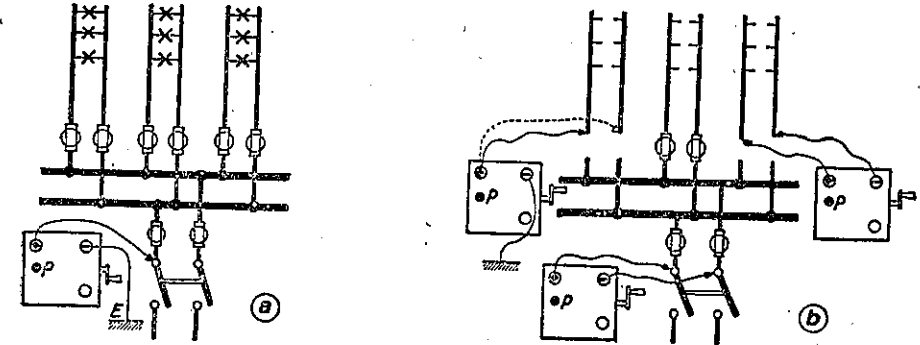
manyeto gerilimleri, ya aletin üzerine veya muhafaza kutusunun üzerine yazılırlar. (Şekil: 165) de değişik gerilim kademelerinde çalışan böyle bir meger ve bu megere ait iki ayrı kadran taksimatı ile gerilim kademeleri birlikte gösterilmiştir.



Şekil : 166

Pilli meger ve adaptörü.

Bazı firmalar; kolsuz, pratik bir yalıtkanlık ölçme aleti imal etmişlerdir. Kollu megerlerin sakıncası olan her iki elin de kullanılması, bu alette ortadan kaldırılmıştır. Bunlar çapraz bobinli bir ommetre olup 50 000 Ω kadar dirençlerin ölçülmesinde, akım kaynağı olarak 45 voltluk bir pil



Şekil : 167

Megerle yalıtkanlık direncinin ölçülmesi.

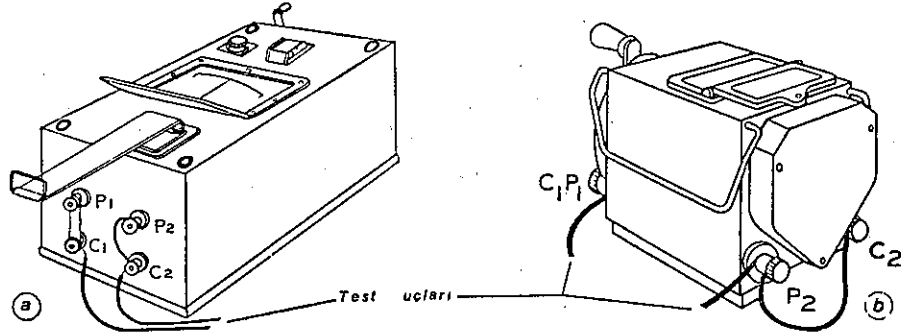
bataryası kullanılır. Bundan daha büyük dirençleri ölçebilmek için alete, bir adaptör ilâve edilerek pilin gerilimi 500 volta yükseltilir. Böylece aynı

aletle 200 000 Ω a kadar olan dirençleri de ölçebiliriz. (Şekil: 166) da böyle bir alet ve alete eklenen adaptörün (*) bağlama şeması gösterilmiştir.

Yine bu alette de iki yönlü bir kademe anahtarı mevcuttur. Aletin kadranı üzerinde, her kademeye ait altta ve üstte iki taksimat cetveli olup alttaki taksimat 0 - 1000 Ω luk, üstteki taksimatta 100 - 200 000 Ω luk dirençlerin okunmasında kullanılır.

Megerlerle yalıtkanlık direncinin ölçülmesi: Buraya kadar izahına çalıştığımız megerlerden biri ile akımı kesilmiş bir tesisin, gerek kendi hatları arasında gerekse hat ile toprak arası direncinin nasıl ölçüldüğünü görelim.

a — Tesisin, toprağa karşı yalıtkanlık direncinin ölçülmesi: Bu ölçme (Şekil: 167 a) da görüldüğü gibi tesisin, lambaları da dahil olmak üzere bütün alıcıları devreye bağlı olarak kalır. Megerin bir ucu toprağa, diğer ucu da akımsız tesisatın iletkenlerinden birine bağlanıp manyeto kolu çevrilirse alet, bize tesisin toprağa karşı olan yalıtkanlık direncinin değerini doğrudan doğruya gösterir.



Şekil : 168

Toprak direnci ölçü aletleri.

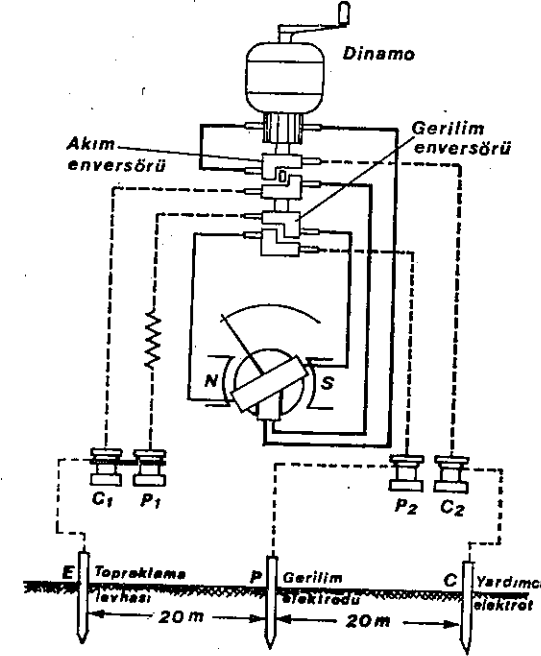
b — Şayet bütün tesisattaki kısımların ve tabloların ayrı ayrı yalıtkanlık dirençlerini ölçmek icap ederse; tesisattaki alıcı cihazlar çıkarılır, ampuller gevşetilir ve her linyenin sigortası açıldıktan sonra, (Şekil: 167 b) de görüldüğü gibi iletkenlerin, toprağa ve birbirlerine karşı olan yalıtkanlıkları sırayla ölçülür.

(*) Bu adaptör: Batarya transformatörü, mekanik bir akım kesici ile bir transformatör ve mekanik bir redresörden meydana gelmiştir.

c) Toprak direncini (Rezistansını) ölçen aletler :

(Şekil: 168 a ve b) de görülen megerlerle, tesisatların yalıtkanlık dirençleri ölçülürse de daha ziyade toprak direncinin ölçülmesinde kullanılırlar, adına da "toprak direnci ölçü aleti" veya "toprak rezistansı ölçü aleti" denir.

Ölçmede, elektrotlardaki polarizasyona engel olmak için, bu aletlerle toprağa, frekansı, şehir gerilimi frekansından farklı olan alternatif akım gönderilir. Bu bakımdan generatörün doğru akımı, alet içine konan enversörle alternatif akıma çevrilir. Frekansın değişik olmasının sebebi ise, toprakta kaçak olarak dolaşan şebeke frekanslı akımların, alete etki ederek hatalı ölçmelere engel olmak içindir. Aletin iç şeması (Şekil: 169) da görüldüğü gibi akım bobinine ait uçlar, C_1 ve C_2 ile gerilim bobinine ait uçlarda P_1 ve P_2 ile gösterilmiştir.



Şekil : 169

Topraklama direncinin ölçülmesi.

Ölçmenin yapılışı :

Direnci ölçülecek topraklama levhasından 20 şer metre ara ile gerilim elektrotu ile yardımcı elektrot, toprağa çakılır. Yalnız burada, öl-

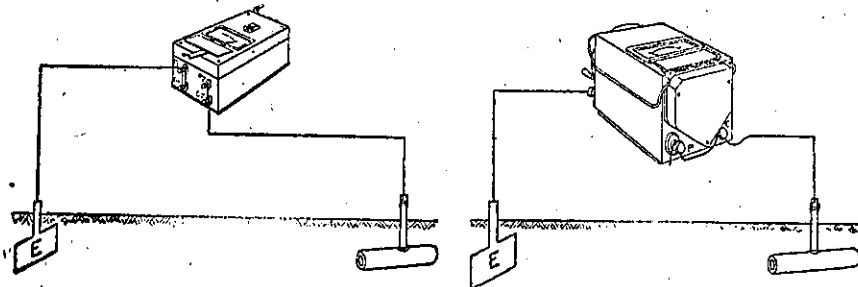
çülmesi icap eden topraklama direncinin, doğru olarak tayin edilebilmesi için yardımcı elektrotun, topraklama levhasından en az 40 m. uzakta olmasına dikkat etmek icap eder. Büyük boyutlu topraklama levhaları için, uzaklık yeterli olmaz, ise bu mesafe topraklama tesisinin en büyük boyutunun, en az beş misli alınmalıdır.

Aletin uçları, (Şekil: 169) da görüldüğü gibi bağlanarak manyetonun kolu, dakikada 130-160 dönme hızı ile çevrilir. Generatörün doğru akımı, aletin akım bobininden geçtikten sonra enversör vasıtasıyla alternatif akıma çevrilip, C_1 ve C_2 uçlarıyla da toprağa verilir. Topraklama levhası ile gerilim elektrotu arasındaki aynı frekanslı alternatif gerilim, P_1 ve P_2 uçları yardımıyla ölçü aletine tatbik edilir. Toprakta alınan bu gerilim, enversör ile doğru gerilime çevrilerek aletin gerilim bobinine uygulanır. Megerin gösterdiği değer, bu akım ve gerilim arasındaki orandır. Yani, $R_x = U/I \Omega$ dur.

Ölçme sırasında, megerden toprağa gönderilen alternatif akımın frekansı, topraktaki kaçak alternatif akımların frekansına eşit olursa aletin göstergesinde titremeler görülür, buna engel olmak için manyeto kolunun çevirme hızı değiştirilir.

Topraklama levhasının, toprağa geçiş direnci birkaç omdan, birkaç yüz om arasında değişir. Bu değer; toprağın cinsine, rutubet derecesine ve topraklama levhasının büyüklüğüne bağlıdır. (Fenni şartnameye göre, normal topraklayıcılar, Madde: 257-258-259-260) Ve konumuza ait Madde: 261: Bakır levhalar en az 2 mm. çelik levhalar en az 3 mm. kalınlığında ve 0.5 m² bir taraflı yüzeyde olacaktır. Çelik levhalar galvanize veya kurşunlanmış olacaktır.

Madde: 262 — Levhalar dik olarak toprağa gömülecektir. Tarla toprağında bir taraflı 0.5 m² yüzeyde bir levhanın intişar (yayıma) direnci ortalama 40 om dur. 1 m² yüzeyde ise 30 om dur.



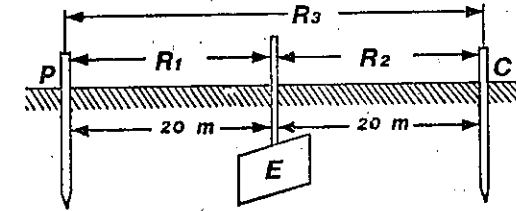
Şekil : 170

Yardımcı elektrotsuz, topraklama direncinin ölçülmesi.

Bu tip megerlerle; yardımcı elektrotsuz, topraklama direncide ölçülebilir (Şekil: 170).

Şayet, topraklama levhasının direncini doğrudan doğruya gösteren bu tip ölçü aletleri yok ise, (Şekil: 169) daki bağlantıyı normal megerlerle veya direnç ölçme metodlarından biri ile de ölçebiliriz.

Bu usülle topraklama direncinin bulunması için, (Şekil: 171) deki montaj üzerinde şu üç ölçünün ayrı ayrı yapılması lâzımdır.



Şekil : 171

- 1) E ile P arasında yapılan ölçme, R_1 direncini verir.
- 2) E ile C arasında yapılan ölçme, R_2 direncini verir.
- 3) P ile C arasında yapılan ölçme de R_3 direncinin verir.

Ölçülen bu değerler yardımı ile

- a) Topraklama levhasının direnci, $R_E = (R_1 + R_2 - R_3)/2 \Omega$ (38)
- b) P elektrodunun direnci, $R_P = (R_1 + R_3 - R_2)/2 \Omega$ (39)
- c) C elektrodunun direnci, $R_C = (R_2 + R_3 - R_1)/2 \Omega$ (40)

Örneğin: (Şekil: 171) de kurulan montajdan, veston köprüsü ile $R_1 = 171 \Omega$, $R_2 = 192 \Omega$, $R_3 = 235 \Omega$ değerleri ölçülmüştür. Buna göre, a) Formül (38) ile, $R_E = 64 \Omega$ b) Formül (39) ile $R_P = 170 \Omega$ c) Formül (40) ile de $R_C = 128 \Omega$ bulunur.

2 — Doğru akımda döner bobinli gerilim ölçü aletleri ile yalıtkanlığın ölçülmesi :

a) Çalışır vaziyetteki bir tesisatta, toprak teması ölçülmesi :

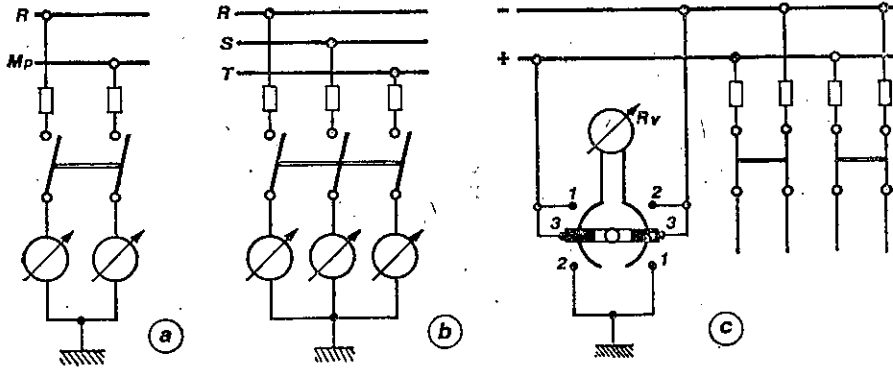
Tesislerin çalışmaları sırasında, çeşitli sebeplerden dolayı yalıtkanlıkları bozulup toprağa kaçak yaparlar. Böyle hallerde (Şekil: 172 a ve b) de

görüldüğü gibi tesisin faz hattı ile toprak arası, döner bobinli bir voltmetre ile birleştirilir.

Alçak gerilim tesislerinde, aletler istenildiği zaman tesisden ayrılacak şekilde tespit edilirler.

Tek fazlı alternatif akım tesislerinin çalışması esnasında, toprak teması yoksa, bağlı voltmetre işletme geriliminin yarısını gösterir. Üç fazlı sistemlerde ise (Şekil: 172 b) hatlardan birinde yalıtkanlık arızası olduğu zaman, arızalı faza bağlı voltmetrede bir düşüş görülecektir. Sağlam hatlara bağlı voltmetrelerde ise bir yükselme tespit edilir.

Şimdi: Çalışır vaziyette olan bir doğru akım tesisatında, toprak temasının nasıl ölçüldüğünü görelim; (Şekil: 172 c) deki tesisata, üç pozisyonlu bir voltmetre komütatörü ile birlikte, döner bobinli gerilim ölçü aletini bağlayalım.



Şekil : 172

Çalışan bir tesisin, voltmetre ile toprak temasının ölçülmesi.

Ölçülmenin yapılışı : Voltmetre komütatörü,

1. durumda iken, pozitif kutbun toprağa karşı olan gerilimine : e_p
2. durumda iken, pozitif kutbun toprağa karşı olan gerilimine : e_n
3. durumda iken, pozitif ile negatif kutup arasındaki işletme gerilimine : E diyelim, voltmetrenin iç direnci (R_v) de belli olduğuna göre,

a) Pozitif kutbun toprağa karşı direnci;

$$R_p = R_v \left(\frac{E - e_n}{e_p} - 1 \right) \quad \dots \dots \dots (41)$$

b) Negatif kutbun toprağa karşı direnci;

$$R_n = R_v \left(\frac{E - e_p}{e_n} - 1 \right) \quad \dots \dots \dots (42)$$

c) Tesisin bütün direnci;

$$R = R_v \left(\frac{E - e_p - e_n}{e_p + e_n} \right) \quad \text{formülleri ile hesaplanır} \quad \dots (43)$$

Örneğin : Yapılan ölçmelerde işletme gerilimi:

$$E = 220 \text{ V.}, e_p = 54 \text{ V.}, e_n = 11 \text{ V.},$$

aletin R_v direnci de 26000 Ω ise, tesisin toprağa karşı olan direncini ayrı ayrı hesaplayalım. Formül: (41) den

$$R_p = 26000 \left(\frac{220 - 54}{11} - 1 \right) = 366363 \Omega$$

Formül : (42) den

$$R_n = 26000 \left(\frac{220 - 11}{54} - 1 \right) = 74629 \Omega$$

Formül : (43) den

$$R = 26000 \left(\frac{220 - 54 - 11}{54 + 11} \right) = 62000 \Omega$$

değerleri bulunur.

Yüksek gerilim tesislerinde de ölçü transformatörlerinden istifade edilerek benzer bağlantılarla ölçmeler yapılır.

b) *Çalışma durumunda olmayan doğru akım tesislerinde, yalıtkanlığın ölçülmesi :*

İyi bir ölçme yapabilmek için, önceden bir iletkenlik muayenesi yapmak icap eder (yani, tesise ait iletkenlerin kopuk olup olmadığı ile bağlantı yerlerindeki geçişlerin kontrolü). Bu muayene iyi sonuç verirse, uy-

gun bir toprak irtibatı yapılarak yalıtkanlık ölçümüne geçilir. Ölçmede bilinmesi lâzım gelen faktörler için, (Şekil: 173 a b c) deki bağlantılar yapılır.

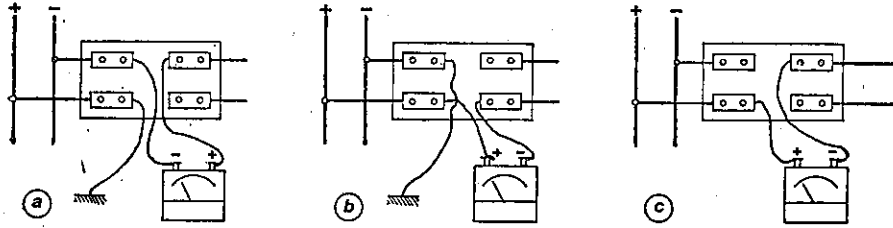
E = Doğru akımdaki işletme gerilimi (V)

e = Ölçmede, alette okunan gerilim (V)

R_v = Aletin direnci (Ω)

Bu değerler bilindiğine göre, her ölçme için aşağıdaki formülle yalıtkanlık direnci hesaplanır.

$$R = R_v \cdot \frac{E-e}{e} \Omega \quad \dots \dots \dots (44)$$



Şekil : 173

Çalışma durumunda olmayan bir doğru akım tesisinde, voltmetre ile yalıtkanlığın ölçülmesi.

Örneğin: Ölçmede aşağıdaki değerlerin bulunduğunu kabul edelim.

- 1) İşletme gerilimi; iletkenlik muayenesinde okunan gerilim $E=220$ V.
- 2) Toprak ile negatif hat arasında ölçülen gerilim (Şekil: 173 a), $e_n = 16$ V.
- 3) Toprak ile pozitif hat arasında ölçülen gerilim (Şekil: 173 b), $e_p = 24$ V.
- 4) Pozitif ve negatif hat arasında ölçülen gerilim (Şekil: 173 c), $e_{np} = 33$ V.
- 5) Aletin direnci $R_v = 45\ 000 \Omega$.

Buradan;

a) Negatif hattın toprağa karşı direnci:

$$R_n = 45\ 000 \cdot \frac{220-16}{16} = 573\ 750 \Omega$$

b) Pozitif hattın toprağa karşı direnci :

$$R_p = 45\ 000 \cdot \frac{220-24}{24} = 367\ 500 \Omega$$

c) Negatif hattın pozitif hatta karşı direnci :

$$R_{np} = 45\ 000 \cdot \frac{220-33}{33} = 255\ 000 \Omega \text{ bulunmuş olur}$$

KONUNUN ÖZETİ :

- 1 — Yalıtkanlık direnci; yalıtkan maddenin içinden veya yüzeyinden olan kaçak ve sızıntı akımlara karşı, yalıtkanın gösterdiği dirençtir.
- 2 — İletkenden geçen akımın, zararlı tesirlerine engel olabilmek için her iletkenin üzeri yalıtkan bir madde ile kaplanması gereklidir.
- 3 — İletken üzerindeki yalıtkanın aranılacak özellikler; iletkenin kullanılacağı, a — Akımın cinsine. b — Uygulanan gerilimin yüksekliğine. c — İletkenden geçecek akımın büyüklüğüne. f — İletkenin çalışacağı fiziksel ortamın cinsine göre değişir.
- 4 — VDE nizamnamesine göre, kaçak akımın değeri 1 mA. i geçmemelidir.
- 5 — Yalıtkanlık direnci, bir meger yardımı ile ölçülür.
- 6 — Pratikte, yalıtım dirençlerinin ölçülmesinde ekseriya miknatis göstergeli veya çapraz bobinli megerler kullanılır.
- 7 — Çalışır haldeki bir tesisin yalıtım direnci, megerle ölçülemez.
- 8 — Çalışır vaziyetteki bir tesisatın yalıtım direnci ancak, döner bobinli gerilim ölçü aletleri ile ölçülebilir.

SORULAR :

- 1) Yalıtım direnci neye denir?
- 2) Bir tesisin yalıtım direncini ölçmeğe ne lüzum vardır?
- 3) Bir tesisin yalıtım direnci hangi formülle hesaplanır?
- 4) Meger ne işe yarar ve kaç çeşittir?
- 5) Miknatis göstergeli meger'in çalışmasını izah ediniz?
- 6) Çapraz bobinli meger'in parçalarını söyleyiniz?
- 7) Meger ölçme yapmazken, aletin göstergesi neden sıfır noktası üzerinde durmaz?
- 8) Toprak direnci hangi aletlerle ve nasıl ölçülür?
- 9) Meger ile yalıtkanlık direnci ölçülürken aletin gerilimi, o tesisin yalıtkanlık direncine zarar verir mi?
- 10) Çalışır ve çalışmaz haldeki bir doğru akım tesisinin yalıtkanlık direnci, nasıl ölçülür?

Alternatif Akımın İncelenmesi

BÖLÜM

6

KONUNUN PLANI :

- 1 — Yumuşak demirli ossilograf.
- 2 — Büklümlü ossilograf.
- 3 — Osiloskop.

Zamanla hızlı olarak değişen olaylara ait (akım ve gerilim gibi) eğri-leri;

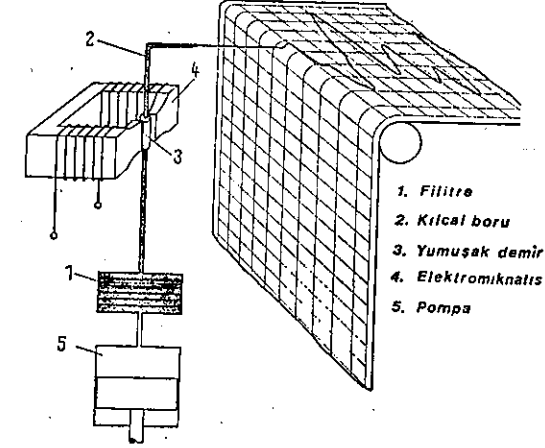
- a) Bir kâğıt üzerine mürekkep veya ışıkla çizilen aletlere "Ossilograf"
- b) Bu eğrileri, yalnız ekran üzerinde göstermeye yarayan aletlere de "Osiloskop" denir.

Çeşitli tiplerde yapılan fakat en çok kullanılan bu aletlere ait bilgi aşağıda kısaca verilmiştir.

1 — Yumuşak demirli ossilograf :

Bu alet, demir paletli galvanometrelere benzer. Döner demir, kuvvetli elektromıknatısın kutupları arasında çok ince kılcal bir boru ile asılmıştır. İncelenecek alternatif akım, döner demirin etrafındaki ve elektromıknatısın kutupları arasında sabit olarak duran bobine verilir. Bu bobinin meydana getirdiği alan, elektromıknatısın alanına diktir. Aletin çalışması, demir paletli galvanometrelere benzediği için burada tekrar edilmiyecektir. Yalnız, alet çalışmaya başladığı zaman incelenen alternatif aki-

mın eğrisi; aletin göstergesine bağlı yazıcı uç ile, devamlı dönen milimetrik bir kâğıt üzerine çizilir (Şekil: 174). Yazıcı uca mürekkep, alet içindeki bir pompa ile basılır. Yumuşak demirli ossilografarla 0 ilâ 1000 Hz. kadar olan titreşim frekansları incelenebilir.



Şekil : 174

Yumuşak demirli ossilograf.

2 — Büklümlü ossilograf :

Ölçü sistemi, bir daimî mıknatısın kutupları arasında gergin olarak tespit edilmiş ve bir büklümden meydana gelen aletlere büklümlü ossilograf adı verilir (Şekil: 175 a). Bu büklümü meydana getiren paralel iki iletken, fosforlu bronzdan yapılmıştır. Pratik bakımdan ataletsiz olan büklüm, içinden geçen akımdaki değişiklikleri takip ederek anı değerleri gösterir.

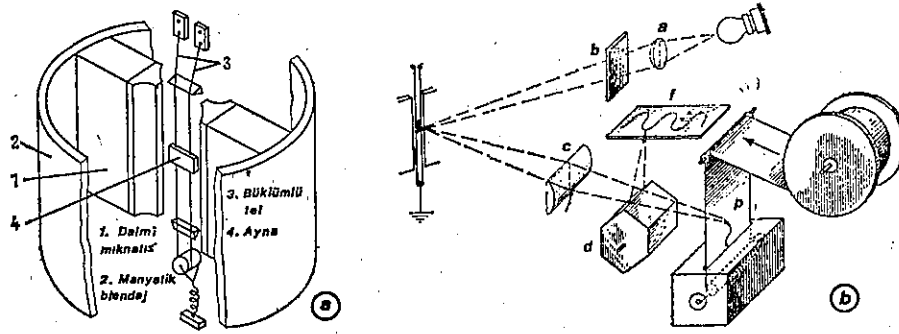
Aletin çalışması : Bu büklüm, incelenen alternatif akım devresine bağlanınca daimî mıknatısla, akım arasındaki karşılıklı etkiden dolayı alternatif akımın değişimiyle orantılı olarak titreşim hareketleri yapar. Bu titreşimleri görünür hale getirmek için, (Şekil: 175 b) de olduğu gibi optik mercek ve aynalar sisteminden istifade edilir.

Sabit bir ışık kaynağı tarafından gönderilen ışık a merceğinden ve b aralığından geçtikten sonra dar bir şerit halinde büklümün ortasındaki aynaya düşer. Bu aynadan yansıyan ışın c toplayıcı mercekten geçerek p fotoğraf kâğıdı üzerinde küçük ışıklı nokta (benek) halinde, b aralığının hayalini meydana getirir. Titreşim hareketleri sırasında bu benek, bir

şerit haline gelir. Işıktan etkilenen fotoğraf kâğıdı hareketli sistemin ışığına, dik bir doğrultuda düzgün olarak döndürüldüğü zaman kâğıt üzerindeki akımın zamana göre değişim eğrisi çizilmiş olur.

Bu osillograf yardımı ile de periyodik eğrinin fotoğrafını almaksızın doğrudan doğruya bir ekrana üzerinde görmek de mümkündür. (Şekil: 175 b) de görüldüğü gibi hareketli sistemin üzerindeki aynadan yansıyan ışık bantını, incelenen akımla senkron olarak dönen poligon bir d aynası ile f ekranı üzerinde görülen bir eğri haline getirilebilir. Böyle tiplerine de "ışık ışınli osillograf" denir.

Büklümlü osillograflarla da 0 ilâ 15000 Hz. e kadar olan titreşim frekansları incelenir.



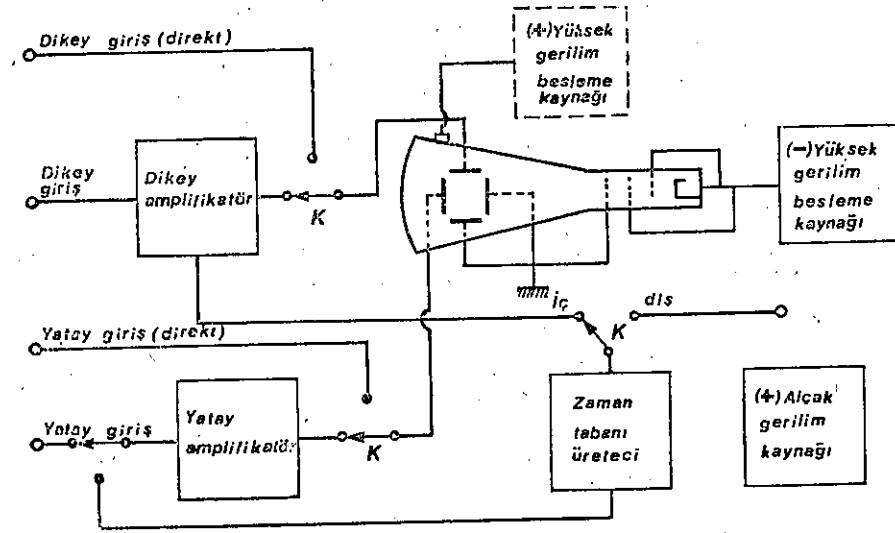
Şekil : 175

Büklümlü osillograf.

3 — OSİLOSKOP

Elektrik enerjisine dönüşebilen her periyodik hareket veya titreşim, osiloskop yardımı ile incelenebilir. Çeşitli kaynak sinyallerinin osiloskopla tayin ve tespit edilebilmesi için, önce sinyalin gerilim şekline çevrilmesi icap eder.

Osiloskoplar da özel ve genel maksatlarda kullanılmak üzere iki tipe imal edilirler. (Şekil: 178) de görülen ve genel maksatlar için kullanılan osiloskop, aşağıdaki bölümlerden (bloklardan) meydana gelmiştir (Şekil: 176 a).



Şekil : 176 a

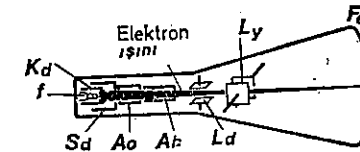
Osiloskopun blok diyagramı.

a) Katot ışınli lamba, b) Zaman tabanı üretici, c) Bir yatay amplifikatör, d) Bir dikey amplifikatör, e) + alçak gerilim kaynağı, f) + yüksek gerilim besleme kaynağı, g) - yüksek gerilim besleme kaynağı, h) osiloskopun kullanılmasını kolaylaştıran çeşitli ayar düğmeleri ile bağlantı uçları.

Aletin blok diyagramında görülen katot ışınli lamba, osiloskopun en önemli bir parçası olduğu için bu lambayı kısaca tanıtmakta fayda vardır.

Katot ışınli lamba : Bu lamba, bir çeşit radyo lambası olup bunlarla katot ışınları elde edilir.

Katot ışınları : Yüksek derecede vakum (boşluk) temin edilmiş gaz tüpleri içinde katodun fırlattığı elektronlardır. İşte bu elektron akımına veya ışınlarına katot ışınları denir.

Şekil : 176 b
Katot ışınli tüp.

Katot ışınli lambanın (tüpün) çalışması : (Şekil: 176 b) de prensip şeması görülen lambanın içindeki gazın basıncı 0,01 ile 0,001 mm. arasında civa basıncına düşürülüp f flamanına 10-20 V. luk bir gerilim tatbik edilecek olursa lambanın flamanı akkor hale gelir. Akkorlaşan f flamanının ısıttığı kd katodu, elektron neşreder. Bu lambanın katodundan doğup anoduna giden elektronlar; tüpün içindeki negatif toplayıcı Sd silindiri, A₀ odaklama ve A_h hızlandırma anotlarından geçirilerek ince bir ışın hüzmesi haline sokulur. Bu kontrol düzenleri ile daraltılıp bir araya demetlenen elektron ışını Ld ve Ly saptırma levhaları ile lambanın Fe fosforlu ekranı üzerine yöneltilirse bu hüzmenin çarptığı yerde, ekran nokta halinde bir ışık verir. Nokta halindeki bu ışına "benek" de denir.

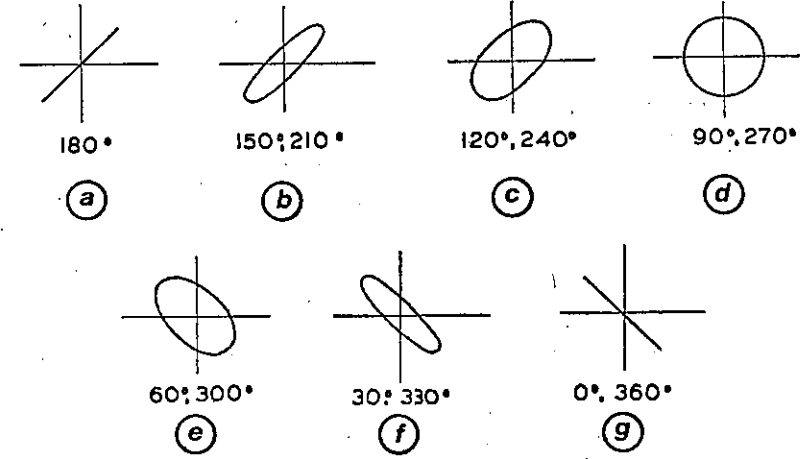
Lambanın ekranı üzerinde nokta halindeki bu ışına verilen istenilen yön, Ld ve Ly saptırma levhalarının uçlarına tatbik edilen gerilimin büyüklüğüne göredir. Katot ışınlarını; Ld levhası dikey yönde, Ly levhası da yatay yönde saptırır.

Elektron demeti geçerken, saptırıcı lechalara hiçbir gerilim uygulanmazsa benek, lamba ekranının tam ortasında görülür. Yatay levhalardan ikisine de aynı sabit gerilim uygulanırsa benek, aynı yerini yine muhafaza eder, fakat birinin pozitifliği artırılırsa, negatif yüklü elektron demeti pozitif levhaya doğru kayar ki bu da ekranda görülür. Yatay levhalar için söylenenler dikey levhalar için de söylenebilir. Aynı deneyleri; negatif sabit gerilimi artırıp azaltmakla da yapabiliriz. Elektron demeti negatif olduğundan negatifliği artırılan levhadan, yükün değeri nispetinde elektron demeti uzaklaşacaktır. Böylelikle verilen sabit gerilime uygun olarak benek, bir noktada kalacaktır. Levhalara uygulanan sabit gerilim yerine değişen bir gerilim uygulanırsa, beneğin hareketi de sürekli olacaktır. Levhalardan birine ilk anda pozitif, diğerine negatif, diğer anda; ilkinin tersi gerilim uygulanırsa benek, bu iki elektrot arasında bir çizgi boyunca gider gelir. Tatbik edilen sinyalin frekansı küçükse (10 ilâ 15 c/s kadar) beneğin hareketini gözle takip etmek de mümkündür. Şayet frekansı yüksekse benek olarak değil, ekranda sadece bir çizgi görülür.

Yatay ve dikey levha çiftlerine bir anda, bir gerilim uygulanırsa elektron demetinin hareketi, levhaların statik kuvvetlerinin bileşkesine bağlı olarak değişecektir.

Levhalara, aynı fazda alternatif bir gerilim tatbik olduğunda çizgi halinde bir tarama görülür. Her iki levhaya uygulanan zıt gerilim eşit ise tarama çizgisi yatay eksenle 45° lik bir açı yapar. Yatay ve düşey levhalara uygulanan gerilimler arası faz farkı 0°, 180° veya 360° ise ek-

randa (Şekil: 177 a ve g) deki görüntü 0° ile 90° arasında ise büyük eksenini sağa yatmış (Şekil: 177 b ve c), 90° ile 180° arasında ise büyük eksenini sola yatmış bir elips (Şekil: 177 e ve f), faz farkının tam 90° ve 270° olduğu hallerde ise tam bir daire şekli, ekranda görülür (Şekil: 177 c).



Şekil : 177

a) Osiloskopun çalışma prensibi :

Yukarıda özet olarak verdiğimiz katot ışınli lambaya ait bilgi ile osiloskopun çalışma prensibi de böylece izah edilmiş oldu.

Demekki; bir noktada odaklanan ışın demetleri, parlak bir ışık beneği oluşturur. Bu benek, bir ekran üzerine düşürülüp değişik hareketler verilirse ekranda da değişik hareketleri yapan bir benek görülür. Bu değişik hareketler ise, katot ışınli lamba içerisindeki saptırma düzenleri ile yapılır.

Ayrıca cihazın dış tesirlerden etkilenmemesi için, lamba, iletken bir blendaj ile kaplanmıştır.

b) Osiloskopun çalışması :

Özel ve genel maksatlar için yapılmış osiloskopların kontrol tablolarında (ekseriya ön yüzlerinde), 11 ilâ 12 kadar ayar potansiyometresi ile komütatör düğmeleri ve 5-6 tane de bağlantı ucu vardır. Bu ayar düzenlerinin çalışma prensipleri aynı olmakla beraber bazı osiloskoplarda,

belki birkaç fazla veya eksik olabilir. Kontrol düğmelerinin fazlalığı aletin hassasiyetini ve kullanılma alanlarını artırdığından böyle tipleri tercih edilir.

Biz bu konuda; genel maksatlar için kullanılan (*Heathkit, model: 0-12*) bir osiloskopun geliştirilmesini ve bazı ölçme deneylerinin nasıl yapıldığını basit olarak inceleyeceğiz. Aşında osiloskoplarla bilhassa elektronik sahasında çeşitli ölçmeler yapılabilir.

Osiloskoplarda ölçme yapabilmek için, düğmelerinin ve bağlantı uçlarının vazifelerini bilmek, bunların fonksiyonlarını tanımak şarttır. Şimdi, yukarıda adı geçen ve (Şekil: 178) de gösterilen aletin önce düğmelerini tanıyalım.

INTEN : *Çalıştırma, ışın şiddeti ve parlaklık* — Cihazı çalıştırmaya ve ekrandaki çizginin kararlılığında kullanılır.

FOCUS : *Odak kontrol* — Ekran üzerindeki çizgilerin keskinliğini (tam belirli olmasını) ayarlar. INTEN düğmesinin herhangi bir anına göre odaklamanın ayarı yapılmalıdır.

VERTICAL POSITION : *Dikey ortalama* — Ekranda meydana gelen görüntüyü, aşağı yukarı ayarlamaya yarar (dikey eksen boyunca).

HORIZONTAL POSITION : *Yatay ortalama* — Ekranda meydana gelen görüntüyü, sağa sola hareket ettirmeye yarar (yatay eksen boyunca).

VERT GAIN : *Dikey kazanç* — Ekrandaki şeklin, dikey olarak büyümesini ve küçülmesini sağlar.

VERT INPUT : *Dikey giriş* — Dikey giriş sinyalinin (kazancının) kaba ayarında kullanılır.

HOR/FREQ.SELECTOR : *Kaba frekans ayarı* — Elektronun gidip geldiği yolun frekansının (süpürme frekansı) seçiminde kullanılır. Böylece herhangi frekanstaki bir sinyalin şeklini ekranda rahatlıkla incelemek mümkün olur.

FREQ VERNIER : *İnce frekans ayarı* — Süpürme frekansının hassas ayarında kullanılır.

HOR.GAIN : *Yatay kazanç* — Ekran üzerindeki görüntünün yatay olarak büyümesini ve küçülmesini sağlar.

PHASE: *Faz* — Cihazın çalıştığı frekansla, süpürme frekansının kalibresinde kullanılır.

SYNC SELECTOR : *Senkronizasyon seçicisi* — Bu komütatörün 4 pozisyonu vardır.

INT Pozisyonlarında; elektron demeti yatay hareketinin dikey hareket ile senkronlaşmasını sağlamak için, yatay levhalarda süpürme üreticine bağlanır.

EXT pozisyonu, amplitüdüleri (genlikten) veya şekilleri farklı devrelerin incelenmesinde kullanılır.

LINE pozisyonunda, şebeke frekansı ile çalışmalar yapılır.

EXT — SYNC AMPLITUDE : *Senkronizasyon genlik ayarı* — Horizontal selector ve Frequency vernier ayar düğmeleri ile şekil, ekran üzerinde hareketsiz hale getirilebilir. İşte bu düğme; kımıldamayı önleme ve durdurma işini yapar.

SİNYAL LAMBASI : Cihazın çalıştığını gösterir.

VERT.INPUT: *Dikey giriş* — Dikey plakalara, sinyal uygulamasında kullanılır.

HOR.INPUT : *Yatay giriş* — Yatay plakalara, sinyal uygulamasında kullanılır.

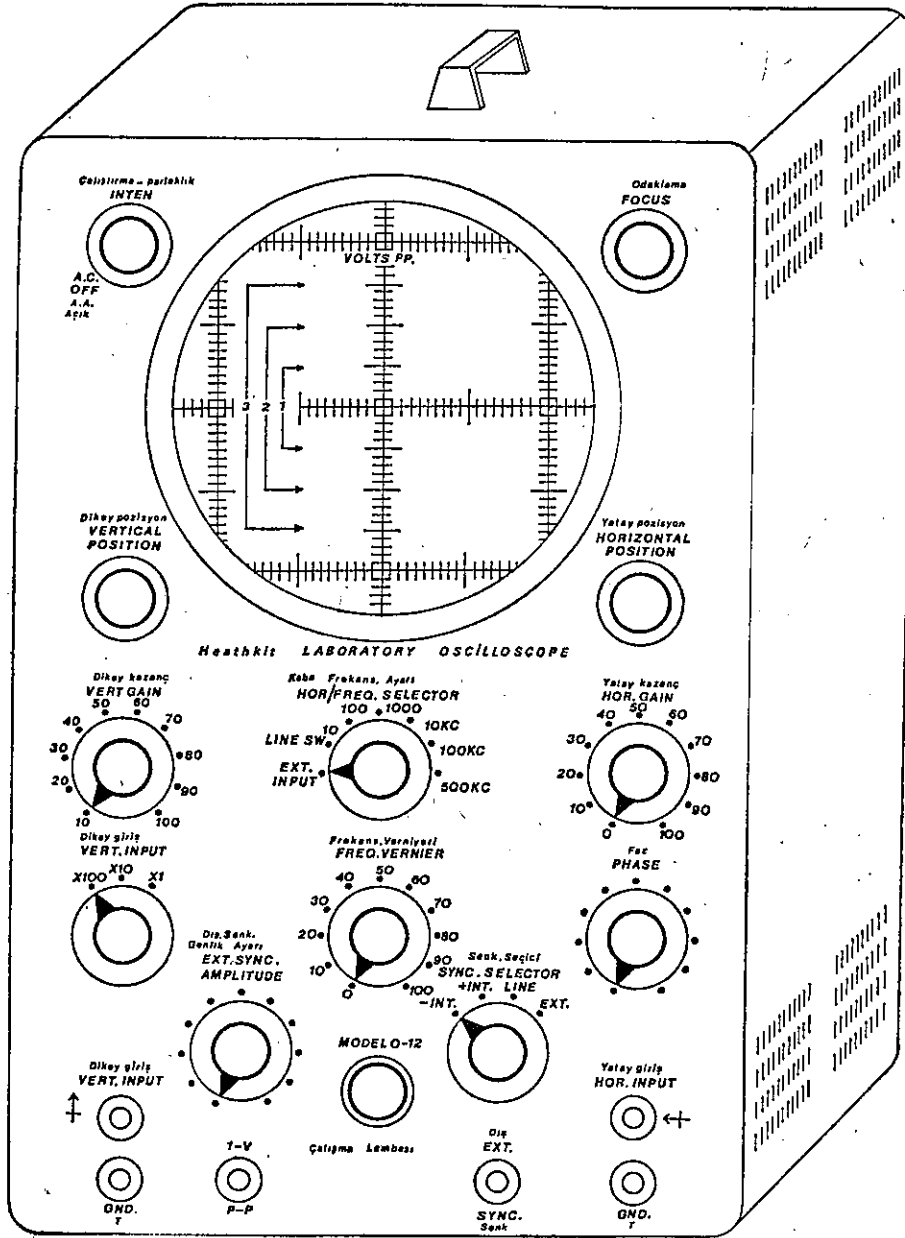
1 — V : Bir voltluk test sinyal kaynağı bağlantı vidası.

EXT : Harici senkronlaştırma bağlantı vidası.

e) Osiloskopun çalıştırılması :

Buraya kadar osiloskopun üzerindeki düğmelerin ne gibi işlerde kullanıldığını gördük. Şimdi de bu osiloskopun nasıl çalıştırıldığını görelim (Şekil: 178).

1 — FOCUS, VERTICAL POSITION, HORIZONTAL POSITION düğmelerini orta pozisyonlarına; **HOR. GAIN** düğmesini 30 veya 40 gibi bir değere; **VERT GAIN, FREQ VERNIER, EXT-SYNC AMPLITUDE** düğmelerini en küçük durumlarına; **HOR/FREQ. SELECTOR** anahtarını 100-1000 arasındaki bir değere; **SYNC SELECTOR** anahtarını **INT** durumuna getiriniz.



Heathkit, Model : 0-12
OSILOSKOP
Şekil : 178

2 — Osiloskopun girişine 110 V. luk alternatif gerilim uygulandıktan sonra INTEN düğmesini saat yönünde döndürerek cihaza akım verip ve bu düğmeyi orta konumuna ayarlayınız. Takriben 30 ilâ 40 saniye sonra cihaz ısınır ve ekranda bir çizgi belirir. Belirmezse çizgiyi elde edinceye kadar bu düğmeyi çeviriniz.

3 — Çizginin her noktadaki kalınlığının aynı olmasını FOCUS düğmesi ile ayarlayınız.

4 — INTEN düğmesi ile çizginin ne parlak, ne de çok karanlık olmayacak şekilde ışık şiddeti ayarını yapınız. Bu ayarlardan sonra gerekirse FOCUS düğmesiyle tekrar odaklama yapılmalıdır.

Not: INTEN kontrolün her durumunda, FOCUS kontrolün en iyi bir durumu vardır. Her ayarlama bu durum aranmalıdır.

5 — Meydana gelen çizginin uçları görülmezse, HOR. GAIN düğmesi ile ekran içinde kalacak şekilde düzeltilir.

6 — Daha sonra VERTICAL POSITION ve HORIZONTAL POSITION potansiyometreleri ile çizginin aşağı yukarı veya sağa sola kaydırılmaları yapılarak görüntü, istenilen konuma getirilir.

7 — HOR/FREQ. SELECTOR; 10-100 arasındaki bir durumda iken FREQ VERNIER en küçük konumuna alınız.

8 — HOR. GAIN düğmesini önce en küçük durumuna, sonra ekranı kaplayacak şekilde saat ibresi yönünde döndürünüz.

İHTAR: Işıklı nokta 20-30 saniye ekran üzerinde kalırsa, ekranın o noktasının özelliğini bozabileceği daima hatırdta tutulmalıdır. Mecbur kalırsa INTEN düğmesi ile ışık şiddeti azaltılmalıdır (buna bağlı olarak FOCUS ayarı unutulmamalı).

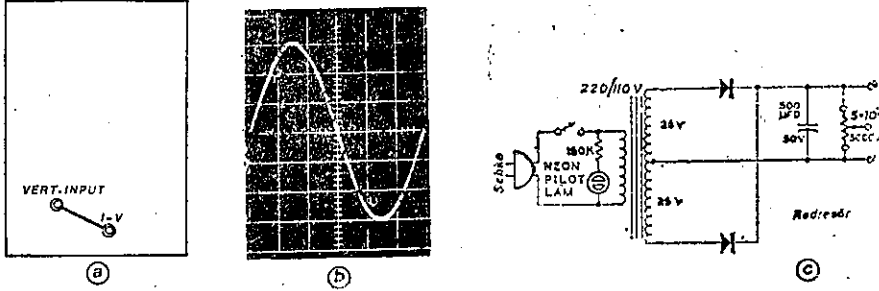
d) Osiloskopta görüntünün elde edilmesi

Yukarıdaki şekilde çahştırılan osiloskopta 1-V luk bağlama vidası ile VERT. INPUT vidası (Şekil: 179 a) da olduğu gibi kısa bir telle birleştirilir (Bu bağlantı ile şebeke geriliminin değişimi incelenir).

VERT GAIN ve HOR. GAIN düğmeleri ile görüntü istenilen boyutlara ayarlanır (çünkü, başlangıçta; ekranda geliş güzel ve hızla değişen bir şekil elde edilmiştir). HOR/FREQ. SELECTOR 10-100 arasında (elektronik cihazlarda, cihaz besleme frekansına göre bu bant ayarlanır) iken SYNC AMPLITUDE düğmesi en küçük değerine ve SYNC SELEC-

TOR anahtarı LINE üzerine getirildiğinde, FREQ VERNIER de tam şebeke frekansına ayarlanır. Elde edilen dalganın yürüme hızı, gerekirse; FREQ VERNIER ayarı ile azaltılıp şekil, ekranda sabit kalıncaya kadar SYNC AMPLITUDE kontrolü da yapılırsa durdurulmuş (kilitlenmiş) tam bir şebeke geriliminin eğrisi elde edilir (Şekil: 179 b).

Eğri elde edildikten sonra değişik düğmelerin fonksiyonlarını görmek için yaptığımız incelemelerle aleti daha iyi tanımış olacaksınız.



Şekil : 179

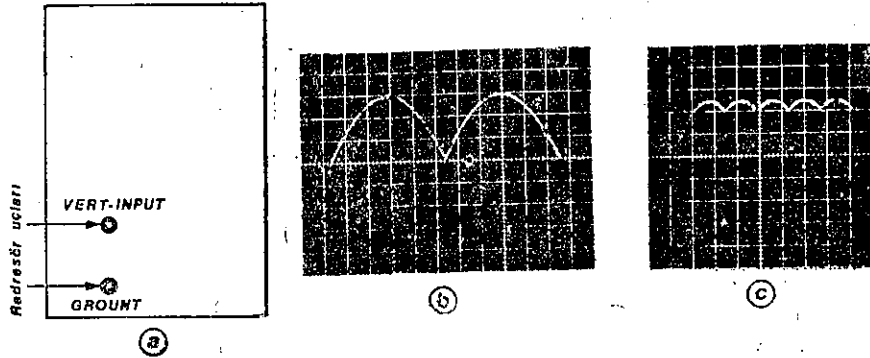
Osiloskopa şebeke geriliminin şeklini elde etmek için bağlantı

şebeke gerilim eğrisi

Redresör devresi

Osiloskopta çeşitli dalga şekillerinin incelenmesi :

Osiloskoplarda da çeşitli dalga şekillerini incelemek için en iyi yol, doğru gerilim elde etmeye yarayan yukarıdaki gibi bir devrenin (Şekil: 179 c), çeşitli noktalar arasındaki gerilimlerin şeklini incelemektir.



Şekil : 180

Osiloskopta çeşitli dalga şekillerini incelemek için bağlantı

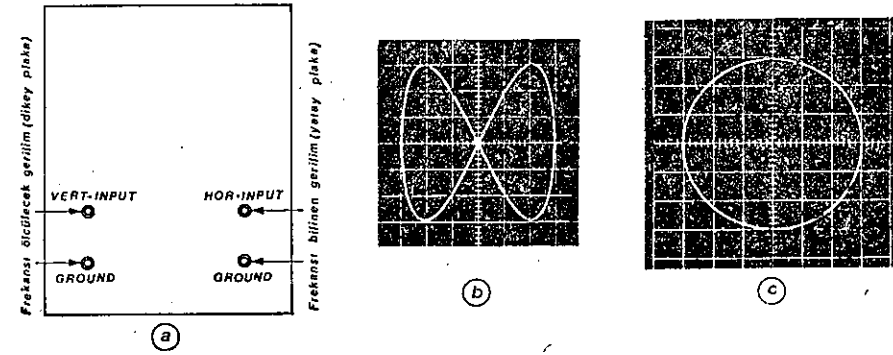
Süzgeç devresi yokken redresör çıkışının osiloskop ekranındaki görüntüsü

Süzgeç devresi bağlı iken redresör çıkışının osiloskop ekranındaki görüntüsü

İncelemeyi yapabilmek için her bağlantıya ait gerilimi bir potansiyometre ile bölüp, 5 - 10 V. kadarını cihazın VERT INPUT ile GROUND uçları arasına bağlayıp (Şekil: 180 a) gerekli ayarlamalar yapılırsa; ekranda, nabazanlı doğru gerilim, az veya çok doğrultulmuş doğru gerilim ve alternatif geriliminin şekillerini görmek mümkün olur (Şekil: 180 b, c).

e) Osiloskop ile frekansın ölçülmesi (Lissajous şekilleri ile):

(Şekil: 178) deki osiloskopta; bilinmeyen frekansların, bilinen frekanslarla karşılaştırılması yoluyla frekans ölçülmesine yarayan bağlantı şekli (Şekil: 181 a) da görülmektedir. Genellikle; dikey levhalara frekansı bilinmeyen gerilimin potansiyometre ile bölünmüş 5 - 10 V. kadarlık değeri, yatay levhalara da frekansı bilinen gerilimin küçültülmüş değeri uygulanırsa osiloskopun ekranında aşağıdaki gibi bir görüntü elde edilir (Şekil: 181 b)..



Şekil : 181

Osiloskopta frekans ölçülmesi.

Elde edilen bu görüntü ile bilinmeyen frekansın değeri:

$$\frac{\text{Dikey levhalara uygulanan frekans}}{\text{Yatay levhalara uygulanan frekans}} = \frac{\text{Yatay doğrultuya teğet tepe sayısı}}{\text{Dikey doğrultuya teğet tepe sayısı}} \quad (45)$$

Formülü ile hesaplanabilir.

Örneğin : Osiloskop ekranında gördüğümüz yukarıdaki şekle göre (Şekil: 181 b), aletin yatay levhalarına uygulanan gerilim 50 c/s ise, dikey levhalara uygulanan gerilimin frekansı, formül (45) ile hesaplandığında;

$$fd/fy = Ty/Td, \quad fd/50 = 2/1 \quad \text{buradan} \quad fd = 100 \text{ c/s.} \quad \text{bulunur.}$$

F. 15

İki gerilimin frekansı birbirine eşit ise ekranda, tam bir daire elde olunur (Şekil: 181 c).

Bu osiloskopa; frekansı bilinmeyen gerilimin frekansını, aşağı yukarı iki sınır arasında tahmini olarak doğrudan doğruya da ölçebiliriz.

Örneğin: Veston köprüsü ommetresine ait bir bizerin frekansını ölçelim.

Bizerin uçlarını; VERT. INPUT ile GROUND uçlarına bağladıktan sonra osiloskopu ve bizeri çalıştırılm. Şimdi sıra ile

- VERT. INPUT düğmesini : x 10 üzerine
- HOR/FREQ. SELECTOR düğmesini : 1000 üzerine
- SYNC SELECTOR döner anahtarını da + INT üzerine
- FREQ VERNIER anahtarını da 90 üzerine doğru getirdiğimizde,

Osiloskopun ekranı üzerinde elde edilen eğrinin şekli sabitleşir (sabitleştiririz).

Eğriyi sabitleştirdikten sonra, HOR/FREQ. SELECTOR ile FREQ VERNIER düğmelerinin pozisyonuna göre ölçülen bizerin frekansı: 900 c/s civarında olduğu anlaşılır.

Not: Bu frekansın değeri: bizerin frekans ayar düğmesinin muayyen bir ayar durumuna göre. Bu ayar düğmesinin yeri değiştirilirse, bizerin; ölçülen frekansı da değişir.

f) Osiloskop ile faz farkının ölçülmesi (Lissajous şekilleri ile):

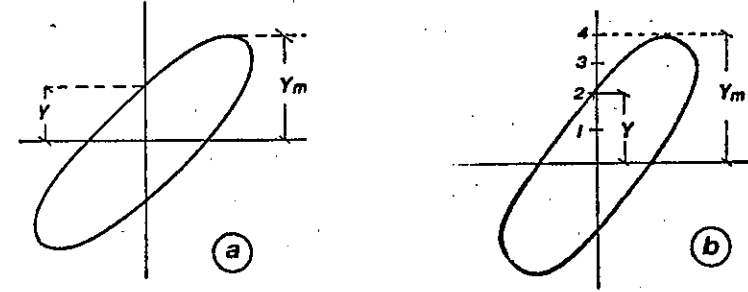
Önceki konularda ve aralarında değişik faz farkı bulunan sinyaller, levhalara uygulandığında, osiloskopta elde edilen şekillerden bahsetmiştik. Eğer frekanslar arasında fark varsa duran bir şekil elde edilemeyeceğinden faz farkının osiloskoplarla ölçülmesi mümkün olmaz. Fakat aynı frekanslı ve aynı genlikli iki dalga arasında faz farkının ölçülmesi mümkündür.

Genlikleri ve frekansları aynı olan iki dalga bir osiloskopun dikey ve yatay levhalarına uygulanacak olursa; ekranda eğrisel bir şekil elde edilir (Şekil: 182 a). Bulunan şekillerden, iki gerilim arasındaki faz farkını bulmak hatta görmek bile mümkündür. Hemen hemen bütün faz

farklarında bu şekiller elips olduğu halde, çizgi veya tam daire olarak da meydana gelebilir. Elde edilen bu şekillerden faz açısının değeri:

$$\sin \phi = \frac{\text{Elipsin Y eksenini kestiği noktanın ordinatı (Y)}}{\text{Elipsin maksimum noktasının ordinatı (Ym)}} \quad (46)$$

formülü ile hesaplanır. Bu formülde ϕ yatay ve dikey levhalara uygulanan gerilimler arasındaki faz farkıdır.



Şekil : 182

İki sinyal arasındaki faz bağıntısını tespit etmekte kullanılan lissajous eğrileri.

İHTAR: 1 — Osiloskoplarla faz farkı ölçülürken dikkat edilecek bir husus da; cihazın bu iş için, kullanılıp kullanılmıyacağı araştırılmasıdır. Kontrol için, 1 V. luk test sinyali hem yatay hem de dikey kanallara bağlanır. Ekrandaki şekil, yukarıda sağ üst köşede, aşağıda: sol alt köşede ve yatayla 45° lik bir açı yapıyorsa uygulanan gerilimin aynı, faz farklarının da sıfır olduğu anlaşılır ve cihaz faz farkı tayininde rahatlıkla kullanılabilir. Şayet değişik bir şekil elde edilirse, bu iki levha çifti arasındaki açığı da hesapta göz önüne almak icap eder.

2 — Faz farkı ölçmede diğer önemli bir husus; yatay ve dikey levhalara uygulanan gerilimlerin, ekranda aynı sapmayı yaptırılmaları gerekir. Bunun içinde dikey ve yatay levhalara ayrı ayrı, aynı sinyal gerilimi uygulanıp kazancın hem dikey, hem de yatay eksenlerde aynı uzunlukta olmaları sağlandıktan sonra ölçmelere geçilir.

Problem: (Şekil: 182 b) de elde edilen görüntünün, faz farkını hesaplayınız.

Cevap : $\sin \phi = Y/Ym = 2/4 = 0,5$ den $\phi = 30^\circ$ bulunur.

KONUNUN ÖZETİ :

1 — Her nevi akım ve gerilimlerin ve bilhassa zamana göre değişenlerin şekillerini tetkik ve kaydetmeğe yarayan aletlere osiloskop ve ossilograf denir.

2 — Osiloskop; zamana göre değişen şekillerin an değerlerini ölçme sırasında gösterir. Cihazla yapılan ölçme bitince, gözle görülen bu şekiller ekrandan silinir. Ossilograf ise, bu değişen şekilleri bir kâğıt üzerine kaydeder.

3 — Osiloskopla yapılabilecek ölçmelerden bir kısmı şunlardır : Doğru ve alternatif akımların incelenmesinde, Histeresis, B ve H eğrilerinin çıkarılmasında, elektronikte kullanılan bütün transistör ve lamba karakteristiklerinin çıkarılmasında, ses, sıcaklık, basınç, gerilme, ivme, hız gibi fiziksel hareketleri ölçmekte, Lissajous eğrileri yardımı ile frekans ve faz farkı ölçmekte, radyasyon (yayın) ölçmekte vb. İşte, elektriksel olayların ve elektrik akımına çevrilebilen bütün fiziksel hareketlerin incelenmesinde kullanılan bu cihazlar diğer ölçü aletlerinden farkı bir üstünlüğe sahiptirler.

SORULAR :

- 1) Ossilograf ve osiloskop ne işe yarar?
- 2) Yumuşak demirli ossilografın çalışmasını izah ediniz?
- 3) Büklümlü ossilograf nasıl çalışır?
- 4) Katot ışınlı lamba hakkında ne biliyorsunuz?
- 5) Bildiğiniz osiloskopun blok diyagramını çiziniz?
- 6) Osiloskoplarla neler ölçebilirsiniz?

BÖLÜM**7****Elektrik Devrelerinde
İş ve Güç Ölçmek****KONUNUN PLANI :****A — Güç ölçmek:****I — Doğru akım devrelerinde güç ölçmek.**

- 1) Ampermetre - voltmetre metodu ile güç ölçmek.
- 2) Vatmetre ile güç ölçmek.

II — Bir fazlı alternatif akım devrelerinde güç ölçmek.**III — Varmetreler (Reaktifmetreler).****A — Güç ölçmek :**

Elektrik enerjisi bir iş yaptığı sürece, bir güce sahiptir. Bu güç akım çeşidine göre iki ayrı şekilde ölçülür.

I — Doğru akım devrelerinde güç ölçmek.**II — Alternatif akım devrelerinde güç ölçmek.****I — DOĞRU AKIM DEVRELERİNDE GÜÇ ÖLÇMEK :**

Doğru akım devrelerindeki elektrik gücü de, iki şekilde ölçülmektedir.

- 1) Ampermetre - Voltmetre metodu ile güç ölçmek,
- 2) Vatmetre ile güç ölçmek.

1) Ampermetre - Voltmetre metodu ile güç ölçmek :

Elektroteknik dersinde de gördüğümüz gibi doğru akım devrelerinin gücü, $P = U \cdot I$ formülü ile hesaplanır. Bu formüle göre, bir devreye

bağlanmış ampermetre ile voltmetreden okunan amper ve volt değerlerinin çarpımı, vat cinsinden⁽¹⁾ o devrenin gücünü verir.

Böyle devrelerin gücünü, doğru olarak ölçebilmek için, aletler devreye iki şekilde bağlanır.

1° — Ampermetre önde bağlama :

Yani; ampermetre önce, voltmetre sonra bağlandığına göre gücün ölçülmesi. Bunun için de, ölçü aletleri (Şekil: 183 a) daki gibi devreye bağlanırlar ve aletlerde okunan değerlerin çarpımı bize, devrenin gücünü verir.

$$P = U \cdot I \quad \text{vat} \quad \dots \dots \dots (a)$$

Yalnız burada hesaplanan güç, ölçülen lamba devresinin gücü olmayıp; devrede kaybolan güçlerin toplamını da içine almaktadır. Çünkü, ampermetre; hem alıcının çekmiş olduğu akımı ve hem de voltmetreden geçen akımı göstereceğinden bulunan güç, alıcının gücünden biraz fazla olur.

$$\text{Şöyleki: } I = I_v + I_t \quad \dots \dots \dots (b)$$

(b) yi, (a) da yerine koyalım.

$$P = U \cdot I = U (I_v + I_t)$$

$$P = U \cdot I_v + U \cdot I_t \quad \text{bulunur.} \quad \dots \dots \dots (c)$$

(c) de hesaplanan güç: Voltmetre gücü (sarfiyatı) ile lamba devresi gücünün toplamına eşittir. Halbuki ölçmek istediğimiz güç, lamba devresinin gücü olduğuna göre (a) da hesaplanan güçten, voltmetrede kayıp olan gücü çıkarmamız icap eder. Yani:

$$U \cdot I_t = P - U \cdot I_v \quad \dots \dots \dots (d)$$

Büyük güç ölçmelerinde; voltmetrenin gücü, ölçülen gücün yanında çok küçük kaldığından ihmal edilebilir (yani: $U \cdot I_v = 0$ kabul edilir). O zaman; aletlerde okunan değerlerin çarpımı, lamba devresinin gücü olarak kabul edilir ($P = U \cdot I$).

⁽¹⁾ Vat (Watt), elektrik güç birimidir.

Watt, James (1736-1819) çift etkili buhar makinesinin ilk projesini yapan İskoçyalı makineci.

Fakat, devrenin gücü çok küçük ise ve hassas bir ölçme isteniyorsa o zaman voltmetredeki güç kaybının hesaplanması gerekir.

$$\text{Voltmetreden geçen akım, } I_v = U/R_v \quad \text{dir.} \quad \dots \dots \dots (e)$$

(e) değerini, (d) de yerine koyalım.

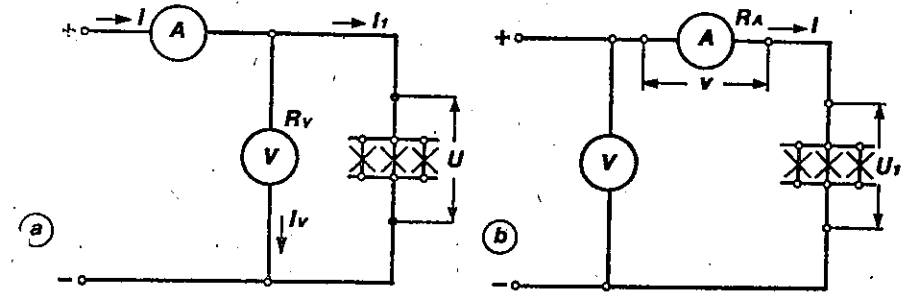
$$U \cdot I_t = P - U \cdot \frac{U}{R_v} \quad \text{olur. Buradan,}$$

$$\underline{U \cdot I_t = P - \frac{U^2}{R_v}} \quad \text{Vat bulunur.} \quad \dots \dots \dots (47)$$

Bu ölçmede, meydana gelen hatanın mümkün olduğu kadar küçük olabilmesi için; I akımının büyük, U geriliminin küçük ve voltmetre direncinin yüksek olması gerektir.

Voltmetrede kaybolan enerji; U^2/R_v değerinde olup bu değer ise daima, sabit kalır. Çünkü, voltmetrenin iç direnci R_v sabittir. Ölçme esnasında U gerilimi de sabit kalacak olursa; sabit bir sayının, sabit bir sayıya oranı da bize, sabit bir değer verecektir. Bu duruma göre voltmetredeki güç kaybını hesaplamak ve esas güçten çıkarmak gayet basittir. Çünkü, U gerilimini voltmetre göstermektedir, R_v direnci ise, aletin üzerinde yazılıdır. Yazılmamış ise bir ommetre yardımıyla kolayca ölçülebilir. Tatbikatta daha çok bu montaj kullanılır.

Özet olarak; gerilim sabit kaldığı sürece bütün değişik ölçmelerde voltmetrelerdeki güç kaybı her an sabit kalacağından devrenin gücünü de hassas olarak tayin edebiliriz. Bu şekildeki bağlantılar daha çok, yük-



Şekil : 183

Ampermetre önde bağlı

Ampermetre sonra bağlı

Ampermetre ve voltmetre metodu ile güç ölçmek

sek akım ve küçük gerilimli alıcı güçlerin ölçülmesinde tertiplenirler. Şayet bu ölçmede devreye bağlanan voltmetre, statik bir voltmetre ise zayıfı ayrıca hesaplamağa lüzum yoktur. Çünkü bu tip aletler, çalışması esnasında devreden akım çekmeyeceklerinden aletin sarfiyatı da söz konusu değildir.

2° — Ampermetre sonra bağlama :

Yani, voltmetre önde, ampermetre sonra bağlı olduğuna göre devre gücünün ölçülmesi için (Şekil: 183 b) de görüldüğü gibi ölçü aletleri devreye bağlanırlar. Aletlerin gösterdikleri değerlerin çarpımı devrenin gücünü verir.

$$P = U \cdot I \quad \dots \dots \dots (a)$$

Bu montajda ise, voltmetrenin gösterdiği değer (U), lamba devresinin gerilimi ile ampermetrede düşen, gerilimlerin toplamına eşittir. Yani:

$$U = v + U_1 \quad \dots \dots \dots (b)$$

(b) yi (a) da yerine koyalım,

$$P = (v + U_1) \cdot I$$

$$P = I \cdot v + I \cdot U_1 \quad \text{bulunur.} \dots \dots \dots (c)$$

(c) ifadesinde görüldüğü gibi hesaplanan güç, hakiki güçten biraz fazladır. Halbuki ölçmek istediğimiz lamba devresinin gücü olduğuna göre, toplam güçten, ampermetredeki güç kaybını çıkarmamız gerekir.

$$U_1 \cdot I = P - v \cdot I \quad \dots \dots \dots (d)$$

Büyük güç ölçmelerinde, ampermetre devresinin gücü dikkate alınmaz. Çünkü; ampermetre direnci küçük olduğundan, ampermetrede düşen gerilim, ihmal edilebilir. Dolayısıyla ($v \cdot I = 0$) kabul edilir. O zaman, ampermetre ve voltmetrenin gösterdiği değerlerin çarpımı lamba devresinin gücünü vermiş olur ($P = U \cdot I$).

Küçük güç ölçmelerinde ise gerçek gücü bulmak için, ampermetre kaybı (gücü) dikkate alınır.

$$\text{Ampermetrede düşen gerilim : } v = I \cdot R_A \quad \dots \dots \dots (e)$$

(e) yi, (d) de yerine koyalım.

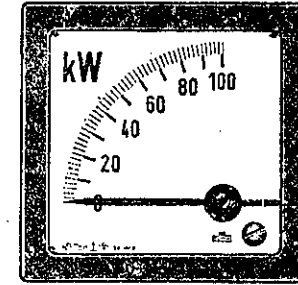
$$U_1 \cdot I = P - I^2 \cdot R_A \quad \dots \dots \dots \text{vat. bulunur.} \dots \dots (48)$$

Bu ölçmede meydana gelen hatanın mümkün olduğunca küçük olması için, devre gerilimi yüksek ve çektiği akım küçük olmalıdır. Ayrıca ampermetre direncinin de çok küçük olması gerekir.

Burada $I^2 \cdot R_A$ ampermetrede, ısı halinde kaybolan elektrik gücüdür. I akım şiddetini ampermetre gösterdiğine göre ölçme yapıldığı sürece alet üzerinde okumak mümkündür. Ampermetrenin R_A iç direnci ya alet üzerinde yazılıdır, yazılmamış ise bir ommetre yardımıyla ölçülebilir. Bu güç kaybı, akımın karesine göre değişmektedir. Alıcının çektiği akım hangi oranda değişik ise, ampermetre kaybı da o oranda değişmektedir. Yani, sabit bir değer değildir. Bu montaj; daha çok yüksek gerilimli, küçük akımlı alıcı güçlerinin ölçülmesinde kullanılır.

2) Vatmetre ile güç ölçmek

Aletin tanımı : Doğrudan doğruya güç ölçen aletlere VATMETRE denir. Bu aletler gücü; vat, kilovat ve megavat cinsinden ölçüp gösterebilecek şekilde imal edilmiş olduklarından ayrıca, bir hesaba lüzum yoktur. Vatmetreleri, diğer ölçü aletlerinden ayırt etmek için, kadransları üzerinde W, kW, MW, harfleri yazılıdır. (2)



VATMETRE

Elektrik gücünü (P)
Vat olarak (W)
Kilovat olarak (kW)
Megavat olarak (MW)

— gösterir —

(2) 1kW = 10³ W. 1MW = 10⁶ W. 1GW = 10⁹ W. 1mW = 10⁻³ W. 1μW = 10⁻⁶ W.

Doğru akım devrelerindeki elektrik gücü: $P = U \cdot I$ wattır. Bu formüle göre, bu aletlerden, vat olarak elektrik gücünü okuyabilmemiz için, aynı anda akım ve gerilimin ölçülmesi icap ettiğinden alet, iki bobinden meydana gelmiştir. Bunlardan biri akım, diğeri gerilim bobinidir. Gerilim bobininin uçları, voltmetre de olduğu gibi devreye paralel, akım bobininin uçları da ampermetreler gibi seri bağlanır.

Ölçme tekniğinde, elektrik güçlerinin ölçülmesinde kullanılan vatmetreler genel olarak üç tiptir.

- İndüksiyon vatmetreleri.
- Elektrostatik vatmetreler.
- Elektrodinamik vatmetreler.

Bu ölçü aletlerinin yapısı ve çalışmalarına ait gerekli bilgiler, bundan önceki konularda yeterince verilmiştir. Yalnız, bunlardan ilk ikisinin, bazı sakıncalarından dolayı⁽³⁾ kullanma yerleri daralmıştır. Tatbikatta en çok kullanılan, elektrodinamik vatmetreler olduğu için biz de burada, bu aletin yapısı, çalışması ve kullanılması hakkında bilgi vereceğiz.

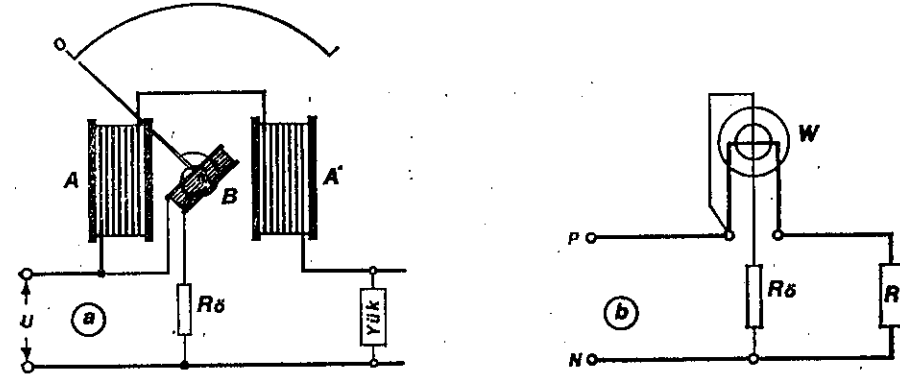
c) Elektrodinamik vatmetre :

Yapısı : Bu aletin yapısı, önceden gördüğümüz elektrodinamik ölçü aletlerinin aynıdır. Aradaki fark; sabit ve hareketli bobinler, birbirleriyle seri bağlanmayıp herbiri ayrı bir bağlantıya sahiptir. (Şekil: 184 a) da da görüldüğü gibi AA' sabit bobinleri, birbirine ve devreye seri bağlanıp akım bobini, bu bobinlerin içinde dönen ve devreye paralel bağlanan B bobini ise, gerilim bobini vazifesini görür. Ampermetre vazifesini gören akım bobini içinden yük akımı geçeceğinden, kalın iletkenlerden az sarımlı, voltmetre vazifesini gören gerilim bobini ise, ince iletkenlerden çok sarımlı olarak yapılır ve direnci de çok büyüktür. Direncinin daha büyük olması için, bu bobine ayrıca seri olarak bir R_0 ön direnci daha bağlanır. Böylece, hem vatmetrenin sarfiyatı azaltılır, hem de bobinden çok küçük akım geçireceğinden döner bobinin, ince ve hafif olmasını sağlar. Elektrodinamik vatmetrelerde genellikle havalı amortisman sistemi kullanılır. Ayrıca fukolt frenli olan tipleri de vardır.

(3) İndüksiyon vatmetresi: 1°) Isı ve frekans değişmelerinde, hatalı ölçmeler yapar. 2°) Güç kayıpları fazladır. 3°) Yalnız alternatif akım devrelerinde kullanılırlar.

Elektrostatik vatmetre ise; küçük güçlü, yüksek gerilimli ve düşük güç kat sayılı devrelerde kullanılmaları gibi...

Aletin çalışması: Bu tip vatmetrenin çalışma prensibi, elektrodinamik ampermetre ve voltmetrenin aynıdır. Yani, alet devreye bağlandığı zaman akım ve gerilim bobinlerinin, elektromanyetik kuvvetlerinin tesirinden dolayı alet içerisinde bir döndürme kuvveti meydana gelir. Hareketli bobin ve buna bağlı gösterge de, bu iki alanın etkisi altında kalarak döner. Her iki bobinin alan şiddeti artırılırsa döndürme kuvveti de artar. Yani, göstergenin sapma değeri, hem akım hem de gerilimle orantılıdır. Gerilim bobininin uçları, doğrudan doğruya şebekeye bağlandığından bu bobinin meydana getirdiği manyetik alan şiddeti sabittir. Akım bobininin meydana getirdiği manyetik alan şiddeti ise, alıcının çekmiş olduğu akıma bağlıdır. O halde, göstergenin sapma değeri devrenin gücüne göre değişir. Eğer vatmetrenin gerilim uçları devreye bağlı, akım uçları bağlı değilse, göstergede bir hareket görülmez. Zira, akım bobininde manyetik alan meydana gelmediğinden, döner bobini hareket ettiren alan da, yoktur.



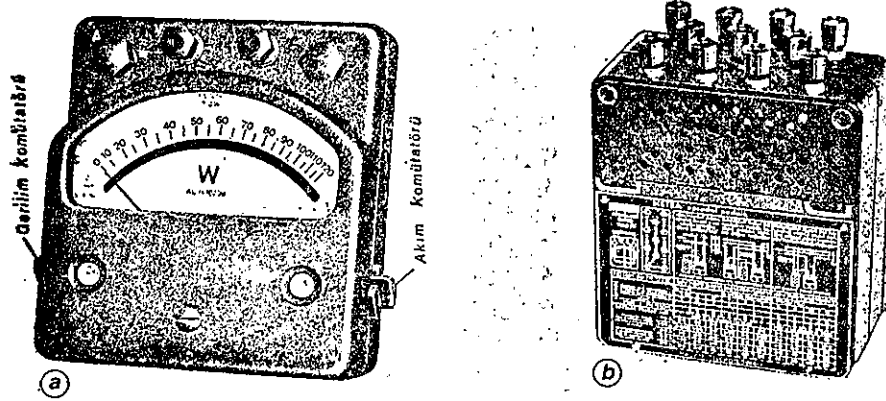
Şekil : 184

Elektrodinamik vatmetre.

Elektrodinamik vatmetreler, hem doğru hem de alternatif akımda çalışırlar. Çünkü, her iki bobindeki akım yönü aynı zamanda değiştirilirse, kutupları da beraber değişir. Dolayısıyla döndürme momentinin yönü sabit kaldığından, göstergenin sapma yönünde bir değişiklik olmaz. Aletin dönme momenti, güçle orantılı olarak değiştiğinden vatmetrenin kadranı da lineer (düzgün) olarak, gücü gösterecek şekilde bölümlendirilmiştir. Aletin hassasiyetini ve doğruluk derecesini artırmak için hareketli kısımlar küçük yapılar, sabit ve hareketli bobinler arasındaki mesafe de dar tutulur. Yalnız, bu iki bobinin birbirine olan yakınlığından dolayı

meydana gelebilecek elektrikli arızaları önlemek için, her iki bobinin aynı potansiyelde bulunmasına dikkat edilir. Bunun için de, gerilim bobini bir ön direnç ile birlikte, akım bobininden evvel devreye bağlanır (Şekil: 184 b). Vatmetreler, ampermetre ve voltmetreler de olduğu gibi ölçebileceği, belirli akım ve gerilim kademelerine göre imal edilirler ve bu değerler ise aletin üzerinde yazılıdır. Aletten, bu normal değerinden daha büyük akım geçirilirse veya nominal geriliminin üzerinde, gerilim uygulanacak olursa alet tehlikeye düşer. Bu bakımdan: Farklı değerler de aynı aletle, ölçmeler yapabilmek için aletin akım ve gerilim bobinlerine, ampermetre ve voltmetrelerde olduğu gibi ölçü kademeleri bağlanır. Böylece, aletin ölçme alanı genişletilmiş olur. Çalışma prensipleri hep aynı olmakla beraber, her imalatçı kendi bünyesine uygun tipte ölçü aleti yaptığından vatmetrelerde haliyle değişik tiptedirler.

Örneğin: a) (Şekil: 185 a) da gösterilen vatmetre, Metra firmasına aittir. Bu vatmetrenin, dört adet bağlantı uçları ile birlikte akım ve gerilim kademelerini değiştiren komütatör anahtarları aletin üzerine çıkarılmıştır. Yanlardaki akım bobininin uçları, ortadakiler ise gerilim bobininin uçlarıdır.



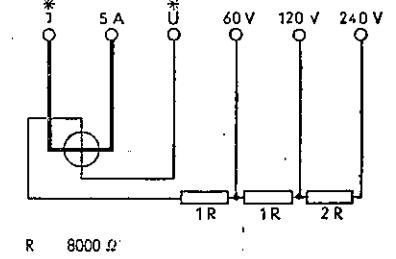
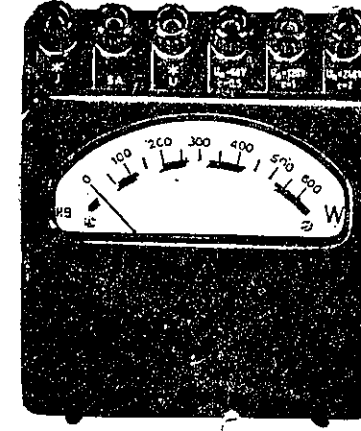
Şekil : 185

Akım ve gerilim kademeli vatmetre ve ön direnç kutusu.

Bu alet, 1-5-10 amper ve 60-120-240 voltluk gerilim kademelerinde ve kadranı 120 bölümlü olan elektrodinamik bir vatmetredir. Bu vatmetre ile aynı akım kademelerinde, 240 volttan daha yüksek gerilimli devrelerin güçleri ölçülmek istenirse, gerilim bobini için, hususî olarak yapılmış direnç kutuları kullanılır (Şekil: 185 b). Bu direnç kutularının

üzerinde ekseriya, birden altıya kadar veya birden onbire kadar numaralanmış dirençlerin kademe uçları mevcut olup, hangi voltta hangi uçlara ve nasıl bağlantı yapılacağı yine kutunun önüne yapıştırılmış etikette, şeması ile birlikte gösterilmiştir. Bu direnç kutuları, vatmetreyi imal eden firmaları tarafından birlikte verilir.

b) Bazı tip vatmetreler de ise, bağlanacağı muhtelif akım ve gerilim kademelerinin uçları dışarı çıkarılmıştır. (Şekil: 186) da Elma firmasına ait böyle bir vatmetre ile iç bağlantısının prensip şeması gösterilmiştir. Bu alette; 5 amperlik, 60-120-240 voltluk gerilim kademelerinde ve kadranı 600 bölümlü, 0,5 sınıflı elektrodinamik bir vatmetredir.

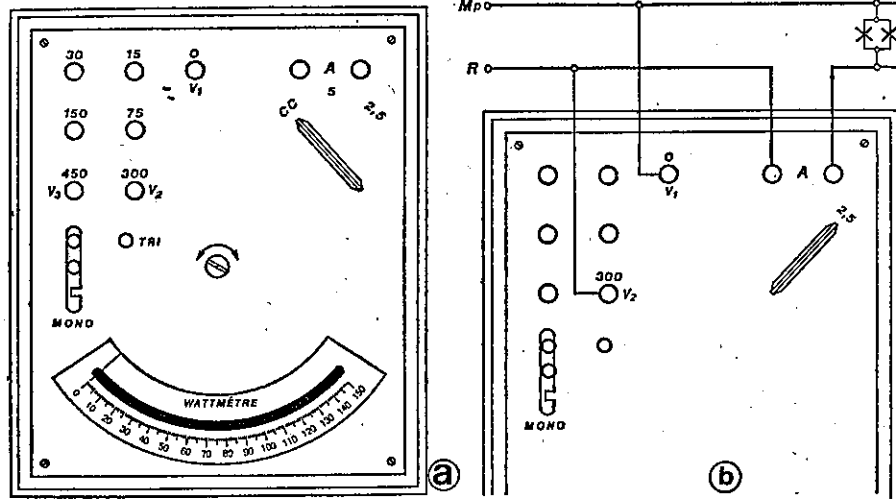


Şekil : 186

Bağlantı uçları dışarı çıkarılmış kademeli vatmetre ve iç şeması.

c) Çeşitli, akım ve gerilim kademelerine göre ölçmeler yapan ve yine bağlantı uçları dışarı çıkarılmış "Chauvin-Arnoux" vatmetresinin yüz şekli ile aletin devreye bağlantısı (Şekil: 187) de gösterilmiştir.

Bu vatmetrenin gerilim kademeleri; 15-30-75-150-300 ve 450 volt olup, bir adette gerilim devresi için, ortak sıfır (0) ucu vardır. Akım kademeleri ise, 2,5 ve 5 amperdir. Aletin üzerinde bir kadran taksimatı



Şekil : 187

Kademeli vatmetre ve devreye bağlantısı.

mevcut olduğundan muhtelif kademelerdeki ölçmeler ve okunan değerler de birbirlerinden farklıdır. Ölçme yapanların bu noktaya dikkat etmeleri gerekir. Onun için her kademedeki ölçmeye ait okunan değer, bir kat sayı ile çarpılır. Buna ait çizelge, vatmetrenin iç kapağında ayrıca verilmiştir (Çizelge - 10).

ÇİZELGE — 10

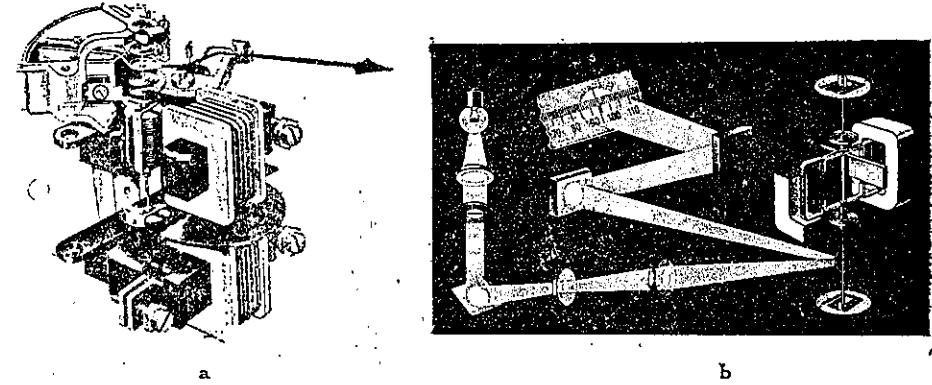
Gerilim uçları	Akım Kademesi	Çarpma Katsayısı	Akım Kademesi	Çarpma Katsayısı
15 V	2,5 A	0,25 w	5 A	0,5 w
30 V	2,5 A	0,5 w	5 A	1 w
75 V	2,5 A	1,25 w	5 A	2,5 w
150 V	2,5 A	2,5 w	5 A	5 w
300 V	2,5 A	5 w	5 A	10 w
450 V	2,5 A	7,5 w	5 A	15 w
600 V	2,5 A	10 w	5 A	20 w

(Şekil: 187 b) deki bağlantıya göre, lambaların gücü şu şekilde ölçülür. Şebeke gerilimi, vatmetrenin 0 ile 300 V. luk uçlarına bağlı iken CC ile gösterilen akım bobinine ait komütatör ise, 2,5 A. üzerine çevrilmiştir. Devrenin şalteri kapatıldığı zaman aletin göstergesi sapacaktır ve bu sapmada okunan değer 100 olsun. Sonra, aletin kapağındaki cet-

vele bakarız, 300 V. ve 2,5 A. akım kademesi sırasındaki çarpım kat sayısı 5 w değeri, kadranda okunan 100 ile çarpılarak (100×5), devrenin gücü 500 vat olarak bulunmuş olur.

Bu tip vatmetreler; hem doğru ve hem de alternatif akım devrelerinde kullanıldığından aletin üzerinde MONO ve TRI yazılı bir tertibat daha vardır. Bunun faydası; doğru akım devreleri ile bir fazlı alternatif akım devrelerinde güç ölçerken çengelli lama MONO üzerine, üç fazlı alternatif akım devrelerinde ise TRI üzerine getirilerek vidası sıkıştırılır.

Elektrodinamik vatmetrelerde, elektrodinamik ampermetre ve voltmetreler gibi demirli ve demirsiz olarak yapılırlar. Demirsiz elektrodinamik vatmetrelerin manyetik alanları zayıf olduğundan, dış alanlardan etkilendikleri gibi duyarlılıkları da azdır. Bu sakıncayı ortadan kaldırmak için alet, ya demirli olarak (Şekil: 52) veya (Şekil: 53) de görüldüğü gibi astatik olarak yapılırlar. (Şekil: 188 a) da hem demirli ve hem de astatik, (Şekil: 188 b) de de ışık markalı ve astatik olarak yapılmış Siemens firmasına ait iki vatmetrenin şekli gösterilmiştir.



Şekil : 188

Demirli, astatik vatmetre.

Işık markalı astatik vatmetre.

Ampermetre - voltmetre metodu ile güç ölçmelerde olduğu gibi vatmetreler de, devreye iki şekilde bağlanırlar.

a) Gerilim bobini önce, akım bobini sonra bağlı olduğuna göre devre gücünün ölçülmesi :

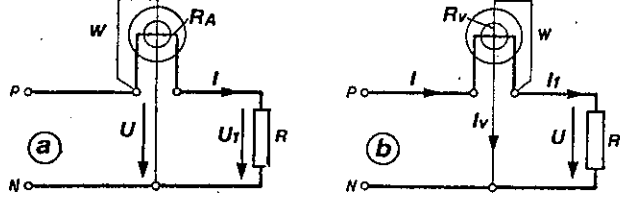
(Şekil: 189 a) daki bağlantıya göre, vatmetrede okunan güç; alıcının gücü ile akım bobinindeki güç kaybı toplamına eşittir. Yani,

$$P = U_1 \cdot I + I^2 \cdot R_A \quad \text{vat'tır.} \quad (49)$$

b) Akım bobini önce, gerilim bobini sonra bağlandığına göre devre gücünün ölçülmesi:

(Şekil: 189 b) deki bağlantıya göre de, vatmetrede okunan güç; alıcının gücü ile gerilim bobinindeki güç kaybı toplamına eşittir. Yani,

$$P = U \cdot I_1 + \frac{U^2}{R_v} \quad \text{vattır. (50)}$$



Şekil: 189

Akım bobini sonra bağlı, vatmetre. Akım bobini önce bağlı, vatmetre.

Yukarıdaki formüllerden de anlaşılacağı üzere, ampermetre-voltmetre metodu ile yapılan ölçmelerdeki hatalar, burada da aynıdır. Yalnız, bu ölçmelerde bir tek alet kullanıldığından okuma hatası yarıya düşer. Aynalı olan tiplerinde ise bu okuma hatası, ihmal edilecek kadar azdır.

Özet olarak: (Şekil: 189 a) daki bağlantı genellikle, yüksek gerilimli devreler, (Şekil: 189 b) deki bağlantı ise büyük akımlı devreler için kurulur.

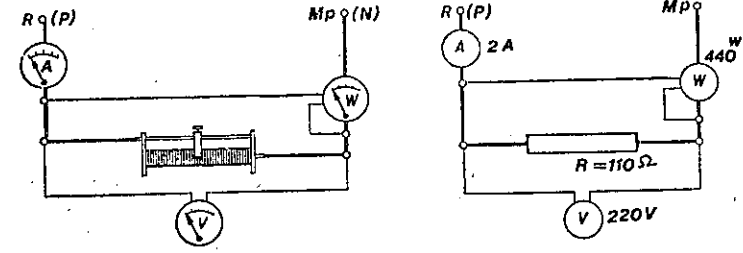
II — Bir fazlı, alternatif akım devrelerinde güç ölçmek:

Gücünü ölçeceğimiz alıcılar doğru akımla değilse, alternatif akımla çalışıyor ise veya alıcılara alternatif akım uygulamak icap ediyorsa, bu alıcıların güçleri yine aynı metotlarla ölçülebilir. Yalnız alternatif akımda, akım ile gerilim arasında bir faz açısı denilen farkın, bulunup bulunmaması söz konusudur. Şayet akımla, gerilim arasında bir faz farkı yoksa (aynı fazda ise), yani devre omik ise (elektrik lambaları, ütüler, hav-yaları vb.), böyle devrelerin vat cinsinden gücü; alternatif akım ampermetresinin gösterdiği etkin akım (I) ile, alternatif akım voltmetresinin gösterdiği etkin gerilimin (U) çarpımına eşittir.⁽⁴⁾ Yani, $P = U \cdot I$ vat. (Şekil: 190) da; böyle omik devrenin gücünü ölçmek için, açık ve kapalı olarak gösterilen bir montaj devresi kurulmuştur.

(4) Alternatif akımda etkin (effektif) akım (I), alternatif akımın (Im) maksimum değerinin 0,707 katına denir. Yani, $I = I_m \cdot 0,707$ amperdir.

Alternatif akım devrelerinde etkin (effektif) gerilim (U), maksimum gerilimin (Um) 0,707 katıdır. Yani, $U = U_m \cdot 0,707$ voltur.

Bu montajda; 5 A. lik bir ampermetre, 250 V. luk bir voltmetre, 250 V/5 A. lik bir vatmetre ile ayarlı omik bir direnç vardır. Ayarlı di-



Şekil: 190

Omik bir devrenin gücü, doğru ve alternatif akımda aynıdır.

renci 110 Ω üzerine getirdikten sonra, devreye ayrı ayrı ve aynı değerde, doğru ve alternatif gerilim uygulayalım.

Gözlem tablosu:

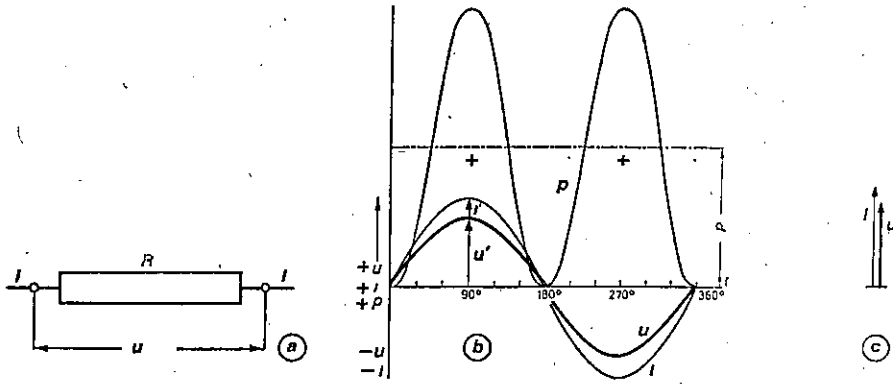
	Ölçülen değer			Hesaplanan değer		
	U volt	I amper	P vat	U · I vat	I amper	R om
(=)	220	2	440	440	2	110
~	220	2	440	440	2	110

Gözlem tablosunda da belirtildiği gibi omik bir devreye, aynı büyüklükte ister doğru akım gerilimi, ister alternatif akım gerilimi uygulansın devreden geçen akım şiddeti aynı⁽⁵⁾ olduğundan vatmetre her iki akımda da aynı gücü gösterir.

(Şekil: 191 a) daki devreye tatbik edilen gerilimle, devreden geçen akımın birbirlerine göre eğrileri çizilecek olursa, aralarında bir açı farkı olmadığından aynı noktadan başladıklarını görürüz. (Şekil: 191 b). Bu eğrilerin, vektörleri de (Şekil: 191 c) de gösterilmiştir.

(5) Alternatif akım; ortalama değere göre değil daha çok akımın ısı etkisine göre tarif edilir ve buna etkin değer denir. Bu ise; 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.

Aynı fazda olan akım ve gerilim eğrisine göre, güç eğrisi çizilecek olursa bir periyoddaki ortalama gücün, etkin akım ile etkin gerilim çarpımına eşit olduğu görülür.⁽⁶⁾ Çizilen bu güç eğrisi, devre gücünün daima pozitif olduğunu gösterir. Çünkü, yatay eksenin üzerinde bulunan ilk yarım periyoddaki gerilim ve akımlar pozitif olduğundan, bunların çarpımları pozitifdir yani, $(+U) \cdot (+I) = P$ dir. Eksenin altında bulunan, ikinci yarım periyoddaki gerilim ve akımların negatif değerlerinin çarpımları da pozitifdir yani, $(-U) \cdot (-I) = +P$ olup bu değer de zaman eksenine taşınırsa şekilde de görüldüğü gibi bir periyod esnasındaki güç, daima pozitifdir. O halde; omik devrelerin gücü, akımla gerilimin etkin değerlerinin çarpımına eşittir.



Şekil : 191

Omik devre

Omik devrenin akım, gerilim ve güç eğrisi

Akım ve gerilimin vektörle gösterilişi

Eğer alternatif akım, selfli (transformatör, elektrik motorları) veya kapasitif (kondansatörler vb.) bir devreye uygulanırsa o zaman, alternatif akımın aktif (ortalama) gücü; etkin gerilimle etkin akımın çarpımı değildir. Çünkü, böyle devrelerde gerilim ile akım arasında ϕ açısı kadar bir fark vardır. Bu farka, "güç faktörü" ($\cos \phi$) denir.⁽⁷⁾ Bu değer, alternatif akım devrelerinde; voltmetrenin gösterdiği etkin gerilim,

(6) $0,707 U_m \cdot 0,707 I_m = 0,5 P_m$ diğer bir ifade ile, $2P_m = U_m \cdot I_m$

(7) Sinüsoidal akım ile gerilim arasındaki faz farkı olmak üzere, $\cos \phi$ çarpanına, "güç çarpanı" veya "güç faktörü" denir.

Üç fazlı devrelerin de her fazına ait güç çarpanı olduğundan, bunların hepsinin verdiği güç; $P = 1,73 \cdot U \cdot I \cdot \cos \phi$ formülü ile hesaplanır (51 a)

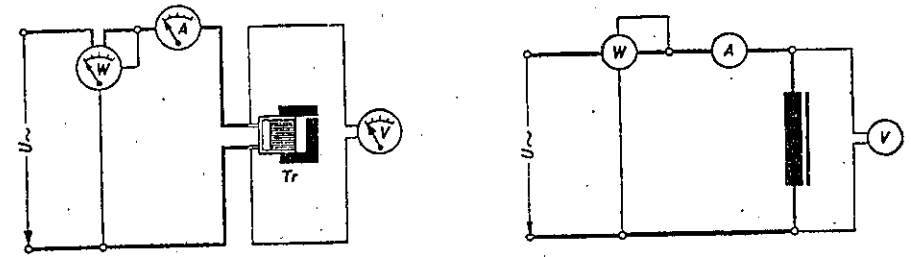
ampermetrenin gösterdiği etkin akım ile çarpılması halinde devre gücü bulunmuş olur. Yani,

$$P = U \cdot I \cdot \cos \phi \text{ vat (W)}. \dots \dots \dots (51)$$

Bu formül, bir fazlı alternatif akım devrelerinde gücün hesaplanmasına aittir. Vatmetrelerde zaten bu aktif gücü ölçerler.

Şimdi böyle bir devre kurarak (Şekil : 192) bir transformatörün gücünü ölçelim. Devreye 220 V. luk bir alternatif akım tatbik edildiğinde, voltmetre $U = 100$ V. u, ampermetre $I = 2$ A. i ve vatmetre de $P = 100$ vatu gösterecektir.

Demekki transformatörün, aktif gücü 100 vattır.



Şekil : 192

Selfli bir devrenin gücü, vatmetrenin gösterdiği değerdir.

Buraya kadar öğrendiğimiz bilgilere göre, acaba transformatörün gücü; vatmetrenin gösterdiği değer midir? yani, $P = 100$ vat mıdır? yoksa, ampermetre ve voltmetre de okunan değerlerin çarpımı mıdır? Yani $P_g = U \cdot I = 100 \cdot 2 = 200$ VA (volt - amper) midir? Şeklinde bir soru akla gelebilir. Buna ait cevap, aşağıda kısaca verilmiştir.

Önce böyle bir devrenin güç katsayısını, formül (51) den bulalım.

$\cos \phi = P/P_g = 100/200 = 0,5$ dir. Bu sayının açısı, açı cetvelinden $\phi = 60^\circ$ dir. O halde; bu devrenin akımı ile gerilimi arasında 60° lik bir fark vardır. Bu değere göre çizilen akım, gerilim ve güç eğrisi (Şekil: 193) de gösterilmiştir.

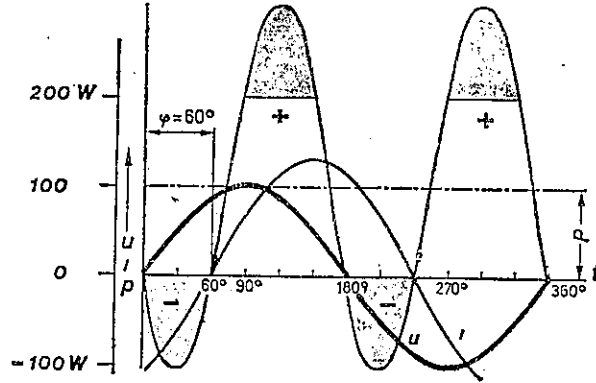
Bu eğrilerden de anlaşılacağı gibi akım ve gerilimlerin çarpımı, kısmen negatif ve kısmen de pozitif değerlidir. Çünkü, başlangıçta akım negatif değerli iken gerilim pozitif değerli olduğundan çarpımları negatif ve

bu iki değer aynı yönlü ise pozitifdir. t eksenini kesen U veya I den biri sıfır olduğundan güçte bu noktalarda sıfırdır. O halde; bir periyot esnasındaki güç, t ekseninin üstündeki pozitif alanlar ile t ekseninin altında bulunan negatif alanların farkı kadar olup ortalamasına eşittir.

Buradan da anlaşılacağı gibi vatmetrenin gösterdiği değer, devrenin gücü olarak alınır.

Formül (51) ile hesaplanırsa, 60° nin $\text{Cos } \varphi = 0,5$ olduğundan,

$P = U \cdot I \cdot \text{Cos } \varphi = 100 \cdot 2,0 \cdot 0,5$ vat olarak, yine aynı değer bulunur.



Şekil : 193

60° faz farklı selfli bir devrenin akım, gerilim ve güç eğrileri.

Akımla gerilim arasındaki faz farkı⁽⁸⁾ fazmetre⁽⁹⁾ denilen ölçü aleti ile ölçülür. Alternatif akım devrelerinde, akım ile gerilim arasındaki faz farkı ölçülmeden gücün ölçülmesi, ancak vatmetrelerle mümkündür. Yani bu alet; ampermetre, voltmetre ve fazmetreye karşılıktır. Bir fazlı alternatif akım devrelerinde gücün ölçülmesi için vatmetre, aynen doğru akım devrelerinde olduğu gibi bağlanır.

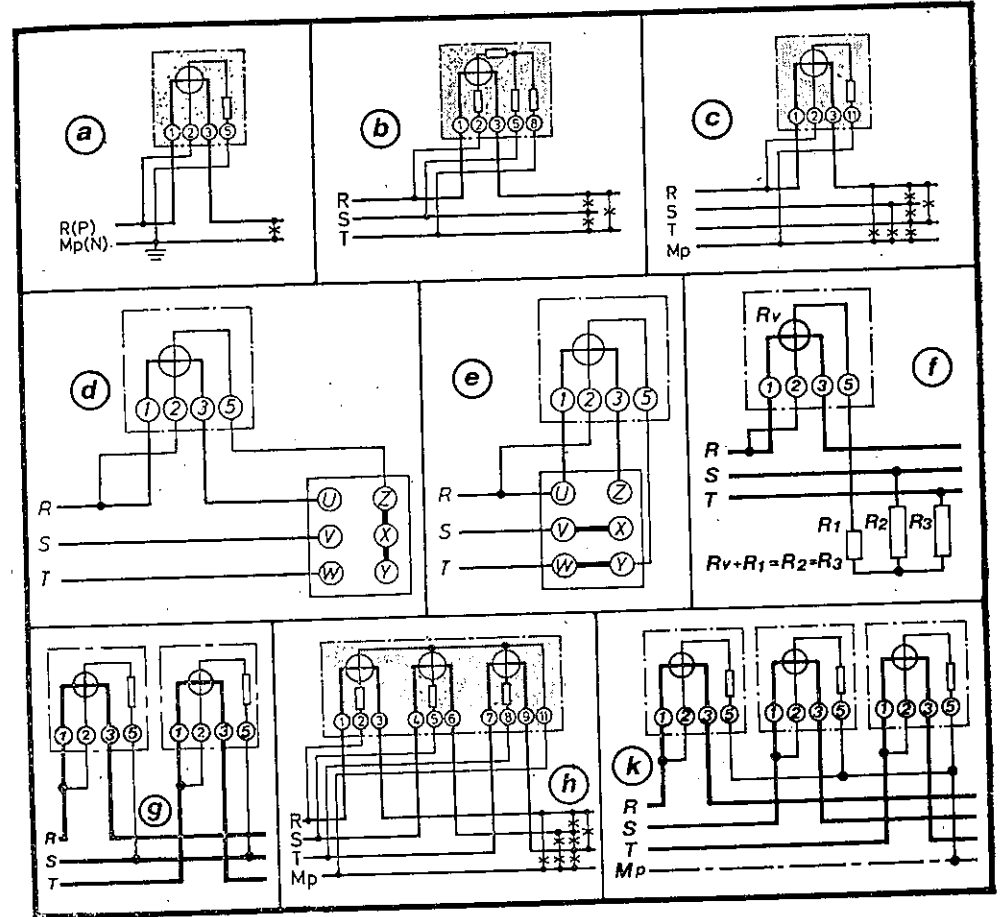
Vatmetreyle, bir alternatif akım devresinin gücü ölçülürken sayet, akım ve gerilim bobinlerinden geçen akım aynı polatire (yönde) de değilse, gösterge ters sapar. Yani, vatmetre negatif güç ölçmeğe çalışır. Buna sebep ölçme yapanın; aletin, akım veya gerilime ait uçlarını, devreye

(8) Faz farkı: Alternatif akımda, herhangi bir andaki akım ve gerilim arasında bulunan zaman farkına, faz farkı denir.

(9) Fazmetreye; kosinüsifmetre de denir.

ters bağlamasından olur. Böyle durumlarda, akım veya gerilim bobininin bağlantı uçlarının yerleri değiştirilir (uygulamada, akım bobininin uçlarını kendi aralarında değiştirmek daha pratiktir). Hatta bazı firmalar, kolaylık olsun diye aletin kutusu üzerine, akım veya gerilim bobinlerinden birine kumanda eden (+—) işaretli ve iki yönlü bir anahtar koyarlar. Ölçmede; gösterge ters saparsa, bu anahtar çevrilerek göstergenin doğru sapsa sağlanır. Bazı firmalar da iki yönlü anahtar yerine bağlantı uçlarını (+ —) işaretiyle belirtirler.

(Şekil: 194) de doğru ve alternatif akım devrelerinde güç ölçmek için vatmetrelerin böyle devrelere nasıl bağlandığı gösterilmiştir.



Şekil : 194

Doğru ve alternatif akım devrelerine vatmetrelerin direkt bağlantıları.

Bu şekillerden :

(Şekil: 194 a) bir fazlı alternatif akım veya doğru akım devresine vatmetrenin bağlantısı.

(Şekil: 194 b) 3 fazlı, 3 telli dengeli bir devreye (sun'î nötrlü) bir vatmetrenin bağlantısı.

(Şekil: 194 c) 3 fazlı, 4 telli dengeli devreye, bir vatmetrenin bağlantısı.

(Şekil: 194 d) 3 fazlı, yıldız bağlı motorun gücünü, bir vatmetre ile ölçmek.

(Şekil: 194 e) 3 fazlı, üçgen bağlı bir motorun gücünü, bir vatmetre ile ölçmek.

(Şekil: 194 f) 3 fazlı, 3 telli dengeli devrelere sun'î nötr yaparak bir vatmetre ile güç ölçmek.

(Şekil: 194 g) 3 fazlı 3 telli devrelere, aron vatmetresinin bağlantısı.

(Şekil: 194 h) 3 fazlı, 4 telli dengeli devrelere, üç fazlı bir vatmetrenin bağlantısı.

(Şekil: 194 k) 3 fazlı, 4 telli dengesiz devrelerde, üç vatmetre ile güç ölçmek.

Daha yüksek gerilimli ve daha büyük akımlı devrelerde güç ölçmek için vatmetreler, önceki konularda gördüğümüz ölçü değişkileriyle birlikte bağlanırlar (Şekil: 195).

Bu bağlantılara göre:

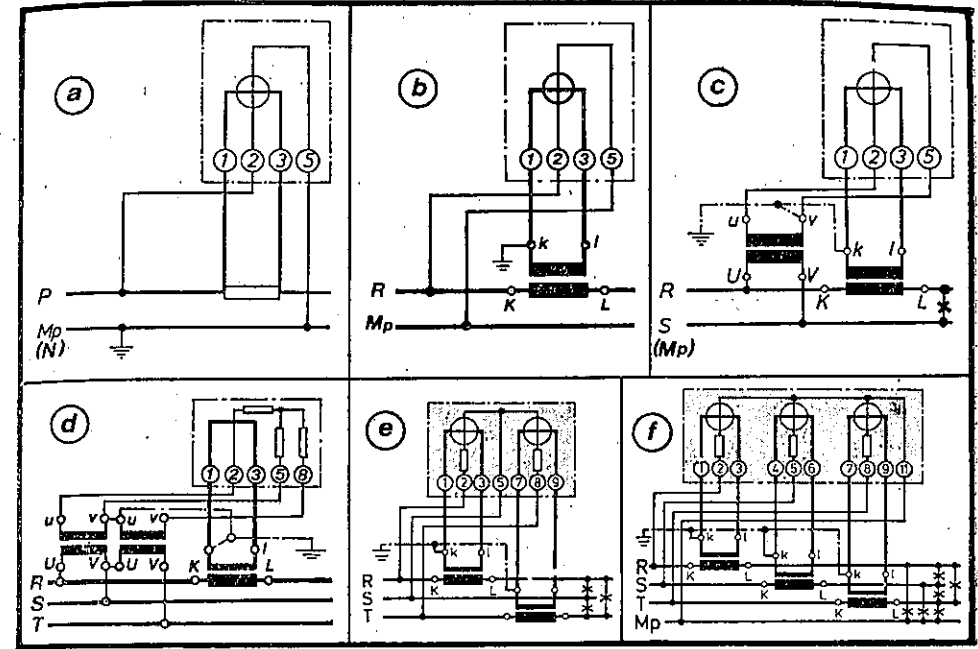
(Şekil: 195 a) şönt ile bir vatmetrenin devreye bağlantısı.

(Şekil: 195 b) bir fazlı vatmetrenin, bir akım transformatörü ile birlikte, monofaze devreye bağlantısı.

(Şekil: 195 c) akım ve gerilim transformatörü ile birlikte, monofaze bir devreye bağlı vatmetre.

(Şekil: 195 d) 3 fazlı, 3 telli dengeli devrelerde, bir akım ve iki gerilim transformatörü (V bağlı) kullanarak, sun'î nötrlü vatmetrenin devreye bağlantısı.

(Şekil: 195 e) 3 fazlı, 3 telli dengeli devrelerde, iki akım transformatörü kullanarak, aron vatmetresinin devreye bağlantısı.



Şekil : 195

Doğru ve alternatif akım devrelerine vatmetrelerin direkt bağlantıları.

(Şekil: 195 f) 3 fazlı, 4 telli dengeli ve dengesiz devrelerde, üç akım transformatörü kullanarak, üç fazlı bir vatmetre ile güç ölçmek.

Böylece; bir vatmetre ile muhtelif güçleri ölçmek imkân dahilindedir. (Şekil: 195 c) deki bağlantıya göre;

Normal gerilimi $U = 100 \text{ V.}$ ve akımı $I = 5 \text{ A.}$ olan bir vatmetre ile yüksek gerilimli bir devrenin gücünü ölçmek istiyoruz, bunun için devreye, $15000/100 \text{ V.}$ luk bir gerilim transformatörü ile $50/5 \text{ A.}$ lik bir akım transformatörü bağlanmıştır. Vatmetrenin kadranı $k_1 = 150$ bölümlü olup ölçme esnasında göstergesi, $k_2 = 120$ taksimatını gösterdiğine göre, ölçülen güç ne kadardır?

Cevap:

Gerilim ölçü transformatörünün, çevirme oranı $n_u = 15000/100 = 150$

Akım ölçü transformatörünün, çevirme oranı $n_i = 50/5 = 10$

Vatmetrenin gösterdiği güç (P_1)

$$P_1 = \frac{U \cdot I \cdot k_2}{k_1} = \frac{100 \cdot 5 \cdot 120}{150} = 400 \text{ W.} \quad (52)$$

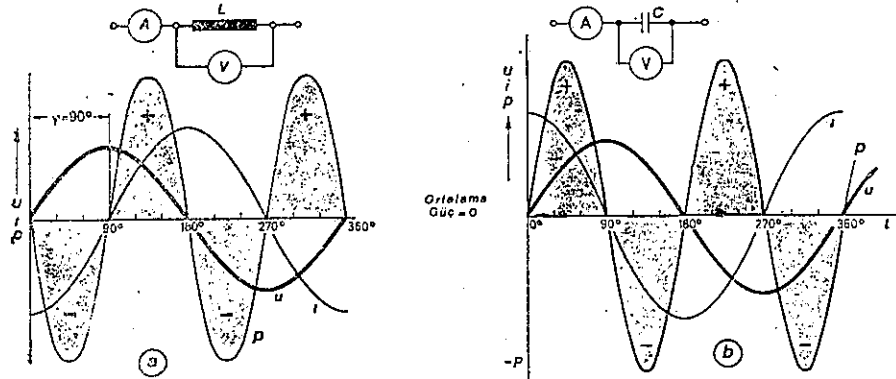
Hakiki güç (P) ise :

$$P = P_1 \cdot n_i \cdot n_u = 400 \cdot 10 \cdot 150 = 600 \text{ kW.} \quad (53)$$

III — VARMETRELER (Reaktifmetreler):

Buraya kadar izahına çalıştığımız vatmetrelerle devrenin iş gören gücünü (*faydah gücünü = aktif gücünü = vath gücünü*) ölçtük. Diğer bir ifade ile vatmetreler, alternatif akımın ortalama gücünü yani, akımla gerilimin aynı fazda olan kısmının çarpımını gösterirler.

Güç faktörünün ($\cos \varphi$) değeri küçüldükçe, akımın etkin şiddeti büyük olsada güç küçüktür. Şayet, alternatif akım devrelerinde akım ile gerilim arasında 90° lik bir faz farkı varsa ($\varphi = \pi/2$ ise) bu durumda, $\cos \varphi = 0$ demektir, (indüktif veya kapasitif bir devreye alternatif gerilim uygulandığı zaman (Şekil: 196 a ve b) deki akım, gerilim ve güç eğrilerinin incelenmesinden de görüleceği üzere, eksenin üzerindeki pozitif enerji, eksenin altındaki negatif enerji eşittir. Yani, kaynaktan alınan pozitif enerji kaynağa geri verilir, başka bir deyimle bir güç alış verisi vardır).



Şekil : 196

Saf bir indüktif bobinde akım, gerilim ve güç eğrileri

Saf kapasitif bir devrede akım, gerilim ve güç eğrileri

$\cos \varphi$ sıfır olunca, ortalama güçte sıfırdır. Bu duruma, akım vatsızdır denir. Vatsız (iş görmeyen) bir akımın ($I \cdot \sin \varphi$), devredeki ortalama

güce bir etkisi olmadığı gibi ayrıca devrede büyük bir ısı kaybı meydana getirdikleri halde, elektrik enerjisi sarf eden yerlerin sayaçları hiç bir şey göstermezler⁽¹⁰⁾, çünkü; aktif güç sıfırdır. Bu durum, böyle devreler için bir yük teşkil ettiğinden ölçülüp, bilinmesinde fayda vardır.

İşte, bu iş görmeyen gücü (*vatsız gücü = körgücü = reaktif gücü*), VAR olarak ölçen ölçü aletine körgüçmetreler veya reaktifgüçmetreler denirse de, bu büyüklüğün birimi var ile ifade edildiğinden, ölçme tekniğinde *varmetre* veya bunun bin katının ölçen alete de, *kilovarmetre* denir.

⁽¹⁰⁾ Şekil B deki alternatif akım güç üçgeninin de:

Devrenin direncinde vat olarak sarfedilen aktif güç (P) ile, empedandaki vatsız gücün (P_{rk}) bileşkesi yani vektöryel toplamı, volt-amper olarak görünür gücü (P_g) verir. Bunun bin katına kilovoltamper (kVA) denir. kVA; $\cos \varphi$ nin belli olmadığı haller de söylenir. İşte, elektrik santralleri; alıcıların sarfettikleri bu görünür (zahiri) gücü üretirler. Görünür güç, $\cos \varphi$ ile çarpılırsa aktif (hakiki) güç bulunur.

Bilindiği gibi alternatif akım veren bir generatör, hem aktif hemde reaktif güçlerin yükü altındadır. Halbuki, iş gören ve parası ödenen aktif güçtür. Her ne kadar bu arada hasıl olan reaktif (iş görmeyen) akımların bir kısmı miktatsızlanmağa giderse de büyük bir kısmı faydasız kayıp teşkil ederler.

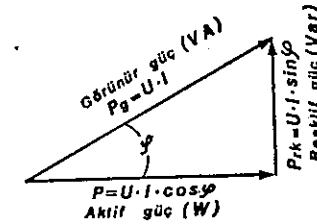
Bu bakımdan, santrali faydasız P_{rk} gücünü üretmeden kurtarmak ve enerji hatlarını çok yüklememek için güç faktörünün ($\cos \varphi$), elden geldiği kadar büyük ve φ açısının küçük olmasına çalışılır. Çünkü, alıcının düşük (fena) güç faktörü ile çalışması aşağıdaki sakıncaları meydana getirir.

a) Hattan çekilen akım şiddetinin artması. b) İletkenlerde aşırı derecede gerilim düşmesinden daha kalın tel kullanılmasının icap etmesi. c) Tesisatın istiflede edilebilecek aktif güç kapasitesinin azalması. d) Daha fazla kayıp, dolayısıyla makinelerden daha az randıman sağlanması gibi.

$\cos \varphi$ nin değeri; 0 ilâ 1 arasında değiştiğinden güçte buna bağlı olarak değişir. (Şekil: B) deki güç üçgeninden aşağıdaki münasebetler yazılabilir.

$$P_g = \sqrt{P^2 + P_{rk}^2}, \quad P_{rk} = \sqrt{P_g^2 - P^2}, \quad P = \sqrt{P_g^2 - P_{rk}^2}$$

$$\cos \varphi = P/P_g, \quad P = U \cdot I \cdot \cos \varphi, \quad \sin \varphi = P_{rk}/P_g, \quad P_{rk} = U \cdot I \cdot \sin \varphi$$



Şekil : B

Bu tip ölçü aletleri, tıpkı vatmetreler gibi bir veya üç fazlı olarak yapılırlar. Yalnız, vatmetreler aktif gücü gösterdiklerinden, bu aletlerle reaktif gücü ölçmek için gerilim sun'i olarak 90° kaydırılır (yani, dönen bobin içersinden geçen akımı, gerilime göre 90° geri duruma getirilir). Bunun için de gerilim bobinine seri olarak bir empedans bağlanır (Şekil: 197 a).

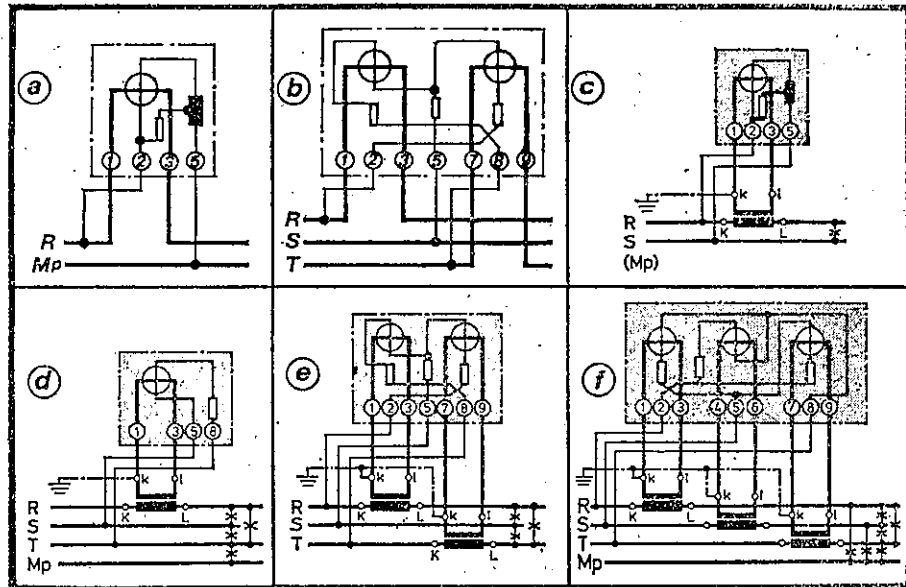
Varmetrelerin kadranı, doğrudan doğruya var cinsinden bölümlendirilmiş olup bunlar;

$$\text{Bir fazlı akımlar da} \quad Prk = U \cdot I \cdot \sin \varphi \quad \text{var.} \quad (54)$$

$$\text{Üç fazlı akımlar da} \quad Prk = 1,73 \cdot U \cdot I \cdot \sin \varphi \quad \text{var.} \quad (55)$$

değerini doğrudan doğruya gösterirler.

Varmetreler de devrelerin özelliğine göre (Şekil: 197) de gösterildiği gibi bağlanırlar.



Şekil : 197

Reaktif güçmetrelerin direkt ve indirekt bağlantı şekilleri.

Bu bağlantılardan:

(Şekil: 197 a) bir fazlı alternatif akım için,

(Şekil: 197 b) 3 fazlı, 3 telli dengesiz yükler için,

(Şekil: 197 c) bir fazda, akım transformatörlü,

(Şekil: 197 d) 3 fazlı, 4 telli dengeli yükler için (bir fazda akım trafolu),

(Şekil: 197 e) 3 fazlı, 3 telli dengesiz yükler için (iki fazda akım trafolu),

(Şekil: 197 f) 3 fazlı, 4 telli dengesiz yükler için (üç fazda akım trafolu).

KONUNUN ÖZETİ :

1) Doğru akım devresinin gücü, ölçülen gerilim ile akımın çarpımına eşittir.
 $P = U \cdot I$ vat.

2) Ampermetre önde bağlama; akımı büyük gerilimi küçük, ampermetre sonra bağlama; gerilimi büyük akımı küçük olan devreler için tertiplenir.

3) Doğrudan doğruya güç ölçen aletlere vatmetre denir. Alet, gücü vat (W), kilovat (kW), megavat (MW) veya gigavat (GW) cinsinden ölçer.

4) Elektrodinamik vatmetreler; doğru ve alternatif akım devrelerinde kullanılır.

5) Alternatif akım ampermetresi ve voltmetresi, devredeki akım ve gerilimin etkin değerlerini gösterirler.

6) Bir alternatif akım devresinin vat cinsinden gücü; gerilim ile akım aynı fazda ise, etkin gerilim ile etkin akımın çarpımına eşittir.

7) Bir alternatif akım devresinin aktif (ortalama) gücü; gerilim ile akım aynı fazda değilse, etkin gerilim ile etkin akım çarpımına eşit değildir. Bu değer, güç katsayısı ile değişir.

8) Üç fazlı devrelerde, bir fazlı vatmetre ile güç ölçmek:

A — Dengeli devrelerde

a) Devre 3 fazlı 4 telli ise (Şekil: 194 c) de olduğu gibi vatmetre bir fazın (P_1) gücünü gösterdiğinden üç fazın gücü: Vatmetrenin gösterdiği değerın 3 katıdır. Yani,

$$P = 3 \cdot P_1 \quad (56)$$

b) Devre 3 fazlı 3 telli (nötr'süz) ise, vatmetrenin gerilim bobininin bir ucu (Şekil: 194 f) de olduğu gibi bobinin bir ucu sun'i nötr noktasına bağlanır (sun'i nötr noktası, aynı değerli üç direncin yıldız bağlanması ile sağlanır).

Şayet, (Şekil: 194 d) de de olduğu gibi ahcının yıldız noktası açıkta ise, ayrıca sun'i nötr yapmağa ihtiyaç yoktur. Gerilim bobininin bir ucu, doğrudan doğ-

ruya bu yıldız köprüsüne bağlanabilir. Bu bağlantı ile ölçülen güç, bir fazın gücü olduğundan toplam güç: Formül (56) ile bulunur.

B — Dengesiz devrelerde

a) Devre 3 fazlı 4 telli ise (Şekil: 194 k) da olduğu gibi her fazın çektiği güç; ya bir vatmetre ile veya ayrı ayrı 3 vatmetre ile fazların güçleri ölçülerek okunan değerlerin toplamı, devrenin gücünü verir. Yani; $P = P_1 + P_2 + P_3$ (57)

b) Devre 3 fazlı 3 telli (nötr'süz) ise, (Şekil: 194 f) de olduğu gibi sun'î nötr'lü bağlantı yapılarak ölçülen her fazın gücü toplanır. Formül, (57) de olduğu gibi.

9) Dengeli veya dengesiz 3 fazlı 3 telli devrelerde, iki vatmetre ile güç ölçmek (Aron bağlantılı):

a) Yıldız bağlı devrelerde

(Şekil: 194 g) de görüldüğü gibi iki vatmetreye ait akım bobininin çıkış uçları ile gerilim bobinlerinin bağlı olduğu faz hattı, yıldız bağlı bir devreye birleştirildiğinde ölçülen güç, devrenin özelliğine göre dört durum gösterir.

1° durum:

Devre omik (yani, güç katsayısı = 1) ise; bir vatmetrede okunan değer, devrenin 1/2 gücünü verir. Çünkü iki vatmetrenin de gösterdiği değerler birbirine eşittir. Yani,

$$P_1 = P_2; \quad P = 2 \cdot P_1 \quad \dots \dots \dots (58)$$

2° durum:

Devre indüktif veya kapasitif ve güç katsayısı da 0,5 ($\phi = 60^\circ$) ise; vatmetrenin biri hiç sapmaz yani sıfırı gösterirken ($P_1 = 0$), diğeri devrenin toplam gücünü gösterir. Yani, $P = P_1$ veya $P = P_2$ olabilir. $\dots \dots \dots (59)$

3° durum:

Devrenin güç katsayısı 0,5 den küçük (yani, akım ile gerilim arasındaki ϕ açısı 60° den büyük) ise; devreye bağlı vatmetrelerden birinin göstergesi ters, diğeri doğru olarak sapar. Önceden de izah edildiği gibi göstergesi ters sapan vatmetrenin akım veya gerilim bobinlerinden birinin bağlantı uçları birbirleri ile yerleri değiştirildikten sonra bu vatmetrede okunan P_2 değeri, doğru sapan P_1 vatmetresinden çıkarılırsa devrenin toplam gücü bulunmuş olur. Yani, $P = P_1 - P_2$ (60)

4° durum:

Devrenin güç katsayısı 0,5 den büyük (yani, akım ile gerilim arasındaki ϕ açısı 60° den küçük) ise; her iki vatmetrede okunan değerlerin toplamı, alıcılardan toplam gücünü verir. Yani, $P = P_1 + P_2$ $\dots \dots \dots (61)$

b) Üçgen bağlı devrelerde

Tıpkı yıldız montajında olduğu gibi devre gücü; aynı şekilde ölçülür.

c) Aron bağlantısı ile 3 fazlı, 4 telli sistemlerin gücü doğru olarak ölçülemez (nötr'den geçen akım sıfır değilse). Çünkü, vatmetrenin akım bobinine bağlı ol-

mayan üçüncü fazın akımı, nötr hattından devresini tamamlar. Yani, vatmetrelerden hiç birinin akım bobininden geçmez, onun içinde vatmetreler doğru değer göstermezler.

10) Bir alternatif akım devresinde gerilim ile akım arasında 90° faz farkı olduğu zaman ortalama güç sıfırdır.

11) İndüktif devrelerde akım gerilimden 90° geri, kapasitif devrelerde akım gerilimden 90° ileridedir.

12) 90° faz farklı olan devrelerdeki güce, reaktif güç denir ve VAR (volt amper reaktif) ile ifade edilir. Bunun bin katına kVAR denir.

13) Reaktif güç ($U \cdot I \sin \phi$); varmetre veya kilovarmetre ile ölçülür.

14) Devrede yalnız indüktif alıcılar varsa indüktif var, yalnız kapasitif devre varsa kapasitif var denir.⁽¹¹⁾

15) Bir devrede akım ve gerilim aynı fazda değilse, bu devrede; a) Görünür güç. b) Aktif güç. c) Reaktif güç. Gibi üç türlü güçten bahsedilir.

16) Sun'î nötr, üç eşit değerli direncin yıldız bağlanması ile elde edilir.

17) Aron bağlantısında vatmetrelerin gösterdikleri değerlerle, faz açısı arasındaki bağıntı, $\tan \phi = \sqrt{3} \cdot (P_1 - P_2) / P_1 + P_2$ formülü ile bulunabilir.

18) Üç ampermetre metodu ile de aktif güç ölçülebilir. Bunun için, (Şekil: 236) daki montaj ve çizilen vektör ile hesaplanan güç: $P = (I^2 - I_1^2 - I_2^2) \cdot R / 2$ vat'tır.

19) Üç voltmetre metodu ile de aktif güç ölçülebilir. Bunun için, (Şekil: 237) daki montaj ve çizilen vektör ile bulunan güç: $P = (U^2 - U_1^2 - U_2^2) / 2 R$ vat'tır.

SORULAR:

- 1) Doğru ve alternatif akım devrelerinde güç neyle ve nasıl ölçülür?
- 2) Ampermetre - voltmetre metodu ile güç ölçerken hangi hallerde önce ve sonra bağlama yapılır neden? Ve vatmetrelerde bu hal var mıdır?
- 3) Doğrudan doğruya güç ölçen aletlere ne denir ve bunlar gücü ne cinsinden ölçerler?

⁽¹¹⁾ İndüktif alıcıların sarfettiği gücü karşılamak için devreye kondansatörler bağlanır. Çünkü, indüktif dirence karşı etki yapan kapasitif dirençtir. Onun için kapasite olarak büyük akımlarda senkron motor veya kondansatörler kullanılır. Senkron generatörler motor gibi kullanıldıkları taktirde tıpkı kondansatörler de olduğu gibi devre üzerinde kapasitif etki yaparlar.

Devreye paralel olarak uygun kondansatörler bağlanırsa, bunlar; bağlandığı nokta ile kaynak arasındaki kısımda güç faktörünü düzeltirler. Buda şu sonuçları verir. a) Hat'ta bir akım azalması. b) Besleme iletkenlerinde daha az gerilim düşmesi. c) Tesisatın kapasitesinin yükselmesi. d) Kayıpların azalması ve dolayısıyla yüksek bir verimin sağlanması gibi.

- 4) Elektrodinamik vatmetrenin özelliklerini söyleyiniz?
- 5) Bir fazlı alternatif akım devrelerinde, akım ile gerilim aynı fazda ise veya değilse ölçülen güç nasıldır, formülle ifade ediniz?
- 6) Faz farkı neye denir ve hangi devreler için söz konusudur?
- 7) Var ne ifade eder ve neyle ölçülür?
- 8) Aktif güç ölçen aletlerle var ölçebilirmiyiz?
- 9) Alternatif akım devrelerinde aktif güç, görünür gücün güç katsayısı ile çarpımına mı eşittir?
- 10) Üç telli, dengeli veya dengesiz devrelerde iki vatmetre ile güç ölçülür mü?
- 11) $\cos \varphi = 1$ olması halinde görünür güç ve aktif güç değerleri birbirine eşit olur. Bu durumda reaktif gücün değeri ne olur? $\cos \varphi = 0$ ise, aktif güç ne olur?
- 12) Aktif güç, gerçek güç, hakiki güç, faydalı güç, işgören güç ve etkin güç tabirleri aynı anlamdamdır?
- 13) 240 voltluk bir lambanın direnci 60 om'dur.
- a) 120 voltluk bir alternatif gerilimin uygulanmasında, lambanın çektiği akım ne kadardır? b) Akımın gerilime göre faz durumu nasıldır?
- C. a) $I = 120/60 = 2 \text{ A}$. b) Akım gerilimle aynı fazdadır.
- 14) Bir generatörün gerilimi, $U = 6000 \text{ V}$ ve alıcının çektiği akım, $I = 1000 \text{ A}$ ise bu alıcının a) Görünür gücünü, b) $\cos \varphi = 0,8$ ise aktif gücünü hesaplayınız?
- C. a) $P_g = U \cdot I = 6000 \cdot 1000 = 6000 \text{ kVA}$.
- b) $P = P_g \cdot \cos \varphi = 6000 \cdot 0,8 = 4800 \text{ kW}$ dir.
- 15) Bir alternatif akım motorunda;
- $U = 220 \text{ V}$, $I = 15 \text{ A}$, $\cos \varphi = 0,8$ değerleri bilindiğine göre bu motorun, Aktif gücünü (P), Görünür gücünü (P_g), Reaktif gücünü (P_{rk}) bulunuz?
- C. $P = 2,64 \text{ kW}$, $P_g = 3,3 \text{ kVA}$, $P_{rk} = 1,94 \text{ kVar}$. $\sin \varphi = 0,59$

B — ELEKTRİK İŞİNİN ÖLÇÜLMESİ

KONUNUN PLANI :

I — Elektrik sayaçları.

1 — Doğru akım sayaçları.

2 — Alternatif akım sayaçları.

II — Sayaçların devreye bağlanması.

III — Sayaçların dönüş yönü.

IV — Sayaçların etiketleri ve bağlama şemaları.

V — Özel sayaçlar.

I — Elektrik sayaçları:

Elektrik enerjisinin üretildiği şebekeler ile bu enerjiyi abonelerine satan firmalar, abonelerinin belli zaman aralıklarında harcadıkları (tükettikleri) enerjiyi işletme emniyeti bakımından bilip öğrenmek isterler. İşte bu harcanan elektrik enerjisini (işini) vat-saat (Wh) veya kilovat-saat (kWh) ⁽¹⁾ cinsinden ölçen aletlere *elektrik sayacı* veya doğrudan doğruya "*sayaç*" denir.

Yani, elektrik işi: vat x zaman olarak ölçülür ($A = P \cdot t$) (62)

Buraya kadar incelediğimiz ölçü aletlerinde akımın etkisi ile dönen sistem belirli bir açı kadar sapmakta idi. Sayaçlar da ise, dönen sistem devamlı bir dönme hareketi yapar ve bu dönme hareketinin hızı, sarfedilen elektrik gücüyle orantılıdır. Bu aletler de karşı koyma momenti yerine, hareketli sistemin hızıyla orantılı olan frenleyici moment etkisini gösterir. Frenleyici moment ise, hareketli sistemle aynı mil üzerine tespit edilen alüminyum bir diskin daimi mıknatıs kutupları arasında dönmesiyle sağlanır.

Bu aletler de, doğru ve alternatif akım sayaçları olmak üzere iki tiptirler.

⁽¹⁾ Wh : Bir vatlık bir makinenin bir saatta sarfettiği elektrik işine denir.

kWh : Bir kilovatluk bir makinenin bir saatta sarfettiği elektrik işine denir.

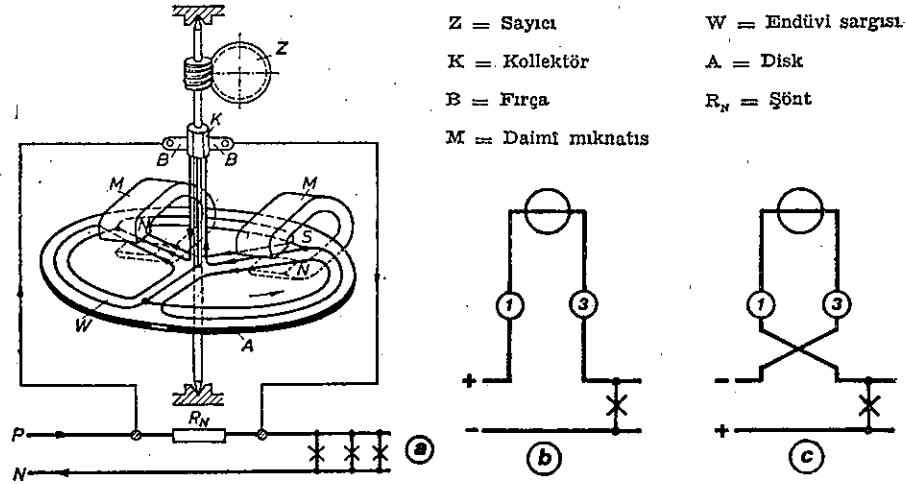
1 — Doğru akım sayaçları :

Bu sayaçlar da iki çeşittir.

a) MANYETO MOTOR SAYAÇLARI (amper - saat sayaçları) :

Bunlar yalnız sabit gerilimli doğru akım devrelerinde kullanılırlar. Bu sayaçlar, küçük boyda daimî mıknatıslı bir doğru akım motoruna benzerler.

Sayaçın yapısı : (Şekil: 198 a) da görüldüğü gibi sayaçın endüvisi, içi boş alüminyum disk (plak) içerisine yerleştirilen üç yassı bobin ve bobinin uçlarının bağlandığı kollektör, sonsuz bir vida aynı eksene bağlanarak iki daimî mıknatıs arasında dönebilecek şekilde tertiplenmiştir. Diskin devri, sonsuz bir vida ile devir sayıcısına iletilir.



Şekil : 198

Amper-saat sayacı ve bağlantısı.

Sayaçın çalışması : Endüvi sargılarından geçen akımın meydana getirdiği manyetik alan ile, daimî mıknatıslara ait manyetik alan arasında doğan etkiden bir döndürücü kuvvet (moment) hasıl olur. Bu etkiyle disk dönmeğe başlar. Diskin devri, mıknatıs alanı ve endüvi akımı ile orantılıdır. Daimî mıknatısın alanı sabit olduğuna göre disk devri yalnız endüvi akımına tabidir. O halde bu sayaç, devreden geçen elektrik miktarını ölçer ve amper-saatleri kaydeder⁽²⁾. Onun için bu aletler, "amper - saat sayacı" olarak kullanılırlar. Eğer istenirse ölçülen değer, uy-

(2) Sayaçtan geçen elektrik miktarı : $Q = I \cdot t$ Amper-saat (Ah) tir.

gülanen sabit gerilimle çarpılarak Wh cinsinden elektrik işi hesaplanabilir. Veya alet, enerjiyi kaydedecek şekilde yapılıdır.

Sayaç çalışırken disk frenlenmezse, devir gittikçe artar. Ölçmenin, doğru olması için disk devrinin endüvi yani yük akımı ile orantılı olması icap eder. Bu frenleme işini, iki daimî mıknatıs yapar.

Yük akımının tamamı, endüviden geçmesi bazı sakıncalar doğurduğundan, alete bir şönt bağlanmıştır. Sayaçın ölçme alanı, aynı zamanda bu şöntün değerine de bağlıdır. Bu tip sayaçların devreye doğru bağlanmaları için, bağlantı uçlarına + ve - işaretleri konmuştur. Her hangi bir sebeple, sayaçın uçları devreye ters bağlanırsa, disk ters döneceğinden önceki yazdıklarını siler. Şayet böyle bir yanlışlık olursa (Şekil: 198 c) de gösterildiği gibi endüvinin bağlantı uçları değiştirilir.

SAYACIN ÖZELLİKLERİ :

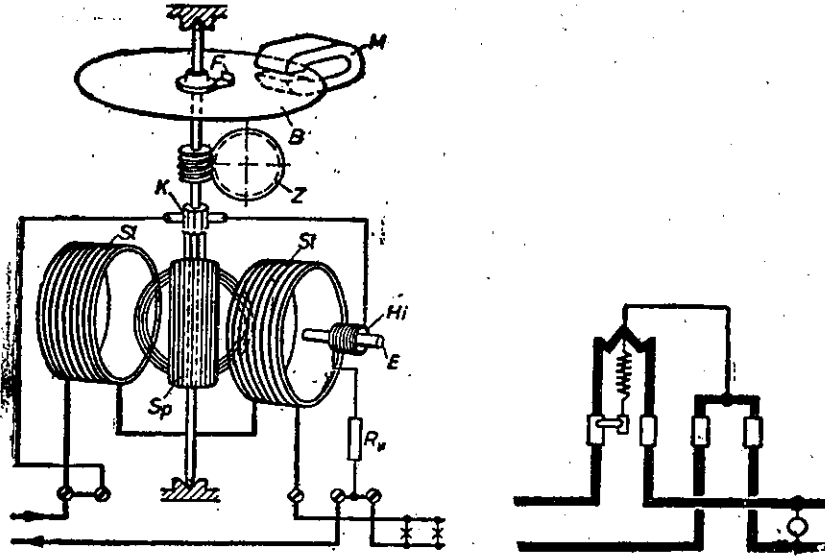
- 1 — Diskin hızı, endüvi akımına tabidir.
- 2 — Diskin devir yönü, endüviden geçen akım yönüne bağlıdır.
- 3 — Bu tip sayaçların sarfiyatları çok küçük olup, tam yükte % 1 vat kadardır.
- 4 — Yapımları kolay, basit ve maliyetleri düşüktür.
- 5 — Sayaçın ölçme alanı, endüvi şöntünün değerine bağlıdır.

b) ELEKTRODİNAMİK (DİNAMOMETRİK) SAYAÇLAR :

Yapısı : (Şekil: 199) da görüldüğü gibi aletin, devreye seri bağlanan iki sabit akım bobini (St), bu bobinlerin arasında ve birbirlerine çapraz tutturulmuş iki endüvi bobini (Sp); kollektör (K), fırçalar, küçük bir (Hi) bobini ve (Rv) ön direnci ile birlikte devreye paralel bağlanmıştır. Endüvinin dönme sayısı, sonsuz bir vida yardımıyla (Z) sayıcısına iletilir. Sayaçın kontrol kuvveti, aynı mîle bağlı (B) alüminyum diski ve (M) daimî mıknatısı ile sağlanır.

Sayaçın çalışması : Bu tip sayaçlar, elektrodinamik vatmetrelere benzediklerinden çalışma prensipleri de aynıdır, şöyleki: Alet devreye bağlanınca sabit ve hareketli bobinlerin meydana getirdikleri alanların birbirine yaptıkları mekanik etkiden dolayı, hareketli bobin (endüvi) dönmeğe başlar. Başka bir ifadeyle, bobinler o şekilde tertiplenmiştir ki meydana getirdikleri alanlar birbirlerine dik olacak şekilde sabit bobinin alanı, endüvi alanı üzerine etki ederek endüviyi döndürür.

Endüvinin dönme hızı, sabit bobinlerin ve endüvi alanının şiddeti ile orantılıdır. Sabit bobinlerin alanı, alıcıların akımı ile endüvi alanı, alıcıların uçlarındaki gerilimle doğru orantılıdır. O halde endüvinin dönme hi-



Şekil : 199

Elektrodinamik sayaç ve bağlantısı.

zı; belirli zaman içerisinde tüketilen devrenin gücü (U.I) ile doğru orantılı olduğundan bu sayaç, elektrik işini Vat-saat veya kilovat-saat cinsinden ölçer.

Sayaçın zayıf yüklenmeleri esnasında, milin yataklara ve fırçaların kollektöre sürtünme momentleri, dönme hızı üzerindeki etkileri oldukça fazladır. Sürtünmenin bu zararlı etkisini mümkün mertebe azaltmak için endüviye seri olarak küçük bir (Hi) bobini bağlanır. Bu bobinden geçen endüvi akımından dolayı oluşan gelen manyetik alan, sürtünmeleri karşılayacak büyüklükte bir döndürme momenti (yardımcı moment) meydana getirir. Yardımcı momentin ayarı, Hi bobinini endüviye yaklaştırılıp uzaklaştırılmakla yapılır. Bu yardımcı moment, devrede yük olmadığı zamanda vardır. Bu yüzden sayaç yüksüz ve devreye bağlı iken endüvinin dönmemesi için, (B) alüminyum disk üzerine, (F) demir parçası (fren çengeli) takılmıştır. (M) daimi mıknatısı bu demir parçasını çekerek dönmeyi önler.

Sayaçın doğru bir değer göstermesi için, yükte değişen orantılı hızının sabit tutulması icap eder. Bu işi de, endüvi miline bağlı ve daimi mik-

natis arasında dönen (B) alüminyum disk sağlar (fukolt frenli sistem). Sayaçın ayarında daimi mıknatısın yerini değiştirmekle yapılır.

Doğru akım devrelerinde Amper-saat sayacı olarak kullanılan birde "elektrosimik" (elektrolitik) sayaçlar vardır. Bugün için bunlar pek kullanılmadığından konumuz dışında bırakılmıştır. Bilgi kabiliyetinden ifade edilirse; bu sayaçlar hidrojenli ve civalı olmak üzere iki tipte yapılarak elektroliz olayından istifade ederek çalışırlar.

SAYACIN ÖZELLİKLERİ :

- Bu sayaçlarda yalnız doğru akım devrelerinde kullanılır.
- Aletin sabit ve hareketli bobinlerinden akım geçtiği için sarfiyatları fazladır. Ayrıca, alet yüksüz iken dahi döner kısmında 1,5 ilâ 2 vat kadar enerji kaybı vardır.
- Bu tip sayaçlar hassas ve doğru ölçme yaparlar.
- Elektrodinamik sayaçlar; alternatif akım tesislerinde ancak özel hallerde, (bazen doğru ve bazen alternatif akımla beslenen sistemlerde veya alçak frekanslı tesislerde) kullanıldıklarından şehir şebekelerinde hemen hemen hiç kullanılmazlar. Bu bakımdan doğru akım sayaçları pek büyük bir özellik taşımaktadır.

2 — Alternatif akım sayaçları:

Bugün alternatif akım sayaçları denince elektrik işini, kWh cinsinden kaydeden ve yalnız alternatif akım devrelerinde kullanılan indüksiyon tipi sayaçlar hatıra gelir. Bunlarda bir ve üç fazlı olmak üzere imâl edilmeler.

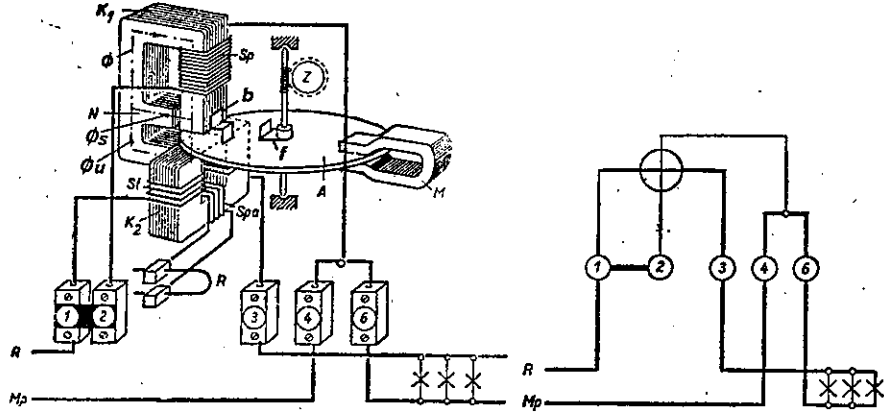
a) BİR FAZLI İNDÜKSİYON SAYAÇLARI:

Yapısı: (Şekil: 200) de görüldüğü gibi sayaç, G ve U biçimindeki K_1 , K_2 elektromıknatıslarla A alüminyum disk ve M sabit mıknatısından ibarettir. K_1 nüvesi üzerine ince kesitli çok sarımlı gerilim bobini, K_2 nüvesi üzerine de kalın kesitli az siperli akım bobini sarılmıştır. Ayrıca K_2 nüvesinin üzerinde, uçları bir R direncine bağlı birkaç siperli bir bobin daha vardır. Alüminyum disk, K_1 ve K_2 elektromıknatısın kutupları arasında serbestçe dönebilecek şekilde yataklandırılmıştır.

Zaman bakımından değişen ve bir alan içinde bulunan bu disk üzerinde akım indüklenir. O halde disk'e (rotora) akım iletmek için doğru akım sayaçlarında olduğu gibi fırça ve kollektöre ihtiyaç yoktur; zira diskte akım, indüksiyon yolu ile sağlanır. Üzerinden akım geçen disk, içinde bulunduğu alanın etkisi ile bir dönme momenti uygulanır ve böylece disk dönme hareketi yapar. Diskin devri ise, nihayetsiz bir vıda ile

Z devir sayıcısına iletilir. M sabit mıknatısı da bundan evvelki sayaçlarda olduğu gibi diski frenlemeye yarar.

Yukardaki kısa açıklamalardan anlaşıldığı gibi indüksiyonlu sayaçlar, indüksiyon makineleri adı verilen kısa devre rotorlu asenkron makinelere aynen benzemektedir.



Şekil : 200

Bir fazlı indüksiyon sayacı ve bağlantı şeması.

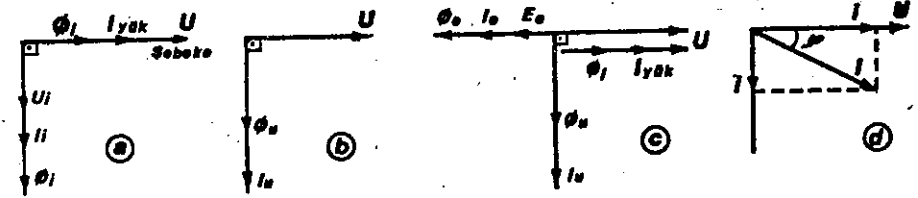
Sayaçın çalışması: Bu sayaçlarda döndürücü moment, döner diskli indüksiyon ölçü aletlerinde olduğu gibi elde edilmektedir. Şöyleki; K_1 ve K_2 elektromıknatısların alet içindeki yerleşime durumlarına göre gerilimin bobininin meydana getirdiği Φ_u akısı ile akım bobininin meydana getirdiği Φ_i akısının birbirine olan etkisi ile disk üzerinde bir döndürme momenti hasil olur.

Şimdi sayaçın çalışmasını, devresine bağlanan yük durumuna göre açıklayalım.

a) Sayaç, omik yüklü bir devreye bağlı ise: akım bobininden geçen akım gerilimle aynı fazdadır. Dolayısıyla bu akımın, akım bobininde meydana getirdiği Φ_i akısı da U şebek gerilimiyle aynı fazdadır. Bu akı kestiği alüminyum disk üzerinde, kendisinden 90° geride bir U_i disk gerilimi indükler. İndüklenen U_i disk gerilimide disk üzerinde kendisi ile aynı fazda olan I_i disk fuko akımlarını meydana getirir. Bu akımlarında meydana getirdiği Φ_i disk akıları, U_i disk gerilimiyle aynı fazdadır (Şekil: 201 a).

Gerilim bobini çok sipirli ve demir nüveli olduğundan indüktif özellik gösterir. Yani gerilim bobininden geçen I_u akımı, U şebek gerilimin-

den 90° geridedir. Bu akımın berilim bobini üzerinde meydana getirdiği Φ_u akısı, I_u akımı ile aynı fazdadır. Dolayısıyla şebek geriliminden 90° geridir (Şekil: 201 b). Bu durumu, akım bobinini de dikkate alarak ve birlikte bir vektör üzerinde gösterirsek; akım bobini akısının disk üzerinde indüklediği fukolt akımlarının meydana getirdiği Φ_i akısı ile gerilim bobininin Φ_u akılarının aynı fazda olduğu görülür (Şekil: 201 c) İşte bu iki alanın etkisi ile meydana gelen döndürme momenti (T_1), diski döndürür.



Şekil : 201

Aynı şekilde gerilim bobini akısı da değişken olduğundan disk üzerinde bir fukolt akımı (I_e) indüklenmesine sebep olur. Bu akım, gerilim bobini akısından 90° geridir. Dolayısıyla meydana getirdiği Φ_e akısı da, gerilim bobini akısından 90° geridir. Omik yüklerde, akım bobininin Φ_i akısı ile gerilim bobininin disk üzerinde meydana getirdiği Φ_e akısı arasında 180° faz farkı vardır. Bu iki akımın birbirine olan etkisi ile meydana gelen döndürme momenti (T_2) diski döndürür. T_2 momenti ile yukarıda izah edilen T_1 momenti ise aynı yönlüdür.

b) Sayaç, indüktif yüklü bir devreye bağlı ise; gerilim ile akım arasında ϕ kadar bir açı farkı olacağından (Şekil: 201 d) de gösterildiği gibi yük akımının iki bileşeni vardır. Bunlardan biri gerilimle aynı fazda diğerinde gerilime 90° geri fazdadır. Gerilimle aynı fazda olan i akımı yani omik bileşen, yukarıda izah edilen omik yükün akımı gibi incelenir ve diski döndürür. Gerilime göre 90° geri fazda olan i_l akımının burada hiç bir moment teşekkülüne katkısı olmaz. Bu reaktif bileşenin disk üzerinde indükleyeceği akımların akısı ile gerilim bobini akısı arasında 90° faz farkı vardır. Bu akımların değişim fonksiyonları çizilip incelenirse, meydana getirdikleri momentlerin bir alternansta iki defa yön değiştirdiği görülür. Bu durum ise bir momentin doğmasına engel olur. Ancak bu akımın (reaktif bileşen) disk üzerinde indüklediği akımın akısı ile akım bobini akısı arasında 180° faz farkı olduğu görülür. Fakat bunların gerek miktarları gerekse, birbiri ile buldukları mekanik pozisyon bir moment teşekkülüne müsait değildir. Dolayısıyla reaktif akımlar vatmetrelerde oldu-

ğu gibi sayaçlarda da bir döndürme momenti meydana getirmedikleri için, bu aletler tarafından kayıd edilemezler. Elektrik şirketlerinin zararına olan bu kayıp enerjiyi, ayrıca ölçüp kaydeden aletler yapılmıştır ki adına da "reaktif sayaçlar" veya "varsayaçlar" denir.

Özet olarak: Buraya kadar olan açıklamalardan anlaşıldığı üzere, indüksiyonlu sayaçlarda devre yükü ne olursa olsun disk üzerinde iki çift döndürme momenti vardır.

1 — Akım ile gerilim arasında faz farkı yok ise:

- a) Birinci döndürme momenti; I_1 ile Φ_1 nun karşılıklı etkisinden doğan T_1 döndürme momenti.
- b) İkinci döndürme momenti; I_2 ile Φ_2 nin karşılıklı etkisinden doğan T_2 döndürme momenti.

Toplam döndürme momenti ise: $T = T_1 + T_2$ dir.

2 — Akım ile gerilim arasında faz farkı var ise:

Akım ile gerilim arasında ϕ açısı kadar faz farkı, omik yüklü devrelerde izah ettiğimiz disk akımları ile bobin akıları arasında da belireceğinden meydana gelen döndürme çifti; yalnız akım ve gerilim ile değil bu açının $\cos \phi$ ile de orantılı olur. ($T = U \cdot I \cdot \cos \phi$).

İndüksiyon sayaçlarının hatasız bir şekilde ölçme yapabilmeleri için akım ve gerilim bobinlerinin akıları arasında 90° lik bir faz farkı olması icap eder. Bunun içinde S_p gerilim bobini imkan dahilinde saf indüktif, S_t akım bobini ise mümkün olduğu kadar omik dirençli yapmak suretiyle sağlanır. Bu durumda; gerilim bobininin manyetik akısı şebeke geriliminin 90° gerisinde ve akım bobininin akısı ise, yük akımı ile aynı fazda olacaktır. Yalnız bu hal, ideal bir durumdur veya ideal bir sayaç için düşünülebilir. Çünkü, tatbikatta kullanılan sargılar ne tam omik ve ne de tam indüktif dirençli yapılamaz. Bu bakımdan gerilim bobininin indüktif direnci yanında bir de omik direnci olduğundan; bu bobinin meydana getirdiği akı şebeke gerilimi ile tam 90° olmayıp, 90° den biraz daha az geride, akım sargısı ise biraz indüktif olacaktır. Bunun için de aşağıda izah edilen sun'i yollara baş vurulur.

1°) Gerilim bobininin meydana getirdiği akı şebeke geriliminden tam 90° faz farklı olabilmesi için, K_1 gerilim nüvesine manyetik bir paralel kol (N parçası) ilâve edilmiştir. Bu N şöntleme parçası ile K_1 nüvesi arasındaki hava aralığı o şekilde ayarlanmıştır ki gerilim bobininin meydana getirdiği Φ akısının büyük bir kısmı (Φ_s), A diskinden geçmeden bu ha-

va aralığı ile N şöntlemesinden geçer. Diklik şartı aranılan Φ_s akısı ise diskten geçirilerek amaca ulaşılır.

2°) Bu gerilim bobininin alanı ile akım bobini arasındaki dikliği de, K_2 nüvesi üzerine müstakil olarak sarılmış birkaç siperli Spa sargısı (geçirilemez bobini) ile sağlanır. Bu bobinin uçlarını kısa devre eden R direncinin ayarlanması ile akım akısını yükleyerek bu açıyı istendiği kadar büyütme imkanı mevcuttur. Aynı zamanda, ayar bobini akımının indüktif bileşeni ile akım bobini akımının indüktif bileşenleri birbirine zıt olduğundan, bu bobin yardımıyla akım bobininin tam omik olması da sağlanmış olur. Esasen sayaçların ayarlanması ve etalonajı için bu usulden istifade edilir.

Demek ki: Bir sayaçta akım bobini ne kadar omik, gerilim bobini de ne kadar indüktif karakterli ise sayaç o kadar doğru ölçme yapar.

Pratik olarak; sayaç, yüklerde kullanılırken diski hızlı dönüyorsa R direnci artırılır, şayet yavaş dönüyorsa direnci azaltılır. Kapasitif yüklerde ise bu olay ters olacağından R direncinin ayarları da ters yapılır. Bu ayarlardan sonra, yükler müşterek dahi olsa sayaç yine doğru değerler kaydedecektir.

Sayacın frenleyici momenti, önceki sistemlerde olduğu gibi yine M daimi mıknatısı yardımıyla temin edilmektedir. Döndürücü ve frenleyici momentlerin her ikisi de aynı değerde alüminyum diskin direnciyle ilgili olduklarından göstergeli indüksiyonlu aletlerden farklı olarak bu tip sayaçlara, sıcaklığın tesiri azdır. Sayaç yüksüz iken veya yük altında dönerken, yükü kaldırıldığı zaman diskin daima aynı yerde durması için, mil üzerine konan f demir çengeli, K_1 nüvesi üzerindeki b manyetik çengeli karşısına gelince disk durur (penceresinden görülen kırmızı boyalı kenarı). Sayacın ayarı; M daimi mıknatısının yerini değiştirmekle temin edilir.

Bu tip sayaçlar, bir fazlı alternatif akımla çalışan bütün cihazların (lamba, ütü, fırın, motor, ... vb) sarfettikleri elektrik enerjisini kWh cinsinden kaydederler.

İndüksiyon sayaçlarının çalışmalarını kısaca özetlersek;

— Akım ve gerilim bobinleri, sayacın diski üzerine geçen akım ve tatbik edilen gerilim ile orantılı olarak bir kuvvet tatbik ettiklerinden diskin dönüş hızı; tesisat tarafından çekilen güç ile birlikte artar.

— Diskin dönmesi için iki şart lazımdır:

a) Diskin içinde bir elektrik akımı dolmalıdır.

b) Bu akım bir manyetik alanın etkisi altında bırakılmalıdır.

— Bilindiği gibi; bir iletken, değişen bir manyetik alanın etkisi altında kalırsa o iletken içinde bir elektrik akımı doğar.

— Bu manyetik alanın değişimi alternatif akım ile temin edilir.

— Değişen bir mıknatısiyet, böylece iletkenlerin içinde değişken bir elektrik akımının doğmasına sebep olur.

— İçinden değişken bir akım geçen sayacın "gerilim bobini", değişken bir manyetik alan meydana getirir. Bu değişken manyetik alan iletken içinde bir elektrik akımı yaratır.

— İçinden elektrik akımı geçen ve manyetik alan etkisi altında bulunan her iletken hareket eder. İşte bu iletken; bir alüminyum disk ise, durum yine aynıdır (Şekil: 86).

— O halde; sayacın gerilim bobinleri tarafından meydana getirilen manyetik alanın diskte doğurduğu akım, akım bobini tarafından meydana getirilen manyetik alanın etkisiyle disk hareket ettirir.

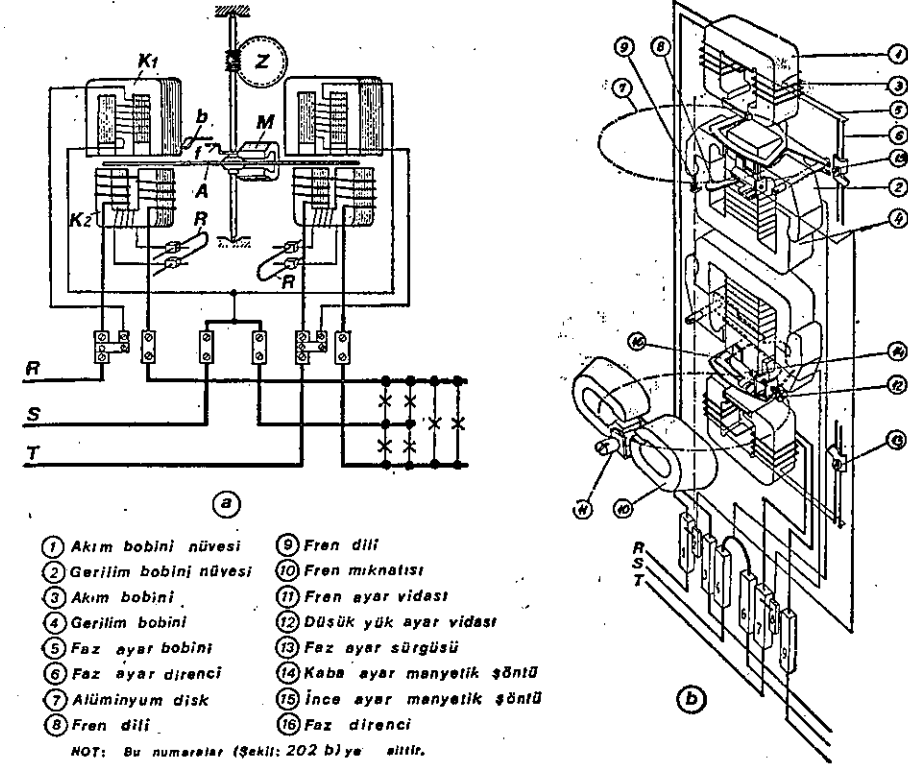
— Sayacın disk, sarf edilen enerjiyi kayıd eden saat mekanizmasını çalıştırır.

— Bir daimî mıknatıs yardımı ile bu disk frenlenmek suretiyle dönüş hızı ayarlanabilir.

b) ÜÇ FAZLI İNDÜKSİYON SAYAÇLARI

Bu sayaçlarda, üç fazlı üç telli ve üç fazlı dört telli dağıtım sistemlerinde enerji ölçmek için, iki tipte imal edilirler. Bunlar; iki veya üç adet bir fazlı indüksiyon sayaçlarının bir araya getirilmesinden meydana geldiği için, çalışma prensipleri ve özellikleri bir fazlıların aynıdır. Yapı bakımından tek farkı, her sayaca ait alüminyum disklerin, bir mil (aynı eksen) üzerine tespit edilmeleridir.

(Şekil: 202 a) da üç fazlı üç telli dağıtım sistemlerinde kullanılan böyle bir sayacın şekli gösterilmiştir. Bu tip sayaçlar da bir disk bulunduğu için iki elektromıknatıs aynı diske etki ederler. Aynı mile bağlı iki diskli olan tipleri de vardır (Şekil 202 b). Bunlar, çift vatmetre usulünde olduğu gibi, devreye bağlanıp (aron bağlantılı) ve her faza ait hattın, toplam sarfiyatını kWh cinsinden kaydederler.



Şekil : 202

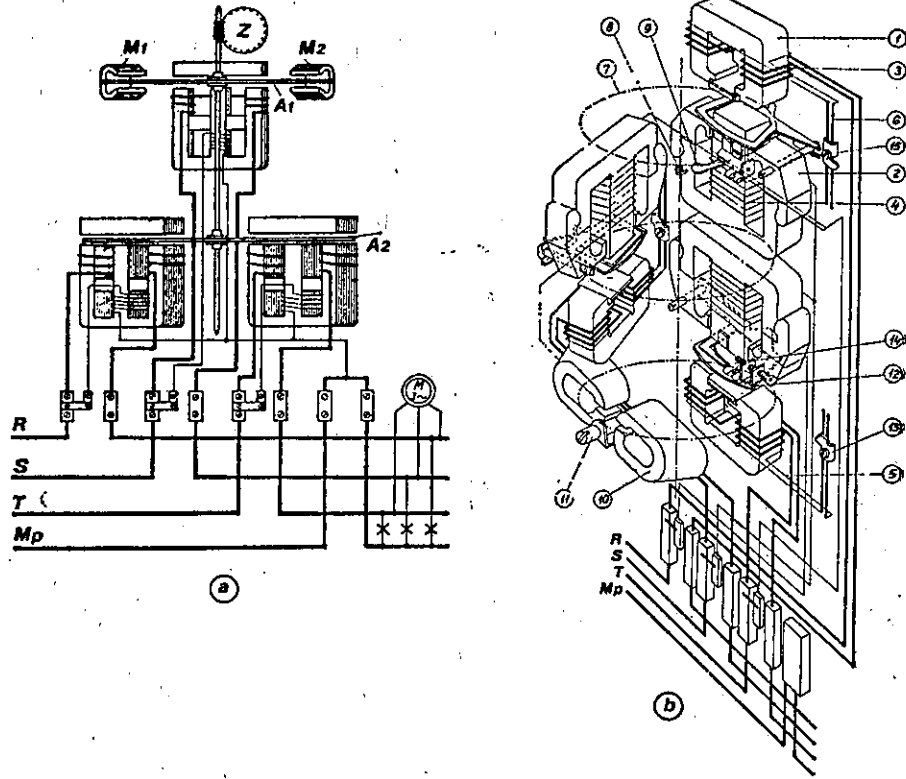
Üç fazlı üç hatlı devrelerde kullanılan indüksiyon sayaçları.
(aron bağlantılı)

Üç fazlı dört telli dağıtım sistemlerinde ise, aynı mil üzerine tespit edilmiş iki diskli (Şekil: 203 a) veya üç diskli (Şekil: 203 b) olan tipleri kullanılır. Bu sayaçlar, nötr hatlı olduğundan dengeli veya dengesiz bütün alıcılara bağlanarak (motor, ışık gibi) üç fazın toplam enerjisini kWh cinsinden kaydederler.

Sayaçların ayarı:

Sayaçların ayarı; tam yükte, ufak yükte ve faz ayarı olmak üzere üç şekilde yapılır.

a) *Tam yük ayarı:* Bu ayar $\cos \phi = 1$ iken, nominal gerilim ve akımda 1 kWh deki diskin dönüş sayısı zamanının, ölçülen zamana eşit çıkmasını temin için yapılan ayardır.



Şekil : 203

Üç fazlı dört hatlı devrelerde kullanılan indüksiyon sayaçları.

b) Ufak yük ayarı: Yine $\cos \phi = 1$ iken nominal gerilimde ve nominal akımın % 5 değeri alınarak geçen enerjinin, sayacın hatasız kaydetmesini temin için yapılan ayardır.

c) Faz ayarı: $\cos \phi = 0,5$ iken, nominal gerilim ve akımda geçen enerjiyi sayacın normal göstermesi için yapılan ayardır.

Bu ayarlarda; dersi konusunda izah ettiğimiz gibi gerilim bobinine ait manyetik şöntleme, akım bobinine ait R direnci ve frenleme momentini temin eden daimi mıknatısların yerlerini değiştirmekle yapılır. Sayaçların bu çeşit ayarları yalnız, şirketin kendi bünyesindeki yet-

kili kontrol ve ayarlama elemanları tarafından, özel olarak hazırlanmış sayaç ayar masalarında yapılır. Çünkü, sayacın mühürlü muhafazası yalnız yetkili kimseler tarafından açılabilir.

Biz ancak elimizdeki sayacın doğru yazıp yazmadığını deney yapmak suretiyle kontrolünü yapabiliriz. Bu kontroller de pratik olarak, şu usullerden biri ile yapılır;

a) Standart sayaçlarla kontrol:

Kontrolü yapılacak sayaç, belirli bir süre tam ve ufak yükte, ayrı ayrı çalıştırılarak kaydettiği değerler bir yere yazılır. Şimdi bu sayaç devre dışı edilerek yerine standart (etalon) bir sayaç bağlanır. Aynı şartlar altında çalıştırılan bu sayacın kaydettiği değerlerle karşılaştırılır. Değerler tutuyorsa, muayenesi yapılan sayaç doğrudur, değilse ayarlamaya gönderilir.

b) Hesap yoluyla kontrol (hata tayini):

Sayaçların etiketleri üzerinde; gerilimi, akımı, frekansı ve bir kilovat-saat için dönüş sayısı gibi yazılı olan nominal (normal) değerleri dikkate alınarak çok kısa bir zamanda ve hassas olarak yapılan bir deneydir. Yalnız bu kontrolde zamanı ölçmek için, ayrıca bir kronometreye ihtiyaç vardır.

Sayaç sayıcısının gösterdiği değer ile diskin devir sayısı arasındaki münasebet, etalon kat sayısı ile verilmiştir. Sayaçların 1 kWh e denk gelen toplam devir (Ck), sayacın etiketinde yazılıdır. Buna "hakiki etanolaj kat sayısı" ismi de verilir. Diğer taraftan sayaçla yapılan deneyle, 1 kWh için toplam devir sayısı (Cd), hesaplanabilir. Bunun için, P(vat) gücü ile yülenen sayacın n devrini yaptığı t (saniye) zamanı yukarıda da belirtildiği gibi bir kronometre yardımı ile tespit edilir.

Buna göre:

$$Cd = \frac{3600 \cdot 1000 \cdot n}{P \cdot t} \quad \text{hesaplanır.} \quad (63)$$

Hata ise;

$$H = \frac{Cd - Ck}{Ck} \cdot 100 (\%) \quad \text{bulunur.} \quad (64)$$

Örneğin: 220 V. ve 5 A. lik bir sayacın etiketinde 1 kWh için, 3000 devir yazılıdır. Bu sayaç 1110 vatlık bir yük ile yüklendiği zaman sayaç diski, 50 devrini 54,8 saniyede tamamlamaktadır. Buna göre,

$$Cd = \frac{3600 \cdot 1000 \cdot 50}{1110 \cdot 54,8} = 2959 \text{ devir/kWh bulunur.}$$

Buradan, sayacın hatası formül (64) de göre hesaplanırsa

$$H = \frac{2959 - 3000}{3000} \cdot 100 = - \% 1,4 \text{ bulunur.}$$

Bu örnekte de görüldüğü gibi sayaçta okunan değerler, gerçek değerden büyük ise hata pozitif, küçük ise yukarıdaki gibi negatiftir. Bu bakımdan sayaçlar genellikle işletme değerlerinin ancak belirli sınırları dahilinde doğru gösterirler ve bu sınırların haricinde yanlış değerler kaydederler. Onun için, sayaçlar etiketi üzerinde yazılı nominal değerlerine göre yüklenmelidirler (ancak $\pm \% 5$ kadar bir gerilim değişmelerine müsaade edilebilir).

ÖRNEK PROBLEMLER :

1) Sayacın katsayısı bilindiğinde veya bir cihazın bir saatlik sarfiyatı hemen tespit edilebilir mi?

Cevap: Evet, şöyleki;

a) Saat yardımı ile diskin 1 dakikadaki devir adedi sayılır.

b) Diskin bir saatte yapacağı tur adedi hesaplanır.

c) Devir sayısı, saatin katsayısı ile çarpılarak 1 saatlik sarfiyat bulunur.

d) Çekilen güç. Vat-saat olarak sarfedilen enerjinin saat adedine bölümüne eşit olacaktır.

2) Diski, bir kWh için 1000 devir yapan bir fazlı sayaca bir elektrik fırını bağlandığında, sayacın diski bir dakikada 10 devir yaptığına göre bu fırının devreden çektiği güç, kaç vattır?

Cevap:

$$P = \frac{n \cdot 3600 \cdot 1000}{Cd \cdot t} = \frac{10 \cdot 3600 \cdot 1000}{1000 \cdot 60} = 600 \text{ vat.}$$

3) Etiketinde, 1200 devir/kWh yazılı sayaç bir motora bağlandığında, sayacın diski bir dakikada 15 devir yapmaktadır. Motorun gücünü bulunuz?

C) $P = 750 \text{ W.}$

4) 900 devir/kWh olan bir fazlı sayaca, 800 vatlık bir ısıtıcı bağlanmıştır. Sayaç diskinin 60 saniyede yaptığı devir ne kadardır?

C) $n = 10,5 \text{ devir (bir dakikada).}$

5) 220 V. altında 1 amper çeken alıcı, etiketinde 1800 devir/kWh yazılı olan bir sayaca bağlanarak 15 dakika çalıştırılmaktadır. Bu zaman zarfında alıcının sarfettiği enerji ne kadardır ve disk kaç devir yapar?

$$C) A = P \cdot t = U \cdot I \cdot t = 220 \cdot 1 \cdot 1/4 = 55 \text{ Wh} = 0,055 \text{ kWh}$$

15 dakika = 1/4 saat

1kWh da 1800 devir yaparsa

0,055 kWh n devir yapar bu orantıdan

$$n = 0,055 \cdot 1800 = 99 \text{ devir yapar } 1/4 \text{ saatte.}$$

II: Sayaçların devreye bağlanması:

Sarfiyatın doğru ölçülmesi için, ancak sayacın devreye doğru olarak bağlanması ile mümkündür. Sayaçlar devreye tıpkı vatmetreler gibi bağlanırlar (akım bobini devreye seri, gerilim bobini paralel olarak). Her sayacın bağlantı şeması genellikle sayaçların kapakları içinde vardır. Bunların devreye bağlanmaları için, üç olanak vardır.

a) *Direkt bağlama* : Alçak gerilim şebekelerinde ve alıcıların çektiği akımın büyük olmadığı yerlerde (evlerde olduğu gibi), sayaçlar doğrudan doğruya tesise bağlanırlar (Şekil: 205 a, e). Direkt olarak şebekeye bağlanan bir fazlı sayaçlar genellikle; 5, 10, 20, 30 Amper, 125 ve 220 Volt olarak normalize edilmiştir.

b) *Akım ölçü transformatörü ile bağlama* : Alçak gerilim şebekelerinde alıcıların çektiği akımın büyük olduğu tesislerde (bazı fabrika ve atelyelerde olduğu gibi) akım bobinine, bir ölçü transformatörünün sekonder uçları bağlanır (Şekil: 205 f ve n) de olduğu gibi. Böyle yerler için, sayacın akım bobini 5 A. lik ve gerilim bobini de, şebekeye doğrudan doğruya bağlanacak şekilde tertiplenmiştir.

c) *Akım ve gerilim ölçü transformatörleri ile bağlama* : Yüksek gerilimli tesislerde sarfiyatı ölçmek için, sayaçlar ölçü transformatörleri ile birlikte bağlanırlar (Şekil: 205 m ve o) da görüldüğü gibi. Böylece, yüksek gerilimin değeri sayaç için (100 veya 110 V. a), uygun bir seviyeye düşürüldüğü gibi aynı zamanda sayaç, yüksek gerilim devresinden de yalıtılmış olur.

Bazı tip sayaçlar (primer sayaçlar gibi), ölçü transformatörlü dahi olsa sarfiyatı doğrudan doğruya kWh cinsinden gösterdikleri halde, bazı tip sayaçlar (sekonder sayaçlar) ise ölçü transformatörleri ile kullanıldıkları zaman sayacın gösterdiği değeri, transformatörlerin dönüştürme oranlarıyla çarpmak lazımdır.

Örneğin: Akım transformatörünün dönüştürme oranı n_i , gerilim transformatörünün dönüştürme oranı n_u ve sayaçta okunan değerde K ise ölçülen enerji:

$$A = K \cdot n_i \cdot n_u \text{ dur.} \quad (65)$$

Günün her saatinde müşteriler tarafından aynı miktarda enerji çekilmez. Enerjinin kullanıldığı maksada göre her müşteri belirli saatlerde, muhtelif miktarda elektrik enerjisi sarfeder. Bir saat zarfında çekilen enerji miktarı müşterinin saatlik gücünü gösterir. Ayrıca bu güçlere göre çizilen grafiklere "müşterilerin yük grafiği" denir. (Yatay düzlemde gün, dikey düzlemde güç değerleri alınır.)

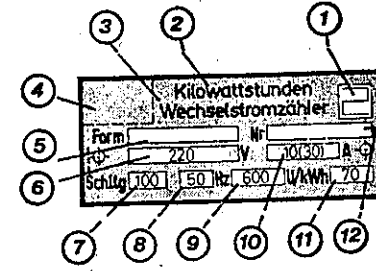
Bir santral ne kadar çok devamlı olarak maksimum yüküne yakın çalışırsa yani ortalama yükü, ne kadar yüksekse o kadar çok enerji üretir ve satar. Bir santral ne kadar çok enerji üretirse, enerjinin maliyeti o kadar düşük olur. Günün sadece muayyen saatlerinde yüksek güçte enerji çeken, diğer saatlerinde az enerji çeken müşterileri besleyen bir santralin ortalama yükü düşüktür. Dolayısıyla satılan enerjide, santralin üretebileceği enerji yanında az olduğundan maliyeti daha yüksektir. Ayrıca, müşterilerin çektikleri yüklerle ilgili olarak ikinci bir ücret talep edilmektedir. Bu tarife "Çift terimli tarife" veya "Çifte tarife" denilir.

III: Sayaçların dönüş yönü:

Sayaçlarda diskin dönüş yönü soldan sağa doğru olup, bu durum bir okla sayaç kapağı üzerine işaret edilmiştir. Sayacın çalışıp çalışmadığını anlamak için disk kenarına kırmızı bir işaret daha konmuştur. Bu işaret aynı zamanda, devir sayısını saymaya da yarar.

IV: Sayaçların etiketleri ve bağlama şemaları:

Her elektrik sayacının üzerinde, sayacın nominal değerlerini belirten bir etiket olup, bunların herbiri, o sayaç hakkında önemli bilgiler verdiğini önceden belirtmiştik. Yalnız bunların içersine de etikette, yapım resmini gösteren (kare testere dişli) 1 nolu sembol vardır ki açıklanmasında fayda vardır (Şekil: 204). Çünkü, bu sembolün veya 7 nolu bağlantı içersine yazılan üç rakamlı (100 - 212 - 410 gibi) sayıların her biri o sayacın karakteristiği hakkında (cinsini, akımını, hangi devrelere ve nasıl bağlanacağı vs.) geniş bilgiler verir. Çizelge - 11

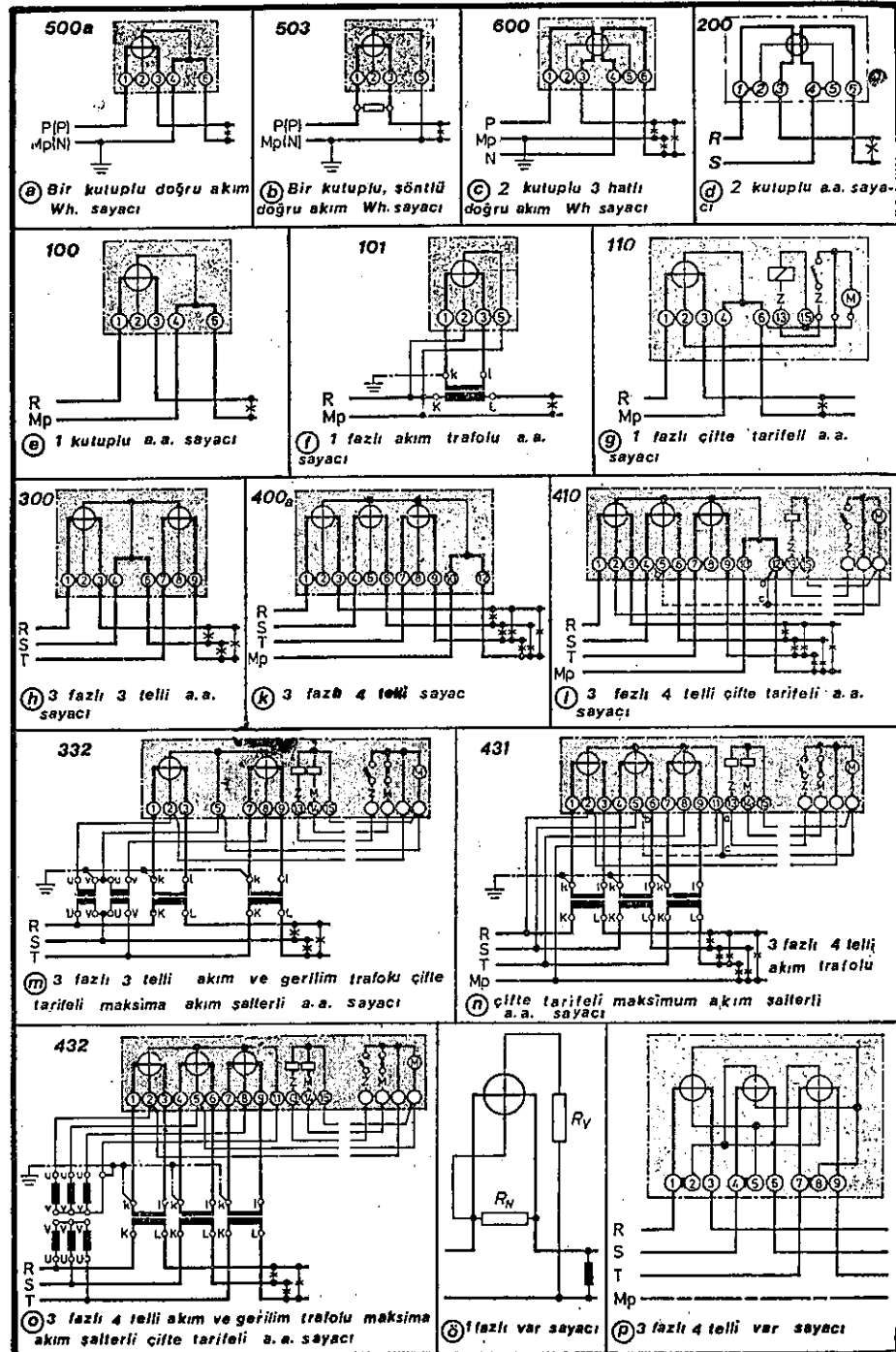


Şekil : 204
Sayaç etiketi.

- | | |
|---------------------|----------------------|
| 1) Yapım resmi | 7) Bağlantı numarası |
| 2) Ölçtüğü birim | 8) Nominal frekansı |
| 3) Kullandığı akım | 9) Sayaç sabiti |
| 4) Firma adı | 10) Nominal akımı |
| 5) Yapım şekli | 11) Yapım tarihi |
| 6) Nominal gerilimi | 12) Fabrika nosu |

ÇİZELGE — 11

Sayıların sırası			Sayıların izahı	Sayıların yanındaki harfler
1.	2.	3.		
1			Bir kutuplu bir fazlı sayaç. İki kutuplu bir fazlı sayaç. Üç telli üç fazlı sayaç. Dört telli üç fazlı sayaç. 1 kutuplu doğru akım W-h sayacı. 2 kutuplu 3 hatlı doğru akım Wh sayacı. Doğru akım Ah sayacı.	a: Sayaçta bütün klemens bağlantıları yapılmıştır. b: Sayaçta bütün klemens bağlantıları kullanılmamıştır.
2				
3				
4				
5				
6				
7				
	0		Klemens bağlantı yeri	Sayacın ilâve kısmındaki harfler: Z: Çift tarifeli şalterli sayaç. M: Maksimum iş sayıcısı. Ⓜ: Sayıcısının motoru.
	1			
	2			
	3			
		0	Bağlantı yeri	
		1		
		2		
		3		



Sekil : 205

Çeşitli sayacıların direkt ve endirekt olarak bağlantı şemaları.

(Şekil: 205) de gösterilen çeşitli elektrik sayacılarının bağlantı şemaları üzerinde, bu üç rakamlı sayılarda belirtilmiştir.

Örneğin:

1) 100 numaralı sayacıta:

Birinci hane 1 olduğuna göre; bir fazlı aa. akım devresine bağlanan bir kutuplu sayac olduğu anlaşılır. Diğer iki hanesi de sıfır olduğundan bu sayacın, başka bir bağlama ucu yoktur.

2) 431 numaralı sayacıta:

Birinci hane 4 olduğuna göre; 4 telli devreye bağlanan 3 fazlı bir sayacıdır.

İkinci hane 3 olduğuna göre; bu sayac, çifte tarifelidir.

Üçüncü hane 1 olduğuna göre; bu sayaca, akım ölçü transformatörünün bağlanacağı anlaşılır.

Ayrıca; Sayac numarasının sonuna yazılan a harfi, sayac klemenslerinin tümü devreye bağlı, b harfi ise; sayacın, devreye noksan bağlantılı olduğu anlaşılır.

İNDÜKSİYON SAYAÇLARININ ÖZELLİKLERİ :

a) Tüketim yerlerine konmuş sayacılar genellikle ayda bir kere okunur. Harcanan enerjinin fiatı geçen sefer okunan miktar ile son okunan miktar arasındaki farka göre hesaplanır. Bu değerler arasındaki farkın bedeli tüketiciye ödenir.

b) Sayacılar, genellikle 110, 220 ve 380 V. a göre yapılıp yükün çektiği akıma göre anılırlar. Örneğin,

Monofaze (bir fazlı) sayacılar 5-10- ve 30 Amperlik .

Üç fazlı (trifaze) sayacılar ise: 3×10, 3×30, 3×100 ve 3×200 amperlik sayacı diye. Tesisin durumuna göre (genellikle 50 amper ve yukarısı için) sayacılar, akım trafoları (redüktörleri) ve yüksek gerilim devrelerinde ise, gerilim trafoları bağlanır.⁽³⁾

(3) Bizde, Makine ve kimya endüstrisi kurumu'nun imal etmiş olduğu alternatif akım elektrik sayacılarının,

Monofaze tipleri: 10 (en çok 30) Amper, 220 Volt, 50 Hz. ve 675 devir/kWh.

Trifaze tipleri :10 (en çok 30) Amper, 380/220 V., 50 Hz. ve 165 devir/kWh. dir. Avrupa sayacıları ise, aşağıda verilen akım ve gerilim kademelerine göre yapılırlar. Bir fazlı tipleri: 2,5-3-5-10-15-20-30-50 Amper ve 100-110-120-200-220-230 Volt. 50 veya 60 frekanslı.

Üç fazlı üç telli, iki elemanlı tipleri: 2,5-3-5-10-15-20-30-50 Amper ve 100-110-220-350-380-400-440 Volt: 50 veya 60 frekanslı.

Üç fazlı dört telli, üç elemanlı tipleri: 2,5-3-5-15-20-30-50 Amper ve 190/110-203/120-220/127-350/200-380/220-400/230 Volt. 50 veya 60 frekanslı olarak.

c) Sayaçlar, bir taraftan bir vatmetre gibi devamlı surette gücü ölçerler ve diğer taraftan bunun zamana göre entegralini alıp bu değeri kaydederler.

d) İndüksiyon sayaçları; işletme emniyeti, ölçü doğruluğu ve ucuzluk bakımından elektrodinamik sayaçlara nazaran daha üstündür.

e) Sayaçların yanlış ölçmesine sebep olan muhtelif faktörlerden ileri gelen hataların azaltılması için, çeşitli ayar imkanları varsa da bu ayarlar genellikle imalatçılar tarafından yapıldığından sayaç üzerinde herhangi bir değişiklik yapmağa ihtiyaç kalmaz.

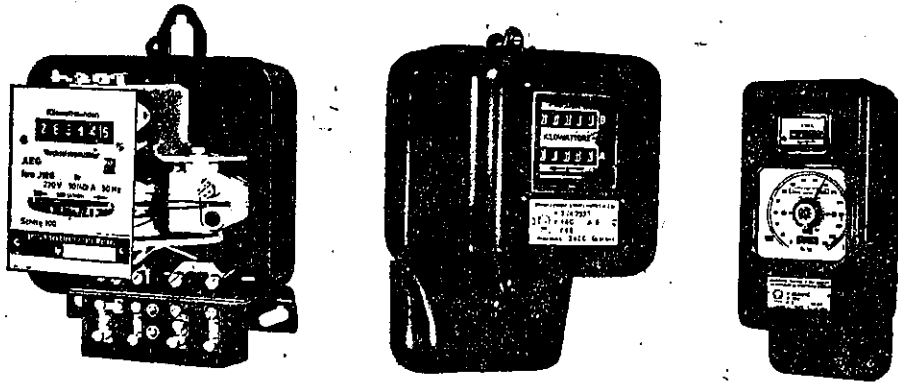
f) Sayaçlar, on seneden fazla olmamak kaydı ile belirli zamanlarda bakım ve kontrole tabi tutulmalıdırlar.

g) Pratikte nasıl ki, aktif enerjiyi kWh cinsinden ölçen cihazlara sayaç diyorsak, devrede kayıp olan reaktif enerjiyi ölçen cihazlarada kilovarsaatmetre (kVARh) denir.

h) Monofaze indüksiyon sayaçlarında, sayacın klemensine bağlanan fazın yeri değiştirilirse yani; giriş yeri çıkış, çıkış yeri giriş olarak kullanılırsa diskin dönüş yönü değişir.

ı) Üç fazlı sayaçlarda, fazlardan ikisinin yeri veya üç fazın üçünde giriş çıkış yerleri değiştirilirse, diskin dönüş yönü değişir.

(Şekil: 206) da indüksiyon sayaçlarının üç ayrı tipi birlikte gösterilmiştir.



Şekil : 206

İndüksiyon sayaçlarından bazıları.

V: ÖZEL SAYAÇLAR

Yukarıda izahına çalıştığımız sayaçlara "adi sayaçlar" veya "adi tarifeli sayaçlar" denir. Bunlar, memleketimizde olduğu gibi enerji fiyatının sabit olduğu yerlerde kullanılırlar. Birde bu sayaç tipinden başka, bizde kullanılmayan ve aşağıda bahsolunan özel veya tarifeli sayaçlar vardır.

a) **Çifte tarifeli sayaçlar:** Bu tip sayaçlar genellikle bir muhafaza içerisine yerleştirilmiş iki ayrı adi sayaç ile bir saat rölesinden ibarettir. Sayaçlar ayrı tarifelere göre ayarlanmıştır. Sayaçların akım bobinleri birbirlerine seri bağlı olup gerilim bobinleri ise bir saat rölesi yardımı ile ve günün belirli zamanlarında ayrı ayrı devreye girer. O halde bu sayaçlar, günün muhtelif saatlerinde değişik fiyatlarla elektrik enerjisi satılan yerlerde kullanılır (Batı Almanya gibi). Örneğin: Akşam saatleri şebekenin en fazla yüklü olduğu saatlerdir ve bu zaman zarfında enerji pahalıya satılır ki tüketiciler normal ihtiyaçlarından (ocak, fırın vb. çalıştırarak) fazla enerji sarfetmesinler diye. Şebekenin yükü az olduğu zamanlarda ise, enerjinin fiatı düşük olarak satılır.

b) **Fiat sayaçları:** Fiat sayaçlarında ödenen miktar elektrik şebekelerinin yük karakteristiğine tabidir ve bu değer günde birkaç defa değişir. Sayaç, sarfiyatı doğrudan doğruya kuruş olarak gösterir. Şebekenin yük karakteristiğine göre sayaç içindeki özel bir zaman saati, sayacın hızını değişik dişlilerin devreye girmesiyle değiştirir.

c) **Zaman sayaçları:** Sarfiyatı daima sabit olan alıcı ve tesisatta, enerjinin tüketim zamanını bildiren sayaçlardır. Böyle sayaçlarla sarfiyatın hesaplanması kolay olur.

d) **Paralı (jötön'lu) sayaçlar :** İçerisine atılan belirli bir para karşılığında elektrik enerjisi geçiren sayaçlara "paralı sayaçlar" denir. Elektrik alabilmek için, sayaca tekrar para atmak icap eder. Elektrik enerjisinin bedeli önceden ödendiğinde ay sonunda, herhangi bir hesaba lüzum kalmaz.

e) **Akım sınırlayıcı:** Küçük tesisatta sayaç masrafından kurtulmak için, akım sınırlayıcıları kullanılır. Bu nevi tesisatta elektrik masrafı ay sonunda muayyen bir miktar üzerinden toptan alınır. Sayacın sarfiyatı göstermesine lüzum yoktur. Alıcılar, satıcı ile önceden anlaştıkları götürü bir bedel üzerinden ödeme yaparlar. Akım şiddeti belirli bir değeri aştığı zaman akım sınırlayıcı, devreyi açıp açıp kapattığından ışık titremeye başlar. Titreyen ışık rahatsız ettiği gibi diğer alıcılar da normal çalışmadıklarından müşteri, sarfiyatı azaltmağa mecbur kalır.

SORULAR :

- 1) Ah. Wh. kWh. MWh. ve kVARh. sembollerinden ne anlıyorsunuz?
- 2) Motorlu sayaçlar kaç çeşittir?
- 3) Amper saat, elektrodinamik ve indüksiyon sayaçlarının özelliklerini anlatınız?
- 4) Sayaçların ayarı için ve nasıl yapılır?
- 5) Üç fazlı sayaçlar kaç elemanlı olarak yapılırlar?
- 6) Sayaçların bağlantı şeması üzerindeki üç rakamlı sayıların anlamı nedir?
- 7) Sayaçlarda ne gibi özellikler aranır?
- 8) $A = U \cdot I \cdot t$, $A = I^2 \cdot R \cdot t$ ve $A = U^2 \cdot t/R$ formülleri, size neyi ifade eder?
- 9) Sayaç adı verilen cihazlar, elektrik enerjisini ölçmeye yararlar dence doğru mu tarif etmiş oluruz?
- 10) -Elektrik enerjisine karşılık ödenen para, yalnız sarfedilen enerjinin gücüne göre değil, aynı zamanda enerjinin kullanma zamanına göre hesaplanır değil mi?
- 11) 220 V. ta kullanılan elektrik ocağı 2,5 A. akım çekiyor ve günde ortalama olarak 25 dakika kullanılıyor, 30 günde sarfedilen enerjiyi Wh ve kWh cinsinden bulunuz?
C — Çalışma süresi = $25 \cdot 30 / 60 = 12,5$ saat (ayda)
 $A = U \cdot I \cdot t = 220 \cdot 2,5 \cdot 12,5 = 7500$ Wh veya 7,5 kWh.
- 12) Dengeli devreye bağlanan 3 fazlı, 4 telli bir sayacın: a) Fazlardan birinin, giriş çıkış yerleri değiştirilirse, diskin dönüş yönü ve hızı değişir mi? b) Bu fazın yükü artırılırsa diskin dönüş yönü değişir mi ve disk hangi halde durur?

BÖLÜM

8

Kombine Ölçü Aletleri

KONUNUN PLANI :

- 1 — Amper - voltmetre (multavi).
a) Multavi II, b) Multavi 5, c) Multavi S.
- 2 — Volt - Ommetreler.
- 3 — Avometreler.

Buraya kadar incelediğimiz ölçü aletleri, elektrikte kullanılan büyüklüklerin yalnız birini ölçerler. Örneğin: Akım ölçen alete ampermetre, gerilim ölçen alete voltmetre, direnç ölçen alete ommetre dendiğini biliyoruz vb. Halbuki; ölçme tekniğinde bu büyüklükleri, yerine göre ayrı ayrı ölçen birkaç ölçü aleti kullanılmayıp bunların birleşimi olan bir tek ölçü aleti de kullanılır. Bu tip birleşik aletlere "kombine ölçü aletleri" denir.⁽¹⁾

Aletin yapısı : Çeşitli büyüklüklerin ölçülmesinde kullanılan bu alet, yardımcı düzenler (bir veya birkaç bölümlü kadran, bir gösterge, bir veya birkaç adet seçici komütatör anahtar, kademeli dirençler vs.) ile ölçme sistemini bir muhafaza kutu içerisine yerleştirilmesinden meydana gelmiştir. Böylece, birkaç ölçü aleti yerine bir alet kullanıldığından hem fiat bakımından ekonomi, hem kullanma ve taşımada kolaylık sağlanmış olur. Bu tip ölçü aletlerinin çalışma prensipleri hemen hemen aynı ol-

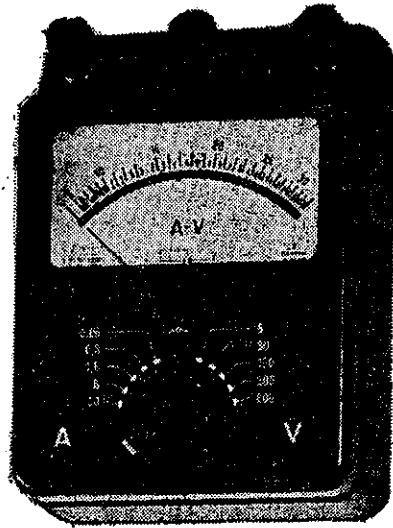
(1) Kombine ölçü aletlerine; birleşik veya üniversal ölçü aletleri veya multimetre de denir.

makla beraber, her firma değişik ölçü ve biçimde imal ederek kendi adlarını verirler,⁽²⁾ dolayısıyla kombine ölçü aletleri o kadar çeşitlidir ki en aşağı firma adedi kadar. Bir de firmaların, değişik modelleri düşünülürse hayli bir yekûn teşkil ettiğinden biz burada ancak, ölçtüğü büyüklüğün cinsine göre isim alan birkaç tipinden bahsedeceğiz.

1 — Amper - voltmetre (multavi):

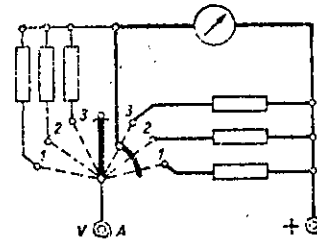
Hem akım ve hem de gerilim ölçmeğe yarayan kombine ölçü aletine "amper - voltmetre" veya "*multavi*" adı verilir. Multaviler, muhtelif değerlerdeki akım ve gerilimleri ölçmek için; aletin özelliğine göre, kadran üzerindeki taksimatı bir veya iki kademelidir.

Kadran taksimatı bir bölümlü olan multaviler, daha ziyade elektromanyetik ölçü aletlerinin kombine bir şeklidir. (Şekil: 207 a) da böyle bir ölçü aleti görülmektedir.



Sekil : 207

a. a. devrelerinde kullanılan multavi.



d. a devrelerinde kullanılan multavinin iç bağlantı şeması.

(2) Multavi, Avo, Taylor, Simpson, Unigor, Elavi, Normometre, Super Ranger modelleri gibi. Ayrıca, bu isimlerin yanına ölçtüğü büyüklüğün cinsine göre birbirlerinden ayırt edebilmek için, sayı ve harfler de yazılır (Multavi 5, Elavi 3, Taylor - 77 A, Avo model - 7 gibi).

Bu tip multaviler, yalnız alternatif akım ve gerilimlerin ölçülmesinde kullanılır. Alet ampermetre olarak kullanılacağı zaman kademe anahtarı, A tarafına voltmetre olarak kullanılacağı zaman V tarafına çevrilir. Şekildeki multavinin akım kademeleri: 0,06 - 0,3 - 1,5 - 6 - 30 Amper, gerilim kademeleri ise: 6 - 30 - 150 - 300 - 600 Volt olup alternatif akım ve gerilimlerini ölçer. Aletin dışarı çıkarılan üç bağlantı ucu vardır. Birinde V, diğerinde A ve üçüncüsü de ortak uç olup 0 işareti konmuştur.

Bugün tatbikatta daha çok döner bobinli ölçü aletleri esasına göre yapılmış multaviler kullanılır. Bunlar da iki çeşittir. Birisi, yalnız doğru akım devrelerinde akım ve gerilim ölçmek için, ikincisi ise hem doğru, hemde alternatif akım ve gerilimlerin ölçülmesinde kullanılırlar.

Yalnız doğru akım devrelerinde kullanılan bir multavinin iç bağlantı şeması (Şekil: 207 b) de gösterilmiştir. Aletin dış bağlantı ucu iki tane olup yanına da VA ve + işareti konmuştur.

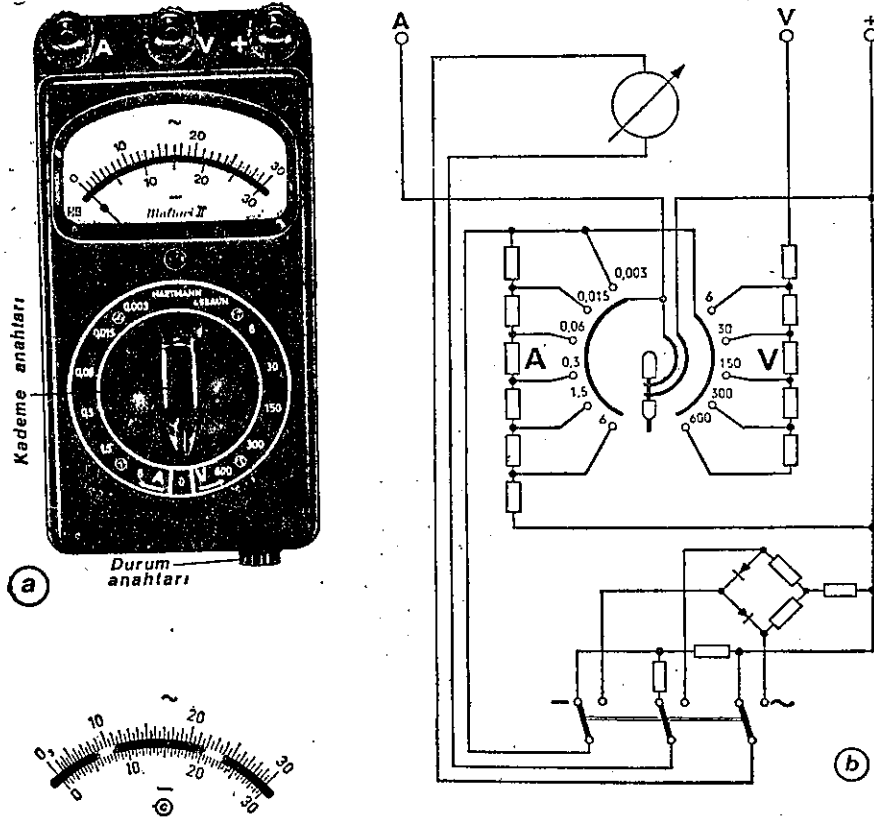
Multaviler; yapılış ve ölçme durumlarına göre numaralandırılmıştır (Multavi II, Multavi 5, Multavi S gibi). Multavi II ve Multavi S lerde dışarı çıkarılan bağlantı uçları üç, Multavi 5 de ise dört tane dir. Tatbikatta en çok bu tipleri kullanılır. Onun için, bu tip ölçü aletlerinin çalışması ve kullanılması hakkında aşağıda kısaca bilgi verilmiştir.

a) Multavi II :

Bu ölçü aleti, hem doğru hem de alternatif akım gerilimlerin ölçülmesinde kullanılır. Yalnız; alternatif akım ve gerilim ölçmelerinde aletin devresine ayrıca kuru bir redresör bağlanır. Aletin dış muhafazası üzerinde A, V, + işaretli üç bağlantı klemensi ile iki ayrı anahtarı vardır. Bu anahtarlardan biri multavinin ortasında olup "*kademe anahtarı*" veya "*Seçici anahtar*" adını alır. Bunun vazifesi, akım ve gerilim ölçmelerinde aletin döner bobinine değişik kademelerdeki dirençleri seri veya paralel bağlamaktır. Kademe anahtarının etrafı iki yarım daireye ayrılmış olup bunun bir yarısı V işaretli gerilim kademelerine, diğer yarısı ise A işaretli akım kademelerine aittir.

Multavinin, alt kenarında iki pozisyonlu küçük bir anahtar daha vardır ki bunun adına da "*durum anahtarı*" denir. Bu anahtar ~ işareti üzerinde ise aletin alternatif akım, = işareti üzerinde bulunursa aletin doğru akım ölçmelerinde kullanılacağını ifade eder. (Şekil: 208 a) da aletin kendisi, iç bağlantı şeması (Şekil: 208 b) de, kadran taksimatı da (Şekil: 208 c) de görülmektedir.

Multavi II nin kadranı üzerinde, bir ayna şeridi ile ayrılmış altta ve üstte iki taksimat çizelgesi mevcuttur. Üst taksimat \sim işaretli, alt taksimat ise $-$ işaretli, yani alternatif akım ve gerilimleri üst taksimattan, doğru akım ve gerilimleri de alt taksimattan okumak lazımdır.



Şekil : 208

Multavi II, iç bağlantı şeması ve kadranı.

Ölçmenin yapılışı :

Yukarıdaki izahlarımıza göre bu aletle, meselâ alternatif akım gerilimini ölçmek istiyoruz. Bu ölçmede şu sırayı takip ederiz.

a) Durum anahtarı, \sim işaretine getirilir.

b) Kademe anahtarı, sıfır durumundan V işaretli yarım daire üzerindeki en büyük rakam karşısına çevrilir.

c) Üretcin bir ucu V işaretli bağlantı vidasına, diğer ucu da, + işaretli bağlantı vidasına tespit edildikten sonra devrenin şalteri kapatılır.

Bu durumda aletin göstergesinde bir sapma görülür, şayet gösterenin sapma değeri az ise büyük sapma temin edinceye kadar, kademe anahtarı, kademe kademe küçük rakamlara doğru döndürülür. Burada dikkat edilecek en mühim nokta; kademe anahtarı, bir değer küçültülürken gösterge, birden sona vurabilir. Bu durumda vakit kaybetmeden hemen kademe anahtarı geri çevrilir. Aksi halde alet tehlikeye düşer.

Şimdi her kademede ölçülen değeri, kadran taksimatı üzerinden nasıl okuyacağımızı da kısaca izah edelim.

Multavilerin arkasında bir çizelge mevcut olup bu çizelge üzerinde şunlar yazılıdır. Aletin her kademesine ait şönt ve ön dirençlerin değeri ile her kademe için kadran da okunan değerlerin sabit çarpanları, yani katsayıları yazılmıştır. Aletin arkasındaki bu değerler (Çizelge: 12) de gösterilmiştir.

ÇİZELGE : 12

MULTAVİ II					
Ampermetre olarak kullanıldığında			Voltmetre olarak kullanıldığında		
Amper kademeleri A	Her kademe direnci $\Omega (R_A)$	Her kademe ait sabit çarpanlar	Volt kademeleri V	Her kademe direnci $\Omega (R_V)$	Her kademe ait sabit çarpanlar
6	0,2	0,2	600	200000	20
1,5	0,8	0,05	300	100000	10
0,3	4	0,01	150	50000	5
0,06	20	0,002	30	10000	1
0,015	76	0,0005	6	2000	0,2
0,003	300	0,0001			

Şimdi (Şekil: 208) deki multavi ile, sınıfımızda bulunan priz in uçlarındaki şebeke gerilimini ölçelim. Önce, durum anahtarını \sim işaretine, kademe anahtarını da V işaretli yarım daire üzerindeki 600 rakamı karşısına çevirelim. Sonra aletin V ile + uçlarını prize bağladığımızda, gösterge saparak 10 rakamı üzerinde dursun. Bu değer (Çizelge - 12) den 600 V. sırasındaki sabit çarpan değeri 20 ile, okunan 10 değeri çarpıldı-

dığında (10×20), 200 V. bulunmuş olur. Şimdi aletin kademe anahtarını, 300 üzerine çevirelim. Gösterge biraz daha ilerliyerek 20 üzerinde durur. Yine çizelgeden 300 sırasındaki katsayı 10 la, bu okunan değer çarpıldığında (20×10) aynen yukarıdaki değer bulunmuş olur.

Şayet aletin arkasındaki bu çizelge mevcut değil veya kaybolmuş ise o zaman şu şekilde ölçülen değeri okuyabiliriz.

Kademe anahtarının çevresindeki taksimatlı iki yarım dairenin biri gerilim kademelerini gösterir V ile, diğeri de akım kademelerini gösteren A ile işaretlendiğini söylemiştik. V, yarım daire 5 kademeli olup 6-30-150-300 ve 600 volta kadar gerilimlerin ölçülebileceğini gösterir. A yarım daire ise, 6 kademeli olup 0,003-0,015-0,06-0,3-1,5 ve 6 Ampere kadar akım şiddetlerinin ölçülebileceğini gösterir.

O halde; aletin kadranında okunan değer kademe anahtarının pozisyonuna göre değişmektedir. Yani gerilim ve akımın kademe sayısı kadar bölümlenmesi de değişir.

Aletin, mevcut kadranı altta ve üstte 6 esas bölüme ayrılmış olup her bir bölüm arasında, kısa ve uzun çizgilerle 10 a taksim edilmiştir. Kadranın başına sıfır, sonunda 30 rakamı konmuştur (Şekil: 208 c).

Meselâ; kademe anahtarı, yukarıdaki misalimizde V işaretli yarım daire üzerinde 300 rakamının karşısında bulunsun, göstergede kadran taksimatı üzerinde 20 yi gösteriyorsa devrenin gerilimi 200 volt'tur.

Bunu şu şekilde okuduk, madem ki kademe anahtarı 300 rakamı üzerinde duruyor. O halde kadran, 300 volta göre bölümlendirilmiştir (kabul edilir). Ve yine kadran 6 esas bölümden ibarettir O halde; 300/6=50 V. her bölüm arası 50 voltu gösterirse sıfırdan 20 rakamına kadar 4 esas bölüm var, 4×50=200 V. bulunur.

Örnek: 2 — Şimdi kademe anahtarı, A işaretli yarım daire üzerinde 6 rakamında bulunsun. Ve göstergede 10 rakamını gösterdiğine göre devrenin çektiği akım 2 amperdir. Çünkü; kademe anahtarı 6 üzerinde iken, kadran taksimatı 6 ampere göre taksimatlandırılmıştır. Her bölüm arası bir amperi göstereceğinden, 10 rakamına kadar 2 bölüm olduğuna göre 2 amper okunmuş olur.

Özet olarak: Kademe anahtarı ister V, ister A yarım daire üzerinde bulunsun, hangi rakamı gösteriyorsa kadran taksimatı o rakama göre bölümlendirilmiş kabul edilir.

Multavi II ile direnç ölçmek :

Gerçi, multavi II lerin direnç ölçmek için bir devresi yoktur. Yalnız, bundan evvelki direnç ölçme metotlarında da izah edildiği gibi, bütün voltmetrelere dışarıdan bir gerilim tatbik edilirse direnç ölçmek mümkündür. Alete uygulanan gerilim ne kadar yüksek olursa o nispette büyük dirençler ölçülür.

Yalnız bu ölçmede dikkat edilecek en önemli husus; aletin kademe anahtarı, dışarıdan tatbik edilecek gerilimin değerine göre ayarlanır. Örneğin, alete 4,5 voltluk bir pil bağlanırsa kademe anahtarı 6 V. üzerine, 24 volt uygulanırsa 30 V. üzerine çevrilip bırakılır ve ölçme bitinceye kadar yeri değiştirilmez (aksi halde yanlış değer ölçülür). Pek tabiidir ki, kadrandaki okumalarda kademe anahtarının pozisyonuna göre seçilir.

Ölçmenin yapılışı :

(Şekil: 209 a) daki montajda;

Multavi II, 4,5 V. luk pil, iki durumlu K anahtarı ve değeri bilinmeyen R_x direnci.

Multaviye bağlanan 4,5 V. luk pil olduğuna göre, kademe anahtarı 6 V. üzerine, durum anahtarı da = işareti tarafına çevrilip bırakılır.

Şimdi; direnç devresindeki K anahtarını önce 1 konumuna getirip aletin gösterdiği değeri okuyalım $U = 4,5$ V. (pilin gerilimi). Sonra K anahtarını 2 durumuna alarak aletin gösterdiği değeri okuyalım, meselâ bu da $U_v = 2,5$ V. olsun, (R_v direncinde düşen gerilim)

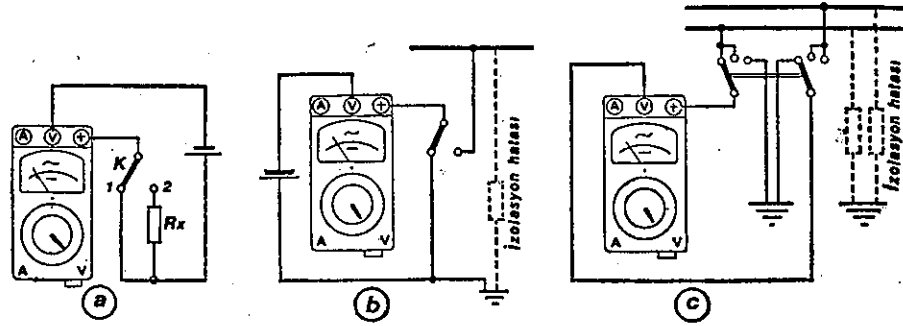
Okunan bu değerler; formül (28) de yerine konursa, R_x direncinin değeri hesaplanmış olur. Yani,

$$R_x = R_v \cdot \left(\frac{U}{U_v} - 1 \right) \text{ formülden.}$$

R_v değeri, voltmetrenin iç direnci olduğundan (Çizelge: 12) den alınır (Çizelgedeki 6 V. sırasındaki $R_v = 2000$ om'dur). O halde R_x in değeri,

$$R_x = 2000 \cdot \left(\frac{4,5}{2,5} - 1 \right) = 1600 \text{ om bulunur.}$$

Multavi II lerle; hatlarla toprak arası, iki hat arası ve elektrikli cihazların yalıtkanlık (izolasyon) dirençlerini de aynı metotla ölçmek imkanı dahilindedir. (Şekil 209 b, c).



Şekil : 209
Multavi II ile direnç ölçmek.

MULTAVİ II LERİN ÖZELLİKLERİ :

a) Bu tip multaviler, genellikle hafif (500-1000 gr. kadar) ve ebadı da çok küçük olduğundan (90×180×57 mm.) taşınmaları kolaydır.

b) Hassas bir ölçü aleti olup ölçmeleri doğru yapar. Alternatif akımda \pm % 1,5, doğru akımda \pm % 1 kadar hatalı ölçer.

c) Doğru ve alternatif akım kademeleri: 0,003-0,015-0,06-0,3-1,5-6 A.

Doğru ve alternatif gerilim kademeleri: 6-30-150-300-600 V.

Frekans: 15..50..60..500 Hz. ve aletin hassasiyeti 333 om/V dur.

b) Multavi 5

Bu tip ölçü aletinin çalışması ve kullanılması aynen, multavi II gibidir. Bir değişikliği, alternatif ve doğru gerilimleri mV. cinsinden de ölçebilmeleri için, aletin üzerine iki yönlü bir anahtar ile bir bağlama ucu daha ilâve edilmiştir (Şekil: 210). Bu tip multavi ile yine bilinmeyen dirençler ile kapasite ölçmeleri de yapılabilir.

ALETİN ÖLÇÜ KADEMELERİ VE ÖZELLİĞİ:

a) A. A kademeleri: 1,5-6-15-60-150-600 mA-1,5-6 A.

A. A gerilim kademeleri: 0,3-1,5-6-30-150-300-600 V.

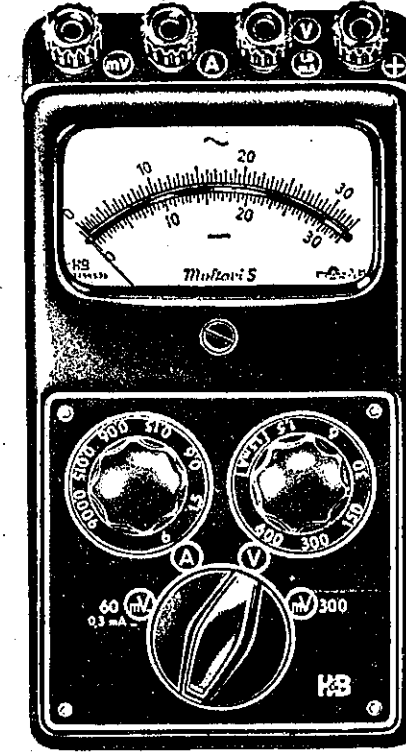
D. A kademeleri: 0,3-1,5-6-15-60-150-600 mA-1,5-6 A.

D. A gerilim kademeleri: 60-300 mV -1,5-6-30-150-300-600 V.

b) Alet, 15..50..60..10 000 Hz lik frekanslarda \pm % 1,5 doğru akım devrelerinde ise \pm % 1 hatalı ölçme yapar.

c) 60 mV. da 200, 300 mV. da 1000 ve 1,5 V. taki iç direnci de 1700 om dur. Aletin hassasiyeti ise, 666 om/V dur.

d) Multavi 5, 100×190×68 mm. ebadında olan portatif bir el aletidir.



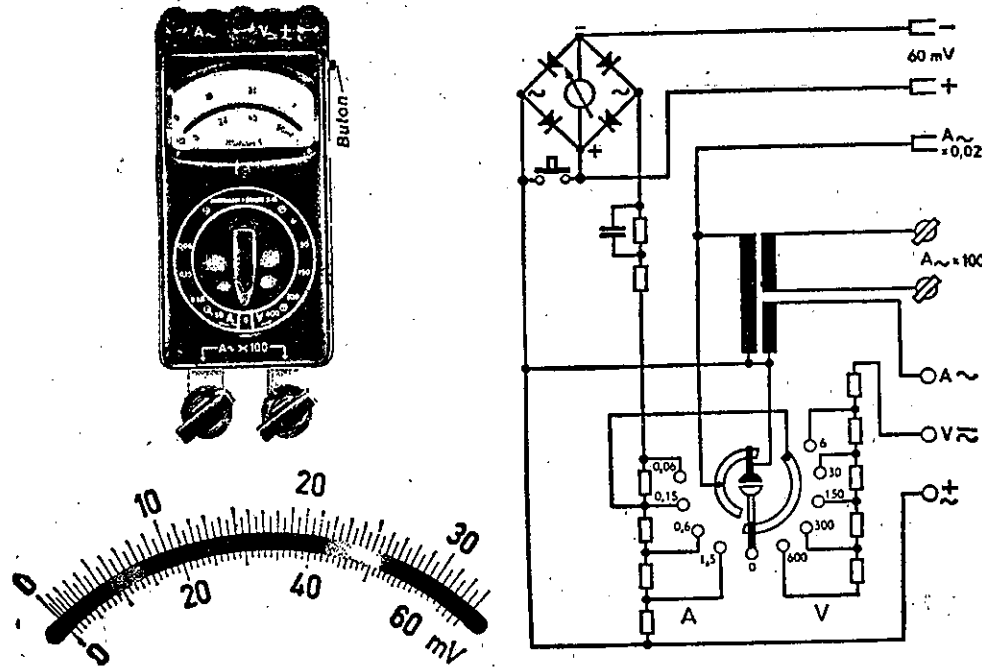
Şekil : 210

Multavi 5

c) Multavi S

Bu aletin önden görünüşü, biraz multavi II leri andırırsa da aralarında bariz farklar vardır.

Aletin Yapısı: Multavi S lerde bir tane kademe anahtarı, üç adet A ~, V ~, ~ + işaretli bağlantı vidası, bunların hemen önünde (aletin baş kenarında) + 60 mV —, A ~ × 0,02 işaretli üç adet jak yuvaları ve aletin alt kenarında da, A ~ × 100 ile gösterilen iki bakır burlu bağlantı ucu daha vardır. Yalnız bu alette durum anahtarı yerine, aletin sağ kenarına kırmızı bir buton konmuştur (Şekil: 211). Bu bağlantı uçlarına göre aletin nasıl kullanıldığı, aşağıda kısaca izah edilmiştir.



Şekil : 211

Multavi S, kadranı ve iç şeması.

1° - Doğru ve alternatif geriliminin ölçülmesi :

Doğru gerilimin ölçülmesi için, aletin \pm ve $V \approx$ işaretli iki bağlantı ucu kullanılır. Kademe anahtarı, gerilimin büyüklüğüne göre V tarafına çevrildikten sonra kırmızı butona basılır. Aletin gösterdiği değer, kadranın üst taksimatından okunur. Alternatif gerilimde yine aynı şekilde ölçülür, fakat kırmızı buton kullanılmaz. Bu kademelerde ölçülen gerilim: 6 - 30 - 150 - 300 - 600 V. tur.

2° - 60 mV. doğru gerilim ve akımın ölçülmesi:

Aletin baş tarafındaki + 60 mV — işaretli jak yuvaları kullanılıp ve aletin gösterdiği değerde alt taksimattan okunur. Bu uçlara özel şöntler bağlanırsa 4000 A. e kadar olan akımlar ölçülebilir. Yalnız bu ölçümde, kademe anahtarı ile buton kullanılmaz.

3° - Alternatif akımın ölçülmesi:

Multavi S lerle alternatif akım, üç ayrı bağlantı ile ölçülebilir.

a) $A \sim$, \pm uçları ile; bu ölçümde aletin $A \sim$, \pm işaretli bağlantı uçları ile kademe anahtarına ait $A \sim$ kısmı kullanılır ve okuma ise, üst taksimattan yapılır. Kademe anahtarının durumuna göre ölçülen değerler; 0,06 - 0,15 - 0,6 - 1,5 A. dir.

b) \pm ve $A \sim \times 0,02$ uçları ile; bu ölçümde ise, aletin \pm bağlantı vidası ile $A \sim \times 0,02$ işaretli jak fiş yuvası kullanılır. Kademe anahtarı $A \sim$ tarafındaki herhangi bir durumda iken, ölçülen değer üst taksimattan okunup 0,02 ile çarpılırsa, devrenin çekmiş olduğu akım mA. cinsinden ölçülmüş olur. Yine kademe anahtarının durumuna göre; 1,2 - 3 - 12 - 30 mA. Örneğin: Kademe anahtarı 0,6 A üzerinde iken, gösterge 10 rakamını işaret ediyorsa okunan değer; 0,2 amper demektir. Devrenin çektiği akım = $0,2 \times 0,02 = 0,004 \text{ A} = 4 \text{ mA}$. dir.

c) $A \sim \times 100$ uçları ile; bu ölçümde de bağlantı yeri, aletin alt tarafından $A \sim \times 100$ işareti ile gösterilen iki bakır lamadır. Akımı ölçülecek devrenin uçları, bu lamaların vidalarına, kademe anahtarı $A \sim$ tarafında istenilen bir yere getirilip üst taksimattan da okuması yapılır. Kademe anahtarının durumuna göre ölçülen akım kademeleri: 6 - 15 - 60 - 150 A. dir.

Örneğin: Kademe anahtarı 1,5 A pozisyonunda iken, gösterge 20 taksimatını işaret ediyorsa yani, bu bölüm bir ampere karşılık demektir. O halde ölçülen değer = $1 \times 100 = 100 \text{ A}$. dir.

MULTAVI S NİN ÖZELLİKLERİ :

Bu tip aletlerde her iki akımda, \pm % 1,5 kadar hatalı ölçmeler yapar ve 15 .. 50 .. 60 .. 3000 Hz. lik frekanslarda kullanılır.

Aletin hassasiyeti, 60 mV. için 333 om/V, 6 — 600 V. için 3333 om/V dur. ebadı ise, 90 x 215 x 68 mm. dir.

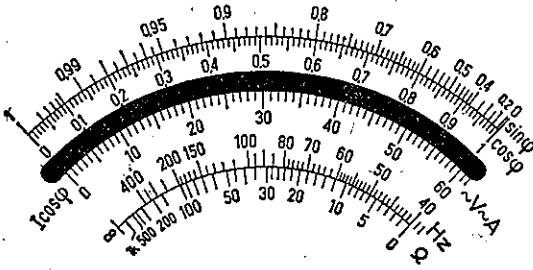
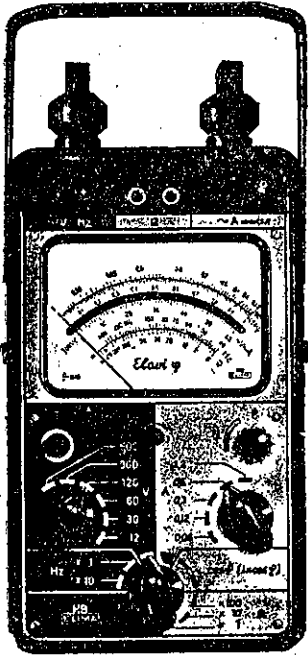
2 — Volt - Ommetreler

Bu cins kombine aletlerle hem gerilim ve hem de direnç ölçmeleri yapılır. Bunların kadran üzerindeki taksimatları, gerilim ve direnç ölçmelerine göre ayrı ayrıdır (Şekil: 212).

Volt - ommetreler, ölçülecek direncin büyüklüğüne göre, ya pil bataryalı veya manyetolu olarak, iki tipte imal edilirler. Pil bataryalı volt -

Bazı tip avometrelerde, ne kademe anahtarı ne de bağlantı vidası vardır. Bunların yerine ve değerleri yanında yazılı, jak (tek priz) yuvaları olup aletle birlikte verilen iki ucu jaklı (fişli) yumuşak kordonlar ile, aletin bağlantısı yapılır. Bu tip avometreleri genellikle Japonlar imal eder. Bazı tipleri ise tuşludur.

Kombine ölçü aletleri akım, gerilim ve direnç değerlerinden başka alternatif akımın frekansı ile güç katsayılarını ölçebilecek şekilde de yapılan tipleri vardır. (Şekil: 215 a) da Elima firmasına ait böyle bir ölçü aleti ile kadranı gösterilmiştir.



Şekil : 215 a

Akım, gerilim, $\sin \phi$, $\cos \phi$ ve frekans ölçen kombine ölçü aleti.

Kombine ölçü aletlerini kullanırken dikkat edilecek hususlar:

a) Akım ve gerilim ölçmek:

1 — Ölçülecek akım veya gerilimin cinsine göre; durum anahtarını \sim veya $=$ işaretine getirin.

2 — Ölçülecek değer, ister akım ister gerilim olsun ilgili kademe anahtarını; aletin ölçebileceği en yüksek kademesine getirin.

3 — Ölçeceğiniz akım veya gerilime göre; aletin bağlantısını yapınız (ampermetrenin seri, voltmetrenin devreye paralel bağlandığını hatırlayınız).

4 — Aletin göstergesi birden sonuna kadar sapıyorsa; ölçmeyi derhal bırakın. Çünkü; aletiniz bu değeri ya ölçülecek büyüklükte değil, ya yanlış bağlantı yaptınız veya bir kısa devre var.

5 — Doğru akım ölçmelerinde; aletiniz ters sapıyorsa bağlantı uçlarının yerini değiştiriniz.

6 — Aletinizin göstergesi ya çok az veya hiç sapmıyorsa; kademe anahtarını, kademe kademe küçültünüz. En büyük sapma temin edinceye kadar. (Gösterge ne kadar fazla sapsa, okuma hatasının o kadar az olacağını hatırlayınız.)

7 — Kademe anahtarını en son (küçük) değere getirdiğiniz halde gösterge yine sapmıyorsa; ya devrede bir kopukluk var, ya alet bozuk veya devrenin gücü aletinizi çalıştıramıyacak kadar az akım çekiyor demektir.

b) Direnç ölçmek:

1 — Direnç ölçmek için; alete dışarıdan bir gerilim tatbik etmeyiniz. Bu devrenin üretici (pili), aletin içinde mevcuttur.

2 — Kademe anahtarını; en büyük direnç değerine çeviriniz.

3 — Ölçme yapmadan evvel; aletin bağlantı uçlarını birleştirip sıfır ayarını yapınız, sonra bu uçları ölçülecek dirence bağlayınız.

4 — Büyük bir sapma temin edinceye kadar; kademe anahtarını küçültünüz (her kademe değişiminde sıfır ayarını yeniden kontrol ediniz).

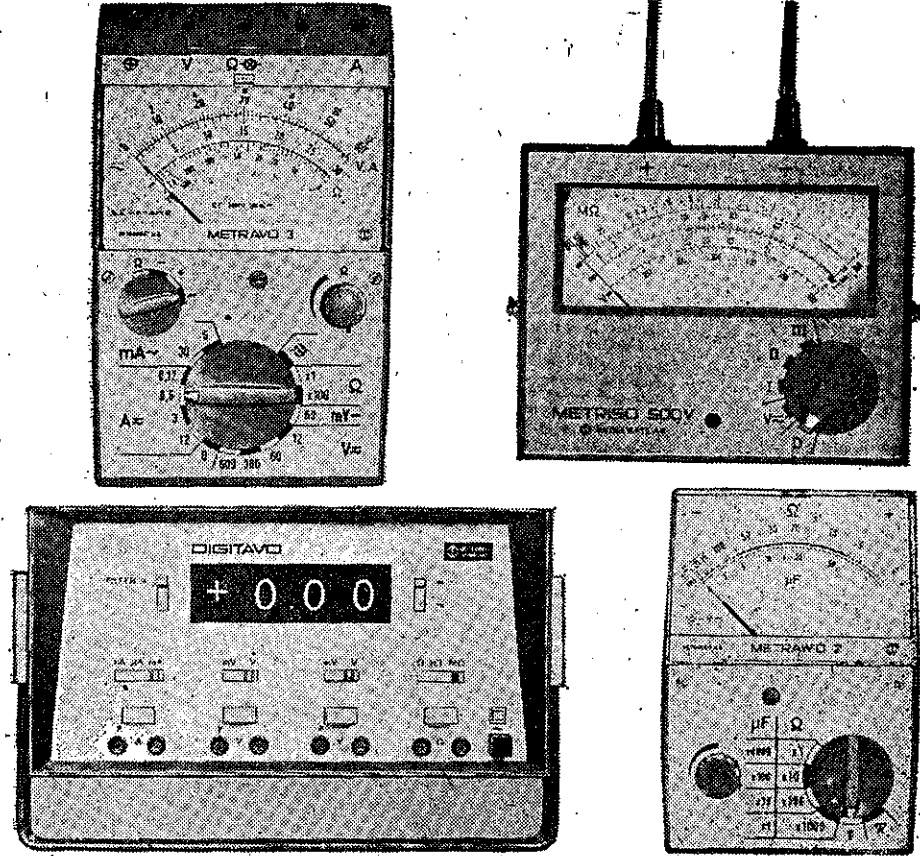
5 — İçinden akım geçen devrelerin direncini sakın ölçmeyiniz, aletiniz tehlikeye girer. İcap ediyorsa, akımını kesip ölçünüz.

Hatırlatma: Aletin kadranı üzerinde, her büyüklüğe ait taksimat bölümleri ayrı olduğundan ölçülecek değer, hangi bölümden okunacağına önceden bakılır. Genellikle bu bölümler ayrı renkli (siyah, kırmızı, mavi ve yeşil gibi) olup ayrıca bu bölümlerin baş veya sonlarına da, o büyüklüğün sembolü de yazılmıştır (A, V, Ω gibi). Bu bakımdan, ölçü yapmadan evvel aleti iyice tetkik ediniz, varsa kullanma talimatını (prospektüsünü) dikkatle okuyup sonra ölçmeye geçiniz.

(Şekil: 215 b) de de Metrawatt firmasına ait muhtelif kombine ölçü aletleri görülmektedir.

EK BİLGİ: I.

Bazı tip kombine ölçü aletlerinin kadranları üzerinde A, V, Ω gibi büyüklüklerin ölçülmesine ait taksimat bölümlerinden başka dB, °C, μ F gibi sembollerle gösterilen taksimatlı bölümlerde vardır. Bu değerlerin ölçülmesine ait bilgiler aşağıda kısaca verilmiştir.



Şekil : 215 b
Çeşitli, kombine ölçü aletleri.

A — Desibel Ölçmek (dB):

Kulağın duyabileceği minimum ses şiddetlerinin bir ölçüsüdür. (4) Birimi *desibel* (kazanç) sembolü de dB dir. Bu değer logaritmik bir sayı

(4) Gürültüleri doğrudan doğruya ölçen aletlere SONOMETRE denir. Bunlar pille çalışan küçük ve portatif bir alettir. Gürültünün, dolayısıyla sesin ölçüleceği yere yerleştirilen bir mikrofona vasıtasıyla, ses şiddeti seviyesi alet üzerindeki bir göstergeden doğrudan doğruya desibel cinsinden okunur.

ölüp daha ziyade elektronikçileri ilgilendiren güç amplifikatörleri gibi cihazların çıkış ve giriş güçlerine ait elde edilen kazanç değerlerinin ölçülmesinde kullanılır. Bu değeri ölçen alet olmadığı zaman, aşağıdaki formüllerle de hesaplanabilir.

$$1^{\circ} \text{ Güce göre debisel (dB) } = 10 \cdot \log P_2/P_1 \quad \dots \quad (66)$$

P_1 giriş gücü, P_2 çıkış gücü. Burada P_2 ; P_1 den büyük olursa kazanç (dB) + değerli, küçük olursa — değerli olarak ifade edilir.

Örneğin: Giriş takatı (P_1) = 3 wat, çıkış takatı (P_2) = 15 wat olan bir amplifikatörün desibel kazancı hesaplanırsa,

$$\text{Formül (66) ya göre, dB} = 10 \log (15/3) = 10 \log 5$$

Logaritma cetvellerinden $\log 5 = 0,69$ alınırsa $\text{dB} = 10 \times 0,69 = 6,9$ olarak takatın kazancı bulunmuş olur.

$$2^{\circ} \text{ Gerilime göre kazanç (dB) } = 20 \log (U_2/U_1) \quad \dots \quad (67)$$

U_1 = Giriş gerilimi, U_2 = Çıkış gerilimidir volt olarak.

3° Akım kazançlarının desibel cinsinden ifadesi ise:

$$\text{dB} = 20 \log (I_2/I_1). \quad \dots \quad (68)$$

(Şekil: 216 a) da görüldüğü gibi kadranı üzerinde dB bölümü olan kombine ölçü aletlerinden NORMATEST ile dB değerinin nasıl ölçüldüğünü görelim

İcap ederse önce aletin sıfır ayarı yapılır. Bunun için de:

a) Aletin uçları arasına değerleri üzerinde yazılı olan veya bilinen bir kontrol amplifikatörü bağlanır (Şekil: 216 b).

b) Aletin (Dr) durum anahtarı AC ~/AV dB karşısına getirilir.

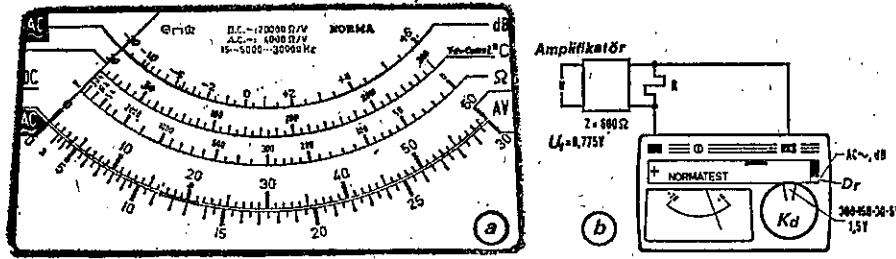
c) Aletin (Kd) kademe anahtarı üzerinde de belirtildiği gibi kadran taksimatı 1,5 V. luk alternatif akım gerilimine göre yapıldığından aletin kademe anahtarı üzerindeki 1,5 V. 0 dB durumu, AC ~ işareti karşısına çevrilir.

d) Girişi $U_1 = 0,775$ volt ve 600 om luk empedans çıkışlı kontrol amplifikatörünün ayarı, aletin göstergesi sıfırı gösterinceye kadar yapılır.

e) Aletin sıfır ayarı yapıldıktan sonra bu amplifikatörün girişine değişik frekanslı bir gerilim tatbik edilecek olursa bu amplifikatörün, desibel cinsinden kazancı ölçülmüş olur.

Buraya kadar yapılan test, sıfır ayarından şüphe edilen ölçü aletleri içindir. Değilse bu testleri yapmağa lüzum yoktur.

Şayet; desibel kazancı ölçülecek amplifikatörün giriş gerilimi 1,5 volt değerinden büyük ise, o zaman aletin seçici komütatörü üzerinde yazılı olan 6-30-150-300 V. luk alternatif gerilim kademelerinden biri ile ölçülür. Her kademeye ait yapılan ölçmedeki kadranda okunan desibel değerlere; aletin seçici komütatörü üzerinde yazılı ve her kademeye ait desibel değerleri ilâve edilir. Eğer, her gerilim kademesine ait desibel değerleri aletin üzerinde yazılı değilse o zaman aletin kullanma talimatına bakılır (Şekil: 216 c).



Şekil : 216 a b

Kombine ölçü aleti ile bir amplifikatörün desibel'ni ölçmek.

Örneğin: (Şekil: 216 b) deki aletle, 600 om luk ve 1 vatlık olan bir cihazın desibel kazancını ölçelim:

Aletin seçici komütatörü 30 V. üzerinde iken, gösterge + 4 dB üzerinde durmuş olsun, 30 V. a göre verilen 26 dB değeri ölçmede okunan değere ilâve edilirse cihazın bu gerilime göre çıkış kazancı, + 30 dB olarak bulunmuş olur (+4+26 = 30 dB).

Diğer kademelerde de aynı şekilde ölçme yapılır.

Eğer, aletin her volt kademesine ait ve ölçülen değere ilâve edilecek dB değeri aletin üzerinde veya kullanma talimatında yazılı değilse bu ilâve edilen dB değeri formül (67) ile hesaplanabilir.

Örneğin: Yukarıdaki misalimize göre, aletin seçici komütatörü 30 V. ta iken ölçme yapılmış ise:

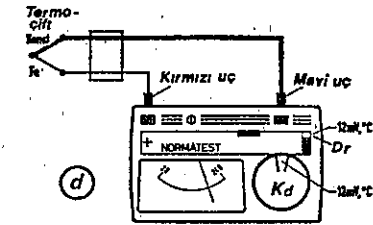
$$dB = 20 \log \frac{U_2}{U_1} = 20 \log \frac{30}{1,5} = 20 \log 20$$

log 20 nin değeri, logaritma cetvelinden alınır (log 20 = 1,3)

Buradan, dB = 20 × 1,3 = +26 bulunmuş olur. Bunu da, alette okuduğumuz değere yukarıdaki gibi ilâve edersek yine aynı neticeyi bulmuş oluruz (+4+26 = 30 dB).

Not: Mevcut aletimizin kadranı (Şekil: 216 a) da da görüldüğü gibi + 6 dB den — 20 dB kadar 1,5 V. a göre bölümlendirilmiş olduğundan diğer gerilim kademelerindeki cihazın çıkış gerilimi de bu esasa göre kadrandan okunabilir. Misalimizdeki ölçmede, gösterge + 4 dB de iken cihazın çıkış gerilimide 30 V. luk kadrán bölümünden 24,5 V. olarak okunur.

Ölçülen değerler	Okunan sabit değerler	İc direnc
Output *AC ~ 1,5 V	dB-Kadrán	2500 Ω
6 V	+ 12 dB	24 kΩ
30 V	+ 26 dB	120 kΩ
150 V	+ 40 dB	0,8 MΩ
300 V	+ 46 dB	1,2 MΩ



Şekil : 216 c d

Kombine ölçü aleti ile sıcaklık ölçmek.

B — Sıcaklık ölçmek (°C):

Yukarıda, dB ölçmede kullandığımız aynı kombine ölçü aletinin kadranı üzerinde bir de °C cinsinden bölümlendirilmiş bir taksimat daha vardır. Her taksimat çizgisinin arası 5 °C yi gösterecek şekilde 20 den 240 °C ye kadar bölümlendirildiği için, bu aletle ancak 20 ilâ 240 °C arasındaki sıcaklıklar ölçülebilir. Yalnız bu sıcaklık değerlerinin ölçülebilmesi için de aletin kadrán bölümü üzerinde de işaret edildiği gibi sıcaklığı ölçülecek yere (fırın vb.) demir-konstantan (Fe-Konst) dan yapılmış bir termo eleman (çift) koymak icap eder. Aksi halde başka çiftlerle yapılan ölçmeler hatalı neticeler verir. Çünkü, aletin kadranı bu çiftlerden doğan gerilime göre bölümlendirilmiştir. Bu aletle sıcaklık ölçülmesine ait bağlantı (Şekil: 216 d) de gösterildiği gibi durum anahtarı 12 mV °C karşısına, kademe anahtarının 12 mV °C işaretli kısmı da AC ~ işareti karşısına getirildiğinde, alet doğrudan doğruya ölçülen sıcaklığı °C cinsinden gösterir.

c) ÇIKIŞ (OUTPUT) ölçmek :

Bir cihazın dB ölçüsü hem alternatif akım (AC) durumunda, hem de OUTPUT durumunda da ölçülebilir. Yalnız dB i ölçülecek cihazın devresinde doğru akım (DC) varsa, ölçme OUTPUT durumunda yapılır (SIMPSON MODEL 260 kombine ölçü aletlerinde olduğu gibi).

Bazı tip kombine ölçü aletlerinin üzerinde görülen, aşağıdaki düğme veya butonlar da vardır.

a) **CUT - OUT** (mekanik devre kesen) düğmesi: Bu düğme, alete bir nevi sigorta (koruyucu) vazifesi görür. Şöyleki, alete tatbik edilen gerilim şayet ölçme alanından büyük veya alet om kademesinde iken dikkatsizlik neticesi bir gerilim tatbik edilecek olursa; aletin göstergesi birden saparak kadranın sonuna konmuş olan bir kontakta sertçe vurunca bu kontak açılarak aletin ölçü devresindeki akımı keser. Hata giderildikten sonra bu düğmeye basılıp çevrilirse açılan devre tekrar eskisi gibi kapanır (AVO MODEL - 7 de olduğu gibi).

b) **÷ 2 Düğmesi**: Üzerinde **÷ 2** işaretli düğmesi bulunan böyle ölçü aletleri ile akım veya gerilim ölçerken gösterge, kadran taksimatının yarısını geçmiyor ise bu düğmeye basıldığı zaman gösterge öncekinin iki katı sapar. Böylece aletin hassasiyeti artırıldığı gibi okuma hatası da yarıya indirilmiş olur. Yalnız bu şekilde bir ölçme yapılırsa kadranda okunan değer, yarısı alınmalıdır.

EK BİLGİ II

1) **pH. METRE**: Eriyik içersine daldırılan iki elektrodun meydana getirdiği gerilimi pH veya mV olarak ölçen alete pH metre denir. Bu alet daha ziyade kimyacıları ilgilendirir.

2) **KONDUKTİVİTE - METRE** (Radyometer): Eriyiklerin iletkenliğini Siemens (mho) cinsinden ölçen aletlere denir.⁽⁵⁾

3) **KOLORİMETRE**: Muhtelif renkli eriyiklerin ışık geçirgenliğini ölçen alete kolorimetre denir. Yine bu aletler de kimyacıları ilgilendirir.

4) **FLÜMETRE**: Akı değişimini doğrudan doğruya Maksvel cinsinden ölçen ölçü aletine flümetre denir.

SORULAR :

- 1) Kombine ölçü aleti neye denir?
- 2) Bütün kombine ölçü aletlerinin çalışma prensipleri, aynı mıdır?
- 3) Multavi ne ölçer?
- 4) Multavi II ile atelyenizdeki pirizin uçlarındaki gerilimi nasıl ölçersiniz?
- 5) Bir doğru akım voltmetresi ile direnç ölçebilir misiniz?
- 6) Volt - ommetreler ne ölçer?
- 7) Avometreler hakkında bilgi veriniz?
- 8) Kombine ölçü aletlerini kullanırken, dikkat edilecek hususlar nelerdir?

⁽⁵⁾ Ohm'un tersine Siemens te denir ($S = 1/\Omega$) ve S harfi ile gösterilir.

1 Siemens (S) = 1000 milsiemens (mS), 1mS = 1000 mikrosiemens (μ S).

Siemens : (1816-1892) Alman fizikçisi ve mühendisi.

BÖLÜM

9

Arıza Yerlerinin Tayini

KONUNUN PLANI :

Giriş :

- 1 — Toprak kaçak arızası.
- 2 — İletkenler arasındaki kaçak tayini.
- 3 — Kablo iletkenlerinde kopukluğun tayini.
- 4 — Araştırma metotlarıyla kablo arızalarının tayini.
- 5 — Kablo ve havâi hatlarda elektromanyetik dalgaların yayılma zamanının ölçülmesinden istifade ederek arıza yerinin tayini.

Giriş :

Bu bölümde elektrik hatlarında ve kablolarında meydana gelen arıza yerlerinin ölçülmesi hakkında bilgi verilecektir.

Elektrik enerjisinin bir yerden diğer bir yere iletilmesi ya havâi hatlarla veya yeraltı kabloları ile yapılır. Her iki iletim hattında da meydana gelen arızalar genel olarak iki çeşittir:

- 1) İletkenlerin kopması.
- 2) İletkenlerin birbirine veya toprağa değmeleri.

Havâi hatlardaki arızalar, şu sebeplerden meydana gelir:

- a) **Mevsim şartları** — Kar, yağmur, fırtına, soğuk, sıcak vb. olaylardan.
- b) **Mekanik etkiler** — Çarpma ve vurmada ileri gelen etkilerdir.

Yeraltı kablolarında, iletkenlerin birbirlerine veya toprağa temasları, yalıtım dirençlerinin azalmasından ileri gelir. Bu arızaya *yalıtım*

arızası veya kaçak arızası denir. Yalıtkanlığın tamamen bozulup sıfır de-
necek kadar küçülmesinden ileri gelen arızaya da *kısa devre arızası* de-
nir.

Kablo iletkenlerinin biri veya birkaçı kopmuş olursa buna da *kopuk-
luk arızası* denir.

Yukarıda yapılan kısa açıklamalardan anlaşılacağı üzere, meydana
gelen arızalar çok çeşitlidir.

Arızanın tayininde ilk yapılacak iş; önce arızanın cinsini tespit et-
mek, sonra uygulanacak metodu seçmektir. Arıza çeşitlerine göre birçok
metot olmakla beraber, bir de arızayı arayan teknisyenin pratik tecrü-
beleri önemli bir yer tutar. Çünkü, tatbikatta o kadar değişik durumlar
meydana gelir ki; bilinen metotlar daima doğru sonuç vermeyebilir. Elek-
trik üreten şirketlerin abonelerine devamlı olarak enerji vermeleri mec-
buriyeti göz önüne alınırsa arızanın kolayca bulunup, çabuk giderilmesi
bu işle uğraşan teknisyenin her kablonun çeşidine göre arıza üzerinde
esaslı bilgisi ve pratiği olması icap eder.

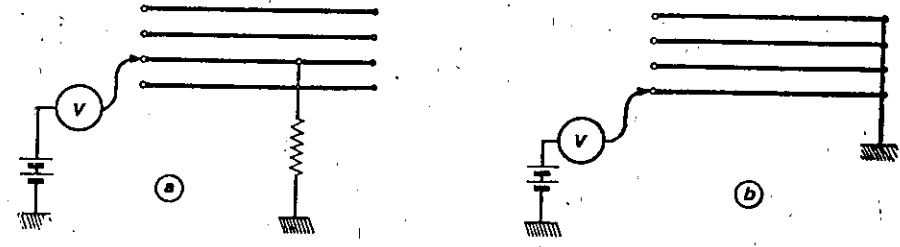
Basit olarak arızanın cinsini ve arızalı hattın hangisi olduğunu bula-
bilmek için, aşağıda yazılı deneylerin sıra ile yapılması lâzımdır.

1) Arızalı olduğu anlaşılan kablonun her iki ucu bağlı bulunduğu
yerden sökülür.

2) Kablo iletkenlerinin birbirine olan dirençleri ile toprakla temas
dirençleri ayrı ayrı, ya manyetolu bir galvanometre ile veya bir voltmet-
re, bir batarya kullanarak ölçülür (Şekil: 217 a). Bu deneyi yaparken ilet-
kenlerin diğer uçları, ne toprağa ve ne de birbirleriyle temas halinde ol-
mamalıdır.

Yalıtım dirençleri küçük çıkan hatlar arasında, bir temas (değme)
olduğu anlaşılır. Eğer yalıtım direnci çok küçük çıkarsa, hatlar arasın-
da kısa devre durumu var demektir.

3) Hatlarda kopma olup olmadığını anlamak için de (Şekil: 217 b)
de görüldüğü gibi iletkenlerin sonlarındaki uçlar birbirine bağlanarak
topraklanır. Dirençleri, yalıtkanlık muayene aleti ile veya bir voltmetre
ve batarya ile ölçülür. Direnç sonsuz çıkarsa veya voltmetre ile yapılan
ölçmede, voltmetre göstergesi sapsamza o iletkenin kopuk olduğu anla-
şılır.



Şekil : 217

Kablo iletkenlerinin birbirine veya
toprağa temalarının kontrolü için,
baş ve son uçları serbest bırakılır.

Kablo iletkenlerinin son uçları
birleştirilip topraklandıktan sonra
kopukluk aranır.

Bu deneyi şu şekilde de yapmak mümkündür:

İletkenlerin son uçları birleştirilip ikiye ikiye ölçülür. Ölçü aleti
sonsuzu gösterdiği zaman iki hattın birinin, kopuk olduğu anlaşılır. Bu
iki iletken bu defa diğer hatlarla kontrol edilirse hangisinde kopma oldu-
ğu belli olur. Böylece arızanın cinsi bulunduğundan sonra, arıza yerinin
uzaklığını ölçme işlemine geçilir.

Şimdi arıza uzaklığının ölçülmesine ait örnekler üzerinde duralım.

1 — TOPRAK KAÇAK ARIZASI :

Bu arıza daha ziyade o iletkenden, fazla akım geçmesinden anlaşılır.
(Şekil: 218) de görüldüğü gibi AB noktalarını birleştiren iletkenin C nok-
tasında, toprakla temas olduğunu kabul edelim. (Burada, toprak temas
direnci göz önüne alınmamıştır. $R_g = 0$).

Arıza yerinin A ve B noktasına olan uzaklığı şu şekilde hesaplanır:

Ommetrenin bir ucu hattın A noktasına, diğer ucu da toprakla bir-
leştirilir. Ommetrenin gösterdiği değer AC arasındaki iletkenin direnci-
ni verir (R_x).

L = Önceden bilinen ve metre cinsinden AB uzaklığı.

ρ = AB arasındaki iletkenin öz direnci.

S = AB arasındaki iletkenin kesiti.

R_x = AC arasındaki ölçülen iletkenin direnci.

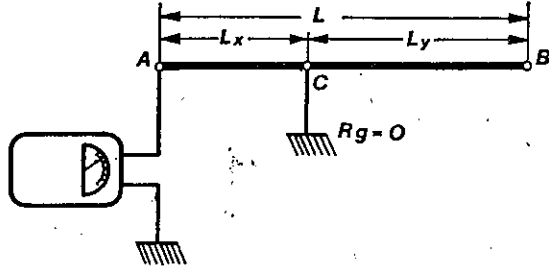
L_x = Tayin edilecek AC uzaklığı.

L_y = Tayin edilecek CB uzaklığı.

Yukarıda yazılı değerler bizce bilindikten sonra; hatların elektrik direncini veren formülden faydalanabiliriz.

$$L_x = \frac{R_x \cdot S}{\rho} \text{ metre bulunur.} \quad (69)$$

$L = L_x + L_y$ den de $L_y = L - L_x$ bulunabilir.



Şekil : 218

Bir ommetre ile toprağa kaçak tayini

a) Murray'nin halkalama usulü ile toprağa kaçak yerinin tayini:

Bu metodun uygulanabilmesi için arızalı hattın yanında, sağlam bir hatta ihtiyaç vardır. Bir AB hattının F gibi bir noktasında toprağa kaçak olduğunu kabul edelim. L_x uzaklığını bulmak için (Şekil: 219) daki bağlantı yapılır. Telli veston köprüsü esasına göre yapılan bu ölçmeye, "MURRAY'ın halkalama usulü" denir.

Arızalı AB hattının yanında, sağlam ED hattı alınır. Galvanometrenin bir ucu E noktasına diğer ucu A noktasına bağlanır. Hatların nihayeteki BD uçları da, birbirine direnci çok ufak, kalın bir iletken ile birleştirilir. AB hattı ile ED hattının boyu ve kesiti aynıdır. Eğer aynı değilse doğru olarak verilmesi lâzımdır. Esasen bu değerler mevcut plan ve kayıtlardan da hemen okunabilir.

Bu duruma göre; EF ve AF kollarında hesaplanan değer,

$$L + L - L_x = 2L - L_x \text{ dir. Buradan;}$$

L_x uzunluğundaki hattın direnci bulunur. Telli veston köprüsünde de açıklandığı gibi C kursorünün sağa-sola kaydırılması ile köprü dengeye getirildikten sonra aşağıdaki bağıntı yazılır.

$$\frac{L_1}{L_2} = \frac{2 \cdot L - L_x}{L_x} \text{ buradan } L_x \text{ hesaplanırsa}$$

$$L_1 \cdot L_x = L_2 (2 \cdot L - L_x)$$

$$L_1 \cdot L_x = 2 \cdot L \cdot L_2 - L_2 \cdot L_x$$

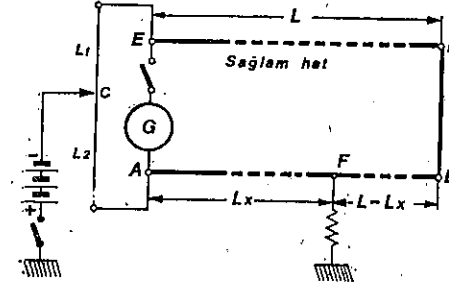
$$L_1 \cdot L_x + L_2 \cdot L_x = 2L \cdot L_2$$

$$L_x(L_1 + L_2) = 2L \cdot L_2$$

$$L_x = \frac{2L \cdot L_2}{L_1 + L_2} \text{ bulunur.} \quad (70)$$

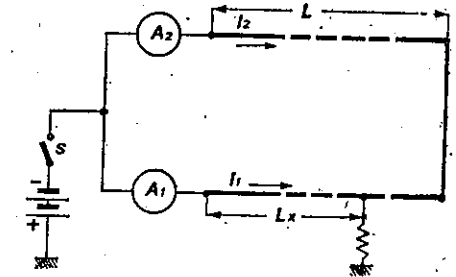
Burada uzunluk metre cinsinden alınırsa L_x metre cinsinden, mm olarak alınırsa L_x mm. cinsinden bulunur.⁽¹⁾

Murray'ın halkalama usulü daha ziyade direnci büyük olan hatlarda uygulanır (telefon veya telgraf hatları gibi).



Şekil : 219

Murray'nin halkalama metodu ile toprağa kaçak yerinin tayini.



Şekil : 220

İki ampermetre metodu ile toprağa kaçak yerinin tayini.

b) İki ampermetre metodu ile toprağa kaçak yerinin tayini:

(Şekil: 220) deki montaj kurularak arızalı ve sağlam hatların sonları birleştirilip baş taraflarına da birer ampermetre bağlanır. Sonra devrenin S şaltetri kapatılır. Uzunlukları ve kesitleri aynı olan bu iletken-

(1) C kursorünün üzerinde hareket ettiği L_1 ve L_2 nin, bütün uzunluğu boyunca kesiti aynı olan, ince manganin bir tel olup boyu bir metredir. Formülde bu değer, doğrudan doğruya yerine m. veya mm. cinsinden konabilir. Telin altına, milimetrik bir taksimat konursa okumalar daha çabuk olur.

lerden geçen akımlar ampermetreden okunup aşağıdaki formüle uygulanırsa, L_x mesafesi hesaplanmış olur.

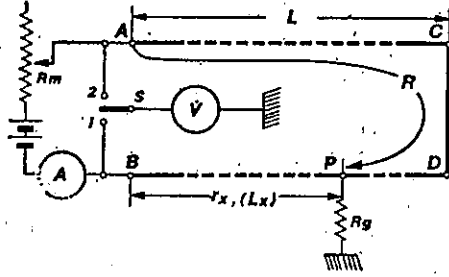
$$L_x = 2L \cdot \frac{I_2}{I_1 + I_2} \quad (71)$$

c) Gerilim ölçme metodu ile toprağa kaçak yerinin tayini

(Şekil: 221) de görüldüğü gibi bu bağlantının düzenlenmesi için bir voltmetre ile ampermetreye ihtiyaç vardır. Devreden geçen akım şiddeti, ampermetre ve üreteçle seri bağlı olan R_m sürgülü direnci yardımıyla ayarlanarak sabit tutulur. Voltmetrenin bir ucu S şalterine bağlı olup diğer ucu topraklanmıştır.

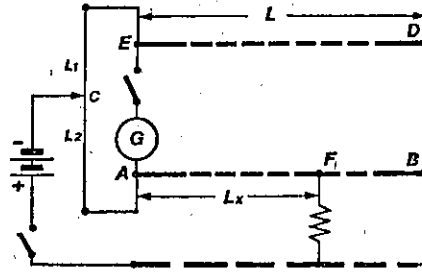
r_x = Arızalı hattın (BP) direnci, R_g = Toprak temas direnci.

R = Sağlam hatla arızalı hattın, arıza yerine kadar olan toplam direnci yani, (ACDP) arasındaki direnç.



Şekil : 221

Gerilim ölçme metodu ile toprağa kaçak tayini.



Şekil : 222

Murray'nin halkalama yöntemiyle iletkenler arasındaki kaçak tayini.

Ölçmenin yapılışı :

Hatların son uçları CD kısa devre edilir. S anahtarı 1 durumunda iken devreden bir I akımı geçirilir. Voltmetre o zaman BP uçları arasındaki V_1 gerilimini gösterir. Anahtar 2 durumuna alınca voltmetre bu defa AP uçları arasındaki V_2 gerilimini gösterir.

Ohm kanununa göre;

$$\text{Birinci deneyden: } V_1 = r_x \cdot I \quad (a)$$

$$\text{İkinci deneyden: } V_2 = R \cdot I \quad (b)$$

(a) ve (b) formüllerini birbirine bölecek olursak;

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{r_x}{R} \quad \text{veya} \quad (c)$$

$$\frac{V_1}{V_1 + V_2} = \frac{r_x}{r_x + R} \quad \text{bağıntısı yazılabilir.} \quad (d)$$

Dirençler yerine, uzunlukları alacak olursak (d) ifadesi şu şekilde de yazılabilir.

$$\frac{V_1}{V_1 + V_2} = \frac{L_x}{2L} \quad \text{buradan da} \quad (e)$$

$$L_x = \frac{2L \cdot V_1}{V_1 + V_2} \quad \text{bulunur.} \quad (72)$$

Not : Bu ölçmede kullanılan voltmetrenin iç direnci çok büyük olması icap ettiğinden ekseriya, elektrostatik voltmetreler kullanılır.

2 — İLETKENLER ARASINDAKİ KAÇAK TAYİNİ

Mevcut kablonun iletkenlerinden biri, toprağa değil de yakınında bulunan iletkenlerden biri ile herhangi bir sebepten temas⁽²⁾ halinde ise, bu arıza mesafesinin bulunması için çeşitli metotlar uygulanırsa da, biz burada yalnız iki metottan bahsedeceğiz.

a) Murray'nin halkalama usulü ile:

İletkenler arasında bir kaçak olduğu zaman Murray'nin halkalama usulündeki montaj uygulanır. (Şekil: 222) de görüldüğü gibi bataryanın bir ucu toprak yerine bu vazifeyi gören ve aralarında arıza olan iletkenlerden birine bağlanır. Yalnız bu ölçmede; üçüncü bir sağlam hatta ihtiyaç vardır. Arıza mesafesinin bulunması, Murray metodunun aynı olduğundan L_x değeri de, aynen (70) formülü ile hesaplanabilir.

Şayet ölçmedeki kaçak direnci çok büyük çıkacak olursa, neticenin daha doğru ve hassas olması için, batarya ile galvanometrenin yeri değiştirilerek köprüden büyük bir akım geçmesi temin edilir. Bu suretle (Şekil: 219 ve 222) deki galvanometrenin bir ucu (C) sürgüsüne, diğer ucu da toprağa veya arızalı hatlara bağlanır.

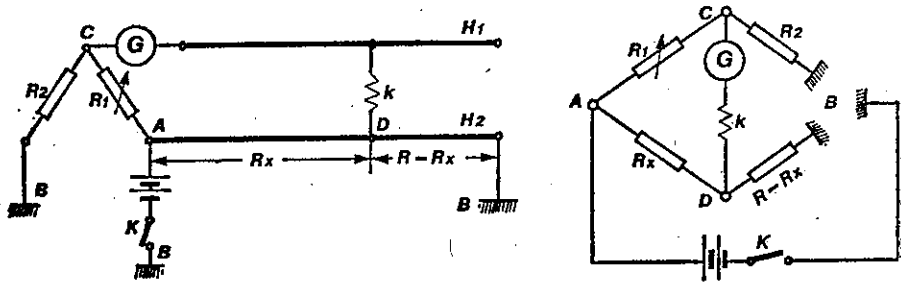
(2) Kablonun iki iletkeni birbirine temas ettiği zaman telefonculukta buna "karışma" denilir. Bunun belirtisi; telefon konuşmalarının birbirine karışması ve telefon zillerinin yanlış olarak çalması gibi.

Yukarıdaki usullerle arıza yerinin tayininde, toprak direnci nazarı itibare alınmamıştır. Eğer toprak kaçak direnci büyük olursa ölçmede hassasiyet azalır. Çünkü; köprü devresinden geçen akım küçük olur. Bunun için, büyük ve ani gerilim darbesi ile meydana getirilen şerrare ile temas direncini azaltmak icap eder. Yüksek akım kablolarında arıza yerini bulmak için köprüden geçecek akıma, 5 Amp. kadar müsaade edilmelidir. Murray'ın halkalama usulü ile bulunan mesafeye, bağlantı yerlerinin dirençleri de hesaba girdiğinden, bu değer büyük kesitli küçük dirençli kablolarla ihmal edilemeyecek kadar büyük olup neticenin hatalı çıkmasına sebep olur. Bu yüzden bu metot daha ziyade ince kesitli, büyük dirençli zayıf akım kablolarında daha iyi neticeler vermektedir (telefon ve telgraf hatları gibi).

b) Veston köprüsü montajı ile:

Veston köprüsü esasına göre kurulan bu montajda da görüldüğü gibi (Şekil: 223), hatlardan biri meselâ H_2 nin son ucu toprakla, diğer ucu da pil ve köprünün R_1 direnci ile birleştirilir. Pilin diğer ucu ise topraklanır. Yanındaki H_1 hattının da son ucu bağlantı yerinden sökülüp herhangi bir yerle teması kesilir ve öbür ucu da galvanometreye bağlanır. Galvanometrenin ikinci ucu ise değeri bilinen R_1 ve R_2 direnci ile birleştirilip, R_2 nin öbür ucu da topraklandıktan sonra montaj tamamlanmış olur.

Veston köprüsü konusunda da izah edildiği gibi R_1 ve R_2 dirençlerini ayar etmek suretiyle, köprü dengeye getirildiği zaman, aşağıdaki münasebet yazılır (karşılıklı dirençlerin çarpımları birbirine eşittir prensibinden).



Şekil : 223

Veston köprüsü montajı ile iletkenler arasındaki kaçak tayini.

$R_1 \cdot (R - R_x) = R_x \cdot R_2$ dir. Buradan R_x direnci

$$R_x = \frac{R_1 \cdot R}{R_1 + R_2} \text{ bulunur. (73)}$$

Bu formülle, arıza mesafesinin R_x direnci bulunduğundan sonra (hattın boyu ve kesiti de bilindiğinden), formül (69) da yerine konarak L_x mesafesi hesaplanmış olur.

3 — KABLO İLETKENLERİNDE KOPUKLUĞUN TAYİNİ:

a) Telli köprülerle :

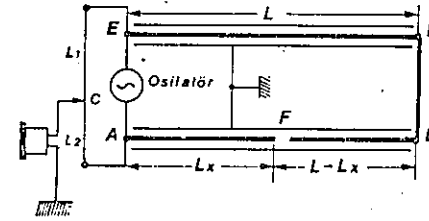
Bu metotta Murray'ın halkalama usulüne benzediği için ikinci bir sağlam hatta lüzum vardır. Hatların son uçları kalın bir iletkenle birleştirilip başlangıç uçları da telli bir köprüye bağlanır (Şekil: 224).

Hattın başlangıç yeri ile kopuk yere kadar olan kısmı, kendisi ile zırh ve toprak veya kendisine paralel giden diğer bir hat arasında, bir kapasite teşkil eder. Bunun değeri, hattın boyu ile doğru orantılıdır. Bu kapasitenin değerini ölçmekle arızanın uzaklığı tayin edilmiş olur. Şekilden anlaşılacağı üzere köprü yüksek frekans generatörü veya osilatör ile beslenmiştir. Köprüden alternatif akımın geçip geçmediğini anlamak için, devreye akımın varlığını gösteren çok defa telefon kulaklığı kullanılır. Kulaklığın bir ucu köprünün C sürgüsüne, diğer ucu da toprağa bağlanmıştır.

Köprüden ve CF den akım geçince, telefon kulaklığından bir ses iştilir. C sürgüsü ile köprü dengeye getirilir. Kulaklıkta ses kesilip en küçük değere inince köprünün L_1 ve L_2 değerlerinin uzunlukları okunur ve;

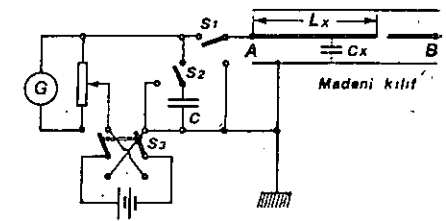
$$L_x = \frac{2 L_1 \cdot L_2}{L_1 + L_2} \text{ bağıntısından } L_x \text{ in değeri hesaplanır. . . . (74)}$$

Formüldeki L değeri kablunun AB boyu olup bilinmektedir.



Şekil : 224

Telli köprülerle kopukluk tayini.



Şekil : 225

Kapasite test ile kopukluk tayini.

b) Kapasite test ile:

Kablo iletkenlerinde bir kopukluk varsa böyle hallerde kopuk yer, "Kapasite test" ile tayin edilir. Her kablonun yere veya yanındaki paralel, diğer bir kabloya göre bir kapasitesi vardır. Kapasitenin değeri; kablonun boyu ile orantılıdır. Buna göre bütün kablonun kapasitesi C_t , bir uçtan arıza uzaklığına kadar olan kapasitesi de C_x ise; bu uçtan arıza yerine olan L_x uzaklığı,

$$L_x = \frac{C_x}{C_t} \cdot \text{Kablonun bütün boyu}$$

bağıntısından hesaplanabilir. Bu duruma göre L_x i tayin etmek için yegâne lâzım olan değer C_x i tayin etmekten ibarettir. Bunu tayin etmek için, bir batarya ve bir balistik galvanometre veya bir yüksek frekans köprü devresi kullanılır. Bugün ise, daha çok alternatif akımla beslenen köprüler kullanılmaktadır.

(Şekil: 225) de bir batarya ve bir balistik galvanometre ile tertiple-nen bağlantı, kopukluk yerinin ölçülmesini göstermektedir.

S_1, S_2, S_3 = Devre anahtarları.

C = Değeri bilinen standart bir kondansatör.

C_x = Arızalı kısmın kapasitesi.

Ölçmenin yapılışı: S_2 anahtarı açık iken, S_1 anahtarı kapatılır, kablonun arızalı kısmının C_x kapasitesi şarj edilir (doldurulur). Şarj esnasında galvanometre göstergesinin verdiği en büyük değer okunur ve bir yere yazılır. Bu değere D_x diyelim. Sonra S_1 anahtarını açıp, S_2 anahtarını kapatalım, C kondansatörü doldurulmuş olur. Galvanometre göstergesinin yine en büyük değeri okunur. Bu değere de, D_c diyelim. Buradan;

$$\frac{\text{Kablonun arızalı kısmının kapasitesi}}{\text{Standart kondansatörün kapasitesi}} = \frac{D_x}{D_c}$$

$$\frac{C_x}{C} = \frac{D_x}{D_c} \quad \text{den} \quad C_x = C \cdot \frac{D_x}{D_c} \quad \text{bulunur.} \quad (75)$$

Eğer kablonun bütün kapasitesi C_t biliniyorsa;

$$L_x = \frac{C_x}{C_t} \cdot \text{Bütün kablonun uzunluğu (L)} \quad (76)$$

ifadesinden L_x mesafesi hesaplanmış olur.

c) Kapasite köprüleri ile:

Gerek taşınmaları ve gerekse ölçmeleri bakımından kolaylıklar sağ-layan ve bu maksatlar için özel olarak hazırlanmış olan köprülere "Kapasite köprüleri" denir. Aletin yapımında, ölçmede hattın yalıtım direncinin etkisi de göz önüne alındığından doğru ölçme yaptıkları gibi kolayda dengeye gelirler. Kapasite köprülerinin üretici, aletin içinde olup bir kuru pil bataryasıdır. Kulaklıkla, direnç ölçme metotlarında da izah ettiğimiz gibi doğru akım, bir vibratör (bizer) vasıtasıyla alternatif akıma çevrilererek köprü beslenir. (Şekil: 226 a) da, böyle bir tip ölçü aletinin prensip şeması gösterilmiştir.

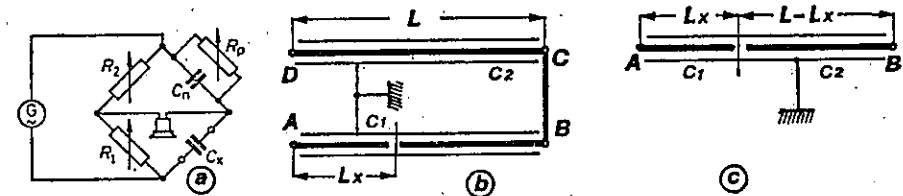
Ölçülecek kapasite, C_x uçlarına bağlanıp R_1, R_2 ve C_n değerleri ayarlanarak kulaklıktaki ses asgariye indirilir. Bu durumda köprü dengeye gelmiş demektir. Yani alet,

$$C_x = \frac{R_2}{R_1} \cdot C_n \quad \text{münasebetini gösterir.} \quad (77)$$

Bu ifadenin değeri, alet üzerine bölümlendirilmiş olduğundan C_x kıymeti hesaplanmadan doğrudan doğruya kadrandan okunur.

Kapasite köprüleri ile ölçmenin yapılışı:

(Şekil: 226 b) de gösterilen AB kopuk hattının B ucu, sağlam olan hattın C ucu ile birleştirilir.



Şekil : 226

Kapasite köprüsü ile kopukluk tayini.

Aletin C_x ucu, önce kopuk hattın A ucu ile toprak arasındaki C_1 kapasitesi, sonra sağlam kablonun D ucu ile toprak arasındaki C_2 kapasitesi ölçülerek aşağıdaki bağıntıdan L_x uzaklığı, tayin edilmiş olur:

$$L_x = \frac{2L \cdot C_1}{C_1 + C_2} \quad (78)$$

Kablo iletkenlerinin bir kaç yerine hepsi kopuk olursa, o zaman kablo iletkenlerinin başlangıcı ile sonu arasındaki kapasiteler ayrı ayrı, her

iki taraftan ölçülerek bulunur. Bu ölçmeden emin olabilmek için, aynı kablonun diğer iletkenlerinden de ölçmeler yapılır. İletkenin A ucu ile toprak arasındaki ölçülen kapasitesi, C_1 ise aynı iletkenin sondaki B ucu ile toprak arasındaki kapasitesi de C_2 olsun. Bu değerler uzunluklarla orantılı olduğundan aşağıdaki bağıntı yazılarak L_x uzaklığı bulunmuş olur (Şekil: 226 c).

$$L_x = \frac{L \cdot C_1}{C_1 + C_2} \dots \dots \dots (79)$$

4 — ARAŞTIRMA METOTLARIYLA KABLO ARIZALARININ TAYİNİ:

Buraya kadar verilen metotlarla arıza yerinin uzaklığı metresi metresine bulunamaz. Kopukluk mesafesi aşağı yukarı bulunabilirse de, kaçak yerinin arızası kablonun neresinde olduğu görülmediğinden böyle bir yerin arızası, noktası noktasına bulunması icap eder. Örneğin;

5 km. uzunluğunda bir kablodaki arıza yerinin tayininde, bundan önce kullanılan metotlarda % 2,5 gibi bir hata yapılmış ve arıza yeri tespit edilmiş ise; arıza noktası, gerçek yerinden 25 metre ileride veya 25 metre geride olabilir. Bu takdirde bu kadar kabloyu muhtelif yerlerinden kontrol etmek için, parçalamak icap eder. Bu işlem hem yorucu ve hem de masraflıdır. Onun için, arıza yerlerini tam olarak bulmaya yarayan metotlar da vardır ki bu metotlara, "araştırma metotları" denir. Bu hususta aşağıda iki metottan bahsedeceğiz.

a) Akım yönünün ölçülmesi ile arıza yerinin tayini :

Abonelere elektrik enerjisinin dağıtımını, genellikle yeraltı kabloları ile yapılır. Aboneler arasına konulan ek kutuları enerji almaya yaradığı kadar; arıza yerinin tayininde de bize büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Bir yerdeki arızada;

- 1°) Önce arızanın cinsi tayin edilir.
- 2°) Sonra ölçme köprüleri yardımıyla uzaklıklar tayin edilir.

Uzaklık tayininde, kablonun baş ve son uçları açılır. Deney için kullanılacak doğru akımın dönüşünü temin etmek üzere, kablonun sağlam iletkenlerinden biri ile arızalı iletkenin nihayet uçları birleştirilir. (Şekil: 227 a). Bataryanın bir ucu arızalı hattın başlangıç ucuna, diğer ucu da ayarlı reostadan sonra sağlam hatta bağlanır. Veya (Şekil: 227 b) de gö-

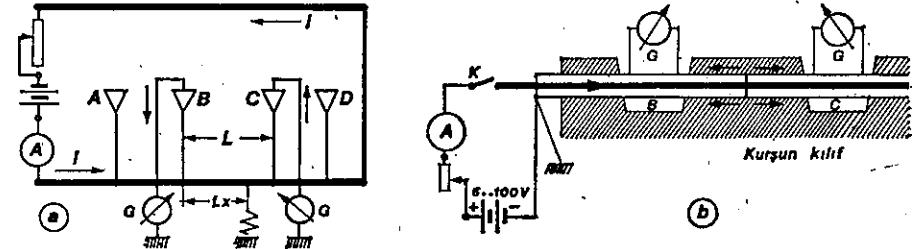
rüldüğü gibi kablonun kurşun kılıfına veya toprak arasına bağlanır. Kablodan yüksek bir akım geçirilerek değeri 0,1 - 15 amper arasında değiştirilebilir. Sonra (Şekil: 227 a) da gösterildiği gibi, abonelerin ek kutularına sıra ile bakılır. Mevcut galvanometrenin bir ucu arızalı hattın bir ucuna, diğer ucu da toprağa bağlanınca galvanometre göstergesinin muayyen bir yöne doğru saptığı görülür. Çünkü hattın gerilimi, arıza yerinin veya toprağın değme geriliminden yüksektir, akım arıza yerine doğru akar, arıza yerine doğru yaklaşıldıkça aletin sapması da azalır. Ölçülen yerin sağındaki ek kutusunda da deney tekrarlanacak olursa; galvanometre göstergesinin sapma yönünde değişme olduğu görülür. Çünkü bu noktanın gerilimi, arıza noktasının gerilimine göre küçüktür. Yani, akım topraktan hatta doğru akmaktadır. Böylece kablonun kaçak yeri sınırlanmış olur.

Bu açıklamadan anlaşılacağı üzere arızanın yeri, galvanometre göstergesinin saptığı yönde olup BC ek kutuları arasındadır. Deney süresince, hattan geçirilen I akım şiddetinin sabit tutulması gereklidir.

Galvanometre göstergesinin sapma miktarı; hattın uzunluğu, direnci ve ek kutusu ile arıza noktası arasındaki gerilim farkı ile orantılıdır. Bu duruma göre; B ek kutusunda yapılan deneyde, aletin sapma miktarı A_1 , C ek kutusunda ise sapma A_2 ise; arıza yerinin, B ek kutusuna olan L_x uzaklığı;

$$L_x = \frac{L \cdot A_1}{A_1 + A_2} \text{ bağıntısı ile bulunur.} \dots \dots \dots (80)$$

L uzaklığı, B ve C ek kutuları arasındaki uzaklıktır. L hangi cinsten alınırsa, L_x değeri de aynı cinsten elde edilir. Bu metot, küçük dirençli kablolarla daha iyi neticeler verir.



Şekil : 227

Akım yönünün ölçülmesi ile arıza yerinin tayini

(Şekil: 227 b) deki bağlantıda, galvanometreden çıkarılan iki uç, birbirinden 25-30 cm. aralıklı olarak kablonun kurşun kılıfı üzerine tutulur ve bu noktalar arasındaki gerilim farkı ölçülürse, gösterge bir tarafa doğru sapar. Yani akım, arıza yerinden iki kola ayrılıp kurşun kılıf veya toprak yolu ile devresini tamamlar. Arıza yerine doğru yaklaşıldıkça göstergenin sapması azalır. Tam arıza yerine varıldığında aletin göstergesi sıfırı gösterir. Bu deney için kablonun muhafazası, kurşun kılıfa kadar kesilmesi icap eder.

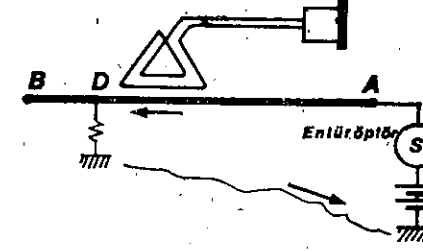
Deney sırasında; bir de hattan geçen yabancı akımlara dikkat edilmelidir. Bunun için, devreye konulan bir K anahtarı açılıp kapatılırsa, kendi besleme akımını ayırmış oluruz. Bu metotla ölçülen arıza yeri; kolay, basit ve hem de hatasız olarak bulunmuş olur. Çünkü B ve C arasındaki L uzaklığı çok büyük olmadığından okunan hatalarda, küçük olur. Örneğin; B ve C ek kutuları arasındaki L uzaklığı 50 m. ve bağlı hata da % 1 olsun. Bu durumda hesaplanan L_x deki mutlak hata, $50 \cdot 0,01 = 0,5$ m. olur. Arıza yerinin açılması ise, zaten bu sınırlar içerisinde yapılır.

b) İndüksiyon metodu ile arıza yerinin tayini: Bu metot da hiçbir hesaba lüzum yoktur. Kablonun izolasyona bile dokunmadan arıza yeri doğrudan doğruya basit bir alet vasıtasıyla tayin edilir.

Yanlışlığa sebebiyet vermemek için deney esnasında, arızalı kablo iletkenine verilecek akımın yabancı üreteçlerden beslenip beslenmediğini ayırt etmek için, değişik gerilim veya frekanslı bir akımla beslemek icap eder. Kablo boyunca bir arama bobini gezdirilir. Kablodan geçen akımın meydana getireceği manyetik alanın, bu bobin üzerindeki indüksiyon tesirini de bir telefon kulaklığı ile tespit ederiz.

Alanın etkisini daha iyi çevreleyebilmek için, bobin üç köşe olarak yapılır. Her kenarının uzunluğu aşağı yukarı 1 m. kadar olup üzerinde, 150-200 sarım bulunur. Bu metot, daha çok madensel kılıfı olmayan kablolarla olumlu sonuç vermektedir. (Şekil: 228) de verilen şemadan da anlaşılacağı üzere, S entüröptörü (anahtarı) açılıp kapatılarak devreden kesintili bir akım geçirilir.

Bu akım, iletken etrafında bir manyetik alan meydana getirir. Alanın, bobinde meydana getirdiği gerilim indüklenmesinden kulaklıkta bir ıslık sesi işitilir. Bu ıslık sesi, A dan D ye gelinceye kadar devam eder, B ye gelince ıslık sesi anı olarak kesilir. Çünkü D nin solundaki iletkene hiçbir akım geçmediği için bobinde de bir gerilim indüklenmesi olmaz. Eğer



Şekil: 228
Madeni kılıfsız kablolarında indüksiyon metodu ile arıza yerinin tayini.

kablonun dışında, bir madensel kılıf veya boru bulunursa; akım, arıza yerinden iletkenin kılıfına geçer ve kılıf boyunca devam eder. Dolayısıyla, kulaklıktaki ıslık sesi de kesilmediğinden arıza yeri de kolay kolay tayin edilemez. Onun için bu metot, madeni kılıfı olmayan kablolarında müspet netice verir.

5 — KABLO VE HAVÂİ HATLARDA ELEKTROMANYETİK DALGALARIN YAYILMA ZAMANININ ÖLÇÜLMESİNDEN İSTİFADE EDEREK, ARIZA YERİNİN TAYİNİ

Yayıma (intişar) zamanının ölçülmesi metoduna göre arıza yerinin tayinindeki ölçme olayı, muayene edilecek kablo veya havâî hatta verilen periyodik darbelerin arıza yerinden aksederek gidiş dönüş zamanlarının tayininden ibarettir.

Bu metotla arıza yerleri çok kısa zamanda ve kolaylıkla tayin edilmekte olup direnç, kapasite ve indüktif ölçme metotlarından üstün olduğunu, en zor kablo ve havâî hat arızalarında dahi çabuk ve emin olarak neticeye götürmektedir. Kablo ve havâî hatlara yapılan darbelerin gidiş dönüş zamanları çok kısa olduğundan bunların işaretlerini, aletin ekranı üzerinde görebilmek için katot ışınlu tüpler kullanılır.

Arızanın tayini için, iki değişik metot uygulanır:

a) Darbe yöntemi: Bu yöntemde, kablonun başlangıcına periyodik olarak çok kısa süren bir gerilim darbesi tatbik edilir. Bunun hasil ettiği elektromanyetik dalga arızalı noktadan akseder. Bunun gidip gelme zamanı arızanın uzaklığı için bir ölçektir.

b) Yüksek frekans yöntemi: Bu yöntemde, ise, kablonun başlangıcına yüksek frekanslı ve frekansı değiştirilebilen bir gerilim tatbik edilir.

Bu, elektromanyetik dalgalar şeklinde kablo koyunca yayılır ve hata noktasından akseder.

Bu uygulanan yöntemlere göre, arızanın yeri:

1) Hattın toplam L uzunluğu bilindiği takdirde; arıza yerinin mesafesi, t_1 ve t_2 yayılma zamanlarının oranından hesaplanabilir. t_1 arıza yerine kadar olan yayılma zamanı ve t_2 de hattın sonuna kadar olanı ise, arıza yerinin L_x mesafesi:

$$L_x = L \cdot \frac{t_1}{t_2} \quad (81)$$

olarak bulunur. Bu metot basit olup doğru neticeler verir. Yalnız, hat sonunda başka bir yansımanın meydana gelmemesi şarttır veya sağlam başka bir hattın, toplam uzunluğun ölçülmesi için bilinmesi icap eder.

2) Yayılma hızı bilindiği takdirde; arızalı mesafe,

$$L_x = t_1 \cdot \frac{V}{2} \quad (82)$$

V yayılma hızı olup, $V = c/\sqrt{\epsilon}$ ile bulunur.

Işığın hızı, $c = 3 \cdot 10^8$ m/s dir. $\epsilon =$ elektromanyetik dalgaların yayıldığı yolun, dielektrik sabiti olup hava için, 1 dir.

Bu bakımdan, havada; $3 \cdot 10^8$ m/s lik bir yayılma hızı, kuvvetli akım kablolarında; $V = 1,56 \cdot 10^8$ m/s ile $V = 1,7 \cdot 10^8$ m/s arasında değerler alır. Bu değişik değerler yüzünden, farklı neticeler çıkar. Böyle bir hataya meydan vermemek için ölçme, kablonun iki ucundan da yapılırsa daha iyi neticeler alınır. O zaman yayılma hızını bilmeye ayrıca lüzum yoktur. Şöyleki;

(79) formülü; kablonun bir başından ölçülen arızalı mesafeyi verir. Kablonun, öbür başından ölçülen mesafe ise,

$$L - L_x = t_2 \cdot \frac{V}{2} \quad (83)$$

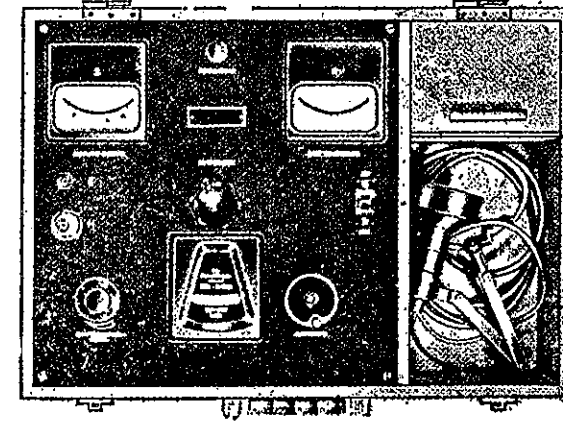
Bu iki formülü birbirine böldüğümüzde,

$$\frac{L_x}{L - L_x} = \frac{t_1 \cdot V/2}{t_2 \cdot V/2} \quad \text{burada, } V/2 \text{ ler birbirlerini götürdüğünden}$$

formülümüz,

$$L_x = \frac{t_1}{t_1 + t_2} \cdot L \quad \text{olarak bulunur.} \quad (84)$$

(Şekil: 229) da Hartmann Braun firmasına ait böyle bir tip arıza yeri cihazı görülmektedir.



Şekil : 229

Portatif arıza yeri cihazı.

KONUNUN ÖZETİ :

- 1 — Enerji ileten hatlarda meydana gelen arızalar, ya iletkenlerin kopmasından veya iletkenlerin birbirine veyahutta toprağa değmelerinden ileri gelir.
- 2 — iletkenlerin birbirine değmesiyle meydana gelen arızaya, kaçak arızası veya yalıtım arızası, iletkenlerin kopmasına da kopukluk arızası denir.
- 3 — Bir arıza tayininde, önce arızanın cinsi tespit edilir sonra uygulanacak metot tatbik edilir.
- 4 — Kopukluk veya kısa devre arızası, meger veya bir voltmetre ile bir batarya kullanarak bulunabilir.
- 5 — Bir hattın toprağa olan kaçak direnci ne kadar küçük çıkarsa bu gibi arıza yerlerinin tayininde, Murayy'ın halkalama metodu uygulanır.
- 6 — Bir yeraltı kablosu boyunca kullanılan ek kutusu ne kadar fazla ise, arıza yeri daha kolay bulunur.
- 7 — (Şekil: 219) daki montajda görüldüğü gibi yeraltı kablosunun A B iletkeninin F noktasından, toprağa kaçağı vardır. L_1 iletkeni sağlam olup 700 m. dir. C sürgüsü ile köprü dengeye getirildiği zaman L_1 kolunun R_1 direnci 100 om ve L_2 kolunun R_2 direnci de 30 om olduğuna göre L_x mesafesini bulunuz?

C) AB ve ED iletkenleri aynı özellikte ve uzunlukta olduğundan, uzunluklar oranı yerine dirençlerin oranı alınabilir. Yani, telli köprünün L_1 ve L_2 uzunlukları yerine R_1 ve R_2 dirençlerinin değerlerini, Formül (70) de yerine koyduğumuzda:

$$L_x = \frac{2L_1 \cdot L_2}{L_1 + L_2} = \frac{2L_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{2 \cdot 700 \cdot 30}{100 + 30} = 323 \text{ m. bulunur.}$$

SORULAR :

- 1) Enerji hatlarında meydana gelen arızalar kaç çeşittir?
- 2) Kısa devre, kopukluk ve toprak kaçağı arızası nasıl tayin edilir?
- 3) Murray'ın halkalama usulü ile kaçak arızasını tayin ediniz?
- 4) Gerilim ölçme metodu ile toprağa kaçak yerini bulunuz?
- 5) Kapasite test ile kablolarda kopukluk nasıl bulunur?
- 6) Kapasite köprüleri ile kopukluğu tayin ediniz?
- 7) İki iletken arasındaki kaçağı nasıl bulursunuz?
- 8) Akım yönünün ölçülmesi ile arıza yerini tayin ediniz?
- 9) İndüksiyon metodu ile arıza yerini tayin ediniz?
- 10) (Şekil: 219) daki montajda aşağıdaki değerler bilindiğine göre L_x mesafesini hesaplayınız? $L = 10$ km. köprü dengede iken, $L_1 = 700$ mm., $L_2 = 300$ mm. okunuyor.

C) $L_x = 6$ km.

Frekans ve Güç Katsayısının Ölçülmesi, Senkronoskoplar

BÖLÜM 10

KONUNUN PLANI :

A — Frekansın ölçülmesi:

- 1 — Dilli frekansmetreler.
- 2 — Göstergeli frekansmetreler.
- 3 — Veston frekansmetresi.

B — Güç katsayısının ölçülmesi:


- 1 — Ampermetre - voltmetre ve vatmetre metodu ile.
- 2 — Üç ampermetre metodu ile.
- 3 — Üç voltmetre metodu ile.
- 4 — Doğrudan doğruya $\cos \phi$ ölçen aletlerle.

C — Senkronoskoplar:

- 1 — Döner demirli senkronoskop
- 2 — Motorlu tip senkronoskop
- 3 — Elektrodinamik tip senkronoskop

A — FREKANSIN ÖLÇÜLMESİ (Frekansmetreler)

Akım işareti : ~

Sembolü : 

Alternatif akımla çalışan bütün cihazlar muayyen bir frekans⁽¹⁾ sınırı içinde çalışmak üzere imal edildiklerinden bu değer, sabit tutulması gereklidir. Aksi halde devreye bağlı bulunan cihazlar, normal çalışma yapamazlar. Örneğin;

a) İndüksiyon motorlarında döner alanın hızı, frekans ile doğru orantılı olduğundan, frekans değiştiğinde motorun devride değişir.⁽²⁾

⁽¹⁾ Frekans (f): Saniyedeki periyod sayısı olup Hz. veya c/s ile ifade edilir. Bunun değeri bizde 50 Hz. Amerika'da ise 60 Hz. dir.

⁽²⁾ $n = f \cdot 60/p$ makinenin dakikadaki devir sayısı, P = Tek kutup sayısı.

b) Aydınlatmada kullanılan lambaların frekansı, belli bir değerin altına düştüğü zaman (meselâ: 40 Hz. e), bariz bir şekilde yanıp söndüğü görülür. Bu durum ise gözleri yorar.

c) Transformatör gibi cihazların frekansı, % 10 un altına düşünce daha büyük akım çekeceğinden cihaz tehlikeli bir şekilde ısınır.

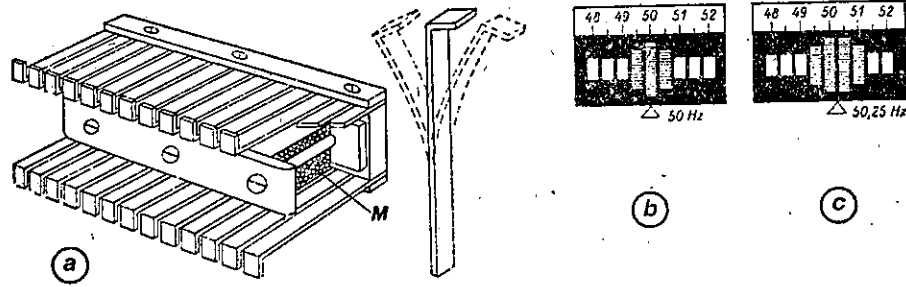
d) Tek bir frekans değeri ile çalışan elektrikli saatler de, ufak bir frekans değişikliği saatin, ileri veya geri kalmasına sebep olur.

Yukarıda verdiğimiz örneklerden de anlaşılacağı üzere, bu ve buna benzer tesislerde, frekansın daima kontrol edilip sabit tutulması gerektiğinden ölçülüp bilinmesi icap eder. İşte alternatif akım tesislerinde devre frekansını Hertz cinsinden^(*) ölçen aletlere FREKANSMETRE denir.

Frekans ölçmelerinde kullanılan bu aletlerin çalışma prensibi umumiyetle, elektrikli veya mekanik rezonans olaylarına dayanıp aşağıdaki isimler altında imal edilirler.

1 — DİLLİ FREKANSMETRELER :

Frekansmetrelerin en basiti ve en ucuzu olup alternatif akım devrelerinde daha ziyade bu tipi kullanılır.



Şekil : 230
Dilli frekansmetre

Yapısı: Alet bir M elektromıknatısı ve bunun alanına, yan yana birer uçlarından tespitli bir veya iki sıra halinde, ince çelik levhacıklardan (dillerden) meydana gelmiştir (Şekil: 230 a). Bu levhalar, birbirlerinden farklı ağırlık veya kalınlıklarda olduğundan titreşim frekansları da fark-

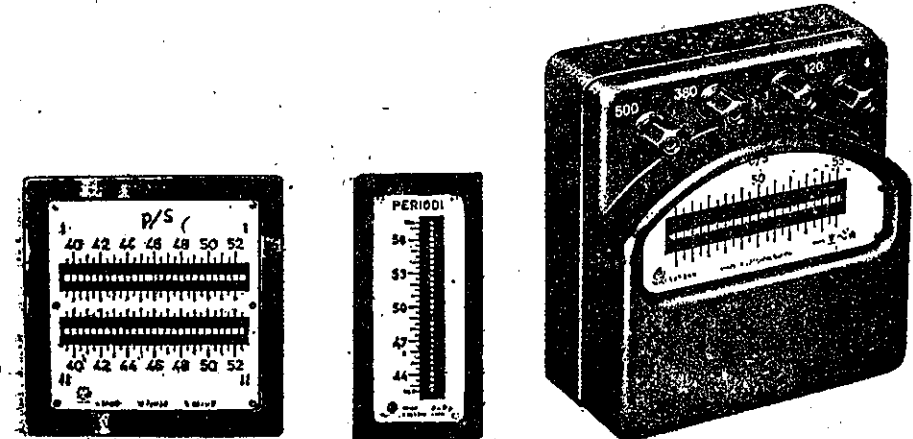
(*) Hertz : (1857-1894) Alman fizikçisi.

1 Kilohertz=1 kHz=10³ Hz., 1 MHz=10⁶ Hz.

lıdır. Ve bunlar o şekilde ayarlanmıştır ki herbir levhacığın titreşim frekansı, bir öncekine nazaran 0,5 Hz. kadar farklı olacak şekilde. Her levhanın serbest ucunda ve değişik ağırlıklarda, beyaz bir kare plaka mevcuttur.

Çalışması : Mekanik rezonans olayına dayanarak çalışan bu dilli frekansmetrenin elektromıknatıs bobininin iki ucu, frekansı ölçülecek şebekeye bağlandığı zaman levhacıklar, meydana gelen alanın etkisi ile bir miktar titreşmeğe başlarlar. Bu esnada en büyük hareketi, titreşim frekansı alternatif akımın frekansına en yakın olan levha yapacaktır. Diğer bir ifade ile, elektromıknatıs tarafından çekilen levhacıklardan hangisinin öz titreşim frekansı, alanın frekansına uyuyorsa (en yakın ise), o levha belirli bir şekilde titreşmeğe başlar. Bu levhacığın ucundaki beyaz kare plaka böyle bir hareket esnasında (Şekil: 206 b) deki gibi bir çizgi halinde görülür. Her bir dilin karşısında titreşim frekansı; aletin kadranı üzerinde yazılı olduğundan alternatif akımın frekansı da kolayca okunur. Şayet, yanyana titreşen diller aynı değerde ise, en büyük titreşim yapan iki dilin ortalaması okunur (Şekil: 230 c).

Şebeke geriliminin % 10 değişmeleri, bu tip frekansmetrelere pek etkisi olmadığından ölçmedeki değerler oldukça doğru sayılır. Bu aletlerin sarfiyatları da çok azdır (3 VA. kadar). Dilli frekansmetreler, sabit ve portatif olarak (Şekil: 231) ve çeşitli gerilimler için imal edilip, tıpkı voltmetreler gibi devreye bağlanırlar. Frekansların kesin tespiti için, dilli frekansmetreler yerine göstergeli olan tipleri kullanılır.



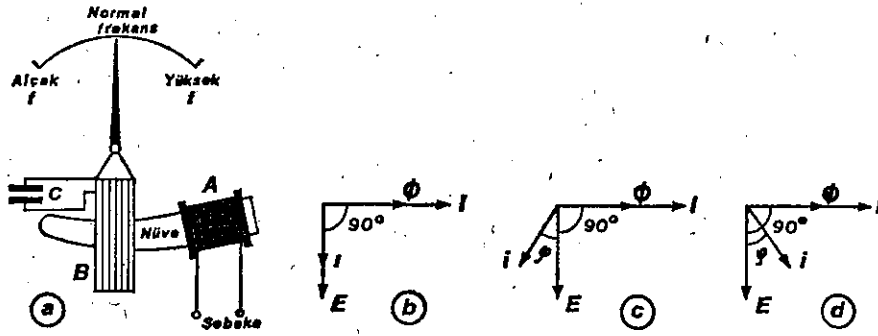
Şekil : 231

Tablo ve portatif tip, dilli frekansmetreler.

2 — GÖSTERGELİ FREKANSMETRELER

Elektrikî rezonansa göre çalışan bu tip frekansmetrelerin de prensip şeması (Şekil: 232 a) da görüldüğü gibidir.

Yapısı : Alet, biri sabit diğeri hareketli iki bobinden meydana gelmiştir. A sabit bobini, kavışli bir nüve üzerine sarılmış olup uçları doğrudan doğruya, frekansı ölçülecek devreye bağlanır. Hareketli B bobinin uçları ise, bir C kondansatörü ile kısa devre edilmiştir. A bobin nüvesinin alanı dahiline konan B bobini ve buna bağlı gösterge, gösterge ek-seni etrafında ileri geri hareket eder.



Şekil : 232

Elektrikî rezonanslı frekansmetre.

Çalışması : Sabit bobin devreye bağlanınca devreden, bir I akımı geçer ve bobinin etrafında, kendisi ile aynı fazda olan bir Φ alanı meydana getirir. Bu alanın etkisiyle, hareketli bobinde aynı frekanslı bir emk. indüklenir. Bu emk. kendini meydana getiren Φ alanından daima 90° geridedir (Şekil: 232 b).

Şayet:

a) Ölçülen frekansta, hareketli bobin devresinde elektrikî rezonans mevcut ($1/\omega C = \omega L$) ise, hareketli bobinin devresinden geçen i akımı, indüklenen E gerilimi ile aynı fazda olacağından (Şekil: 232 b) bu bobine etki eden döndürme momenti de sıfır olur.⁽⁴⁾ Başka bir ifade ile, indüktif reaktans kapasitif reaktansa eşit olduğu zaman B bobini hareket etmez ve gösterge doğrudan doğruya şebeke frekansını ölçer.

(4) Döndürme momenti, $M = I \cdot i \cdot \cos 90^\circ = I \cdot i \cdot 0 = 0$ dir.

b) Sabit bobinden geçen akımın frekansı çoğalır, hareketli bobinin kapasitif reaktansı azalır ($\omega L > 1/\omega C$), budurunda bobinin devresi indüktiftir ve içinden geçen i akımı, E ye nazaran ϕ açısı kadar geride olduğundan (Şekil: 232 c), B bobinine bir döndürme momenti⁽⁵⁾ etki ederek hareketli bobin, o şekilde dönerki $1/\omega C = \omega L$ olsun ($\omega = 2\pi \cdot f$ olduğuna göre, L azalmalıdır ki bu eşitlik sağlansın). Bu ise, B bobininin sola doğru hareketi ile mümkündür. Dolayısıyla göstergede sağa doğru saparak frekans değerini gösterir.

c) Frekans normalin altında ise, hareketli bobin devresi kapasitif değerli ve içinden geçen i akımı, E geriliminden ϕ açısı kadar ilerde olacaktır. (Şekil: 232 d), A bobininin döndürme momenti⁽⁶⁾ yine etkisini gösterip, B bobinini sağa doğru hareket ettirir. Bobinin bu hareketi ile L kat sayısı yükselir ve tekrar $1/\omega C = \omega L$ olduğu zaman göstergede alçak frekans değerlerini, kadranın solundan gösterir.

B bobininin, nüve etrafındaki hareketi sırasında, öz - indükleme katsayısı çok az değişiyorsa frekansmetrenin hassasiyeti az, frekansmetrenin hassasiyeti fazladır. Yukarıdaki izahlardan da anlaşıldığı gibi bu tip frekansmetrelerin normal frekans değeri, kadranın ortasında bulunur ve bunlarla hassas frekans değerleri ölçülebilir.

3 — VESTON FREKANSMETRESİ

Bu tip frekansmetrelerin çalışması; bir devrenin ampedansının frekansı ile değişmesine dayanır. Döner kısım yumuşak bir F demir parçasından ibaret olduğu için, bunlara döner demirli frekansmetreler de denilebilir. Frekans değiştiğinde, bobinlerden geçen akımlar değişir ve göstergenin bağlı bulunduğu yumuşak demir, akım değişmelerine tâbi olarak sapar. (Şekil: 233) de görüldüğü üzere birbirlerine paralel bağlı olan A ve B bobinleri; eşit iki kısma ayrıldıktan sonra manyetik eksenleri de birbirlerine dik olacak şekilde tespit edilmiştir. Göstergenin bağlı olduğu yumuşak demir, bu bobinlerin içersinde serbest dönerken aynı zamanda amortisman işini de sağlar. Yalnız aletin kontrol sistemi (ters helis yaylar gibi) olmadığı için, alet ölçme yapmadığı sürece göstergenin belirli bir yeri yoktur.

Şeklin prensip şemasında da görüldüğü üzere, A bobinine L_1 indüktansı, B bobinine de R_2 omik direnci seri bağlandıktan sonra bu uçlar sıra ile R_1 omik direncine ve L_2 indüktansına birleştirilmiştir. L indüktansı da

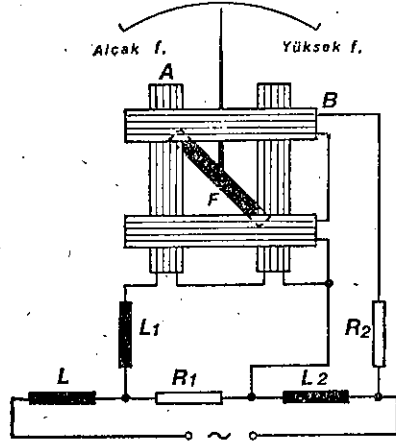
(5) $M = I \cdot i \cdot \cos (90 + \phi)$

(6) $M = I \cdot i \cdot \cos (90 - \phi)$

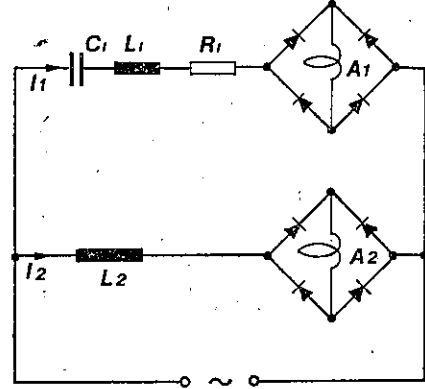
devreye seri bağlı olup bobinlerden geçen akımın harmoniklerinin etkisini azaltarak aletin hatalı ölçmesine engel olur.

Yukarıda da açıklandığı gibi alet devreye bağlandığı zaman A ve B bobinlerinden geçen akıma tâbi olarak, yumuşak demir sapar. Şayet bir frekans yükselmesi olursa, L_1 in reaktansı da yükseleceğinden (*) A bobininden geçen akım azalırken, B bobininden geçen akım çoğalır. Bu iki akımın toplam etkisi, döner demiri B bobininin eksenine paralel olacak şekilde döndürmeye çalışır. Yani; yumuşak demir, daha ziyade B bobininin alanı etkisi altındadır. Dolayısıyla göstergede sağa doğru sapmış olur.

Frekans düşerse, bu defa B bobininden geçen akım A bobinine nazaran azalacağından göstergede, öncekinin tersine sapar (sola doğru).



Şekil : 233
Veston frekansmetresi.



Şekil : 234
Elektrik rezonanslı göstergeli
frekansmetresi.

Bir de döner bobinli ölçü aletlerinden istifade edilerek yapılan frekansmetreler vardır ki, bunlara elektrik rezonanslı frekansmetreler sınıfmındandır.

Alet; ters yönde sarılmış iki döner bobinin, çapraz olarak birleştirilmesinden meydana gelmiştir. Bu bobinlere bağlanan rezonans devreleri yardımıyla, frekansı ölçer.

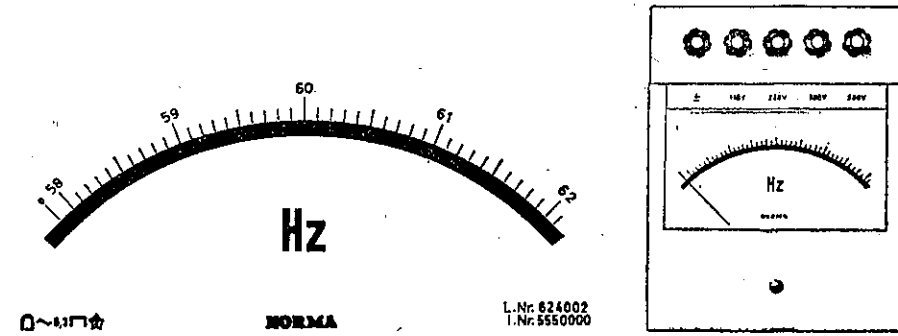
(Şekil: 234) de böyle bir ölçü aletinin basit prensip şeması gösterilmiştir. Alet belli bir frekansa göre ayarlanmış olup bir, frekans yüksel-

(*) Çünkü, $X_L = 2\pi \cdot f \cdot L$ artar.

mesi olduğu zaman, A_1 bobinine bağlı L_1 , C_1 , R_1 seri rezonans devresinin etkisinden dolayı bu devreden geçen I_1 akımı, frekansla orantılı olarak artar. Diğer taraftan A_2 bobininden geçen I_2 akımının değeri, frekans arttıkça küçülür. (*)

İşte, bobinlerden geçen bu farklı akımların tesiriyle aletin çapraz bobini ve buna tespitli göstergesi frekansa tâbi olarak sapar.

Bu tip aletler diğer frekansmetrelere nispetle daha hassas ve buna mukabil daha pahalıdır. (Şekil: 235) de Norma firmasına ait, değişik gerilimli böyle bir frekansmetre ve kadran taksimatı gösterilmiştir.



Şekil : 235
Değişik gerilimli frekansmetre ve kadranı.

KONUNUN ÖZETİ :

- 1 — Frekans ölçen ölçü aletlerine, frekansmetre veya titreşimli ölçü aletleri de denir.
- 2 — Frekansmetreler; elektrikli rezonans, mekanik rezonans ve elektriksel indüküleme prensipleri üzerine çalışırlar.
- 3 — Frekans, devir sayısı ile doğru orantılı olduğundan bir frekansmetre muhtelif titreşimlere göre bölümlendirilmiş, elektriksel bir takometredir.
- 4 — Tatbikatta en çok dilli frekansmetreler, çok hassas ölçmelerde ise elektrikli rezonanslı frekansmetreler kullanılır.
- 5 — Aletin gösterme hassasiyeti, ne sıcaklık değişmelerine ve de ne gerilim değişmelerine bağlıdır.
- 6 — Çiftli frekansmetreler, genellikle paralel bağlamalarda kullanılır.

SORULAR :

- 1) Frekans nedir ve ne ile ölçülür?
- 2) Frekansmetrelerin çalışma prensiplerini söyleyiniz?
- 3) Dilli frekansmetreyi anlatınız?
- 4) Veston frekansmetresinin şeklini çizerek çalışmasını izah ediniz?

(*) Çünkü, $I = U/2\pi \cdot f \cdot L$ dir.

B — GÜÇ KATSAYISININ ÖLÇÜLMESİ

Alternatif akım devrelerinde güç ölçerken, devre indüktif veya kapasitif yüklü ise böyle devrelerin akımı ile gerilimi arasında bir faz farkı olduğunu, bu farkın açısı ile gösterildiğini ve bu açının kosinüsüne de *güç katsayısı* veya *kosinüsü* ($\cos \varphi$) dendiğini biliyoruz.

Güç katsayısı aşağıdaki metotlardan biri ile ölçülebilir.

- 1 — Ampermetre - voltmetre ve vatmetre metodu ile,
- 2 — Üç ampermetre metodu ile,
- 3 — Üç voltmetre metodu ile,
- 4 — Doğrudan doğruya $\cos \varphi$ ölçen aletlerle.

1 — AMPERMETRE - VOLTMETRE VE VATMETRE METODU İLE $\cos \varphi$ ÖLÇMEK:

a) Bir fazlı devrelerde: (Şekil: 192) de görüldüğü gibi ampermetre, voltmetre ve vatmetreden okunan değerler, formül (51) de yerine korsa $\cos \varphi$ nin değeri bulunmuş olur.

$$\cos \varphi = \frac{P}{U \cdot I} \quad \dots \dots \dots (85)$$

b) Üç fazlı devrelerde: Aynı şekilde formül (51 a) ile hesaplanabilir.

$$\cos \varphi = \frac{P}{1,73 \cdot U \cdot I} \quad \dots \dots \dots (86)$$

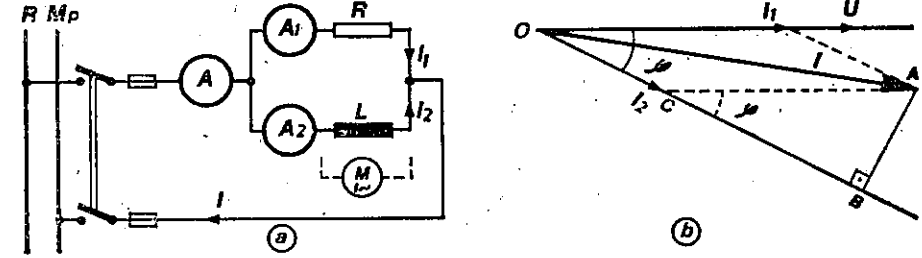
2 — ÜÇ AMPERMETRE METODU İLE $\cos \varphi$ ÖLÇMEK

(Şekil: 236 a) da görüldüğü gibi $\cos \varphi$ si ölçülecek L alıcısına (bir fazlı motor gibi) paralel olarak omik bir R direnci bağlanır. Bu direncin değerini o şekilde seçmelidir ki çektiği akım alıcının akımına takriben eşit olsun. Üç ampermetre ile I_1 , I_2 ve I akımları ölçülür. I_1 akımı U gerilimi ile aynı fazda, I_2 akımı ile U gerilimi arasında ise φ açısı kadar bir faz farkı vardır. (Şekil: 236 b) de görüldüğü gibi I_1 ve I_2 akımlarının vektöryel bileşeni I akımını verir.

Bunun değeri ise, OAB dik üçgeninden(*) hesaplandığında (Kosinüs teoremine göre):

$I^2 = I_1^2 + I_2^2 + 2 I_1 I_2 \cdot \cos \varphi$ bulunur. Buradan $\cos \varphi$ nin değeri

$$\cos \varphi = \frac{I^2 - I_1^2 - I_2^2}{2 \cdot I_1 \cdot I_2} \quad \dots \dots \dots (87)$$



Sekil : 236
Üç ampermetre metodu ile $\cos \varphi$ ölçmek

3 — ÜÇ VOLTMETRE METODU İLE $\cos \varphi$ ÖLÇMEK :

Bu metotla da $\cos \varphi$ ölçmek için (Şekil: 237 a) daki montaj kurulur. R omik bir direnç olup L alıcısına seri bağlanır (örneğin; bir fazlı motora). Voltmetrelerden okunan U_1 , U_2 ve U gerilimlerine göre çizilen vektör diyagramında görüldüğü gibi U_1 gerilimi akımla aynı fazda, U_2 gerilimi ise I akımına göre φ açısı kadar ilerdedir.

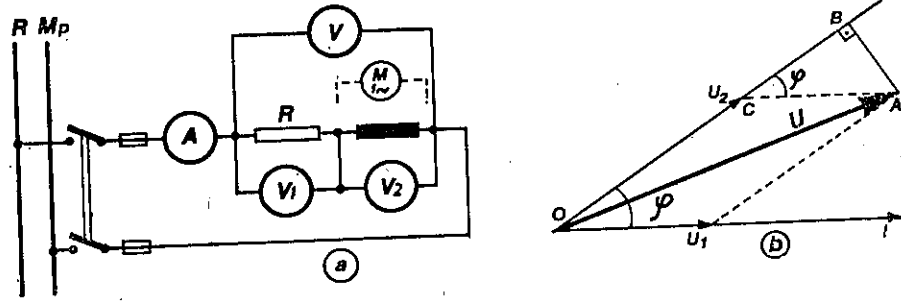
(Şekil: 237 b) de görüldüğü gibi U_1 ve U_2 gerilimlerinin vektöryel bileşeni U gerilimini verir. Bunun değeri ise; OAB dik üçgenine göre hesaplandığında:

$U^2 = U_1^2 + U_2^2 + 2U_1 U_2 \cdot \cos \varphi$ dir. Buradan $\cos \varphi$ nin değeri de,

$$\cos \varphi = \frac{U^2 - U_1^2 - U_2^2}{2 \cdot U_1 \cdot U_2} \quad \dots \dots \dots (88)$$

Not : R omik direnci içerisinden geçen akımın, yük direncinden geçen akıma eşit olduğu kabul edilmiştir.

(*) $I^2 = \overline{OB}^2 + \overline{AB}^2$, $\overline{OB} = \overline{OC} + \overline{CB}$, $\overline{OC} = I_2$, $\overline{OB} = I_2 + I_1 \cdot \cos \varphi$
 $\cos^2 \varphi + \sin^2 \varphi = 1$ dir.



Şekil : 237
Üç voltmetre metodu ile $\cos \varphi$ ölçmek.

4 — DOĞRUDAN DOĞRUYA $\cos \varphi$ ÖLÇEN ALETLERLE :

Kosinüsifimetrelere (FAZMETRELER)

Buraya kadar izah ettiğimiz metotlarda da görüldüğü gibi çeşitli aletlerden istifade edilerek yapılan ölçme ve hesap işlemleri her zaman mümkün değildir. Bilhassa işletmelerde, $\cos \varphi$ değerinin doğrudan doğruya ölçülüp bilinmesi icabeder. İşte bu maksatla kullanılan ölçü aletlerine *Fazmetre* veya *Kosinüsifimetre* denir. Bunlarda, kullanıldıkları devrelere göre; bir ve üç fazlı, yapılarına göre de demirli ve demirsiz olmak üzere kısımlara ayrılır.

a) Demirsiz tip bir fazlı $\cos \varphi$ metreler :

Yapısı : Kosinüsifimetrelere yapıları elektrodinamik vatmetrelerde olduğu gibi, bir akım bobini (BB) ile bu bobinin içerisine manyetik eksenleri birbirlerine göre dik olan iki gerilim bobini (1-2) çapraz olarak ve dönebilecek şekilde yerleştirilmiştir. Onun için, bu tip $\cos \varphi$ metreler; "elektrodinamik $\cos \varphi$ metreler" de denir.

Gerilim bobinlerinden birine bir omik direnç, diğerine de bir indüktif reaktans (bobin) seri bağlıdır. Bu iki bobinin siper sayıları ile iletken çapları aynı olduğundan normal frekansta geçen akımlarda eşitlik sağlanmıştır. Bu iki akım arasında daima 90° faz farkı vardır. Omik dirençle seri bağlı bobinden geçen akımla gerilim aynı fazda, indüktif reaktansla seri bağlı bobinden geçen akım gerilimden 90° geridir. Böylece iki çapraz bobinin akımları arasında 90° faz farkı meydana gelir. Çapraz bo-

binlere akım, momentsiz yaylarla verilir. Bu sebepten, alet devreye bağlı olmadığı zamanlarda göstergenin belirli bir yeri yoktur. Yani, kadran üzerinde herhangi bir yerde durur.

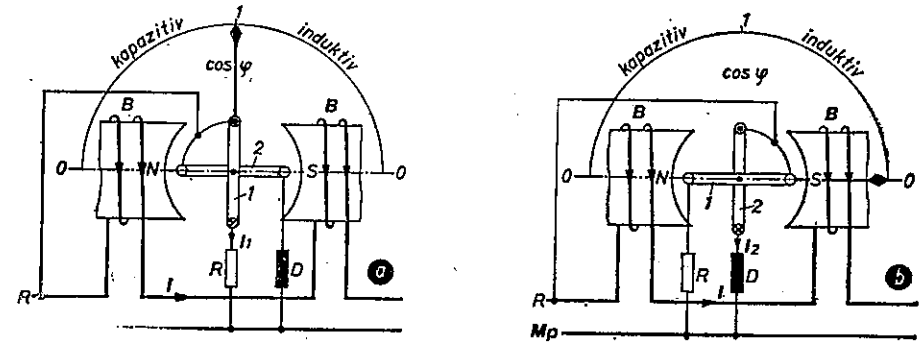
Aletin Çalışması :

1 — Devreye omik bir yük bağlı iken (Yani devrenin güç katsayısı bir olsun):

Bu durumda BB akım bobininden gerilimle aynı fazda bir akım geçer. Aynı zamanda 1 nolu bobinden geçen akım BB bobinlerinden geçen akımla aynı fazdadır. 2 nolu bobinden geçen akım bunlardan 90° geridir. Döndürme momenti; bu iki akımın meydana getirdiği manyetik alanlar tarafından yaratılır. Yaratılan bu moment ise, yalnız 1 bobinine etki ederek bu bobinin eksenini akım bobini eksenine 90° oluncaya kadar, çapraz bobini döndürüp (Şekil: 238 a) daki yerini alır. Yani gösterge, kadran üzerindeki 1 sayısı üzerinde durur. Bu yükte, 2 nolu bobine etki eden döndürme momenti sıfırdır. Çünkü; bu yükte akım bobininden geçen yük akımı, omik olduğundan 90° lik bileşeni sıfırdır.

2 — Devrenin güç katsayısı sıfır ise; BB bobinlerinden geçen akımla, 2 nolu bobinden geçen akım aynı fazda, 1 nolu bobinden geçen akım bunlardan 90° ileridedir. Bu vaziyette çapraz bobin gurubu; 2 nolu bobinin BB bobini eksenine dik oluncaya kadar döner ve göstergede sıfırı işaret eder (Şekil: 238 b). Yani, $\cos \varphi = 0$ (indüktif).

3 — Devre, tam bir kapasitif ise; olay yukarıdakinin tersi olup 1 nolu bobin 180° dönerek gösterge yine, kapasitif taraftaki sıfırı işaret edecektir.



Şekil : 238
Bir fazlı kosinüsifimetre (demirsiz tip).

4 — Güç katsayısı 0 ile 1 arasındaki değer için: Yukardaki açıklamalarda da belirtildiği gibi sabit akım bobininden I şebeke akımı ve 1 nolu bobinden ise I_1 akımı geçer. I ve I_1 arasında ölçülecek olan ϕ faz farkı mevcuttur. 1 nolu bobine etki eden dönme momenti M_1 olsun. Ve bu bobine seri bağlanan yüksek değerli R omik direncinden dolayı I_1 akımı pratik bakımdan U gerilimi ile aynı fazdadır.

2 nolu bobinden geçen I_2 akımı, seri bağlı olan D indüktif reaktanstan dolayı U gerilimine nazaran pratik bakımdan 90° kadar faz farkına haiz olur. Netice olarak; I_2 akımı ile I akımı arasında $(90-\phi)$ kadar bir faz farkı olur. Bu suretle 2 nolu bobine etki eden dönme momenti de M_2 olsun.

Her iki hareketli bobindeki akım yönleri bu dönme momentleri zıt yönlerde etki edecek şekilde seçilmiştir. Bu sebepten dolayı aletin göstergesi; $M_1 = M_2$ oluncaya kadar hareket ederek bir yerde durur.

b) Demirli elektrodinamik kosinüsifimetre :

Yapısı : Alet esas itibarıyla aşağıdaki kısımlardan meydana gelmiştir (Şekil: 239).

a) *Akım bobini* : İnce kesitli tellerden sarılmış olup, aletin hareketli kısmını teşkil eder. Ve eksenine bir gösterge bağlanmıştır. Çalışması için lüzumlu akımı devresine bağlanan bir D akım transformatoründen sağlar.

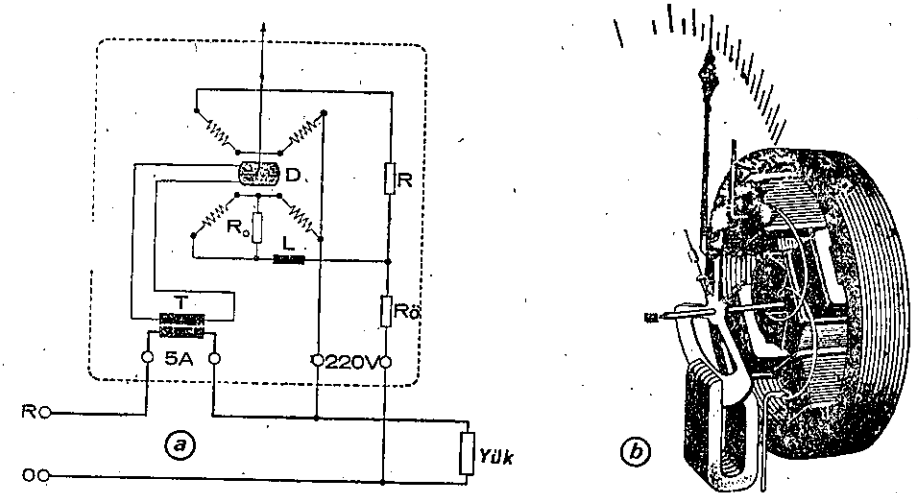
b) *Gerilim bobinleri* : Silindirik şeklindeki sabit bir gövde üzerine 90° aralıkla konan dört kutup ayağı üzerine sarılmıştır. Bobinler birbirleriyle ikiye ikiye seri bağlıdır. Bu bobinlerden birinin ucuna omik direnç (R); diğerinin ucuna da indüktif bir reaktans (L) seri bağlıdır. Böylece meydana gelen iki grup gerilim bobini de kendi aralarında paralel bağlanmıştır.

c) *Saç nüve* : İnce silisli saçlardan dört çıkıntı kutuplu olarak yapılmış olan bu gövde; gerilim bobinlerinin nüvesini teşkil eder. Aletin demirli yapılmasından maksat, gerekli döndürme momentini artırmak ve aynı zamanda aleti dış alanlardan korumaktır.

d) *Akım transformatorü* : Genel olarak bu tip aletlerin akım bobinleri 5 ampere göre yapılırlar. Ekseriya alıcılar bu değer üzerinde bir akım çektikleri için, esas yük akımı bu transformatorün primer devresinden geçer. Alet ise, akım transformatorünün sekonderine bağlı olduğundan bu devreden geçen akımda aletin çalışmasını temin eder.

e) *İndüktif reaktans (self)* : Gerilimle 90° faz farklı bir akımın temini için, istenilen bobine bağlanan çok siperli ince kesitli ve demir nüveli bir bobindir.

f) *Omik direnç (R)* : Normal frekansta her iki gruptan aynı değerde bir akım geçmesi istenir. Bunun için, selfin meydana getirdiği empedansı karşılayacak bir omik direnç diğer ikinci bobine seri bağlanır. Bu direnç aynı zamanda ikinci bobinden geçen akımın omik karakterde olmasını da sağlar.



Şekil : 239

Bir fazlı kosinüsifimetre (demirli tip).

Bu tip aletlerin de çalışması, tıpkı bundan önce izah edilen çapraz bobinli kosinüsifimetrelere benzer. Tek farkı; o aletin akım bobini sabit, gerilim bobini hareketli, bu tiplerin ise gerilim bobini sabit, akım bobini hareketlidir (Şekil: 239).

Alet omik bir alıcı devresine bağlanırsa; akım bobiniyle omik dirençle seri bağlı bobinden geçen akımlar gerilimle aynı fazda olur. Bu iki akımın meydana getirdikleri manyetik alanlar birbirine paralel oluncaya kadar akım bobini döner. Bu durumda göstergenin işaret ettiği rakam 1 dir veya kosinüsü bir olan açıdır (sıfır derece). Diğer taraftan selfin bağlı bulunduğu bobinlerin meydana getirdikleri manyetik alanla, akım bobini manyetik alanı birbiri ile 90° faz farklı olduğundan hiçbir moment

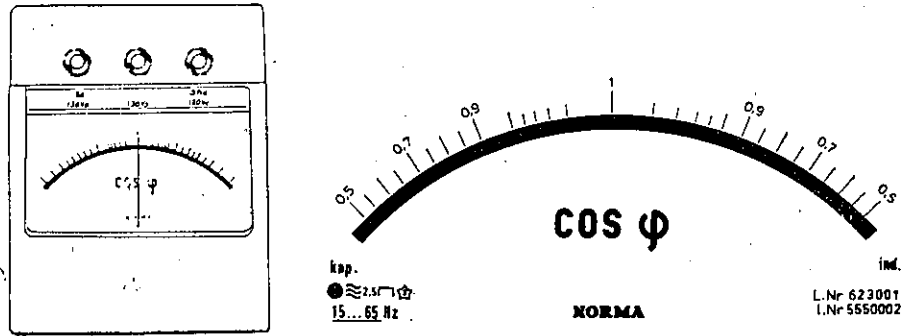
meydana getirmezler. (Çünkü, bunların birbirine olan etkisi her alternansta iki kere yön değiştirir. Bobin, bu değişimleri takip edemeyeceğinden moment de sıfır demektir.)

Alet tam indüktif bir yükün devresine bağlanacak olursa; akım bobininden geçen akımla selfin devresindeki gerilim bobini akımları aynı fazda olur, dolayısıyla bunların alanları da aynı fazdadır. Bu iki alan birbirine paralel oluncaya kadar akım bobini döner. Bu durumda akım bobini alanıyla omik dirençli gerilim bobini alanı birbiriyle 90° faz farklı olduğundan hiçbir moment meydana getirmez.

Alet ϕ açısı kadar faz farklı bir alıcının devresine bağlanırsa; akım bobininden geçen akım iki bileşene ayrılır (ayırabiliriz). Bunlardan biri gerilimle aynı fazda diğeri 90° geridedir. Gerilimle aynı fazda olan bileşenin akım bobininde meydana getirdiği manyetik alanla omik dirençli gerilim bobini manyetik alanı birbirini etkiler. Gerilimle 90° faz farklı bileşenin akım bobinin de meydana getirdiği manyetik alanla selfi gerilim bobini manyetik alanı da birbirini etkiler. Akım bobini, bu iki momentin bileşkesi kadar döner.

c) Üç fazlı kosinüsfigimetreler :

Bu aletlerde bir fazlı kosinüsfigimetrelerle benzerler. Yalnız, aletin hareketli olan iki gerilim bobini, 120° olacak şekilde çapraz olarak birbirine tespit edilmiştir. Bu bobinlerin birer uçları birleştirilip sabit akım bobininin bağlı bulunduğu faza, diğeri iki ucuda ya aletin içinde veya dışında, bir kutu içindeki dirençlerle seri bağlandıktan sonra diğeri iki faza bağlanmıştır.



Şekil : 239 a

Sabit bobin yine devrenin yük akımını taşır. Aletin çalışması için, bir fazlı kosinüsfigimetrelerde olduğu gibi sun'i olarak faz farkı yaratmağa

lüzum yoktur. Çünkü, hareketli gerilim bobinleri arasındaki faz farkı üç fazlı şebekenin kendisi tarafından meydana getirilir, (Şekil: 239 a) da Norma firmasına ait 3 fazlı bir kosinüsfigimetre ile kadranı görülmektedir.

Bu tip kosinüsfigimetreler ancak dengeli devrelerde doğru bir ölçme yapar. (Şekil: 240 a ve b) de bir ve üç fazlı kosinüsfigimetrelerin devreye nasıl bağlandıkları gösterilmiştir.



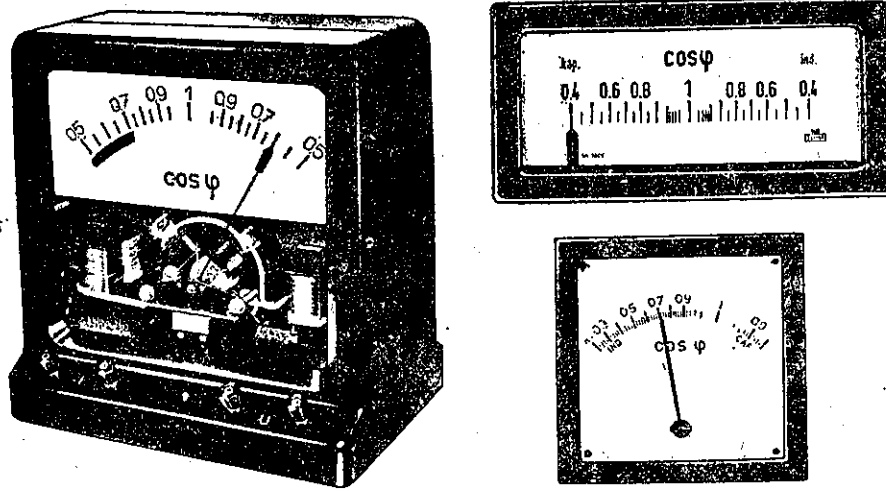
Şekil : 240

Bir ve üç fazlı kosinüsfigimetrelerin devreye bağlantı şemaları.

KOSİNÜSFİMETRELERİN ÖZELLİKLERİ :

- 1) Kosinüsfigimetreler (fazmetreler), bir alternatif akım devresinin gerilimi ile akımı arasında mevcut olan faz farkını ölçmeğe yararlar.
- 2) Fazmetreler, genellikle elektrik santrallarında alıcıların güç faktörlerini ölçmek için kullanılırlar.
- 3) Bu aletler dağıtım tabloları için sabit olarak imal edildikleri gibi portatif olan tipleri de vardır (Şekil: 241).
- 4) Akım veya gerilimdeki normal değişmelerden alet fazla etkilenmez.
- 5) Kosinüsfigimetrelerin yapısı vatmetrelere benzediği için, devreye de bu aletler gibi bağlanırlar.
- 6) Fazmetreler, demirli veya demirsiz olarak yapılırlar.
- 7) Çapraz bobinli fazmetreler, genel olarak biri diğeri göre çapraz olarak konmuş iki gerilim bobini bir akım bobini ile birbirlerine zıt yönde tesir eden dönme momentleri hasıl ederler, bunların değeri kayma açısına bağlıdır.
- 8) Bütün fazmetrelerin müşterek özelliğinden biri de, alet devreye bağlı değilken göstergenin belirli bir yeri yoktur.
- 9) Paralel bağlı şebekelerde kullanılan kosinüsfigimetrelerin bazı tipleri, 360° lik bir kadran bölümüne sahiptir. Bu kadran plakasının her dörtte birinde

$\cos \varphi = 0$ dan 1 e kadar bölümler mevcuttur. (Bu tip aletlerle, şebekelerin birbirlerine olan güç alış verişi göstergenin duruş yerinden anlaşılır).



Şekil : 241
Portatif tip ve tablo tipi fazmetreler.

10) (Şekil: 236) daki bağlantı ile aynı devrenin gücünü de ölçebiliriz. Şöyleki; formül (87) nin her iki tarafını (U_1, I_2) ile çarpıldığında zaman, eşitliğin sol tarafı L alıcısının (meselâ motorun) gücünü verir. Yani, $P = U_1 \cdot I_2 \cdot \cos \varphi$, eşitliğin sağ tarafındaki U nun değeri ise Ohm kanununa göre: $U = I_1 \cdot R$ dir. Yerine konduğunda bulunan formül, $P = (I_1^2 - I_2^2) \cdot R/2$ vat cinsinden devrenin gücünü verir.

Aynı yöntemle, (Şekil: 237) ve buna ait (88) formülü ile devrenin gücü bulunur. Formülün her iki yanını ($U_2 \cdot I$) ile çarpılır. Çıkan formülün paydasındaki $U_1 = I \cdot R$ dir. Yerine konduğunda devrenin vat cinsinden gücünü veren formül bulunmuş olur.

$$P = (U^2 - U_1^2 - U_2^2) / 2R \text{ vat.}$$

SORULAR :

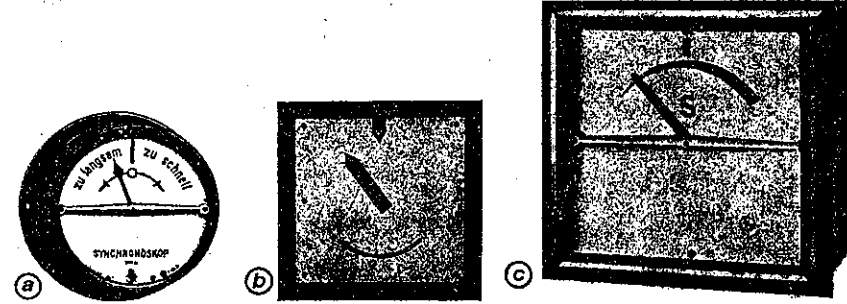
- 1) Akımın gerilime göre ileride veya geride olduğunu gösteren ölçü aleti var mıdır?
- 2) Güç katsayısı kaç şekilde ölçülebilir?
- 3) Ampermetre - volmetre ve vatmetre ile güç katsayısı nasıl ölçülür?
- 4) Üç ampermetre metodu ile güç katsayısını hesaplayınız?
- 5) Demirli elektrodinamik kosinüs-fimetrelerin çalışmasını anlatınız?
- 6) Fazmetreler devreye nasıl bağlanır?
- 7) Çok fazlı devrelerde fazlar eşit yüklenirse bir fazın güç katsayısı diğer iki fazına eşit midir?
- 8) (Şekil: 236 ve 237) deki montajlar ile devrenin gücünü tayin edebilir misiniz?

C — SENKRONOSKOPLAR

Alternatörlerin paralel bağlama şartlarından⁽¹⁾ en önemlilerinden biri de, senkronizm anının tespitidir.

İki alternatörün gerilimleri arasındaki faz farkını veya faz eşitliğini, diğer bir ifadeyle iki alternatif gerilimin aynı fazda olup olmadıklarını saptayan cihaza *senkronoskop* denir.

Senkronoskop, her ne kadar dış görünüşü itibariyle bir ölçü aletine benzerse de (Şekil: 242) üzerinde bölümlü bir kadranı olmadığından ölçü aletinden ziyade bir nevi göstergedir. Senkronoskop kadranının üst orta yerinde, kırmızı veya siyah renkli bir işaret çizgisi olup bu işaretin hemen altında birbirine zıt iki ok vardır. Sol tarafı gösteren okun üstünde yavaş (*Slow veya zu langsam veya Lassabban*), sağ tarafı gösteren okun üstünde ise, hızlı (*Fast veya zu schnell veya Gyorsabban*) kelimelerinden biri yazılıdır (Şekil: 242 a). Bazı tiplerinde altta yalnız bir ok (Şekil:



Şekil : 242
Muhtelif tip Senkronoskoplar

242 b), bazı tiplerinde ise ne ok ve nede yazı vardır. Bunların yerine sağdan sola doğru incelen orak biçiminde koyu renkli bir işaret konmuştur (Şekil: 242 c). Göstergede, bu işaretler üzerinde sola veya sağa doğru, yavaş veya hızlı olarak döner. Göstergenin yavaş veya hızlı olarak dönmesi, aynı zamanda paralel bağlanacak olan alternatör devrinin ayarlanması gerektiğini de bildirir. Çünkü; frekans, alternatörün dönme sayısı

(1) Alternatörlerin paralel bağlanma şartları: a) Gerilimlerinin eşit olması. b) Frekanslarının eşit olması. c) Faz sıralarının aynı olması. d) Senkronizm anının tespiti. Bu anın tespiti içinde şu yöntemlerden biri kullanılır. 1) Sönen lamba montajı ile. 2) Yanan lamba montajı ile. 3) Dönen ışık montajı ile. 4) Senkronoskoplar ile.

ile orantılıdır. O halde, senkronoskop; yalnız gerilimlerin aynı fazda (senkron⁽²⁾) halde, olup olmadıklarını değil aynı zamanda iki alternatör arasındaki frekans farkını da gösterir. Bu bakımdan, cihaz seçilirken veya sipariş verirken dahi olsa, frekans değeri mutlaka bildirilmelidir.

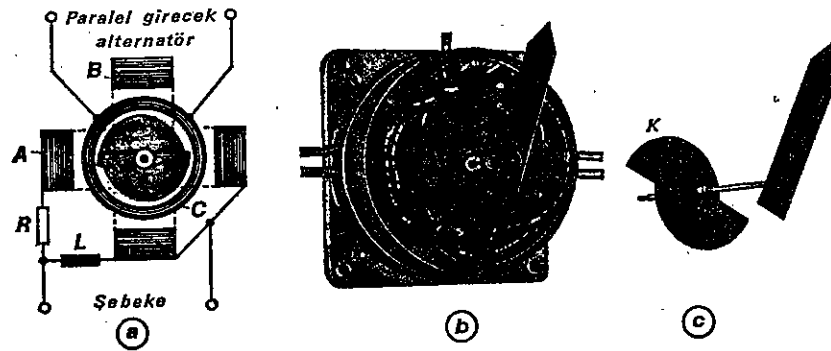
Bu tip cihazlarda, diğer ölçü aletleri gibi yüzeye monte, gömme monteler için yuvarlak veya kare şeklinde yapılmışlardır. Aynı zamanda bunların göstergeleri, diğerlerine nazaran daha geniş olduğundan uzak bir mesafeden net okunabilme avantajına sahiptirler.

Bugün tabrikatta bir ve üç fazlı olarak kullanılan senkronoskoplar, üç tiptir.

1 — Döner demirli tip. 2 — Motorlu tip. 3 — Elektrodinamik tip.

1 — BİR FAZLI, DÖNER DEMİRLİ SENKRONOSKOP:

Yapısı: Eksenleri birbirine göre 90° farklı aynı özellikte olan iki A ve B bobini, nüveler üzerine sarılmış olup döner alanı meydana getiren, stator bobinleridir. A bobini bir R direnci ile, B bobini ise bir self ile seri bağlıdır. Bu stator sargılarından dışarıya çıkarılan iki uç, çalışan alternatöre veya şebeke barasına bağlanır (Şekil: 243 a).



Şekil : 243

Döner demirli senkronoskop

A ve B stator sargılarının arasında bulunan ve döner demiri mıknatıslamaya yarayan yüksek dirençli C bobini ise, devreye paralel girecek alternatörün uçlarına bağlanır.

(2) Senkron: Aynı zamanda yapılan hareketler.

Bu C bobininin ortasına (Şekil: 243 c) de görülen hususi şekilli ve yumuşak demirden yapılmış hareketli iki K levhası (kanadı), aynı eksen üzerine bir gösterge ile tespit edilmiştir.

Cihazın çalışması :

Senkronoskoplarda, fazmetreler gibi hangi tipte olursa olsunlar esas itibariyle birbirlerinden ayrı iki elektriki devreden meydana gelmişlerdir. İşte bu iki devrenin meydana getirmiş olduğu manyetik alanların birbirlerine olan etkileri neticesinde hareketli demir ve buna bağlı gösterge dönerek, iki gerilimin karşılıklı münasebetini bildirir.

Cihazın uçları, çalışan alternatörün (şebekenin) uçlarına bağlandığı zaman A ve B sargıları, hattın frekansına bağlı olarak bir döner alan meydana getirirler. Hareketli kanatlarda, bu döner alanın etkisi ile şebeke frekansına bağlı olarak dönerler. Diğer taraftan, aynı anda devreye paralel girecek alternatörde C bobinini beslediği için, bu bobinin meydana getirdiği mıknatıslayıcı alandan dolayı da K döner demirleri, önce bir yönde sonra aksi yönde mıknatıslanırlar.

O halde; cihaz devreye bağlandığı andan itibaren, polaritesi paralel bağlanacak alternatörün frekansı ile değişen hareketli sistemin demir göbeği, stator sargılarının meydana getirdiği döner alanın tesiri altında kalır. İki kaynağın frekansları farklı ise bu demir göbek, iki frekans arasındaki farka uygun bir hızla ve hangi frekans daha büyükse o tarafa doğru döner. Senkronizasyon anı yaklaşırken, C bobininin mıknatıslayıcı kuvveti azamî olduğu ve demir göbeği döner alan ile aynı doğrultuda mıknatısladığı zaman; K kanatlarının eksenine, döner alan eksenine paralel bir durum alır. Frekanslar aynı olduğu zaman gösterge, iki gerilim arasındaki faz farkına uygun bir yerde duracaktır. Göstergenin kararlı bir şekilde durması ise, iki alternatörün senkronize anını gösterir. Zaten, paralele alınan alternatör şalterinin kapanacağı bir tek durum vardır ki bu da cihazın kadranı üzerine, belirli olarak işaretlenmiştir (Bu durumda, frekansların birbirine eşit ve gerilimlerin aynı fazda ve ters yönde olduğu anlaşılır). Kontrolü yapan şahıs bu anda, devreye paralel alınan alternatörün şalterini kapatabilir.

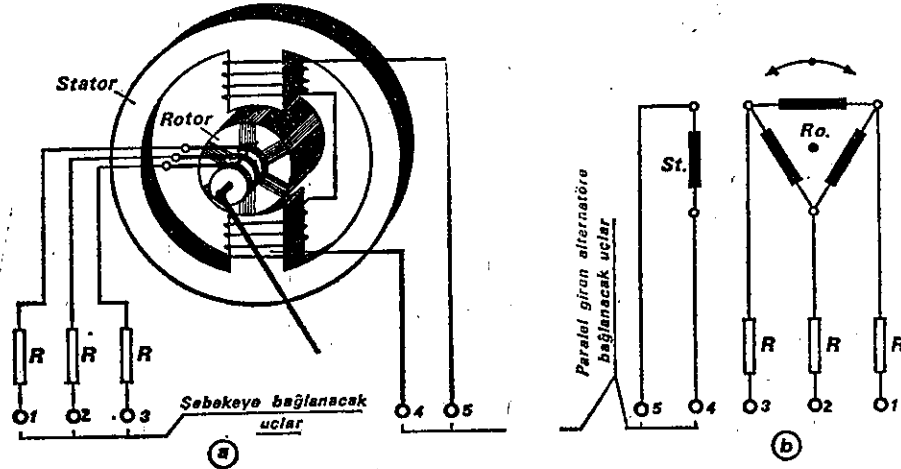
Bu tip cihazların göstergesi, frekanslar arasındaki fark iki veya üç periyoddan az olduğu zaman hareket etmeye başlar. Ve bunlarda 360° lik bir kadran plakası vardır.

2 — MOTORLU TİP SENKRONOSKOP :

Bu tip senkronoskoplarda, yapım ve bağlama şekline göre bir veya üç fazlı olarak imal edilirler. Gerek yapımı ve gerekse çalışmasının daha kolay anlaşılır olması bakımından önce üç fazlı motorlu tip senkronoskop izah edilecektir.

a) Üç fazlı, motorlu tip senkronoskop

Yapısı: Bu cihaz, (Şekil: 244 a) da görüldüğü gibi silisli ince saçlardan yapılmış sabit bir stator ile bu statorun iki kutbu arasında dönebilecek şekilde ve yine aynı saçlardan yapılmış bir rotordan ibarettir. Birbirlerine seri olarak bağlı iki stator sargısı bir fazlı akımla, rotor kanallarına yerleştirilen sargılar ise, üç fazlı akımla beslenir. Rotor sargılarına akım, üç bilezik ve bunlara basan üç fırça yardımı ile iletilir. Aletin göstergesi de rotorun miline tespit edilmiştir.



Şekil : 244

Üç fazlı motorlu tip senkronoskop ve prensip şeması

Rotora ait sargılar üçgen bağlı olup birleşim noktalarından çıkan uçların herbiri, aynı değerdeki R omik dirençleri ile seri bağlandıktan sonra üç fazlı şebeke gerilimi ile, stator sargıları ise paralel bağlanacak olan alternatörün gerilimi ile beslenecek şekilde devreye bağlanırlar (Şekil: 244 b) de görüldüğü gibi.

Cihazın Çalışması: Cihaz, iki alternatif gerilim arasına bağlandığı zaman, sabit kutuplar arasında paralel bağlanacak alternatörün frekansı ile değişen bir alternatif alan meydana gelir. Buna karşılık aynı anda, rotorda da şebeke frekansına bağlı olarak döner bir alan meydana gelir. Aletin çalışması, işte bu iki alanın karşılıklı tesirine dayanır.

Rotor döner alanı, stator alternatif alanı en büyük değerini aldığı zaman, bununla aynı yöne gelecek şekilde hareket eder. Şayet rotor alanının frekansı, stator alanının frekansından biraz küçük ise, stator alternatif alanı en büyük değerinden geçerken rotor döner alanı stator alternatif alanı yönüne tekabül eden duruma henüz gelmemiştir, yani biraz geridedir. Bu sebeple rotor, aradaki açı farkı kadar ileri doğru döner. Stator alternatif alanının bundan sonraki dönmesi esnasında faz farkı daha da büyüyeceğinden rotor daha fazla ileri doğru ve daima belirli bir yönde dönmeğe devam edecektir. Durum bunun tersi ise yani rotordaki frekans, statordaki frekanstan büyükse olay tamamen aksine cereyan eder ve rotor ters yönde döner. Frekansların eşit olması halinde, rotor herhangi bir durumda hareketsiz kalır. Bu durum ise, rotor ve stator gerilimleri arasındaki faz farkına tekabül eder. Faz farkının da sıfır olması halinde, yani frekans eşitliği ile birlikte faz eşitliği de meydana geldiğinde rotor miline bağlı olan gösterge, kadran üzerindeki belirli bir işaret üzerinde durur. Bu işaret cihazın yapımına göre, aşağıda veya yukarıda olabilir.

(Şekil: 244 b) de prensip bağlama şemasında gösterilen üç fazlı senkronoskopun, stator sargısına ait dışarı çıkarılan 4 ve 5 uçları doğrudan doğruya paralel bağlanacak alternatöre, rotora ait 1, 2 ve 3 uçları da direkt olarak çalışan alternatöre (şebekeye) bağlanır. Eğer alet yüksek gerilim tesislerinde çalışacak ise, rotor ve stator uçlarına ayrı ayrı gerilim ölçü transformatörlerinin bağlanması, icap eder.

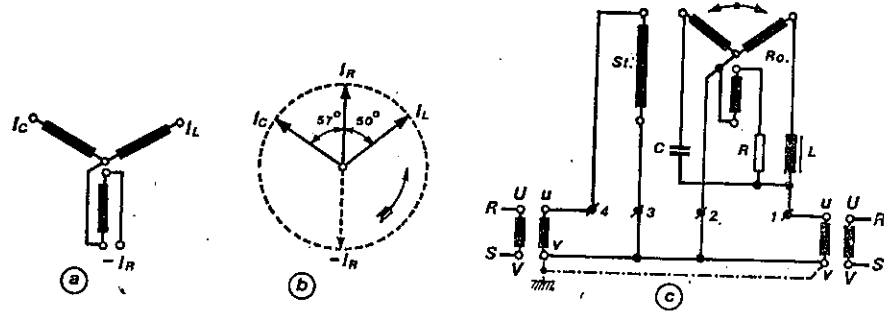
Senkronoskop çalışırken rotor devresi ön dirençleriyle birlikte 19 W. stator devresi de 2 W. kadar bir enerji sarfiyatı yapar. Rotordaki bu kayıp cihazın ısınmasına sebep olur. Buna mani olmak için, rotor sargılarının önüne bir anahtar konur (Şekil: 248 b). Bu anahtar, aydınlık montajı ile kabaca tespit edilen senkronizm anına yakın bir durumda yani, faz lambalarının gözle farkedilebilir bir şekilde yavaş yavaş yanıp sönmeye başladığında kapatılır (Çünkü, faz lambalarının yanıp sönmeye başladığında senkronoskop göstergesi aynı tempoda hareket eder). Stator sargısının kaybı küçük olduğundan devamlı devrede kalmasında bir sakınca yoktur.

b) Bir fazlı, motorlu tip senkronoskop

Bir fazlı senkronoskoplarda da rotor sargısı, üç fazlıdır. Döner alan için lüzumlu olan değişik fazlı akımlar; bu sargılara kapasitif, omik ve indüktif dirençlerin seri bağlanması ile meydana getirilmektedir. (Şekil: 245 a) da gösterilen rotor sargıları yıldız düzeni içinde olup, yalnız fazlardan biri ters yönde olacak şekilde bağlanmıştır.

R omik direnci ile birlikte, yıldız noktasına ters yönde bağlanan sargının gerilimi, bu sargıdan geçen I_R akımı ile aynı fazdadır. L selfine seri olarak bağlı ikinci faz sargısından geçen I_L akımı I_R akımına göre 50° geri, C kapasitesine bağlı üçüncü faz sargısından geçen I_C akımı da I_R akımına veya gerilimine göre takriben 57° ileridedir.

Bu duruma göre, I_L ve I_C akımları arasında takriben 107° lik bir faz farkı mevcut olmaktadır. Yukarıda da belirtildiği gibi I_R akımının geçtiği birinci faz sargısı, yıldız noktasına ters bağlandığından I_R akım vektörü 180° kaydırılmıştır. Böylece; $-I_R$, I_L ve I_C akımları ile üç fazlı bir alternatif akım sistemi meydana gelmiş olur. Suni olarak meydana getirilen bu akımlara ait vektör diyagramı (Şekil: 245 b) de gösterilmiştir.



Şekil : 245

Bir fazlı motorlu tip senkronoskopun bağlama şeması

Bu üç fazlı alternatif akım sisteminin meydana getirdiği döner alan, normal bir döner alandan çok az değişiktir. Onun için, bir fazlı senkronoskopun çalışma şekli üç fazlı senkronoskopun aynıdır. Bu bakımdan, tatbikatta kullanılan senkronoskoplar hemen hemen daima bir fazlıdır. Cihaz, yüksek gerilim tesislerinde çalışacak ise stator ve rotor sargılarının giriş uçlarına (Şekil: 245 c) de görüldüğü gibi ayrı ayrı gerilim ölçü transformatörleri bağlanır.

Yukarıda da açıklandığı gibi bir fazlı senkronoskopun rotor sargıları da, üç fazlı olduğundan bu sargılara akım, yine fırça - bilezik sistemi aracılığı ile verilir. Alet devrede iken rotordaki enerji kaybı takriben 23 W. statorunki ise 2 W. kadardır. Rotordaki kaybın önüne geçmek için, üç fazlı senkronoskoplarda olduğu gibi rotor devresinin girişine bir anahtar konur. Aynı şekilde, faz lambaları ile kabaca tespit edilen senkronizmin ana yakın bir zamanda bu anahtar kapatılır.

3 — ELEKTRODİNAMİK TİP SENKRONOSKOP

Yapısı : Bu cihazda esas itibariyle iki kısımdan meydana gelmiştir.

a) *Ölçü kısmı :* Elektrodinamik vatmetrelerde olduğu gibi bu kısımda, biri sabit diğeri hareketli iki gerilim bobini vardır. B hareketli bobini, A sabit bobininin içerisine bir gösterge ile birlikte yerleştirilmiştir. B bobinine tespitli göstergenin belirli bir işaret üzerinde durması, bir yay kontrolü ile sağlanır. Onun için bunlara, "yay kontrollü senkronoskoplar" da denilir.

A sabit bobini, bir R direnci ile seri bağlandıktan sonra paralel bağlanacak alternatörün uçlarına, B hareketli bobini ise bir kondansatörle seri bağlandıktan sonra şebeke uçlarına bağlanırlar. Paralel bağlanacak alternatörlerin tam senkronizm anında, iki bobinden geçen akımlar arasında 90° lik bir faz farkı olabilmesi için, sabit bobine küçük bir L selfi bağlanmıştır (Şekil: 246 b).

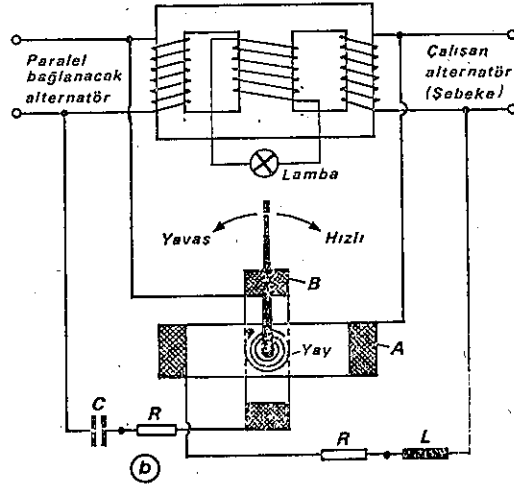
b) *Transformatör kısmı :* Bu transformatör, cihaz için özel olarak yapılmıştır. Transformatör üç bacaklı olup iki primer, bir sekonder sargısı taşır. Primer sargılarından biri şebekeden, diğeri paralel bağlanacak alternatörden beslenir. Orta bacağı sarılan sekonder sargı uçlarına da 12 V . 5 W. lik akkor flamanlı bir, faz kontrol lambası bağlanmıştır (Şekil: 246 b). Bu cihazlara aynı zamanda, "lambalı tip senkronoskoplar" da denilir.

Yukarıda izah edilen ölçü ve transformatör kısmı, ayrı bir muhafaza içerisinde. Cihazın kadranı mat bir cam olup bu camın orta noktasına zıt yönlü iki ok ile sağına hızlı, soluna yavaş kelimeleri yazılmıştır. (Şekil: 246 a) da görüldüğü gibi cihazın lambası ve göstergesi buzlu camın arkasında olduğundan senkronoskop çalışmadığı sürece, göstergenin durumunu görmek mümkün değildir. Cihaz işletmede dahi olsa, gösterge yine görülmez. Ancak faz kontrol lambasının ışığı altında, gösterge hareketinin buzlu cam üzerindeki gölgesi görülebilir.

Çalışması : Cihazın sabit A bobini şebeke gerilimi, hareketli B bobini de paralel bağlanacak alternatörün gerilimi ile beslendiği zaman, bu iki bobinin meydana getirdikleri manyetik alanların karşılıklı tesirinden dolayı, hareketli bobin ve buna tespitli gösterge de sağa ve sola döner. Göstergenin hareket yönü, paralel bağlanacak alternatörlerin faz durumu hakkında bize bir bilgi verir. Şöyleki; devreye girecek alternatörün fazı, şebeke fazına göre ileri ise gösterge hızlı yönde, geri ise yavaş yönde sapar. Eğer, A ve B bobinlerinden geçen akımlar faz bakımından birbirlerine göre 90° farklı iseler, bunların meydana getirdikleri alan kuvvetleri de birbirine dik olur. Dolayısıyla, hareketli bobine etki eden döndürücü moment meydana gelmez. Bu anda, göstergede kadranın orta noktasındaki işaret üzerinde kararlı bir şekilde durur ve aynı zamanda, cihaz içindeki faz kontrol lambası da en büyük parlaklıkta yanar. Böylece iki alternatörün senkronizm anı tespit edilmiş olur ve paralel girecek alternatörün şalteri artık basılabilir.



a



Şekil : 246

Elektrodinamik tip senkronoskop ve prensip bağlama şeması

Şayet, alternatörlerin frekansları farklı ise gösterge, cihazın orta noktası etrafında titreşir. Eğer, aletin faz kontrol lambası sönük ise göstergenin hareket durumu görülemeyeceğinden alternatörlerin senkronizmde olmadıkları anlaşılmalıdır. Onun için, bu tip lambalı cihazlarla senkronizm anının tesbiti kolay ve hatasız olur.

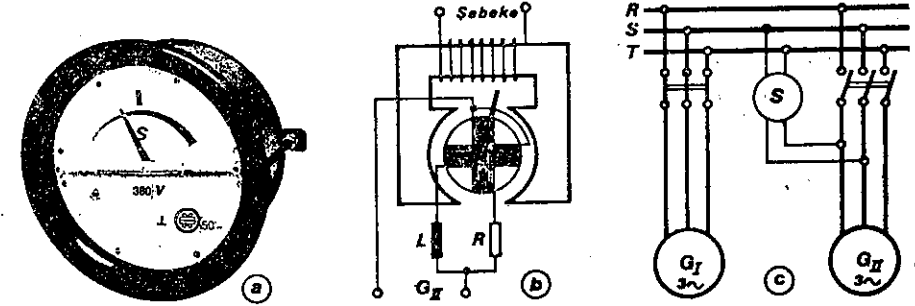
Elektrodinamik tip senkronoskop da, yüksek bir gerilim devresinde çalışacak ise (Şekil: 245 c) de gösterildiği gibi gerilim ölçü transformatörleri üzerinden bağlanır. Bu bağlantıda da alternatörlerin senkronizme ulaştıkları an, Faz kontrol lambasının en yüksek parlaklıkta yanması ve göstergenin de orta noktada kararlı bir şekilde durması icap eder. Şayet, bu anda faz kontrol lambası yanmıyorsa o zaman gerilim transformatörlerine ait uçlardan birinin, cihaza yanlış bağlandığı anlaşılır. Bu durumda senkronoskopa ait bobin uçlarından birinin yeri değiştirilir.

Üç fazlı gerilim transformatörlerinin kullanılması sırasında, mat cam aydınlandığı halde göstergenin hareketi görülüyor ise, alet yanlış faza bağlanmış demektir, bağlantısı değiştirilir. Senkronizm anında, gösterge orta noktadan biraz sapsın ve faz kontrol lambası da devamlı olarak sönük bir ışıkla yanıyorsa, cihazın bağlantı uçlarından biri kopmuş veya yerinden çıkmış demektir.

Muhtelif gerilimlere göre imal edilen elektrodinamik tip senkronoskopların güç kayıpları değişik olup buna ait değerler aşağıdaki gibidir.

Şebekeye bağlanan sabit akım bobini, imal edildiği gerilime göre; 110 V. ta 14 VA., 220 V. ta 16 VA. ve 380 V. ta 30 VA. kadar. Paralel girecek alternatöre bağlanan hareketli bobin ise; 110 V. ta 6 VA., 220 V. ta 7 VA. ve 380 V. ta da 11 VA. kadar güç kaybı yaparlar.

Buraya kadar izahına çalıştığımız demirsiz tip senkronoskopların birde, lambasız olan demirli tipleri vardır. Bunların da çalışma prensipleri öncekilerine benzer. (Şekil: 247) de böyle bir cihaz, prensip şeması ve devreye nasıl bağlandığı gösterilmiştir.



Şekil : 247

Lambasız tip demirli senkronoskop, iç şeması ve devreye bağlanması

KONUNUN ÖZETİ :

1 — Senkronoskop, iki alternatif gerilimin aynı fazda olup olmadıklarını göstermeğe yarayan cihazdır.

2 — İki gerilim arasındaki faz münasebetinin saptanması, tıpkı akım ile gerilim arasındaki faz münasebetinin saptanmasına benzer. Bu bakımdan bir senkronoskopun yapısı genel olarak bir fazmetrenin yapısına benzer. Bir farklı; fazmetrenin akım bobininin teli, büyük kesitli ve küçük dirençlidir. Şayet, bu bobin aynı gerilim bobini gibi ince kesitli ve büyük dirençli yapılırsa fazmetre, bir senkronoskop gibi kullanılabilir.

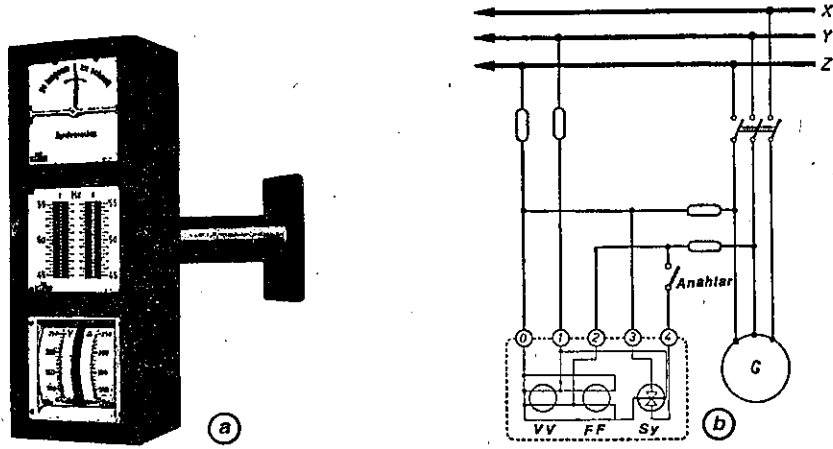
3 — Senkronoskop göstergesinin dönme yönü, paralel girecek alternatörün gereğinden hızlı veya yavaş dönüp dönmediğini bildirir.

4 — Elektrodinamik tip senkronoskoptaki faz lambası, hem senkronizm anını bildirir hem de gösterge hareketinin görülmesini sağlar. Bunlar; demirli, demirsiz, lambalı veya lambasız olarak yapılırlar.

5 — Pratikte kullanılan senkronoskoplar, hemen hemen bir fazlıdır.

6 — Her alternatörün aynı fazna ait gerilim, senkronoskop bobinlerine özel senkronoskop anahtarları aracılığı ile uygulanır. Ve bu anahtarlardan birinin üzerine "çalışan" diğerinin üzerine de "paralel girecek" diye yazılmıştır.

7 — Tatbikatta, alternatörlerin şebekeye paralel bağlantısını kolaylaştırmak için; şebeke ve alternatör gerilimlerini, frekanslarını ve faz farklarını daima göz önünde bulundurmak icap eder. Bu bakımdan çift voltmetre, çift frekansmetre ve senkronoskop bir muhafaza içerisine alınarak operatörün kolayca görebileceği duvar veya tablo gibi bir yere tespit edilir (Şekil: 248).



Şekil : 248

Senkronizasyon alet tablosu ve devreye bağlantısı

SORULAR :

- 1) Senkronoskop ne işe yarar?
- 2) Kaç çeşit senkronoskop vardır?
- 3) Bir fazlı, döner demirli senkronoskop hakkında bilgi veriniz?
- 4) Üç fazlı, motorlu tip senkronoskopun çalışmasını izah ediniz?
- 5) Lambalı tip senkronoskopun, diğerlerine göre ne gibi bir üstünlüğü vardır?
- 6) Senkronoskop devreye nasıl bağlanır?

Öz-İndükleme Katsayısı ve Kapasite Ölçmek

BÖLÜM 11

KONUNUN PLANI :

A — Öz - indüklemeye katsayısı ölçmek.

1 — Ampermetre - voltmetre metodu ile öz - indüklemeye katsayısı ölçmek

2 — Köprülerle öz - indüklemeye katsayısı ölçmek.

B — Kapasite ölçmek

1 — Ampermetre - voltmetre metodu ile kapasite ölçmek.

2 — Karşılaştırma yöntemi ile kapasite ölçmek.

3 — Köprülerle kapasite ölçmek.

C — Doğrudan doğruya self ve kapasite ölçmek.

A — ÖZ - İNDÜKLEME KATSAYISI ÖLÇMEK

Ön bilgi :

Bir bobinin alternatif akıma karşı göstermiş olduğu zorluğa "indüktif direnç" veya "indüktif reaktans" adı verilir ve X_L ile gösterilir.⁽¹⁾ Bunun değeri ise;

$$X_L = \omega \cdot L = 2\pi \cdot f \cdot L \quad \Omega \quad \dots \dots \dots (89)$$

f : Alternatif akımın frekansı.

L : Bobinin öz-indükleme katsayısı veya öz-indüktans veyahutta kısaca "selfi" de denir. Öz-indükleme katsayısı birimi Henry (Henri) dir ve H harfi ile gösterilir.

(1) Böyle bir bobine doğru akım uygulandığı zaman, geçen akım yalnız bobinin omik direncine bağlıdır. Gerçi bobinde bir manyetik alan meydana gelirse de geçen akımın değeri sabit olduğu için, meydana gelen manyetik alan da sabittir. Bu sebepten bobinde bir emk. indüklenmez, dolayısıyla doğru akımda indüktif direnç (X_L) yoktur. Akımın geçişine karşı zorluk yalnız omik direnç tarafından gösterilir.

Henri (L): İndüktif bir devreden geçen akımın bir saniyede bir amperlik değişimine karşılık bir volt indükleniyorsa bu bobinin indüklemeye katsayısı 1 Henri'dir.⁽²⁾

Henri büyük bir değer olduğundan, Henri'nin binde biri olan milihenri (mH) ve milyonda biri olan mikrohenri (μ H) kullanılır.)

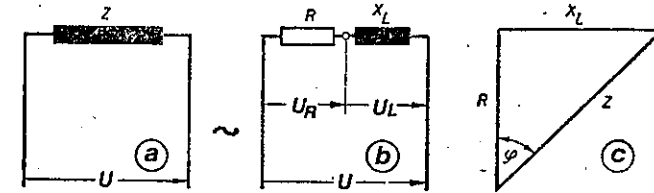
$$1 \text{ H} = 1000 \text{ mH.}, \quad 1 \text{ H} = 1\,000\,000 \text{ } \mu\text{H.}$$

Bir bobinin öz-indükleme katsayısı şu faktörlere bağlıdır.

a) Bobinin sarım sayısına, b) Bobinin boyuna, c) Bobinin nüvesine.

Bir bobin sipariş edilirken veya yapılırken, bu bobinin yalnız Henri olarak indüktans değerinden başka, kaç amperlik bir akıma dayanabilecekleri de göz önüne alınır (filtre devrelerinde kullanılan şok bobinleri gibi, bütün indüktans bobinleri ve trafo sarguları içinde bu böyledir).

Bilindiği üzere, yalnız selfli veya indüktif direnci olan bir devre ancak ideal olarak düşünülür. Aslında bütün bobinler bir iletken yapıldığına göre, az veya çok değerinde bir omik direnci vardır. Ve bunlar sanki birbirleriyle seri bağlı olarak düşünülüp hesaplarımızı ona göre yaparız. (Şekil: 249 a) da görüldüğü gibi bir self çizip üzerine, omik ve indüktif dirençleri bir arada yazılır (ya da düşünülür) veya (Şekil: 249 b) de olduğu gibi iki direnç birbirine seri bağlanıp ayrı gösterilir.



Şekil : 249

Böyle bir bobin yukarıda da belirtildiği gibi bir alternatif akım devresine bağlandığı zaman devreden geçen akıma karşı bobinin, R omik direnci ile indüktif direnci zorluk gösterecektir. İşte, bobinin omik direnci ve indüktif reaktansının birlikte gösterdikleri bu ortak etkiye "empedans" adı verilir. Empedans Z harfi ile gösterilir (zet olarak okunur) ve değeri ise (Şekil: 249 c) den

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} \quad \Omega \quad \dots \dots \dots (90)$$

(2) Henry : (1797-1878) Amerikalı fizikçidir.

O halde: Alternatif akım devrelerinde indüktif bir devrenin Ohm kanununa göre; empedansı (direnci): $Z = U/I \Omega$ dur. (91)

Buraya kadar verilen kısa bilgiden sonra bir bobinin öz-indükleme katsayısının nasıl ölçüldüğünü görelim. Bu değer ölçülmesi için, çeşitli metotlar varsa da bunlardan en kolay ve pratik olanları aşağıda izah edilmiştir.

1'— AMPERMETRE - VOLTMETRE METODU İLE ÖZ-İNDÜKLEME KATSAYISI ÖLÇMEK:

Bu metotla bir bobinin öz-indükleme katsayısı şu şekilde ölçülür.

Deney : 1

Önce, bir ommetre yardımı ile bu bobinin R omik direnci ölçülür.

Deney : 2

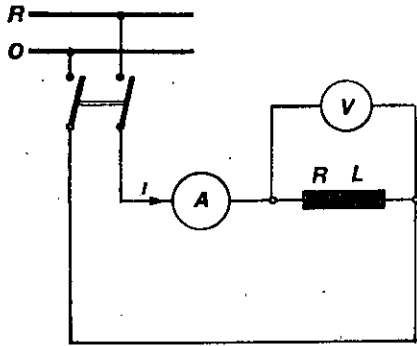
a) Öz-indükleme katsayısı ölçülecek bobin, (Şekil: 250) de görüldüğü gibi ampermetre ve voltmetre ile birlikte, bir alternatif akım devresine bağlanır.

b) Devrenin şalteri kapatılarak ölçü aletinin gösterdiği değerler okunup alındıktan sonra ölçmeye son verilir.

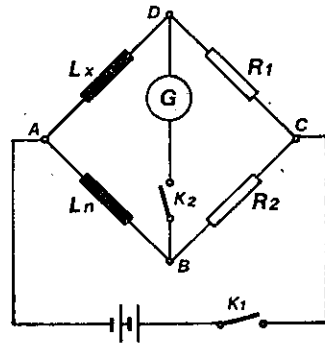
Okunan değerler: $R = 16 \Omega$, $U = 215 \text{ V.}$, $I = 0,1 \text{ A.}$ dir.

Formül: (89), (90), (91), yardımı ile L kıymeti hesaplanır.

$Z = U/I = 215/0,1 = 2150 \Omega$ bulunur.



Şekil : 250
Ampermetre - voltmetre metodu
ile L ölçmek.



Şekil : 251
Karşılaştırmak suretiyle
L ölçmek

$$L = \frac{\sqrt{Z^2 - R^2}}{\omega} = \frac{\sqrt{2150^2 - 16^2}}{2 \cdot 3,14 \cdot 50} = 2,1 \text{ H. bulunur.}$$

Bu ölçmenin hassasiyeti, voltmetre ve ampermetredeki kayıpların dikkate alınıp alınmamasına bağlıdır.

2 — KÖPRÜLERLE ÖZ-İNDÜKLEME KATSAYISI ÖLÇMEK:

Köprülerle öz-indüktans ölçmek için tıpkı kapasite köprülerinde olduğu gibi ya bilinen elemanlarla köprü kurulur veya bu ölçmeler için hazırlanan özel köprülerden istifade edilir.

a) Karşılaştırmak suretiyle öz-indüktans ölçmek:

(Şekil: 251) de görülen montaj kurulur.

Bu montajda; değerleri bilinen bir L_n selfi ile ayarlı R_1 , R_2 dirençleri, bir galvanometre ve bir pil bataryası ile değeri tayin edilecek L_x selfinden ibarettir.

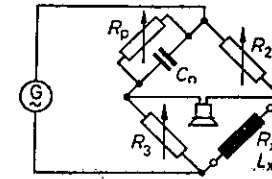
Ölçmenin yapılışı : Devrenin K_1 ve K_2 anahtarları kapatılarak R_1 ve R_2 dirençlerinin ayarı ile köprü dengeye getirildiğinde şu münasebet yazılır.

$$L_x/L_n = R_1/R_2 \text{ buradan } L_x = L_n \cdot \frac{R_1}{R_2} \text{ dir. (92)}$$

Not: Köprünün daha kolayca dengeye gelebilmesi için, L_n selfinin de ayarlı olması tavsiye edilir.

b) Maxwell⁽³⁾ köprüsü ile öz-indüktansın ölçülmesi:

Bu köprü özel olarak hazırlanmış olup galvanometre yerine bir telefon kulaklığı, üreteç olarak da bir ses frekansı osilatörü kullanılmış ve anahtarlar da kaldırılmıştır. (Şekil: 252).



Şekil : 252
Maxwell köprüsü.

(3) Maxwell, (1831-1879), İngiliz matematikçisi ve fizikçisi olup, ışığın elektromanyetik teorisinin yaratıcısıdır.

Ölçmenin yapılışı :

- 1) Köprünün L_x işaretli uçlarına, değeri ölçülecek self bağlanır.
- 2) Sonra, R_p ve C değerleri yardımı ile, kulaklıktaki ses minimuma ininceye kadar ayarlanıp köprü dengeye getirilir (Köprü dengede olunca karşılıklı kolların kompleks empedanslarının çarpımları eşit olur. Bu kompleks eşitlikten iki denge şartı bulunur).

$$3) \text{ Köprü dengede iken: } \underline{L_x = R_2 \cdot R_3 \cdot C_n} \text{ yazılır (93)}$$

Bu formül yardımı ile bilinen değerlerden L_x hesaplanmış olur.

Örneğin: Köprü dengede iken; $R_2 = 900$, $R_3 = 950$ om ve $C_n = 0,10$ μF lık bir değer okuyalım. Bu değerlerden,

$$L_x = R_2 \cdot R_3 \cdot C_n = 900 \cdot 950 \cdot 0,10 \cdot 10^{-6} = 0,00855 \text{ H. bulunur.}$$

4) Köprünün diğer denge şartında ise: $R_x = R_2 \cdot R_3 / R_p$ dir. Yani bu köprü ile R_x dirençleri de ölçülebilir.

Not : Bu köprüde, C_n kondansatörü: 0,001 ilâ 1 μF arasında ondalıklı kademeler halinde değişebilen cinstendir. R_2 , R_3 ve R_p kıymetleri de 1 omdan 10 kilooma kadar ondalık kademelerinde değişebilen ayarlı dirençlerdir.

KONUNUN ÖZETİ :

- 1 — Bir bobinin alternatif akıma karşı göstermiş olduğu zorluğa indüktif direnç veya indüktif reaktans denir.
- 2 — İndüktif direnç, akımın gerilimden geri kalmasına sebep olur.
- 3 — Öz-indükleme katsayısı birimi Henri dir.
- 4 — Bir bobinin omik direnci ile indüktif reaktansının birlikte gösterdikleri ortak etkiye, empedans denir ve Z harfi ile gösterilir.
- 5 — Tek kat sargılı uzun bir bobinin selfini ölçmeden de hesaplamak mümkündür. Bunun için, bobinin L_1 uzunluğunu ve sarılmış olan telin L_2 uzunluğunu bilmek icap eder. Bilinen bu değerler, verilen formülde yerine konursa selfin değeri Henri cinsinden bulunabilir. $L = 10^{-9} \cdot L_1^2 / L_2^2$

SORULAR :

- 1) İndüktif reaktansı tarif ediniz?
- 2) Öz-indükleme katsayısının değeri, hangi faktörlere bağlıdır?
- 3) Ampermetre-voltmetre metodu ile bir bobinin öz-indükleme katsayısı nasıl ölçülür?
- 4) Bir köprü kurarak, öz-indükleme katsayısı ölçünüz?

B — KAPASİTE ÖLÇMEK**Ön bilgi :**

Bir kondansatörün, levhalarına aldığı elektrik yükü ile potansiyel farkı arasındaki bağıntıya o kondansatörün *kapasitesi* veya *sigası* denir. Kondansatörlerde siga veya kapasite **C** harfi ile gösterilir. Kapasite birimi ise *Farad*'dir.

Farad: 1 voltluk potansiyel farkı altında bir kondansatörün levhalarında 1 kulonluk yük toplamırsa, bu kondansatörün kapasitesi 1 Farad'dır ($C = Q/U$). Kapasitesi 1 Farad olan bir kondansatörün fiziki ölçüleri çok büyük ve yapımı da oldukça güçtür. Onun için 1 Faradın kullanılışı genel olarak tarif ve hesaplamalarda kalır. Bu bakımdan pratikte, Faradın askatları olan *Mikrofarad* veya *Nonofarad* veya *Pikofarad* kullanılır. (*)

Kondansatör kapasitesinin değeri, üç faktöre bağlıdır.

- a) Plakların yüzey büyüklüğüne,
- b) Plaklar arasındaki uzaklığa,
- c) Plaklar arasındaki maddenin dielektrik katsayısına.

Kondansatörlerin alternatif akıma karşı gösterdikleri zorluğa "*kapasitif direnç*" veya *kapasitif reaktans* denir ve X_c harfi ile gösterilir. Bunun değeri ise,

$$X_c = 1/\omega C \text{ om'dur. (94)}$$

Kondansatörler hakkında verilen bu kısa bilgiden sonra kapasitele-
rinin nasıl ölçüldüğünü görelim. Gerçi bir kondansatör kapasitesinin ölçülmesi için çeşitli metotlar varsa da bu metotlardan yapabileceğimiz en pratiklerinden üç tanesi aşağıda izah edilmiştir.

1 — Ampermetre - Voltmetre metodu ile kapasite ölçmek

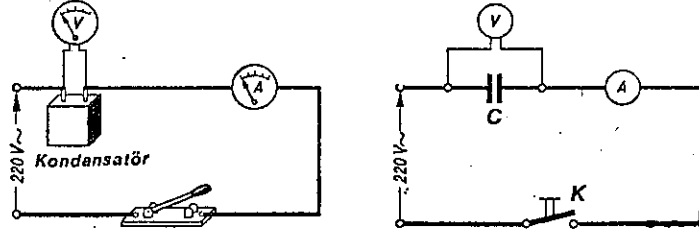
Herhangi bir kondansatörün kapasitesini (C), o kondansatörün kapasitif direncini ölçerek buluruz. Ohm kanununa göre, bir kondansatörden geçen akım; kondansatörün kapasitif direnci ile ters, uçlarına tatbik edilen gerilimle doğru orantılı olduğunu biliyoruz. O halde, bu iki değeri ölçecek şekilde aşağıdaki montajı kuralım.

(*) $1 \mu F = 10^{-6} F$, $1 nF = 10^{-9} F$, $1 pF = 10^{-12} F$, $1 nF = 1000 pF$

(Şekil: 253) de açık ve kapalı montaj şeması gösterilen devrenin şalteri kapatıldığı zaman ölçü aletlerinden şu değerler okunmaktadır.

$$U = 220 \text{ Volt. } I = 0,140 \text{ Amper.}$$

Kondansatörlü bir devreye alternatif gerilim uygulandığı zaman devreden geçen akım (Ohm kanununa göre):



Şekil : 253

Ampermetre-voltmetre metodu ile kapasite ölçmek.

$$I = \frac{U}{X_c} = \frac{U}{1/\omega \cdot C} = U \cdot \omega \cdot C \text{ dir. Buradan } C \text{ nin değeri}$$

$$C = \frac{I}{\omega \cdot U} = \frac{I}{2\pi \cdot f \cdot U} = \frac{0,140 \cdot 10^6}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 220} = 2 \mu F \text{ hesaplanmıştır olur.} \quad (95)$$

C = Kondansatörün μF cinsinden kapasitesi, f = Frekans, U = Volt, I = Amper.

İhtar: Kondansatöre uygulayacağınız gerilim, üzerinde yazılı olan değerden fazla olmamalıdır.

2 — Karşılaştırma yöntemi ile kapasite ölçmek

(Şekil: 254) deki montaj kurulduktan sonra kondansatörün kapasitesi şu şekilde tayin edilir.

Deney : 1

a) Önce K_1 anahtarı 1 konumuna kapatılarak ölçülecek C_x kondansatörü, U gerilimi ile yüklenir (şarj edilir). $Q_x = C_x \cdot U$ (96)

b) Bu yük; K_1 anahtarı, 2 durumuna alınıp balistik galvanometre üzerine boşaltılır (deşarj edilir). Balistik galvanometrenin α_x maksimum sapması okunur ve K_1 anahtar açılır. $C_x \cdot U = k \cdot \alpha_x$. . . (97)

c) Sonra K_3 anahtarı kapatılarak kısa devre yapılır ve açılır.

Deney : 2

a) K_2 anahtarı, 1 üzerine kapatılıp kapasitesi bilinen C_n kondansatörü, aynı U gerilim ile yüklenir. $Q = C_n \cdot U$ (98) sonra K_2 anahtarı açılır.

b) Bundan sonra K_2 anahtarı, 2 durumuna alınarak C_n nin yükü, balistik galvanometre üzerine boşaltılır. Balistik galvanometre bu defa α maksimum sapmasını yapar.

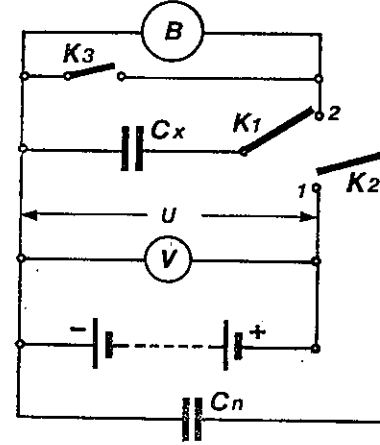
$$C_n \cdot U = k \cdot \alpha \quad (99)$$

(97) ve (99) eşitliklerini taraf tarafa bölerek

$$\frac{C_x \cdot U}{C_n \cdot U} = \frac{k \cdot \alpha_x}{k \cdot \alpha} \text{ buradan } C_x \text{ kapasitesi } C_x = C_n \cdot \frac{\alpha_x}{\alpha}$$

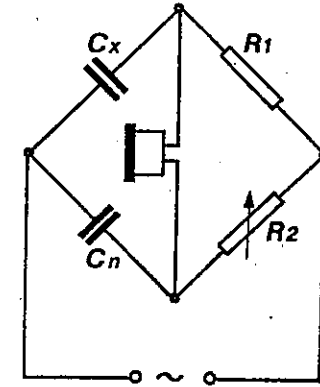
bulunur. (100)

Böylece iki kapasite karşılaştırılmış olur.



Şekil : 254

Şarj vedeşarj metodu ile kapasite ölçmek.



Şekil : 255

Köprülerle kapasite ölçmek. (De Saut metodu)

3 — Köprülerle kapasite ölçmek

Köprülerle kapasite ölçmek için iki yol vardır. Ya mevcut elemanlarla köprü kurularak kapasite ölçülür veya hazır kapasite köprülerinden istifade edilir.

a) Köprü teşkili ile kapasite ölçmek

(Şekil: 255) de kurulan köprüde, şu kıymetler kullanılmıştır.

2 adet, 2 μ F lık kondansatör (biri C_x , diğeri C_n kabul edildi). 1 adet 280 omluk ve 1 amperlik ayarlı direnç, 1 adet 208 omluk ve 1 amperlik sabit direnç, 1 adet kulaklık. Bu köprüye şebeke gerilimi tatbik edilmiştir.

Kulaklıktaki ses işitilmez seviyeye ininceye kadar R_2 direnci ile ayar yapılarak köprü dengeye getirildiği zaman aşağıdaki denklem yazılır.

$$C_x = C_n \cdot \frac{R_2}{R_1} \dots \dots \dots (101)$$

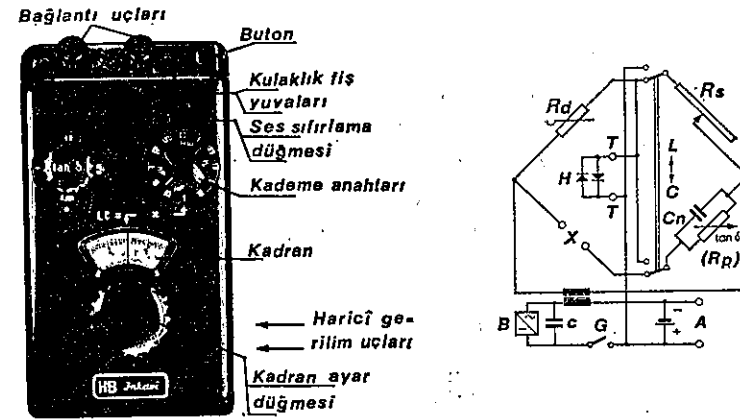
Değerler yerine konarak $C_x = 2 \cdot 228/208 = 2,14 \mu$ F. bulunur. Aradaki 0,14 lük fark ölçümden ileri gelen hatadır. Hazır kapasite köprüleri ile kapasitenin ölçülmesi yukarıdaki işlemin aynıdır.

b) Kapasite köprüleri ile kapasite ölçmek

Hazır kapasite köprüleri ile kapasitenin ölçülmesi, yukarıdaki işlemin hemen hemen aynıdır. Bir farkı, yalnız kapasitesi ölçülecek kondansatör doğrudan doğruya köprünün C_x ucuna bağlanarak yine köprü dengeye getirildikten sonra, ölçülen değer alet üzerinden okunur (Şekil: 226 a).

C — DOĞRUDAN DOĞRUYA SELF VE KAPASİTE ÖLÇMEK

Bundan önceki konularda self ve kapasite ölçerken her biri için, ayrı ayrı kurulan köprülerden faydalanmıştık. Bu konuda ise, bu iki ayrı köprünün birleştirilmesinden meydana gelen hazır self ve kapasite köprülerinden bahsedeceğiz. Böyle iki değeri ölçen kombine aletlere "Self ve kapasite köprüleri" denir. Hartmann Braun fabrikası, yaptığı bu alete kısaca "INKAVI" adını vermiştir. (Şekil: 256) da böyle bir alet ve bu aletin iç bağlantı şeması görülmektedir.



Şekil: 256

İnkavi ve iç bağlantı şeması.

INKAVI'nin tanımı:

Yukarıda gösterilen bu alet, 1 μ H den 10 H ye kadar olan self değerleri ile 10 pF dan 100 μ F a kadar olan kondansatörlerin kapasite değerlerini ölçer.

Alet, 4,5 voltluk bir pil bataryası ile çalışır. Bu gerilim aletin içindeki B bizeri ile tahminen 1200 ilâ 1400 Hz ve 6 V. luk sinüsoidal bir gerilime çevrilir. A uçlarına pil yerine dışarıdan bir doğru akım kaynağı da bağlanabilir (azami 4 V. luk bir akü bataryası gibi). X ile gösterilen yere ölçülecek self veya kapasite uçları, TT işaretli fiş yuvalarına da kulaklığın uçları bağlanır. Aletin iç bağlantısında gösterilen R_d ölçme alanını genişletme, R_s ve R_p de ses sıfır ayar dirençleridir.

KONUNUN ÖZETİ :

1 — Yalıtkan (izole) bir madde ile birbirinden ayrılmış yakın aralıkta madensel levhadan ibaret elektrik cihazına "Kondansatör" denir. Bu iki levhanın arasındaki izole madde; hava, kâğıt, mika, cam, yağ gibi herhangi bir yalıtkan madde olabilir.

2 — Bir kondansatörün toplayabileceği enerji miktarına şıga veya kapasite denir ve C harfi ile gösterilir. Birimi ise, Farad'dır.

3 — Kondansatörlerin AC, elektrik akımına karşı gösterdikleri zorluğa, kapasitif direnç veya reaktif direnç veya kapasitif reaktans denir ve X_c ile gösterilir.

4 — Belli bir kondansatörde plaklar arasındaki gerilim belli bir değeri aşınca bir şerare (ark, kıvılcım) husule gelir. Buna kondansatörün "patlama gerilimi" denir. Patlama gerilimi, plakalar arasındaki dielektrik maddenin cinsine göre değişir ve kalınlığı ile orantılıdır (dielektrik dayanımı, kV/mm cinsinden ölçülür).

5 — Kapasite doğru akımı geçirmez ($I = U/X_c$ formülünde

$$X_c = 1/\omega C, \omega = 2\pi \cdot f$$

burada $f = 0$ ve $\omega = 0$ olduğundan akımda sıfır olur).

6 — Kapasite, yüksek frekanslı akımları kolaylıkla geçirir (ω büyük olursa X_c küçülür ve I büyür).

7 — Bir kondansatörün kapasitesi.

a) Alternatif akım devrelerinde bir ampermetre ve bir voltmetreyle.

b) Bir ampermetre, bir voltmetre ve bir vatmetreyle

$$(X_c = U^2/P, C = P/\omega \cdot U^2).$$

c) Kapasitesi bilinen bir kondansatör ve bir balistik galvanometreyle.

d) Köprüler kurarak.

e) Hazır kapasite ölçen ölçü aletleriyle (kapasitemetrelerle) ölçülebilir.

SORULAR :

- 1) Farad ne birimdir, tarif ediniz?
- 2) Bir kondansatör kapasitesinin değeri hangi faktörlere bağlıdır?
- 3) Ampermetre-voltmetre metodu ile kapasite nasıl ölçülür?

4) Bir kondansatörden doğru akım geçer mi, niçin?

5) Karşılaştırma yöntemi ile bir kondansatörün kapasitesini nasıl ölçersiniz?

6) Kapasite köprüleriyle bir kondansatörün kapasitesini ölçebilirsiniz, nasıl?

7) Kondansatörlü bir devre de; $f = 50$ Hz., $I = 4$ mA., $U = 100$ V. ölçüldüğüne göre bu kondansatörün kapasitesini hesaplayınız?

$$C: C = 0,1275 \mu F.$$

8) $C = 1 \mu F.$, $f = 50$ Hz., $U = 220$ V. değerleri bilindiğine göre: $X_c = ? \Omega$, $I = ?$ A.

$$C: X_c = 3200 \Omega, I = 0,068 A.$$

9) Atelyenizde, doğrudan doğruya self ve kapasite ölçen aletinizi (İnkavi) var ise, muhtelif L ve C değerlerini ölçünüz.

Yazıcı Ölçü Aletleri

BÖLÜM 12

KONUNUN PLANI :

Giriş :

- 1) Devamlı yazıcı aletler.
- 2) Noktalayıcı aletler.
- 3) Işık izli yazıcılar.

Giriş :

Elektrik büyüklüğün an değerlerini, birbirini takip eden zamanlarda kaydeden ölçü aletlerine "kaydedici veya yazıcı ölçü aletleri" denir. Bunlar genellikle enerji dağıtım merkezlerinde ve elektrik santrallerinde kullanılırlar (yazıcı ampermetre, voltmetre ve vatmetre gibi). Santral yükünün nasıl ve ne zaman değiştiğini ne zaman azamî ve asgarî olduğunu ve ne kadar devam ettiğini vb. değerlerin devamlı olarak bilinmesi bir santralin emniyeti bakımından çok önemlidir. Ölçülen büyüklüklerin kaydedilmesiyle geçmiş zamana ait değerlerin her zaman için kontrol imkânı böylece sağlanmış olur. Bu özellik; Şimdiye kadar gördüğümüz ne göstergeli ölçü aletlerinde ve ne de kaydedici (elektrik sayaçları gibi) ölçü aletlerinde vardır.

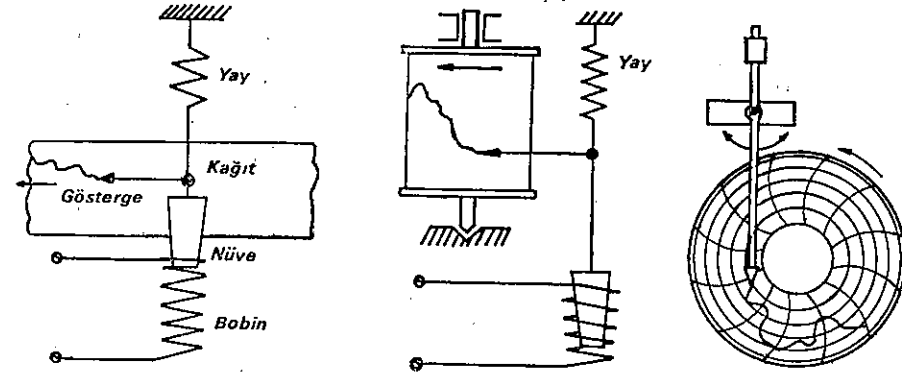
Yazıcı ölçü aletleri, yapılışı bakımından ölçü ve sanat düzeneği olmak üzere iki kısımdan meydana gelmiştir. Ölçme sistemine bağlı göstergeler, bildiğimiz ölçü aletlerinin göstergelerine nispetle daha sağlam bir manivela şeklinde yapılarak uç kısmına da mürekkepli bir kalem takılmıştır. Bu kalem, milimetrik kâğıt üzerine hafifçe basarak bir eğri çizer.

Saat düzeneğinin ödevi ise, mürekkepli iğne kaleminin altındaki bölümlü kâğıdın muntazam bir hızla hareketini sağlar. Şerit veya daire şeklindeki bu kâğıdın üzeri, zaman ve ölçülecek büyüklüğün birimine göre bölümlendirilmiştir.

Yazıcı ölçü aletleri çok çeşitli olmakla beraber en çok kullanılan üç tipi aşağıda izah edilmiştir.

1) Devamlı yazıcı aletler :

Bu aletle ölçülen büyüklükler, devamlı olarak bölümlü kâğıt üzerine yazılır. Yazılan bu kayıtlar ise, ya bir silindirden öbür silindire sarılan (Şekil: 259 a) veya eksenini etrafında dönen bir silindir (makara) üzerinde (Şekil: 259 b) veyahut ta merkezi etrafında dönen bir daire üzerindeki bölümlü kâğıttan okunur (Şekil: 259 c).



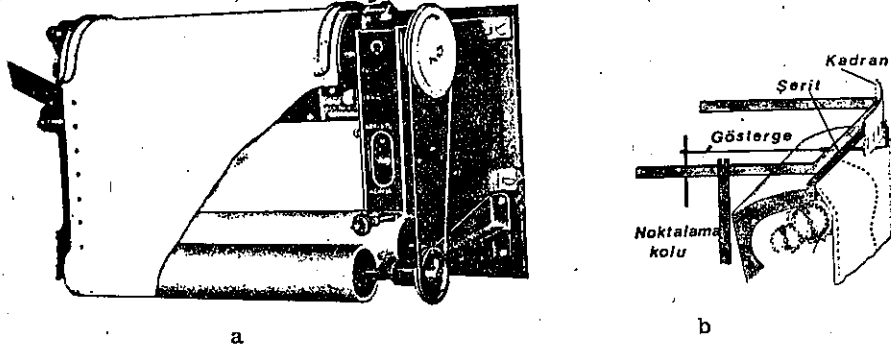
Şekil : 259

Devamlı yazıcı aletlerden örnekler.

Aletin çalışması : (Şekil: 259 a ve b) de prensip şemaları gösterilen yazıcı ölçü aletlerinin şekli de anlaşılacağı üzere; bobinden geçen akımın büyüklüğüne göre nüve, bobinin içine doğru çekilir. Bu nüvenin çekilişine bağlı olarak ucu mürekkepli kaleminde, muntazam ve sabit bir hızla hareket eden bölümlü kâğıt üzerine aletin çalışması süresince devamlı olarak eğriler çizer.

Gerek merkezi etrafında dönen (Şekil: 259 c), gerekse birinden diğer silindire sarılan kâğıt şerit; saat düzeneğine bağlı olan bir elektrik motoru ile (Şekil: 260 a) veya dişlilerle hareket ettirilir (Şekil: 260 b).

Aletin yapısına ve kullanma durumuna göre çalışma zamanını ayarlayan bu saat ise; günde, haftada veya ayda bir kere olmak üzere ya elle veya otomatik olarak kurulur.

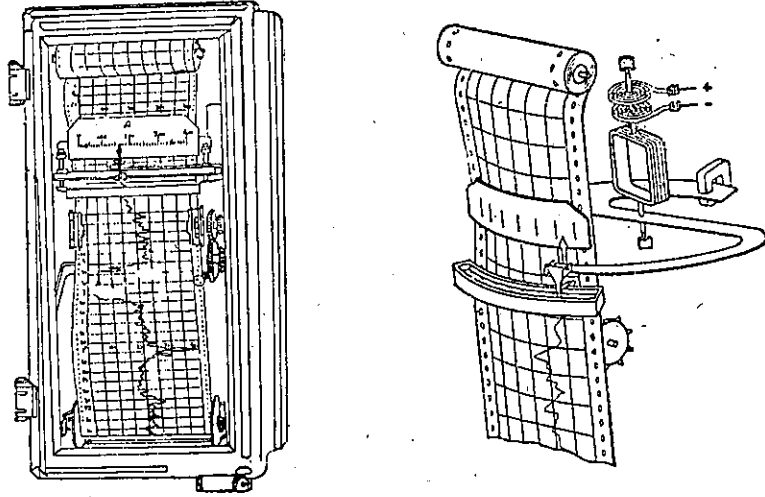


Şekil : 260

Kâğıt şerit, bir motor ile çevrilir.

Noktalayıcı alet.

Bu tip ölçü aletlerine ayrıca bir göstergede ilâve edilerek hem yazıcı, hemde göstergeli olarak kullanıldıklarından sürtünmeden doğan hatalar oldukça fazladır. Aletin sürtünmeden doğan hatalarını azaltmak için, çalışma momentinin de artırılması icap eder. Bu bakımdan yazıcı aletler, diğer ölçü aletlerinin yapısından hem büyük hemde ağırdır. Bunlar, 1-1,5-2,5 sınıfına kadar yapılmaktadırlar. (Şekil: 261) de elips mafsallı ve çengel iğne sistemli yazıcı bir ampermetre ile bu ampermetrenin ölçü sistemi gösterilmiştir.



Şekil : 261

Tablo tipi yazıcı bir ampermetre ve iç görünüşü.

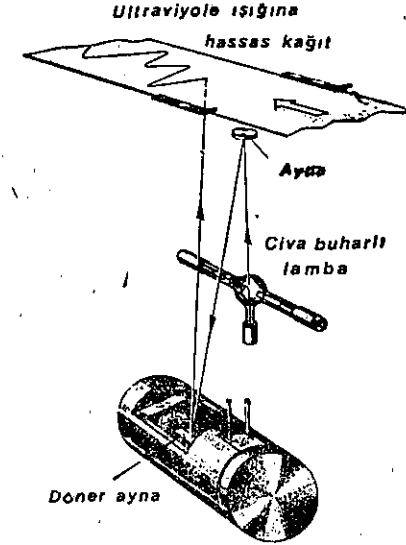
2) Noktalayıcı Aletler

Bu tip aletlerde yazıcı kalemle kâğıt, devamlı temas halinde değildir. Kalem, kâğıt üzerine muayyen aralıklarla (25 ilâ 60 saniyede bir) nokta vurur. Kâğıt üzerine işaretlenen bu noktalar, her ölçme için çeşitli renklerde olabilir. Bu renklerin temini içinde nokta vuran kalemin altına ve taksimatlı kâğıdın üzerine renkli şeritler konur. Bazı tiplerinde de noktalama yapan kalemin ucu, sivri (delici) yapılmak suretiyle kâğıda delikli izler bırakır (Şekil: 260 b).

Bu iki tip yazıcı ölçü aletleri ile çok hassas ölçmeler yapılamaz. Daha hassas ölçmeler yapabilmek için, ışık izli (Şekil: 262) ve elektronik yazıcılar kullanılır.

3) Işık izli yazıcılar

Işık izli yazıcıların çalışması da bundan önceki konularda açıkladığımız ışık markalı aletlere benzemektedir. Bir farklılık, aletin döner sistemindeki aynadan yansıyan ışık izi taksimatlı bir kadran üzerine düşürüleceğine (Şekil: 188 b), bu ışıktan etkilenen ve muntazam hızla hareket eden bölümlü bir kâğıt üzerine düşürülerek; ölçülen büyüklüğün, zamana göre değişen eğrisi çizilmiş olur (Şekil: 262). Bu tip ölçü aletlerinde, sür-

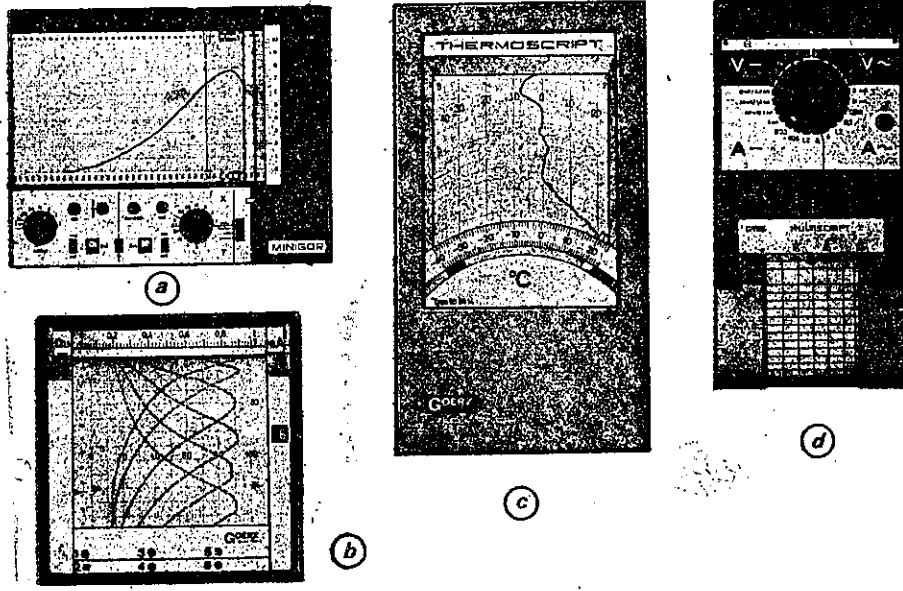


Şekil : 262

Işık izli yazıcı

tünme hatası yok denecek kadar az olduğundan hassas ölçmeler yapılabildiği gibi çok hızlı ve ani değişen olaylar dahi tespit edilebilmektedir. Bu yazıcılarda kullanılan bölümlü kâğıt, özel olarak hazırlanmıştır. Çünkü, bunlar ultraviyole ışığına karşı hassas olup normal ışıktan etkilenmezler.

Yazıcı ölçü aletleri de diğer ölçü aletleri gibi sabit, portatif ve kombine aletler olarak yapıp kullanılmaktadırlar. (Şekil: 263) de Goerz firmasına ait bir kaç yazıcı ölçü aletleri birlikte gösterilmiştir.



Şekil : 263

Yazıcı ölçü aletlerinden örnekler.

Yukarıdaki yazıcı ölçü aletlerinin prospektüs'ünden alınan bilgilere göre özellikleri, aşağıda kısaca verilmiştir.

(Şekil: 263 a): Potansiyometrik Y-YT Minyatür Yazıcı MINIGOR

Bant genişliği 100 mm, 10 kademeli anahtar vasıtası ile 20 dk/cm den 1 san/cm'ye kadar değişebilen kâğıt süratine sahip ve 100×150 mm yazıcı sathı bulunan, rulo veya tek kâğıt üzerine yazan kombine bir cihazdır. Her eksen için 6 ölçme kademesi, hassasiyeti 1 ilâ 150 mV/cm 2,5 misline kadar daimi olarak yükseltilebilir. 1 sınıfı ve kayıt hızı: 20 cm/san. Sıfır noktası ayarı \pm % 100 Besleme gerilimi, pil veya adaptör ile temin edilir. Batarya ile ağırlığı takriben 3,5 kg. dir.

(Şekil: 263 b): Altı Renkli Nokta Yazıcı 96×96 mm MINISCRİPT 6 D:

Gömme tablo tipi veya portatif, gergi bant sistemli, nokta fasilası 10 veya 20 saniyeye ayarlanır, kâğıt sürati 5 ilâ 60 mm/saat, 1,5 sınıfı, kayıt genişliği 59 mm. dir. Akım, gerilim, termoeleman veya direnç termometre yardımı ile ısı, rutubet ölçme, direnç vericiden faydalanarak uzaktan kayıt işleri için kullanılabilir. 2, 3 veya 6 ölçme yerine 6 muhtelif ölçme sahası halinde yazabilen tipleri mevcuttur. Ölçüleri: 96×96×280 mm. Ağırlığı takriben 2,5 kg.

(Şekil: 263 c): Bimetal Isı Kaydedici THERMOSCRIPT:

Küçük, sağlam yapılu ve şebeke gerilimine ihtiyaç göstermeden çalışabilen bir cihazdır. Bilhassa meyve, sebze ve buna benzer maddelerin nakli, depolandırılması ve soğutma havalandırma tesisatlarının çalışmasını kontrol işlerinde kullanılır. Kayıt genişliği: 65 mm. ve 1,5 sınıfı. İsteğe göre mevcut standart ölçme sahalari: (-40 ... + 25 °C), (-20 ... + 45 °C), (0 ... + 65 °C) dir. Çalışma müddeti bir aya kadar. Azami ve asgari kalıcı gösterge tertibatlı. Ölçüleri: 65×92×47 mm. Ağırlığı takriben 0,9 kg.

(Şekil: 263 d): Yazıcı Multimetre MULTISCRIPT:

Ölçer ve kaydeder. Sarsıntıya dayanıklı gergi bantlı ölçme sistemli. Mumlu kâğıt üzerine mürekkepsiz nokta yazıcı, bantın efektif genişliği 59 mm., noktalar arasında fasıla 2 saniye. Bant ilerleme hareketi, senkron veya aletin içindeki pil ile beslenen doğru akım motoru ile temin edilir. Ölçme hassasiyeti: 1,5 sınıfı. Yazıcı hassasiyeti: AC/DC için 2,5 sınıfı.

Multiscrypt 3: 22 ölçme kademeli, 20 000 ohm/V DC, 5000 Ohm/V AC için. Ölçüleri: 247×122×105 mm. Ağırlığı takriben 2,5 kg.

KONUNUN ÖZETİ :

1 — Elektrikî büyüklüğün an değerlerini, birbirini takip eden zamanlarda kaydeden ölçü aletlerine yazıcı veya kaydedici ölçü aletleri denir.

2 — Yazıcı ölçü aletlerinin en büyük özelliği; çalıştıkları müddetçe her an ölçtükleri değerleri, zamana bağlı milimetrik bir kâğıt şerit üzerine kaydettiklerinden istenildiği zaman kontrol imkânını sağlamış olurlar. Alete takılan bu kâğıt şerit ise; günlük, haftalık veya aylık olabilir.

3 — Bu ölçü aletlerinin yalnız kaydedici tipleri olduğu gibi ölçer ve kaydeder, olan cinsleri de vardır.

4 — Yazıcı ölçü aletleri kullanma yerlerine göre tablo tipi, portatif veya kombine aletler olarak imal edilirler.

SORULAR :

- 1) Yazıcı ölçü aletleri neye denir?
- 2) Yazıcı ölçü aletlerinin diğer ölçü aletlerinden ne farkı vardır?
- 3) Devamlı yazıcı aletlerin, çalışmasını izah ediniz?
- 4) Noktalayıcı ile ışık izli kaydediciler arasında bir fark var mıdır?

Devir Sayısının ve Aydınlık Şiddetinin Ölçülmesi

BÖLÜM 13

KONUNUN PLANI :

A — Devir ölçen aletler:

- a) Numaratör ve saat kullanma usulü.
- b) Takometreler.
 - 1) Kademeli takometreler
 - 2) Saatli takometreler.
 - 3) Santrifüj tipi takometreler.
 - 4) Sıvılı takometreler.
 - 5) Elektriksel takometreler.
 - 6) Dilli takometreler.
 - 7) Stroboskopik takometreler.
 - 8) Optik takometreler.
 - 9) Kat değerli stroboskop.

B — Aydınlık şiddetinin ölçülmesi.

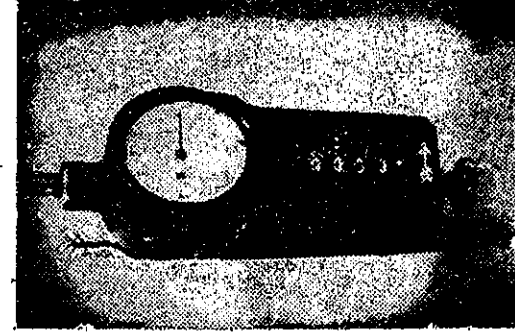
A — DEVİR ÖLÇEN ALETLER :

Makinelerin devir sayısının ölçülmesinde kullanılan aletlere, "takometre" veya "turmetre" denir.

Bu aletler, makinenin mil veya kasnak gibi döner kısmına ya doğrudan doğruya uygulanırlar veyahut da dönen veya duran kısmın titreşim frekansına göre, bir dakikadaki toplam devir sayısını gösterirler. Aşağıda, çeşitli tipte yapılan takometrelerin kullanma ve çalışma prensipleri sıra ile izah edilmiştir.

Genel olarak iki şekilde ölçme yapılır:

- a) Numaratör ve saat kullanma usulü ile
- b) Takometrelerle



Şekil : 264

Saatli numaratör

a) NUMARATÖR VE SAAT KULLANMA USULÜ :

Numaratör ile bir makinenin devir sayısını ölçmek için makinenin devrini, belirli bir zaman içinde saymaya lüzum vardır. Örneğin; numaratör iki dakika içinde 2000 devir yaparsa makinenin dakikadaki devir sayısı, $n = 2000/2 = 1000$ dev/dk. Eğer makinenin devri, ölçü yapıldığı zaman süresince değişmez ise, o zaman makinenin gerçek devir sayısı bulunabilir. Şayet devir hızı değişirse, o zaman elde edilen değişik devir sayılarının aritmetik ortalaması alınır. Burada dikkat edilecek en önemli husus, ölçü yapanların kronometreyi çalıştırma ve durdurmadaki hatalarını azaltmak için, belirli sayma zamanını oldukça büyük almalıdır.

Böyle hatalara sebebiyet vermemek için de saatli numaratörler kullanılır (Şekil: 264).

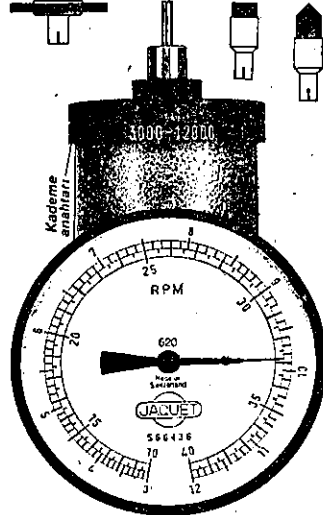
Bu numaratör ile bir makinenin devri şu şekilde ölçülür; numaratörün mili, devir hızı ölçülecek makinenin miline tutulur (punta deliğine) ve mile doğru basılır. Numaratörün saati ise, mile basıldığı andan itibaren, hemen çalışmaya başlar ve bir dakika sonra durur. Kronometrenin saati durur durmaz numaratör makinenin milinden çekilir. Bu, bir dakika içerisinde makinenin mili, kaç devir yapmış ise numaratörün sayısından okunur.

Deney bir kaç defa tekrar edilirse değerlerin ortalaması, makinenin dakikadaki devir hızını verir.⁽¹⁾

¹⁾ dev/dk = U/min (Almanlar) = RPM veya rpm (İngilizler) = m/min veya giri/min (İtalyanlar) kullanılmaktadırlar.

b) TAKOMETRELER :

Takometreler, doğrudan doğruya makinelerin devir sayısını ölçen aletler olup çeşitli tiplerde imal edilirler.



Şekil : 265

Kademeli takometre.

1) Kademeli takometreler :

Bir universal takometre tipi olan bu alet, genellikle kademeli devir hızı ölçmelerinde kullanılırlar. Takometrenin içerisindeki çeşitli dişli tertibatlarına kumanda eden ve üzerinde devir kıymetleri yazılı kademeli anahtar (bir nevi vites), aletin boyun kısmında olup, elle çevrilmek suretiyle ölçülecek devir hızlarına göre ayar edilir. (Şekil: 265) de gösterilen böyle bir takometre; 30 ilâ 12000 dev/dk. arasındaki devir sayılarını, (30-120), (100-400), (300-1200), (1000-4000), (3000-12000) gibi 5 kademe üzerinden ölçer. Her kademe değişiminde; kadran taksimatının da değiştiğini, hatırdan çıkarmamak lâzımdır.

Örneğin : 1 — Aletin birinci kademesinde, bir makinenin devrini ölçmek istiyoruz, (makinenin devir hızı 30-120 arasında ise) kademe anahtarını, bu devir üzerine çevirip hangi kadran bölümünden okuyacağımıza bakarız. Sonra takometrenin lastikli ucu, makinenin milindeki punta deliğine tutulduğunda aletin göstergesi meselâ, 5 rakamı üzerinde

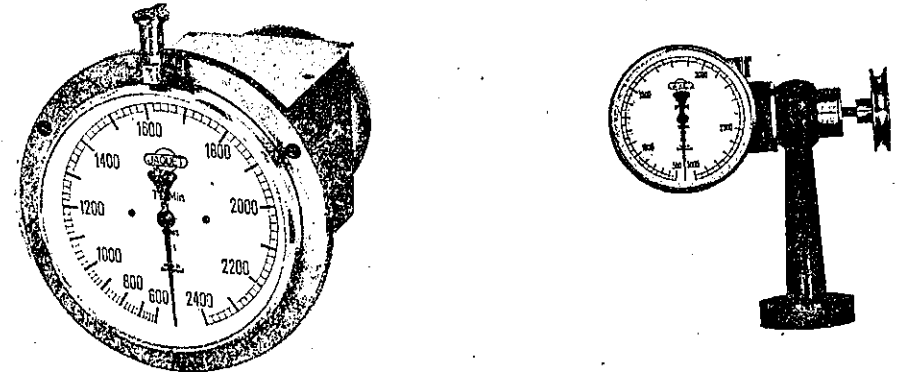
dursun. Ölçülen değeri: $5 \times 10 = 50$ dev/dk dır. Bu değer, aletin dış taksimatından okunur. Kadranın dış taksimatı, 3 den 12 ye kadar ($12-3 = 9$) dokuz esas bölüme ayrılmış olup her bölüm arası da, 10 devri gösterir.

2 — (Şekil: 265) deki takometrenin, kademe anahtarı hali hazırda 3000-12000 i gösterdiğine göre, ölçülen devir: 9850 dev/dk dır (inceleyiniz).

Kısaca : Bu tip takometrelerle ölçülen devirler; kademe anahtarı 30-120, 300-1200 ve 3000-12000 e çevrili iken, kadranın dış taksimatından. 100-400 veya 1000-4000 e çevrilmiş ise, iç taksimattan okunur.

Takometrenin miline takılan çeşitli lastikli uçlar yardımı ile, doğrudan doğruya makinenin dönen punta deliğine, yoksa alınına veya kasnağına tutulmak suretiyle ölçme yapılır. Alet, makinenin miline tutulunca devri hemen gösterir, yani ölçüm için bir zamanın geçmesine lüzum yoktur. Ancak, makinede bir devir değişikliği hissedilirse, bu değişikliğin azalıp veya çoğaldığına bakmak için, biraz bekletilebilir veya arada bir devir kontrolü yapılır. Bu lastikli uçlar, millerdeki kaymayı önler.

Bu takometreler, portatif olarak kullanıldığı gibi sabit olan tipleri de vardır (Şekil: 226). Bunlar; kullanma yerlerine göre masaya, duvara veya tabloya bağlanarak, kayış veya sipirallerle devir sayısı ölçülecek makineye irtibatlandırılır. Bu cins takometrelerin 50 000 dev/dk. kadar ölçen tipleri de vardır.



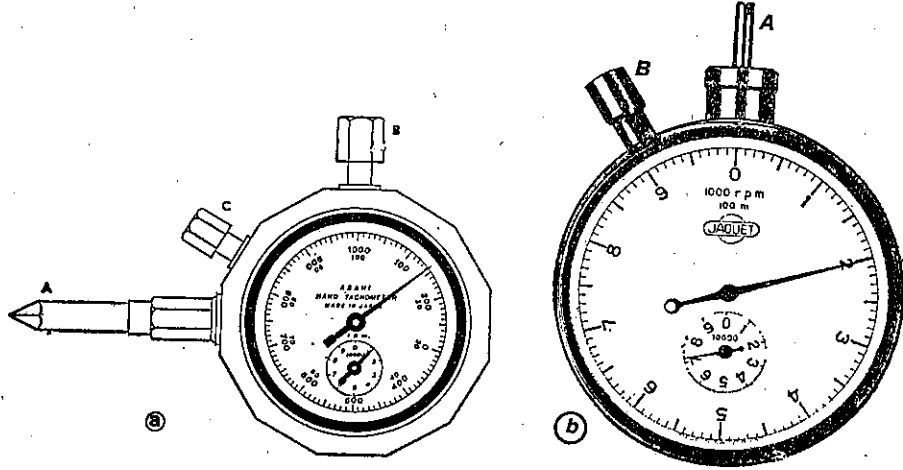
Şekil : 266

Tablo ve masa tipi takometreler.

2) Saatli Takometreler :

En çok kullanılan bir takometre tipidir. Belirli bir zaman içinde makinenin devir sayısını ölçer. (Şekil: 267) de görüldüğü gibi makinenin devir sayısını bir kadran üzerinde okuyabiliriz. Takometrenin A ucu, devir hızı ölçülecek makinenin miline tutulup B butonuna basılır. B butonuna basılır basılmaz takometrenin saati, makinenin bir dakika içinde dönme sayısını ölçecek zaman süresinde çalışır (3 ilâ 6 saniye kadar). Bu esnada, takometrenin büyük göstergesi kadran üzerinde dönmeye başlar. Göstergenin tam bir deviri, 1000 devire denktir. Büyük göstergenin kaç defa döndüğünü saymaya lüzum yoktur. Aynı kadran üzerinde bulunan bir küçük gösterge daha vardır ki o da bu işi yapar. Küçük göstergenin, iki taksimat arası 1000 deviri gösterir. Yani bu demektir ki büyük gösterge tam bir devir yapınca, küçük gösterge sıfır noktasından 1 sayısı üzerine gelir. Ölçme işi bittikten sonra göstergeleri sıfır noktasına geri getirmek için, C butonuna basmak kâfidir (Şekil: 267 a).

O halde bu tip takometreler 10 000 dev/dk kadar ölçmeler yapıp makinenin o andaki devrini gösterirler. Ölçme sırasında olan devir değişikliklerini, alet üzerinden göremeyiz. Ancak ikinci veya üçüncü bir ölçme yapılırsa belli olur.



Şekil : 267

Saatli takometreler.

(Şekil: 267 a ve b) de ayrı firmalara ait, iki tip saatli takometre gösterilmiştir. Bunların çalışma prensipleri aynı olmakla beraber, (Şekil:

267 a) daki B ve C butonları, (Şekil: 267 b) de birleştirilmiştir. Bu tip takometrelerin 50 000 hatta 100 000 dev/dk kadar ölçen cinsleri de vardır. Bunlar hassas ölçü aleti olduklarından, özel olarak yapılmış kutularda muhafaza edilirler. Ölçmelerde yaptıkları hata ancak % 0,25 kadardır.

(Şekil: 267 a) daki takometrenin kullanılması :

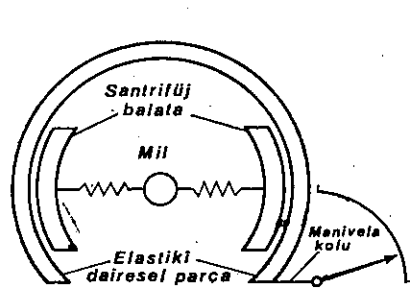
- Takometrenin A miline takılacak uygun lastikli ucu seçiniz.
- Takometrenin sıfır kurma butonuna (C) basarak göstergelerin sıfıra gelmesini sağlayınız.
- Takometrenin A miline takılan lastikli ucu, dönen makinenin punta deliğine uygun bir basınçla bastırınız.
- Üstteki çalıştırma B butonuna basıp ve hemen bırakınız.
- Göstergenin dönmesi durduğu zaman (3-4 saniye sonra) takometreyi çekiniz ve kadranın siyah taksimatlı bölümünden okumanızı yapınız (Uzun göstergenin bir deviri 1000 dev/dk ve kısa göstergenin bir deviri 10 000 dev/dk gösterir).
- Takometrenin diski açılma hızı göstermek için kullanılırsa; okuma, takometrenin kırmızı taksimatlı kısmından yapılır. Uzun göstergenin bir devri: 100 m/dk, kısa göstergenin bir devri 1000 m/dk gösterir (fit için okunan değeri 3,3 ile çarpınız).

3) Santrifüj tipi takometreler :

Bu tip takometrelerde bir manivela kolu vardır. Kolun ucunda ise; santrifüj bir kuvvetin altında ve makinenin devir sayısını ile orantılı olarak dönen bir ağırlık bulunur. Manivelanın hareketi, kadran üzerinde dönen bir göstergeye iletilir. (Şekil: 268) daki takometrenin mili, devir sayısı ölçülecek makinenin miline tutulduğu zaman, aletin miline içten yayla tespitli balatalar, santrifüj bir kuvvetin etkisi ile açılarak çevresinde bulunan elastik dairesel parçasını iter. Bu itilmeden dolayı iki uçtan açılan daire parçası, kendisine bir manivela kolu ile bağlı bulunan göstergelyi döndürür. Elastik daire parçasının itilme değeri veya göstergenin sapması, makinenin devir sayısına bağlıdır.

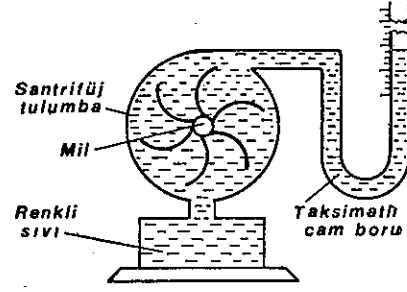
Bunlar portatif ve sabit olmak üzere iki tip olarak imal edilirler. Portatif takometreler devir sayısı ölçülecek makinenin miline, doğrudan doğruya takometrenin mili temas ettirilerek ölçme yapılır.

Sabit tipteki takometreler de ise; takometrenin mili, devir sayısı ölçülecek makinenin miline ya dişli veya kayış yardımı ile bağlanır. Bu tip takometrelerde, makinenin devir sayısındaki değişiklikler derhal görülür.



Şekil : 268

Santrifüj tipi takometre



Şekil : 269

Sıvılı takometre.

4) Sıvılı takometreler :

Sıvılı takometreler, esas itibarıyla küçük bir santrifüj tulumbadan ibarettir (Şekil: 269).

Takometrenin hareketi; ince bir kordon veya bir kayış yardımıyla temin edilir. Santrifüj tulumba, dik duran bir cam tüp içine renkli sıvıyı basar. Tüpün içine basılmış sıvının yüksekliği, makinenin devrini gösterir. Tüpün üzeri önceden devir sayısına göre bölümlendirilmiştir.

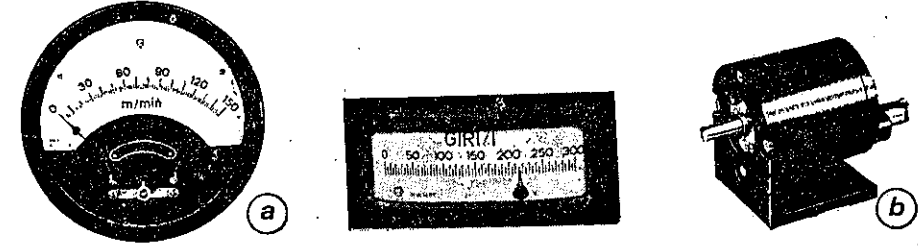
5) Elektriksel takometreler :

Bu tip takometreler, bilhassa devir sayılarının uzaktan ölçülmesi icap eden makineler için kullanılırlar.

Aletin yapısı : Devri ölçülecek makinenin miline ya doğrudan doğruya veya bir kayışla akuple edilen, küçük bir alternatif akım generatörü bağlanıp bu generatörün çıkış uçları da, döner bobinli bir voltmetreye birleştirilmesinden meydana gelmiştir. Voltmetre göstergesinin sapma miktarı, generatörün devir hızı ile doğru orantılıdır. Voltmetre kadranı gerilim yerine, devir sayısını gösterecek şekilde bölümlendirilmiştir. Döner bobinli aletler, bilindiği gibi doğru akımla çalıştıkları için, devresine bir redresör ilâve edilir.

Bu tip takometreler, genellikle elektrik santrallerinde kumanda tablolarına bağlı olarak kullanılırlar. Alternatörün devrinde meydana gelen

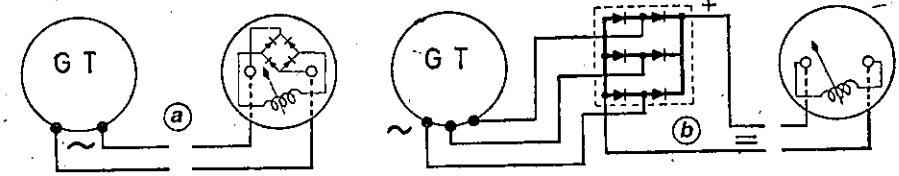
en küçük değişiklikleri dahi alet hemen gösterir. Bunlar göstergeli oldukları gibi (Şekil: 270 a), hem göstergeli ve hemde yazıcı olarak imal edilen tipleri de vardır ve 100 ilâ 30 000 dev/dk. arasındaki değerleri, ölçebilecek şekilde ayrı ayrı yapılabilmektedirler.



Şekil : 270

Tablo tipi elektriksel takometre ve generatörü.

Elektriksel takometrelerin generatörleri (Şekil: 270 b), ekseriya ölçülecek devir hızlarına (kutup sayılarına) ve devresine bağlanacak takometre sayısına göre yapılırlar. (Şekil: 271 a) da, bir fazlı generatöre bağlı, (Şekil: 271 b) de ise üç fazlı generatöre bağlı bir elektriksel takometrenin, prensip bağlama şemaları görülmektedir.



Şekil : 271

Bir ve üç fazlı elektriksel takometrenin bağlantı şeması.

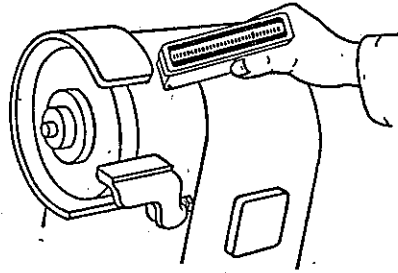
6) Dilli takometreler :

Bu tip takometreler de, dilli frekansmetrelerin bir benzeri olup, titreşim frekansları farklı olan birkaç adet ince çelik dillerin (lamaların), bir veya iki sıra halinde tutturulmasından meydana gelmiştir. Bu dillerin titreşimi; ya elektrikî veya mekanikî olarak sağlanır.

Elektrikle çalışan dilli takometrelerin yapısı ve işlemesi, bundan önce izah ettiğimiz dilli frekansmetrelerin aynıdır. Elektriksel takometrelerde olduğu gibi devri ölçülecek makinenin miline, bir alternatif akım generatörü, bu generatörün uçlarına da voltmetre yerine bir frekansmetre bağ-

lanır. Generatörün gerilim frekansı, devir sayısı ile orantılı olduğundan aletin kadranı, frekans yerine dev/dk. olarak bölümlendirilmiştir. Bu tip takometrelerde, elektriksel takometreler gibi sabit olan yerlerde kullanılırlar.

Mekanik olarak çalışan dilli takometreler ise; doğrudan doğruya, dönen makinenin sabit gövdesi üzerine konur (Şekil: 272). Dönen kısmın, sabit gövde üzerinde meydana getirdiği titreşimleri, alet dev/dk. olarak gösterir. Bu takometreler, çok hassas olmamakla beraber daha ziyade, mili ve kasmağı dışarda olmayan kapalı tip makinelerin devir sayılarının ölçülmesinde kullanılırlar.



Şekil : 272
Mekanik titreşimli takometre.

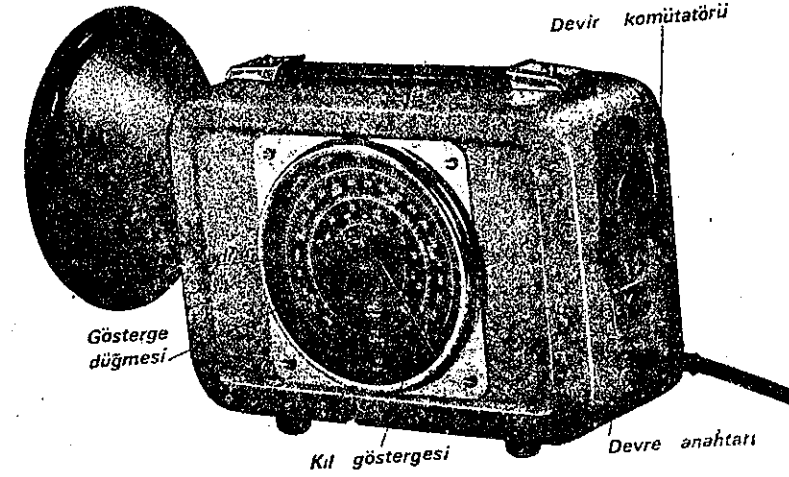
7) Stroboskopik takometreler :

Bazı makinelerin devir hızları, bildiğimiz takometrelerle ölçülemez. Çünkü, böyle makinelerin ya yanına yaklaşılmaz veya yaklaşıldığı zaman tehlikeler arz eder veyahutta makine çok küçük güçlü olup temas ile devri değişebilir. İşte bu tip makinelerin devir hızları, stroboskopik takometrelerle ölçülür.⁽²⁾

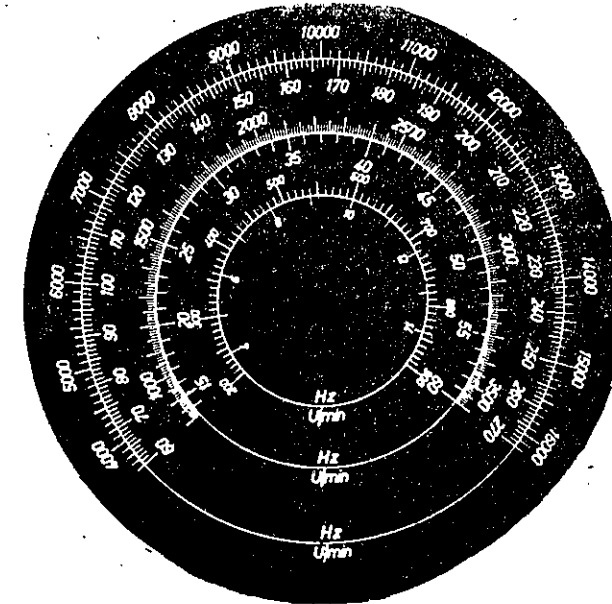
Aletin yapısı : Önünde bir projektörü (reflektör) bulunan, dikdörtgen şeklinde yassı bir kutudan ibarettir. (Şekil: 273) de görüldüğü gibi aletin, muhafaza kutusunun sol yan yüzü üzerinde değişik devirlere göre taksimatlandırılmış daire şeklinde bir kadran plakası mevcuttur. Bu kadran plakası üzerinde iç içe üç adet, altı ve üstü taksimatlı daire çizgisi vardır. Her daire çizgisinin üst bölümleri, makinenin devir sayısını (dev/dk), alt bölümleri ise alet lambasının titreşim sayısını (Hz) gösterir. Yine içten dışa doğru; içteki 200-900, ortadaki 800-3600 ve en dıştaki daire çizgisinin üst bölümleri 3600-16000 devir sayılarına göre taksimat-

(1) Stroboskopik takometrelere, ışıklı veya lambalı takometreler de denir.

lıdır. (Şekil: 274) de yukardaki aletin taksimatlı kadran plakası gösterilmiştir. Bu taksimatlı kadran üzerinde de elle çevrilebilen bir gösterge düğmesi vardır.



Şekil : 273
Stroboskopik takometre.



Şekil : 274
Stroboskopik takometre kadranı.

Yine aletin muhafaza kutusunun arkasında, kadran üzerindeki devir- lere göre yapılmış üç pozisyonlu bir anahtar (komütatör) vardır. Bu komütatör birinci durumda; 200 - 900, ikinci durumda; 800 - 3600 ve üçün- cü durumda; 3600 - 16000 devir sayılarını gösterir. Komütatör anahtarın hemen altında, aletin iç devresine kumanda eden (çalıştıran) bir devre anahtarı daha vardır.

Ölçmenin yapılışı :

Devir sayısı ölçülecek makine çalışmazken kasnağı, volanı veya mili üzerine genellikle beyaz renkli, kalınca bir işaret konur (Bu işaret, beyaz tebeşirle de yapılabilir) ve makine çalıştırılır. Ölçü aletine normal çalış- ma gerilimi (220 V. ~ akım) uygulandıktan sonra devre anahtarı 1 duru- muna getirilir. 25 - 30 saniye sonra, aletin neon lambası kırmızı bir ışıkla yanmağa başlar. Devir komütatörü en küçük devir kademesine (200 - 900) getirilir. Alet, devir hızı ölçülecek makinenin tebeşirle işaretli bulunan kasnak veya milini aydınlatacak şekilde tutulur. Aletin, sol yan tarafın- daki gösterge düğmesi elle, yavaş yavaş en küçük değerinden en büyük değerine doğru çevrilir. Gösterge, çevrilirken göz daima makinenin işa- retli kasnağına bakar. Kasnağın üzerindeki işaret duruyormuş gibi görü- nür veya hissini verdiği an, ölçmeye derhal son verilir. Devir hızının okunması kıl göstergenin, kadran üzerindeki durduğu yerden okunur.

Şayet, devir komütatörü birinci durumda iken ve gösterge son tak- simata geldiği halde, kasnağın üzerindeki çizgi hâlâ duruyormuş gibi gö- rünmüyor ise, o zaman devir komütatörü ikinci kademeye (800 - 3600) alınır. Tekrar gösterge en küçük değerine getirilerek, yeniden yavaş ya- vaş çevrilmeye başlanır. Bu işlem, kasnak üzerindeki çizgi durur vazii- yette görünmesine kadar devam ettirilir.

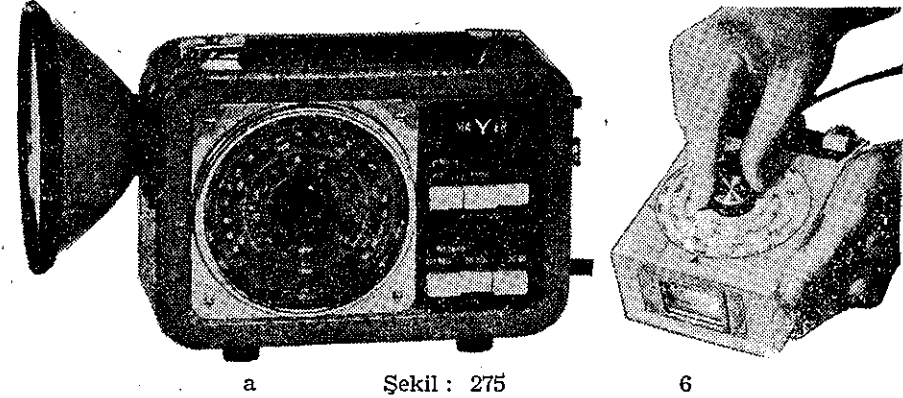
Meselâ; devir komütatörü birinci kademede (200 - 900) ,dursun. Ale- tin lambasını işaretli kasnağa tutarak göstergelyi yavaş yavaş çevirdiği- mizde, işareti duruyormuş gibi görelim. Bu durumda ölçme işi bitmiş olur. Devre anahtarı sıfır durumuna getirildikten sonra kadran üzerinden oku- ma işlemi yapılır. Gösterge en iç daire üzerindeki 600 taksimatı üzerinde durmuş ise, makinenin devir sayısı 600 devir dakikadır (dev/dk.) ve lam- banın bu devirde yanıp sönme frekansı işe 10 Hz. dir.

Netice olarak: Kasnağın veya milin, devir hızı frekansı ile lambanın yanıp sönme frekansı birbirlerine eşit olduğu zaman (Rezonans hali) işaretli kısım, duruyormuş gibi görünür.

Not : Şayet, devir komütatörü en büyük kademede iken ölçme yapı- lır ise, makinenin kasnağı üzerindeki çizgi (devir sayısı ölçülen değerden küçük olduğu bilindiği halde) yine duruyormuş gibi görünür. Yalnız bu görüntü hakiki devrindeki görüntü gibi net ve koyu olmayıp dağınık ve açık renklidir. Bu hususa bilhassa dikkat edilmelidir.

(Şekil: 275) de Mayer firmasına ait böyle stroboskopların iki değişik tipi daha gösterilmiştir. (Şekil: 275 a) daki aletin gerek çalıştırma ve ge- rekse devir kademelerini değiştiren tertibatı, tuşludur (mandallı). Bun- larla 200 ilâ 16200 dev/dk arasındaki devir hızları ölçülebilir. Bu stro- boskopların bazı tiplerinde reflektör, aletin gövdesine bir kordonla bağlı olup ayrı olarak kullanılır (tıpkı, projektörlü seyyar el lambaları gibi).

(Şekil: 275 b) deki stroboskopa da 200 - 18000 dev/dk arasındaki de- vir hızları ölçülür. Bunların ayrıca 40 000 U/min devir hızlarına kadar ölçen tipleri de vardır.



Şekil : 275
İki ayrı tip stroboskopik takometre.

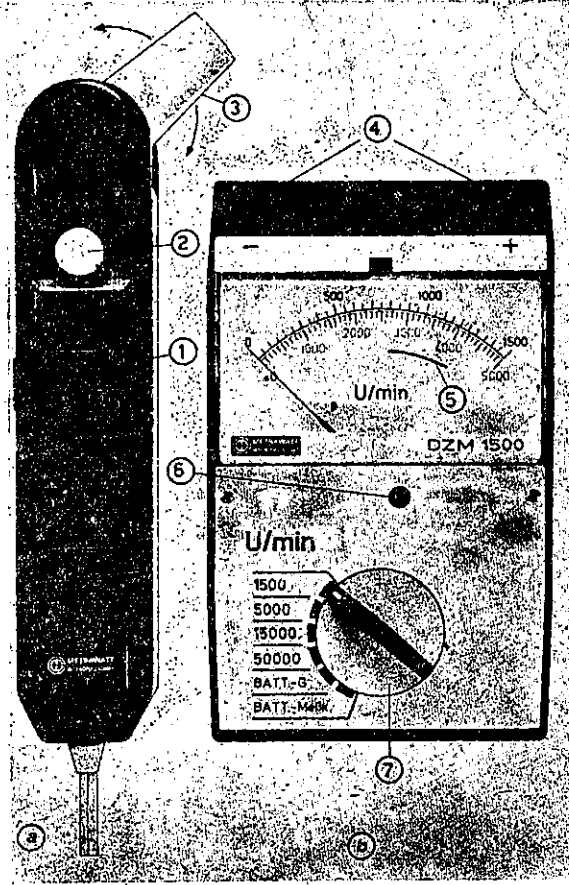
8) Optik Takometreler :

Bu cihazlar da stroboskopik takometreler gibi çalışan makinelerin dönen kısımlarına temas ettirmeden, devir sayılarının hassas bir şekilde ölçülmesinde kullanılırlar. Bunlarla, 50 000 dev/dk. kadar ölçmeler yapı- labilir.

A — Aletin yapısı :

Bu tip takometreler, ölçme başlığı ve galvanometre gibi iki ayrı kı- sımdan meydana gelmiştir (Şekil: 276).

a) Ölçme başlığı: Bu başlık, şu elemanlardan meydana gelmiştir (Şekil: 276 a). İki yönlü kayıcı anahtar (1), buton (2) ve reflektördür (3). Reflektör, yatay ekseninde 180° hareketli olduğundan, çeşitli pozisyonlarda kullanıma imkânı sağlar. Bu reflektörün içerisinde; 3 volt-



Şekil : 276
Optik Takometre
Galvanometre
Ölçme başlığı

luk bir ışık kaynağı ile bir fotosel⁽³⁾ vardır. Ölçme başlığının içerisinde de 1,5 V. luk 2 adet pil ile fotoselin amplifikatör devresi yerleştirilmiştir. Ayrıca, bu başlığın alt tarafından; cihazın (4) nolu yerlerine takılacak kırmızı ve siyah fişli bağlantı kablosu çıkarılmıştır.

(3) Bu tip aletlere; fotoselli takometreler de denir.

b) Galvanometre kısmı: Bu kısımda, esas itibariyle döner bobinli bir ölçü aletinden ibarettir. Bir farklı; galvanometrenin kadranı, doğrudan doğruya devir sayısına göre bölümlendirilmiştir.

Aletin; ölçme başlığı ile irtibatını sağlayan + ve - işaretli iki fiş yuvası (4), üstte siyah, altta kırmızı renklerle bölümlendirilmiş bir kadran ve bu bölümlerin hemen altında yeşil renkli batarya kontrol çizgisi (5), sıfır ayar vidası (6) ve nihayet çeşitli devir kademelerine göre ayarlanabilen, altı pozisyonlu bir kademe anahtarından (7) meydana gelmiştir. Ayrıca, cihazın içinde fotoselin amplifikatör devresini besleyen, 9 V. luk bir batarya vardır.

B — Ölçmenin Yapılışı :

1) Alet kutusu içerisindeki antifar şeritten (ışık yansıtıcı parlak kâğıttan) biraz kesilip, devri ölçülecek makinenin döner mili veya kasnağı üzerine yapıştırıldıktan⁽⁴⁾ sonra, makine çalıştırılır.

2) Ölçme başlığının fişleri, cihazın (4) nolu bağlantı uçlarına sokulur.

3) (1) nolu kayıcı anahtar, "Messen" tarafına sürülür.

4) Cihaz düzgün bir yere konduktan sonra, (7) nolu kademe anahtarı en büyük devire getirilir.

5) Ölçme başlığının ışık kaynağı, (2) nolu buton ile devreye sokulup makinenin döner kısmı üzerine yapıştırılan antifar şeridin üzerine, 10 ilâ 25 cm. lik bir mesafeden dik olarak tutulur. Bu durumda, aletin göstergesi hemen sapar ve makinenin o andaki devir sayısı da ölçülmüş olur. Şayet; göstergenin sapma değeri az ise, en büyük sapmayı temin edinceye kadar, (7) nolu kademe anahtarı, kademe kademe küçültülür.

C — Aletin Çalışması :

Döner kısım üzerindeki antifar şeritten yansıyan ışıkları, reflektör içerisindeki fotosel, elektrik enerjisine çevirip amplifikatör aracılığı ile ölçü aletine gönderir. Alet de fotoselden aldığı enerjiye göre bir sapma yapar. Antifar şerit; birim zaman içinde ışık hüzmelerini ne kadar çok keserse, fotoselde meydana gelen enerji de o oranda büyük olur. Dolayısıyla, galvanometrenin göstergesi de enerjinin büyüklüğüne göre az veya çok bir sapma yapar.

Diğer bir ifade ile, aletin çalışmasını izah edelim: Ölçme başlığı içinde bulunan bir foto transistörlü alıcı, antifardan yansıyor aksederek gelen ışıktan enerjilenip devreye (alete), bir impuls (pals) gönderir. Bu im-

(4) Antifar şeridin alt yüzü yapışkandır. Kullanırken, üzerindeki koruyucu kâğıt kaldırılmalıdır.

pulsaların (ışık salıtışimlerin), geliş aralığına göre cihazın kadranından, devir cinsinden okumalar yapılır. İmpuls yükseldikçe, amplifikatörün çıkışı (kazancı) da yükselir. (Aydınlık şiddetinin ölçülmesi konusunda, fotoselin çalışma prensibi ayrıca izah edilmiştir. Şekil: 278).

Bütün ölçmelerin doğru yapılabilmesi için, cihazdaki bataryaların normal gerilimlerde bulunması lâzımdır.

D — Bataryaların kontrolü :

Cihaz, bir yerden bir yere nakledildikten veya uzun bir süre kullanılmadığı zaman, bataryaların kontrol edilmesi gerekir. Cihazın kadran üzerindeki (5) nolu yeşil çizgi, batarya kontrol yeridir.

1) 3 V. luk bataryanın kontrolü : Bu kontrolden maksat; normal bir ölçme yapabilmek için, reflektör içerisindeki lambadan gerekli ışık şiddetinin sağlanıp sağlanmadığıdır. Bunun içinde;

a — Ölçme başlığı ile, aleti irtibatlayınız.

b — Aletin (7) nolu kademe anahtarını, "BATT-Meşk" işaretli tarafına çeviriniz.

c — Ölçme başlığı üzerindeki (1) nolu kayıcı anahtarı, "Batt. Test" tarafına sürünüz.

d — (2) nolu butona basınız. Bu durumda; hem ışık kaynağının yanması, hemde aletin göstergesi, kadran üzerindeki yeşil çizgi üzerine gelmesi gerekir. Aksi halde, batarya kontrol edilir veya değiştirilir.

2) 9 V. luk bataryanın kontrolü : Bu kontrol için, fazla bir işleme lüzum yoktur. Yalnız, cihazın (7) nolu kademe anahtarı, "BATT-G" tarafına çevrildiğinde gösterge, yine kadran üzerindeki (5) nolu yeşil çizgi içine gelmelidir. Aksi halde, batarya kontrol edilir veya bir yenisi ile değiştirilir.

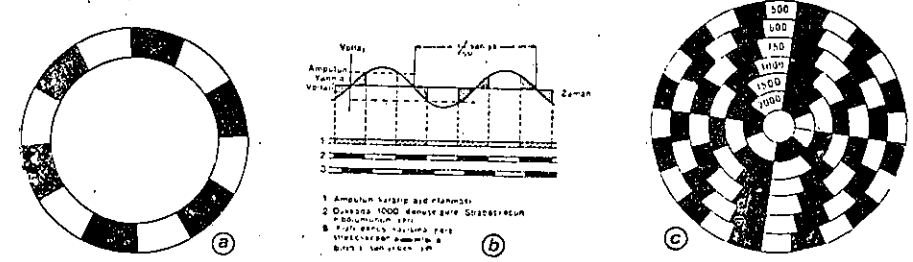
E — Sıfırlama kontrolü :

Bu deneyden maksat; ölçme yapmadan önce, göstergenin sıfır noktasında durup durmadığının kontrolüdür. Bunun için de, ölçme başlığı takılmadan veyahutta (2) nolu butona basılmadan yapılır. Cihazın (7) nolu kademe anahtarı, herhangi bir devir durumuna getirildiğinde göstergenin, sıfır noktasında durması gerekir. Değilse, (6) nolu vida ile sıfır ayarı yapılır.

9) Kat değerli stroboskop :

El takometresinin olmadığı yerlerde, makinelerin devir sayılarının ölçülmesi için, kullanılan bir metottür. Bu metoda "kat değerli stroboskop" adı verilir.

Yapımı: Sert bir kâğıt veya ince bir sac levha üzerine muayyen bir aralıkla iç içe çizilmiş (25 cm. çapında olabilir) iki daire, 12 parçaya bölünüp her parça birer atlanarak siyaha boyanırsa bir stroboskop plakası yapılmış olur (Şekil: 277 a).



Şekil : 277

Dakikada 1000 devir sayısını ölçebilen stroboskop plakası.

Muhtelif ve belirli devir sayılarına göre hazırlanmış plaka.

Deney: Bu plaka, dakikada 1000 devire kadar ayarlanabilen bir makinenin mili veya kasmağının altına tespit edilip az ışık veren bir lamba ile yüzü aydınlatılır. Sonra makine çalıştırılıp 1000 devire ayarlanırsa stroboskop plakasını aydınlatan lamba, 50 Hz. lik şebeke frekansına tabi olarak bir saniyede 100 kere yanıp söneceğinden bir dakika içinde bu olay 6000 defa tekrerrür eder. Dolayısıyla stroboskop plakasının siyah ve beyaz bölümleri de 6000 defa kararıp aydınlanacağından makinenin tam 1000 devrinde bu renkler (bölümler), sanki duruyormuş gibi gözükür (rezonans hâli). Tıpkı bundan önce izah edilen elektrikli stroboskopik takometrelerle yapılan ölçmelerde olduğu gibi.

Kat değerli stroboskopa yapılacak beyaz veya siyah bölümlerin sayısı, aşağıda verilen formülle hesaplanabilir.

$$n = \frac{f \cdot 60 \cdot 2}{z} \text{ dev/ dk.} \quad \dots \dots \dots (102)$$

f : Şebeke frekansı, z : Beyaz veya siyah bölümlerin sayısı.

Örneğin : 500 ilâ 2000 devir sayılarına göre bir stroboskop plakası yapmak icap ederse (Şekil: 277 c) de gösterildiği gibi, merkezleri aynı

olan ve iç içe 6 daire halkası çizilir. Çizilen bu daire halkaları yalnız siyah veya beyaz parçaların sayısını gösterecek şekilde en dıştan başlanıp merkeze doğru, 12-10-8-6-4-3 e bölünür. Böylece, yapılan stroboskop plakası yardımı ile 500, 600, 750, 1000, 1500 ve 2000 devir sayılarını ölçebiliriz.

Not : Bu ölçmede plakayı aydınlatan lamba, oval gece lambası veya neon tipi olursa, ölçme daha sıhhatli olur.

KONUNUN ÖZETİ :

- 1 — Makinelerin döner kısmının dakikadaki devir sayısını ölçmeye yarayan aletlere, takometre veya turmetre denir.
- 2 — Takometreler; tablo tipi, masa tipi ve portatif tipte imal edilirler.
- 3 — Saatli takometreler hariç, diğer takometrelerle ölçme yapılırken makinede meydana gelen ani devir değişiklikleri derhal görülebilir.
- 4 — Takometreler, boşta çalışan bir asenkron motor veya sinkron makinede etalone edilebilirler.
- 5 — Işıklı takometreler de ışığın parlama frekansı, doğrudan doğruya dönme sayısı için bir ölçüdür.
- 6 — Optik takometreler; ışık enerjisinin elektrik enerjisine çevrilmesi esasına göre çalışırlar.
- 7 — Antifar şeridin gönderdiği impulsar, makinenin devir hızı ile orantılıdır.
- 8 — Optik takometre ile ölçme yapılırken, antifar şerit kullanılmaz ise, okumalar hatalı olur.
- 9 — Stroboskop plakasında beyaz veya siyah dilimlerin sayısı, motorun kutup sayısına eşittir.

SORULAR :

- 1) Takometreler ne işe yarar?
- 2) Bir kademeli takometre ile, nasıl ölçme yaparsınız?
- 3) Makinede meydana gelen devir değişiklikleri, hangi tip takometrelerde görülür?
- 4) Elektriksel takometreler hangi esasa göre ölçme yaparlar? Optik takometrelerle, karşılaştırmamız?
- 5) Dilli takometrelerin çalışma prensibini açıklayınız?
- 6) Antifar şerit, hangi tip takometrede kullanılır ve ne işe yarar?
- 7) Kat değerli bir stroboskop plakası, nasıl yapılır?

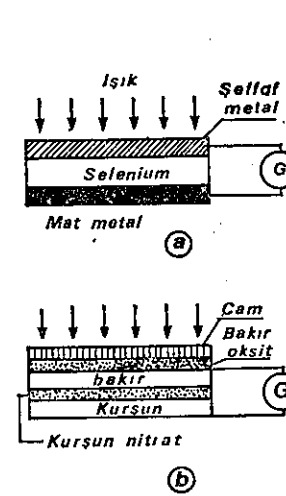
B — AYDINLIK ŞİDDETİNİN ÖLÇÜLMESİ (Lüksmetreler)

Lüks (lux): Yüzey aydınlık şiddeti birimidir.⁽¹⁾

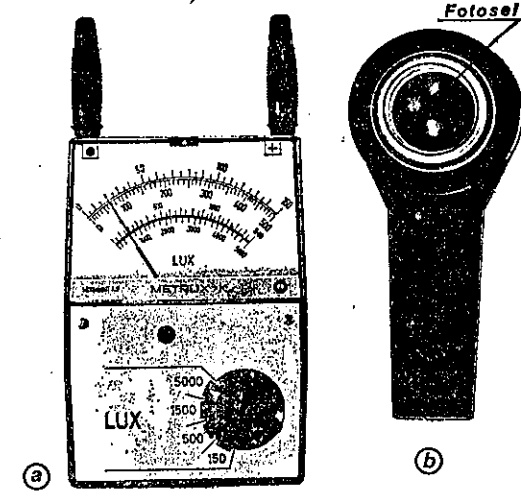
Aydınlik şiddeti **lüksmetre** ile ölçülür. Bu alet, fotoelektrik pil ile bir mikroampermetreden (galvanometreden) meydana gelmiştir.

Fotoelektrik pil: Bazı kimyasal (alkali) metaller⁽²⁾ ışığa karşı çok duyarlıdır. Böyle metaller üzerine ışık⁽³⁾ geldiği zaman elektriksel faaliyet başlar yani bu cisimler elektron neşrederler (fotoelektrik olay). Işık enerjisini doğrudan doğruya elektrik enerjisine çeviren böyle sistemlere; "**fotoelektrik eleman**", "**fotoelektrik pil**" veya "**fotosel**" denir.

Değişik metallerden yapılmış iki ayrı fotoelektrik pilin basit prensip yapıları (Şekil: 278 a ve b) de gösterilmiştir. (Şekil: 278 a) da biri şeffaf, diğeri mat olan iki elektrot arasında bir selenyum levhası konulmuştur. (Şekil: 278 b) de ise, katot vazifesini gören bakır levha üzerine



Şekil : 278
Fotoelektrik pil



Şekil : 279
Ayrı fotoselli lüksmetre

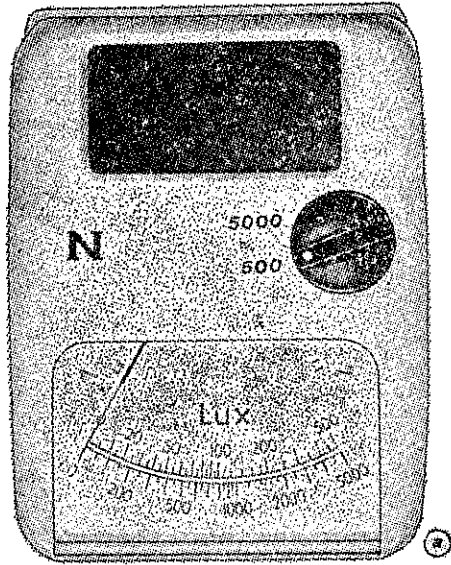
- (1) Lux : Bir standart mumdan 1 metre uzaklıktaki bir cismin aydınlanma bir lüks denir.
- (2) Işığa en çok duyarlı olan; Potasyum, Sodyum, Sezyum, Lityum, Rubidyum gibi metallerdir.
- (3) Beyaz ışık, ultraviyole ışık, x ışınları, gibi.

bakır oksit, anot vazifesini gören kurşun levha üzerine de kurşun nitrat sürülen iki elektrottan meydana gelmiştir. Ayrıca bakır oksit üstüne konan bir cam pencere vardır.

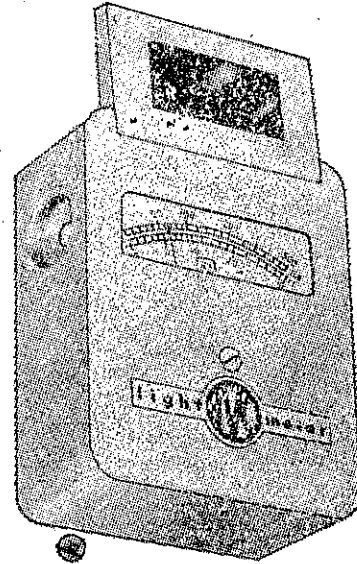
Işık, gerek şekil - a daki şeffaf elektrottan geçip selenyum üzerine gelince, gerekse şekil - b deki bakır oksit yüzeyine düştüğü zaman, elektrotlar arasında küçük bir doğru gerilim meydana gelir. Bu gerilim ise, hassas bir galvanometreyi çalıştıracak büyüklüktedir. Galvanometre göstergesinin sapma miktarı, yüzey (fotoeleman) üzerine gelen ışık şiddeti ile orantılıdır.

Fotoseller, ya saplı bir muhafaza içerisine konup icabında bir fişli kordonla alete birleştirilerek kullanılır (Şekil: 279), veya aletin içerisine doğrudan doğruya tespit edilirler (Şekil: 280). Veyahutta farklı açılardan gelen ışığın kolayca ölçülebilmesini temin için, bu fotoelektrik gözü yatay ile dikey arasında herhangi bir açıya eğilebilecek şekilde alete menşelenmiştir (Şekil: 281) de görüldüğü gibi.

Fotoseller yalnız lüksmetrelerin çalıştırılması için değil; fotoğrafçılıkta pozometre, yangın, alarm, hırsız bildirim ve ayrıca elektronik devrelerinde devre açıp kapayıcı olarak çok kullanılırlar.



Şekil : 280
Sabit fotoselli lüksmetre



Şekil : 281
Fotoselli, menteşeli lüksmetre

Bu aletin ölçme sistemi ise, yukarıda da temas edildiği gibi döner bobinli hassas bir ölçü aletidir. Aletin kadranı, doğrudan doğruya lux olarak bölümlendirilmiştir. Bazı tipleri ise, lümen/m² veya foot - kandil (candle) olarak bölümlüdür.⁽⁴⁾

Tatbikatta kullanılan lüksmetreler çok çeşitli olup genellikle portatif tipte yapılırlar. Aynı aletle muhtelif kademelerdeki aydınlık şiddetlerini ölçebilmek için, aletin üzerine bir kademe anahtarı konmuştur. Bu kademelere göre, okumaların daha hassas olabilmesi için de kademe sayısı kadar kadran bölümlenmesi vardır (Şekil: 279 - 280 - 281).

Bazı tip lüksmetrelere ise, kademe anahtarı konmadığı için kadranı bir bölümlüdür. Bu tiplerin ölçme alanlarının genişletilmesi icap ettiği zaman fotoelektrik gözü perdelenir. Bu perdeler (katlayıcılar - filtreler) aydınlatma şiddetlerini beşte bire veya onda bire düşürürler. Böylece aletin ölçme alanı, 5 veya 10 katı kadar büyütülmüş olur.

Çok küçük (10⁻⁶ lux) aydınlık şiddetlerinin ölçülmesi içinde, amplifikatörlü lüksmetreler kullanılır.

Bir lüksmetre ile ölçme yaparken dikkat edilecek hususlar :

- 1° — Alet çok hassas olduğundan dikkatli kullanılması gereklidir.
- 2° — Işığı ölçülecek yüzeye, aleti veya fotoseli paralel koymalı.
- 3° — Işık hangi açı altında geliyor ise, lüksmetre veya fotosel aynı açı altında tutulmalı.
- 4° — Ölçme yapanın gölgesi fotosel üzerine düşmemeli.
- 5° — Ölçme yapanın elbisesi açık renkli ise yansımaya önlemek için, aletin fotoselinden mümkün olduğu kadar uzakta durmalı.
- 6° — Geniş bir yüzeyin aydınlatma seviyesi ölçülmesi icap ettiği zaman, muhtelif noktalardan ölçmeler yapıp ortalaması alınmalıdır.
- 7° — Bir lüksmetre ile çok yüksek değerdeki (100 000 lux gibi) aydınlık şiddetleri ölçüldükten hemen sonra küçük değerler ölçülmemelidir. Zira, fotoelektrik pilde geçici olarak % 30 kadar bir akım azalması olur. Bu olaya, fotoelemanın yorulması denir. Halbuki karanlıkta böyle bir hadise yok gibidir. Onun için, fotoelektrik piller daima karanlıkta muha-

(4) 1 Lümen/m² =Lux., 1 foot - candle (fc) ≈ 10,76 Lux.

faza edilirler. Bu bakımdan; ölçme yapıldıktan sonra alet, ışık almayan ya bir kutu içerisine konmalı veya fotoelektrik pilinin yüzü perdelenmelidir.

KONUNUN ÖZETİ :

- 1 — Lüks, bir yüzeye çarpan ışığın şiddetidir.
- 2 — Lüks olarak aydınlık şiddetini ölçen alete lüksmetre denir. Ve kadranları üzerine genellikle Lux yazılmıştır. Bunun yerine bazen, Amerikan ölçü birimi olan foot - candle veya cm^2 ye çevrilmiş "phot" kelimesi de görülebilir. $1 ph = 10^4$ lux.
- 3 — Bazı alkali metaller ışığa karşı çok duyarlıdır. Böyle cisimlerin ışık tesiriyle elektron yaymasına "fotoelektrik olayı" denir.
- 4 — Fotoelektrik pillerin çalışması için, ışıktan başka hiçbir dış gücü gereksinmez.
- 5 — Fotoelektrik piller, genellikle 1000 lüksten yukarı olan aydınlık şiddetlerinden geçici olarak etkilendiklerinden bundan daha küçük değerleri ölçmek için, birkaç dakika beklenirse iyi olur.
- 6 — Yüzey aydınlık şiddeti; yalnız ışık gücüne değil, yüzey ile ışık arasındaki mesafeye de bağlıdır.
- 7 — Direkt olarak ölçme yapan alete "objektif lüksmetre", yüzey parıltılarının karşılaştırılması ile ölçme yapana da "subjektif lüksmetre" denirki bugün hemen hemen terkedilmiş gibidir.
- 8 — Fotoğraf makinalarında kullanılan pozometreler lüksmetre olarak kullanılabilirlerse de, bunlar daha ziyade; objektif açıklığı ile diyaframın açılıp kapanma hızı zamanındaki yüzeysel ışık miktarı yoğunluğunu gösterirler
(Lux s = Lm s/m²).

SORULAR :

- 1) Aydınlık şiddeti birimi nedir ve neyle ölçülür?
- 2) Fotoelektrik olay neye denir?
- 3) Fotoelektrik piller nerde ve niçin kullanılır?
- 4) İyi bir ölçme yapabilmek için, lüksmetre nasıl kullanılmalıdır?

BÖLÜM

14

Deney ve Ölçmeler

Giriş :

Bu kitapta verilen bilgilerin daha iyi bir şekilde kolay ve basit olarak öğretilmesini temin etmek için, her konuya ait verilen deneylerin yapılması gerekir. Bir dersin teorisi, uygulaması ile bir arada yürütülürse öğrenciler konuları daha iyi öğrenirler.

Öğrenci, yaptığı deneylerden el alışkanlığı kazanır. Kendilerine olan güveni de artar. Elektrikle çalışan alet ve makineleri tanır, onlar hakkında toplu ve karakteristik bilgi sahibi olur. İleride alacağı alet ve makineleri seçerken aranılacak özellikleri bilerek hareket eder. Deneyleri severek yapan öğrenci; bir elektrikçinin hayatta karşılaşacağı konularda okulda iken söz sahibi olur.

Örnek olarak; elektrik ölçü aletlerini, elektrik üreteçlerinin, bağlantı iletkenleri ile koruyucu düzeneklerin nasıl yapıldığını, nasıl çalıştıklarını ve nasıl devrelere bağlanarak kullanıldıklarını, arızaların nasıl giderileceğini öğrencilerin şemaları takip ederek ve uygulayarak öğrenebileceğini söylemek mümkündür.

Öğrenci bütün bunlar yanında, düzgün ve düzenli bir atelyenin kuruluşunu ve çalıştırılmasını yerinde göreceğimize göre ona göre hazırlanma imkanı bulacaktır.

Deneyleri yapan öğrenci; deneyin nasıl yapıldığını, alet ve makinelelerin kullanım sırasını yazmak isteyecek ve bir rapor düzenlemek zorunda kalacaktır. Öğrencilere bir rapor örneği vermekte fayda vardır. Laboratuvarında yapılması gereken deneylere ait iki rapor örneği arkada verilmiştir.

Rapor örnekleri, şekilden çok yol göstermek amacı ile verilmiştir. Raporun tutulması ise deney yapanın ve yaptırmanın hünerine kalmıştır.

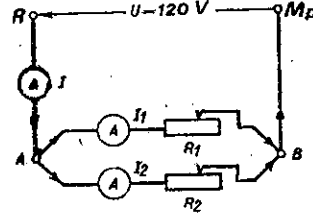
(Rapor kâğıdının arka yüzü)

Gözlem Tablosu :

Sıra No.	I	I ₁	I ₂	U
1	1,37	0,49	0,88	120
2	1,44	0,56	0,88	120
3	1,54	0,56	0,98	120

Deneyin şeması :

Cevap : 1



Şekil : 2

Rapor : Yaptığımız bu deneyle birinci Kirşoff kanununun doğruluğunu üç gözlemlerde ayrı ayrı gördük. Ayrıca devredeki ölçü aletlerinin, ölçme yaparken harcadıkları gücü de hesapladık.

Cevap : 2

Gözlem : 1

$$I = I_1 + I_2$$

$$1,37 = 0,49 + 0,88$$

$$1,37 = 1,37 \text{ A.}$$

Gözlem : 2

$$I = I_1 + I_2$$

$$1,44 = 0,56 + 0,88$$

$$1,44 = 1,44 \text{ A.}$$

Gözlem : 3

$$I = I_1 + I_2$$

$$1,54 = 0,56 + 0,98$$

$$1,54 = 1,54 \text{ A.}$$

Cevap : 3

$$R_1 = U/I_1 = 120/0,49$$

$$R_1 = 244,9 \Omega$$

$$R_2 = U/I_2 = 120/0,88$$

$$R_2 = 136,3 \Omega$$

$$R_1 = U/I_1 = 120/0,56$$

$$R_1 = 214,2 \Omega$$

$$R_2 = U/I_2 = 120/0,88$$

$$R_2 = 136,3 \Omega$$

$$R_1 = U/I_1 = 120/0,56$$

$$R_1 = 214,2 \Omega$$

$$R_2 = U/I_2 = 120/0,98$$

$$R_2 = 122,4 \Omega$$

Cevap : 4

$$P_1 = U \cdot I_1 = 120 \cdot 0,49$$

$$P_1 = 58,8 \text{ W}$$

$$P_2 = U \cdot I_2 = 120 \cdot 0,88$$

$$P_2 = 105,6 \text{ W.}$$

$$P_1 = U \cdot I_1 = 120 \cdot 0,56$$

$$P_1 = 67,2 \text{ W}$$

$$P_2 = U \cdot I_2 = 120 \cdot 0,88$$

$$P_2 = 105,6 \text{ W.}$$

$$P_1 = U \cdot I_1 = 120 \cdot 0,56$$

$$P_1 = 67,2 \text{ W}$$

$$P_2 = U \cdot I_2 = 120 \cdot 0,98$$

$$P_2 = 117,6 \text{ W.}$$

Cevap : 5

$$R_{A1} = R_{A2} = 0,24 \Omega, \quad R_A = 0,057 \Omega, \quad R_V = 7000 \Omega$$

I₁ ampermetresi üzerinde kaybolan güç:

$$P_1 = I_1^2 \cdot R_{A1} = (0,49)^2 \cdot 0,24, \quad P_1 = 0,0576 \text{ W.}$$

I₂ ampermetresi üzerinde kaybolan güç:

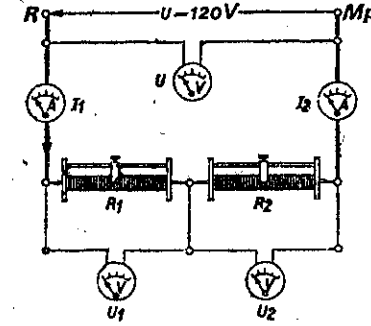
$$P_2 = I_2^2 \cdot R_{A2} = (0,88)^2 \cdot 0,24, \quad P_2 = 0,1857 \text{ W.}$$

I ampermetresi üzerinde kaybolan güç:

$$P = I^2 \cdot R_A = (1,37)^2 \cdot 0,057, \quad P = 0,107 \text{ W.}$$

(Bilgi yaprağı)

YAPILACAK DENEY	İkinci Kirşoff Kanununun Deneyle izahı	DENEY NUMARASI
DENEYDE KULLANILACAK ALET VE MAKİNELER	1 — Ampermetre 0 - 1 A. 2 — Voltmetre 0 - 150 V. (3 adet) 3 — Reosta (sürgülü), (2 adet) 4 — Sigortalı Şalter 6/25 A. 250 V.	2



Şekil : 3

DENEYİN YAPILIŞI

- 1 — Şekildeki bağlantıyı yapınız
- 2 — Devreyi öğretmeninize kontrol ettiriniz.
- 3 — R₁ ve R₂ dirençlerinin tamamı devrede iken U, U₁, U₂, I değerlerini gözlem tablosuna alınız.
- 4 — R₁ reostasının bir kısmını devre dışı ederek U, U₁, U₂, I değerlerini gözlem tablosuna alınız.
- 5 — R₁ aynı durumda, R₂ reostasının bir kısmını devre dışı ederek U, U₁, U₂, I değerlerini gözlem tablosuna alınız.

Not :

- 1 — Deneye başlamadan önce deney 120 V. AA ile yapılacağına göre kullanacağınız R₁ ve R₂ reostalarının ve ölçü aletlerinin seçimi için gerekli hesabı yapınız (elektroteknik bilgilerine göre).
- 2 — Deney müddetince reostalar üzerinde yazılı akıma dikkat ederek o değeri aşmayınız.

SORULAR

- 1 — (Şekil : 3) de açık montajı verilen devrenin kapalı şemasını çiziniz.
- 2 — Her üç gözlem için 2. Kirşoff kanununu sağlayınız.
- 3 — Her üç gözlem için R₁ ve R₂ reostalarının dirençlerini bulunuz (Ohm kanununa göre).
- 4 — Yine her üç gözlem için R₁ ve R₂ reostalarının çektiği gücü bulunuz.
- 5 — Deneyde kullandığınız ölçü aletlerinin iç dirençlerini ölçerek, 1. gözlem için kaybolan güçleri hesaplayınız.

FAYDALANILAN ESERLER

- 1 — Elektrikçinin kitabı ve Elektroteknik Y. Müh. Sıtkı Baykara
- 2 — Elektrik teknolojisi (I, II, III) Müh. Rahmi Altınok
- 3 — Elektrotekniğe giriş II. Prof. Hasan Önal
- 4 — Elektrikçinin meslek kitabı Y. Müh. Nejat Atsan
- 5 — Elektrik meslek teknolojisi (I, II) H. Kaban ve Y. Müh. Saip Develi
- 6 — Elektrik bilgisi ve Elektroteknik (I, II) Hasan Çağlayan
- 7 — Elektrik ölçü aletleri Hüseyin Şaylıman
- 8 — Elektroteknik Mecmuaları Teknik Üniversite Öğretim üyeleri
- 9 — Elektroteknikğin esasları I Prof. Y. Müh. Ahmet Akhunlar
- 10 — Elektrik Ölçü Aletleri ve Ölçme Metotları I Prof. Y. Müh. Süreyya Elbi
- 11 — Yeni Elektroteknik Refik Fenmen
- 12 — Elektrik Ölçme Laboratuvarı deneyleri Doç. Y. Müh. Abdi Dalfes
- 13 — Elektrik ölçmeleri (I, II) Ord. Prof. Burhanettin Sezerar
- 14 — Ankara, Elektrik - Radyo Ma. Lis. Yayınları
- 15 — Elektrik ölçmesi Problemleri Dr. Y. Müh. Enise Erimez - Y. Müh. Turgut Menalıođlu
- 16 — Elektrik devreleri ve Makineleri (Doğru akım) Cilt: Kısım 2) Dnz. Kuv. komutanlığı meslek kitapları
- 17 — Doğru akım ve Alternatif akım (cilt: 1) Dnz. Kuv. komutanlığı eğitim kitapları
- 18 — Elektroteknikğin esasları (kuvvetli akım) El. Yük. Müh. Necmettin Özdem
- 19 — Elektroteknik I, II. Prof. Y. Müh. Adnan Ergeneli
- 20 — Fizik (Lise II Fen) Reşat Otman
- 21 — Elektrik ve Elektroteknik ölçü aletleri Salih Akkılıç
- 22 — Alternatif Akımın Makinelerin Teorisi Prof. Ali N. Berkol
- 23 — Elektroteknikğin esasları El. Y. Müh. Nuri Erkan
- 24 — Elektrik bilgisi Necati Uđuz: M. E. B. mektupla öğretim Teknik yayınları
- 25 — Elektrikğin esasları (Çeviren) Y. Müh. İ. Avığlar

- 26 — Genel ve Denel Fizik (cilt: III) (Çeviren) Prof. Hayri Dener
- 27 — Genel Elektroteknik (cilt: I) (Çeviren) Y. Müh. Şükrü Durusel
- 28 — Elektrik pratiği (Çeviren) Muammer Bogaç
- 29 — Doğru akımın esasları (Çeviren) G. Çakmakçı / H. Şaylıman / H. Saçkan
- 30 — Elektronikğin esasları (Çeviren) Adil Özerdal - Hasan Teközgen
- 31 — Alternatif akımın esasları (Çeviren) Ş. Yeşildoruk / A. Özerdal / M. Tablmacioğlu / I. Dincel / H. Teközgen
- 32 — Elektrik santralleri ve şebekeleri (Çeviren) Prof. İzzet Gönenç
- 33 — Elektroteknik: Alternatif akım devreleri (Çeviren) Nejat Aygün
- 34 — Elektrotechnik für die praxis Otto Leunig
- 35 — Fachkun für Elektriker W. Blatzheim
- 36 — Fachkunde für Elektroberufe Arnold
- 37 — Tabellenbuch Elektrotechnik
- 38 — Fachkunde Elektrotechnik Dipl. - Ing. Adolf. senner, studienprofessor, Pfullungen
- 39 — Elektrische und Wörmetechnische
- 40 — Messungen Hartman Braun yayınları
- 41 — Skizl Elektrische Messungen Siemens Handbuch

İNDEKS

- A** Akım ve gerilim ölçülmesi (89). Akım ölçülmesi (89). Akım ve gerilim ölçen aletlerin ölçme alanlarının genişletilmesi (111). Akım transformatörleri (126). Akım yönünün ölçülmesi ile arıza yerinin tayini (308). Aletin kendi hatası (95). Alternatif akımın incelenmesi (214). Alternatif akım sayaçları (259). Amortisman kuvveti (9). Ampermetre ve voltmetre arasındaki farklar (93). Ampermetre ve voltmetrenin ayarlanması (102). Ampermetrelerin, bakırlı voltmetrelerle ayarlanması (106). Ampermetrelerin, gümüşlü voltmetrelerle ayarlanması (107). Ampermetrelerin ölçme alanlarının genişletilmesi (111). Ampermetre-Voltmetre metodu ile direnç ölçmek (158). Ampermetre-Voltmetre metodu ile direnç ölçmek (169). Ampermetre-Voltmetre metodu ile sıvı dirençlerin ölçülmesi (193). Ampermetre-Voltmetre metodu ile güç ölçmek (229). Ampermetre-Voltmetreler (Multavi) (278). Ampermetre, voltmetre ve voltmetre metodu ile kosinüsfi ölçmek (322). Ampermetre-voltmetre metodu ile özindüklenme katsayısı ölçmek (344). Ampermetre-voltmetre metodu ile kapasite ölçmek (347). Arıza yerlerinin tayini (299). Araştırma metodlarıyla kablo arızalarının tayini (308). Avometreler (288). Aynalı Galvanometreler (151). Ayarlı standart bir direnç ve ampermetreyle direnç ölçmek (167).
- B** Bağlı hata (96). Balistik Galvanometre (154). Birinci sınıf ölçü aletleri (5). Bimetal ölçü aletleri (57). Bir fazlı, alternatif akım devrelerinde güç ölçmek (240). Bir fazlı indüksiyon sayaçları (259). Büklümlü ossilograf (215).
- C** Çapraz bobinli Ommetreler (189). Çapraz bobinli megerler (201). Çalışır vaziyetteki bir tesisatta, toprak teması ölçülmesi (209). Çalışma durumunda olmayan doğru akım tesislerinde, yalıtkanlığın ölçülmesi (211). Çekici tip döner demirli ölçü aleti (27).
- D** Daimi mıknatıslar (14). Demirsiz elektrodinamik ölçü aletleri (51). Demirli elektrodinamik ölçü aletleri (51). Demir paletli galvanometreler (141). Demirsiz tip bir fazlı kosinüsfi metreler (324). Demirli elektrodinamik kosinüsfi metreler (326). Devamlı yazıcı aletler (357). Devir sayısının ölçülmesi (362). Deney ve ölçmeler (383). Deney : 1 1. Kirşoff kanununun deneyle izahı (385). Deney : 2 2. Kirşoff kanununun deneyle izahı (387). Dirençli termometreler (70). Direnç ölçmek (157). Direnç ölçmenin önemi ve çeşitleri (157). Dilli

frekansmetreler (316). Dilli takometreler (369). Doğrudan doğruya yalıtkanlık direncini ölçen aletler (199). Doğru akımda döner bobinli ölçü aletleri ile yalıtkanlığın ölçülmesi (209). Doğru akım devrelerinde güç ölçmek (229). Doğru akım sayaçları (256). Doğrudan doğruya kosinüsfi ölçen aletler (324). Doğrudan doğruya self ve kapasite ölçmek (351). Döner demirli ölçü aletleri (27). Döner bobinli ölçü aletleri (34). Döner mıknatıslı ölçü aletleri (45). Döner diskli indüksiyon ölçü aletleri (86). Döner mıknatıslı galvanometreler (144). Döner bobinli Galvanometreler (147). Döner tamburlu indüksiyon ölçü aletleri (85). Dış etkilerin meydana getirdiği hatalar (99).

- E** Elektrik akımının ve geriliminin ölçü aletlerine etkisi (21). Elektrik ölçü aletlerinin çalışma prensiplerine göre bölümlendirilmesi (21). Elektromanyetik ölçü aletleri (24). Elektrodinamik ölçü aletleri (49). Elektrotermik ölçü aletleri (55). Elektriksel pirometreler (73). Elektrostatik ölçü aletleri (79). Elektrik devrelerinde iş ve güç ölçmek (229). Elektrostatik vatmetreler (234). Elektrodinamik vatmetreler (234). Elektrik işinin ölçülmesi (255). Elektrik sayaçları (255). Elektrodinamik sayaçlar (257). Elektriksel takometreler (368). Etalon pillerle voltmetrelerin ayarlanması (105).
- F** Faydalanılan eserler (391). Frekans ölçmek (315). Fukolt firenli amortisman sistemi (11).
- G** Gerilim ölçülmesi. Voltmetreler (91). Gerilim transformatörleri (134). Gerilim düşümü metodu ile direnç ölçmek (164). Gerilim ölçme metodu ile toprağa kaçak yerinin tayini (302). Göstergeli ölçü aletleri (7). Göstergeli ölçü aletlerinin mekanik kısımları (14). Gösterge, Kadran ve kadran taksimatları (15). Göstergeli elektrostatik voltmetreler (79). Göstergeli frekansmetreler (318). Güç ölçmek (229). Güç katsayısının ölçülmesi (322).
- H** Havali amortisman sistemi (11). Hareketli kısımlar ve taşınmaları (18).
- I** Isı pirometreler (76). Işık izli elektrometreler (83). Işık izli yazıcılar (359).
- J** İkinci sınıf ölçü aletleri (5). İki ampermetre metodu ile toprağa kaçak yerinin tayini (301). İletkenler arasındaki kaçak tayini (303). İndüksiyon vatmetreleri (234). İndüksiyon metodu ile arıza yerinin tayini (310). İtici tip döner demirli ölçü aleti (28).
- K** Karşı ağırlıklar (9). Kaba ayar (102). Karşılaştırma usulü (102). Kademeli ölçme alanlı ampermetreler (DA) (115). Kademeli ölçme alanlı voltmetreler (DA) (121). Katı dirençler (158). Kablo iletkenlerinde kopukluğun tayini (305). Kapasite test ile, arıza yerlerinin tayini (306). Kapasite köprüleri ile arıza yerlerinin tayini (307). Kablo ve havâi hatlarda elektromanyetik dalgaların in-

tişar zamanının ölçülmesinde istifade ederek arıza yerlerinin tayini (311). Karşılaştırma suretiyle öz-indüktans ölçmek (345). Kapasite ölçmek (347). Karşılaştırma yöntemi ile kapasite ölçmek (348). Kapasite köprüleri ile kapasite ölçmek (350). Kademeli takometreler (364). Kat değerli stroboskop (377). Kontrol kuvveti (7). Kontrol yayı (7). Konstürksiyon hatası (96). Kombine ölçü aletleri (278). Köprülerle direnç ölçmek (172). Köprülerle öz-indükleme katsayısını ölçmek (345). Köprülerle kapasite ölçmek (349). Köprü teşkili ile kapasite ölçmek (350). Küçük akım ve gerilim ölçen aletler "Galvanometreler" (141). Küçük değerdeki dirençler (158).

- L** Lord Kelvin Galvanometresi (145).
- M** Manyetomotor sayaçları (256). Maxwell köprüsü ile öz-indüktans ölçmek (345). Metot hatası (100). Mıknatıs göstergeli megerler (200). Mutlak hata (95). Multavi II (279). Multavi 5 (284). Multavi S (285). Murray'ın halkalama usulü ile toprağa kaçak yerinin tayini (300). Murray'ın halkalama usulü ile kopukluk tayini (303).
- N** Nobili Galvanometresi (146). Noktalayıcı aletler (359). Numaratör ve saat kullanma usulü (363).
- O** Okuma hatası (99). Ommetreler (180). Optik pirometreler (77). Orta değerdeki dirençler (158). Osiloskop (216).
- Ö** Ölçme ve ölçü aletlerinin tanıtılması (1). Ölçmenin önemi (1). Ölçü aletlerinin isim ve sembolleri (2). Ölçü aletlerinin sınıflandırılması (5). Ölçü aletlerinde hatalar (95). Ölçme yapanın hatası (99). Ölçü transformatörleri (126). Önce bağlama (159). Özel sayaçlar (275). Öz-indükleme katsayısını ölçmek (342).
- P** Paralel tip ommetreler (182). Pirometreler (70). Potansiyometrelerle ayar (103). Potansiyometrelerle direnç ölçmek (170).
- R** Redresörlü ölçü aletleri (41).
- S** Saptırma kuvveti (7). Sayaçların ayarı (265). Sayaçların devreye bağlanması (269). Sayaçların dönüş yönü (270). Sayaçların etiketleri ve bağlama şemaları (270). Saatli Takometreler (366). Santrifüj tipi takometreler (367). Seri tip ommetreler (180). Sıvılı amortisman sistemi (12). Sıfır ayar vidası (18). Sıvı dirençlerin ölçülmesi (191). Sıvılı takometreler (368). Sonra bağlama (160). Standart bir direnç ve ampermetre ile direnç ölçmek (168). Standart sayaçlarla kontrol (267). Stroboskopik takometreler (370). Sürgülü dirençlerle ampermetrelerin ayarı (102). Sürgülü dirençlerle voltmetrelerin ayarı (103).

- T Tanjant Galvanometresi (142). Takometreler (364). Termik ölçü aletleri (55). Termostatlar (60). Termokupul ölçü aletleri (62). Telli veston köprüsü ile direnç ölçmek (176). Telli köprülerle (305). Tomson köprüsü ile direnç ölçmek (177). Tomson tipi ommetreler (188). Toprak direncini ölçen aletler (207). Toprak kaçak arızası (299).
- Ü Üç fazlı indüksiyon sayaçları (264). Üç ampermetre metodu ile kosinüsfi ölçmek (322). Üç voltmetre metodu ile kosinüsfi ölçmek (323). Üç fazlı kosinüsfi metreler (328).
- V Vatmetre ile güç ölçmek (233). Varmetreler (248). Veston köprüsü ile direnç ölçmek (172). Veston tipi ommetreler (185). Veston köprüsü ile sıvı dirençlerinin ölçülmesi (191). Veston köprüsü montajı ile (304). Veston Frekansmetresi (319). Voltmetrelerin ölçme alanlarının genişletilmesi (118). Voltmetre metodu ile direnç ölçmek (165). Voltmetre ve vatmetre metodu ile direnç ölçmek (169).
- Y Yalıtıklık ve öneminin tanıtılması (196). Yalıtıklık direncinin ölçülmesi (199). Yazıcı ölçü aletleri (357). Yumuşak demir göbekli ölçü aletleri (24). Yumuşak demirli Ossilograf (214). Yüksek değerdeki dirençler (158).