

Cihaz Teknolojisi

4 Enstrümantasyon Sistemleri

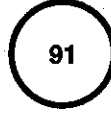
defatin

donanımlar





—



*Jerit
Baltacı
26.02.98*

ENDÜSTRİYEL OKULLAR İÇİN

CİHAZ TEKNOLOJİSİ

4

**Enstrümantasyon
Sistemleri**

B E Noltingk



ETAM A.Ş. Matbaa Tesisleri, ESKİŞEHİR - 1994

MİLLİ EĞİTİM BAKANLIĞI YAYINLARI 2730
YARDIMCI VE KAYNAK KİTAPLAR DİZİSİ 91
ISBN 975-11-0862-4

Hükümetimiz ile Dünya Bankası arasında imzalanan antlaşma doğrultusunda Endüstriyel Okullar Projesi çerçevesinde hazırlanan "Cihaz Teknolojisi 4 " adlı kaynak kitap Milli Eğitim Bakanlığı, Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı'nın 3.3.1994 gün ve 2016 sayılı kararı ile 5000 adet bastırılmıştır.

Editör

Yrd.Doç.Dr. **Ali Osman TAŞLICA**

Çeviren

Öğr. Gr.Dr. **Alpagut KARA**

Türkçe Düzenleme
Öğr.Gr. **Fahri OLUKLULU**

Teknik Düzenleme
Yrd.Doç.Dr. **Necati MAHIR**

© Yayın Hakkı, Butterworth & Co. (Publishers) Ltd. 1987
Türkçe yayın hakkı Milli Eğitim Bakanlığına aittir. 1994



İSTİKLÂL MARŞI

Korkma, sönmez bu şafaklarda yüzen al sancak;
Sönmeden yurdumun üstünde tüten en son ocak.
O benim milletimin yıldızıdır, parlayacak,
O benimdir, o benim milletimindir ancak.

Çatma, kurban olayım, çehreni ey nazlı hilâl!
Kahraman ırkıma bir gül! Ne bu şiddet, bu celâl!
Sana olmaz dökülen kanlarımız sonra helâl...
Hakkıdır, Hakk'a tapan, milletimin, istiklâl!

Ben ezelden beridir hür yaşadım, hür yaşarım.
Hangi çılgın bana zincir vuracakmış? Şaşarım!
Kükremiş sel gibiyim, bendimi çiğner, aşarım.
Yırtarım dağları, enginlere sığmam, taşarım.

Garbın âfâkı sarmışsa çelik zırhlı duvar,
Benim iman dolu göğsüm gibi serhaddim var.
Ulusun, korkma! Nasıl böyle bir imanı boğar,
"Medeniyet!" dediğin tek dişi kalmış canavar?

Arkadaş! Yurduma alçakları uğratma, sakın.
Siper et gövdeni, dursun bu hayâsızca akın.
Doğacaktır sana va'dettiği günler Hakk'ın...
Kim bilir, belki yarın, belki yarından da yakın.

Bastığın yerleri "toprak!" diyerek geçme, tanı :
Düşün altındaki binlerce kefensiz yatanı.
Sen şehit oğlusun, incitme, yazıktır, atanı :
Verme, dünyaları alsan da, bu cennet vatanı.

Kim bu cennet vatanın uğruna olmaz ki fedâ?
Şühedâ fişkıracak toprağı sıksan, şühedâ!
Cânı, cânânı, bütün varımı alsın da Huda,
Etmesin tek vatanımdan beni dünyada cüdâ.

Ruhumun senden, İlâhi, şudur ancak emeli :
Değmesin mabedimin göğsüne nâmâhrem eli.
Bu ezanlar-ki şahâdetleri dinin temeli-
Ebedî yurdumun üstünde benim inlemeli.

O zaman vedd ile bin secde eder-varsâ-taşım,
Her cerîhamdan, İlâhi, boşanıp kanlı yaşım,
Fişkırcı ruh-ı mücerred gibi yerden nâ'sım;
O zaman yükselerek arşa değer belki başım.

Dalgalar sen de şafaklar gibi ey şanlı hilâl!
Olsun artık dökülen kanlarımın hepsi helâl.
Ebediyen sana yok, ırkıma yok izmihlâl:
Hakkıdır, hür yaşamış, bayrağımın hürriyet;
Hakkıdır, Hakk'a tapan, milletimin istiklâl!

Mehmet Âkif ERSOY



ATATÜRK'ÜN
GENÇLİĞE HİTABESİ

FERİT
BALTACI
26.02.98

Ey Türk gençliği! Birinci vazifen, Türk istiklâlini, Türk cumhuriyetini, ilelebet, muhafaza ve müdafaa etmektir.

Mevcudiyetinin ve istikbalinin yegâne temeli budur. Bu temel, senin, en kıymetli hazinendir. İstikbalde dahi, seni, bu hazineden, mahrum etmek isteyecek, dahilî ve haricî, bedhahların olacaktır. Bir gün, istiklâl ve cumhuriyeti müdafaa mecburiyetine düşersen, vazifeye atılmak için, içinde bulunacağın vaziyetin imkân ve şeraitini düşünmeyeceksin! Bu imkân ve şerait, çok nâmûsait bir mahiyette tezahür edebilir. İstiklâl ve cumhuriyetine kastedecek düşmanlar, bütün dünyada emsali görülmemiş bir galibiyetin mümessili olabilirler. Cebren ve hile ile aziz vatanın, bütün kaleleri zapt edilmiş, bütün tersanelerine girilmiş, bütün orduları dağıtılmış ve memleketin her köşesi bilfiil işgal edilmiş olabilir. Bütün bu şeraitten daha elîm ve daha vahim olmak üzere, memleketin dahilinde, iktidara sahip olanlar gaflet ve dalâlet ve hattâ hıyanet içinde bulunabilirler. Hattâ bu iktidar sahipleri şahsî menfaatlerini, müstevlilerin siyasi emelleriyle tevhid edebilirler. Millet, fakr u zaruret içinde harap ve bitap düşmüş olabilir.

Ey Türk istikbalinin evlâdı! İşte, bu ahval ve şerait içinde dahi, vazifen; Türk istiklâl ve cumhuriyetini kurtarmaktır! Muhtağ olduğun kudret, damarlarındaki asil kanda, mevcuttur!

H. Öztürk

Bilgi çağına girerken bütün ülkelerin üzerinde önemle durdukları ve giderek daha fazla kaynak ayırdıkları sektör eğitimidir. Bilim ve teknolojiadaki gelişmelere paralel olarak eğitimde kaliteyi yükseltmek, gençlerimize ileri sanayi toplumunun gerektirdiği bilgi, beceri ve davranışları kazandırmak Millî Eğitimimizin temel amaçlarından biridir.

Ülkemizde; ekonomik, sosyal ve kültürel alanlarda olduğu gibi, sanayi alanında da önemli gelişmeler olmaktadır. Nitelikli insangücü ihtiyacının giderek arttığı ülkemizde meslekî ve teknik eğitim büyük önem kazanmaktadır.

Bu alandaki ihtiyacı karşılayabilmek için; çağdaş bilim ve teknolojik metodları bilen, yorumlayan, kullanan, geliştiren ve alanındaki yeniliklere uyum sağlayan, üretken teknik insangücünün yetiştirilmesi gerekmektedir. Bu konuda, teknik öğretim kurumlarımıza büyük iş düşmektedir.

Bu kurumlarımızdaki öğrencilerin iyi yetişmeleri için devletimiz her türlü desteği sağlamakta ve Hükümetimiz ile Dünya Bankası arasında imzalanan İkraz Anlaşmasıyla yürütülen Endüstriyel Okullar Projesiyle bu okullarımız, çağdaş eğitim imkanlarına kavuşturulmaktadır. Bu okullarımızda çeşitli meslek alanlarında ihtiyaç duyulan 42 adet yabancı teknik ders kitabının tercüme haklarının satın alınması, basım ve dağıtımlarının yapılarak öğrenci ve öğretmenlerimizin istifadesine sunulması, bu proje kapsamında yürütülen faaliyetlerden biridir.

Eğitim ve kültür düzeyleri yüksek, elişen teknolojiye uyum sağlayabilen toplumlar, geleceğin dünyasının şekillenmesinde önemli rol oynayacaklardır.

Bu ve benzeri çalışmaların ülkemiz için yararlı olmasını diliyorum.

Nevzat AYAZ
Millî Eğitim Bakanı

ÖNSÖZ

Varlıklarını sürdürmek isteyen toplumlar, kalkınmanın gerektirdiği sayıda nitelikli insan gücünü yetiştirmek için eğitime değer vermek ve ona bilimsel ve teknolojik bir nitelik kazandırmak mecburiyetindedirler.

Eğitim, Cumhuriyetin kuruluşundan beri ülkemizde yenileşme aracı olarak görülmüştür. Bugün Eğitim Sistemimiz, bilim çağına girilen dünyamızda, toplumumuzun büyüyen ve çeşitlenen ihtiyaçlarına cevap vermede bir takım problemlerle karşı karşıyadır.

Eğitimle ilgili problemlerin çözümünde, yeni yöntemler, teknikler ve araçlar geliştirmek için araştırmalar yapmak, ayrıca daha önce yapılmış araştırmalar sonucu geliştirilen bilgi ve teknolojiyi ülkemize getirmek zorundayız.

Eğitime ayrılacak finansman kaynaklarının sınırlı olması, ülkemizi, genel bütçe dışındaki imkanlardan faydalanmaya zorlamaktadır. Devletimiz bu imkanları araştırmış, mesleki ve teknik öğretim kurumlarımızın bilim ve teknolojiye meydana gelen gelişmelere paralel olarak modernleştirilmesi için Uluslararası İmar ve Kalkınma Bankası (Dünya Bankası - IBRD) ile yapılan İkraz Anlaşmasıyla Endüstriyel Okullar Projesi uygulamaya konulmuştur.

Bu projenin amaçları; Endüstriyel Okulların yeni teknoloji ürünü makina ve teçhizatla donatılarak yenilenmesi, çeşitli meslek alanlarında müfredat programlarının geliştirilmesi, burslar ve yurt dışından danışman temin edilmesi yoluyla öğretmenlerimizin eğitilmesi ve çeşitli meslek alanlarında ders kitaplarının tercüme ve yayın haklarının satın alınarak Eğitim Sistemimize kazandırılmasıdır.

Proje ile belirlenen hedeflere büyük ölçüde ulaşılmıştır. Projenin amaçlarından biri olan çeşitli meslek alanlarında (Hidrolik-Pnömatik, Soğutma ve İklimlendirme, CNC, Döküm, Elektronik, Bilgisayar, PLC ve Metal İşleri) teknik ders kitapları, uzmanlardan kurulu komisyonlarca seçilmiş ve tercüme edilerek yayımlanmıştır.

Büyük kaynak ve emek harcayarak Eğitim Sistemimize kazandırdığımız kitapların öğretmen ve öğrencilerimize faydalı olmasını dilerim.

Salih ÇELİK
Projeler Koordinasyon
Kurulu Başkanı

İÇİNDEKİLER

Sayfa

KATKIDA BULUNANLAR

ÖN SÖZ

BİRİMLER

KISALTMALAR

ÜNİTE 1: CİHAZLARIN TASARIMI VE KONSTRÜKSİYONU.....	1
1.1. Giriş	1
1.2. Cihaz Tasarımı	1
1.2.1. Tasarımcının Görüşü	1
1.2.2. Pazarlama	2
1.2.3. Özel Cihazlar.....	3
1.3. Konstrüksiyon Elemanları	5
1.3.1. Elektronik Elemanlar ve Baskılı Devreler	5
1.3.2. Yüze Monte Edilmiş Elemanlar.....	8
1.3.2.1. Devre Kartlarının Yenilenmesi.....	8
1.3.3. Bağlantılar.....	8
1.3.4. Malzemeler	10
1.3.4.1. Metaller.....	10
1.3.4.2. Seramikler.....	11
1.3.4.3. Plastikler ve Polimerler	12
1.3.4.4. Epoksi Reçineler	12
1.3.4.5. Boyama ve Tamamlama İşlemleri	13
1.3.5. Mekanik İmalat Prosesleri.....	13
1.3.5.1. Bükme ve Zimba ile Delme.....	13
1.3.5.2. Matkapla Delme ve Frezeleme.....	15
1.3.5.3. Tornalama	15
1.3.5.4. Taşlama ve Honlama	15
1.3.5.5. Parlatma.....	16
1.3.5.6. Kimyasal ve Elektrokimyasal Frezeleme.....	16
1.3.5.7. Ekstrüzyon	16
1.3.5.8. Döküm ve Kalıplama.....	17
1.3.5.9. Yapıştırıcılar	18
1.3.6. Fonksiyonel Elemanlar	18
1.3.6.1. Yataklar.....	19
1.3.6.2. Bağlamalar (Kuplajlar)	21
1.3.6.3. Yaylar	21
1.4. Elektronik Cihazların Konstrüksiyonu.....	21

	Sayfa
1.4.1. Kullanım Yerinde Montaj.....	22
1.4.2. Pano Üzerine Montaj	23
1.4.3. Tezgâh - Montaj Cihazları.....	24
1.4.4. Raf - Montaj Cihazlar	26
1.4.5. Taşınabilir Cihazlar.....	27
1.4.6. Kapsülleme.....	28
1.5. Mekanik Cihazlar.....	28
1.5.1. Kinematik Tasarım	28
1.5.2. Yakınlık (Proximity) Dönüştürücü	32
1.5.3. Yük Hücresi.....	33
1.5.4. Kombine Akçatör Dönüştürücü	34
ÜNİTE 2: CİHAZLARIN KURULMASI VE YETKİLENDİRİLMESİ.....	36
2.1. Giriş	36
2.2. Genel Şartlar	36
2.3. Depolama ve Koruma	36
2.4. Montaj ve Ulaşılabilme.....	37
2.5. Boru Tesisatı Sistemleri	37
2.5.1. Hava Girişleri.....	38
2.5.2. Pnömatik Sinyaller	39
2.5.3. İmpuls Hatları.....	39
2.6. Kablo Çekme İşlemi.....	41
2.6.1. Genel Koşullar	41
2.6.2. Kablo Tipleri.....	42
2.6.3. Kablo Ayırma.....	42
2.7. Topraklama	43
2.7.1. Genel Şartlar	43
2.8. Test Etme ve Önyetkilendirme	44
2.8.1. Genel	44
2.8.2. Ön-Kurma Testi	44
2.8.3. Boru ve Kablo Tesisatının Testi.....	44
2.8.3.1. Pnömatik Hatlar	45
2.8.3.2. Proses Boru Tesisatı	45
2.8.3.3. Cihaz Kabloları	45
2.8.3.4. Çevrim Testi.....	45
2.9. Tesis Yetkilendirme	46
ÜNİTE 3: NUMUNE ALMA	47
3.1. Giriş	47
3.1.1. Numune Almanın Önemi	47

	Sayfa
3.1.2. Temsili Numune.....	47
3.1.2.1. Katılar.....	47
3.1.2.2. Sıvılar.....	48
3.1.2.3. Gazlar.....	48
3.1.2.4. Karışık-Fazlı Numuneler.....	48
3.1.3. Analiz Cihazının Bölümleri.....	48
3.1.3.1. Numune Sondaj Cihazı.....	49
3.1.3.2. Numune Nakil Sistemi.....	49
3.1.3.3. Numune İşleme Sistemi.....	49
3.1.3.4. Analiz Cihazı.....	49
3.1.3.5. Numunelerin Atılması.....	49
3.1.4. Gecikmeler.....	50
3.1.4.1. Numune - Nakil Hattinin Uzunluğu.....	50
3.1.4.2. Numune Alma Elemanları.....	50
3.1.4.3. Basıncın Düşürülmesi.....	50
3.1.4.4. Tipik Eşitlikler.....	51
3.1.4.5. Bazı Faydalı Veriler.....	52
3.1.5. Konstrüksiyon Malzemeleri.....	52
3.2. Numune Sistem Elemanları.....	53
3.2.1. Sondaj Cihazları.....	53
3.2.1.1. Numune Sondaj Cihazı.....	53
3.2.1.2. Düşük Hacimli Numune Sondaj Cihazı.....	54
3.2.1.3. Fırın Gazlarından Numune Almak İçin Kullanılan Sondaj Cihazları.....	54
3.2.2. Filtreler.....	57
3.2.2.1. 'Y' Tipi Filtreler.....	57
3.2.2.2. Dahili Filtreler.....	57
3.2.2.3. Atılabilir Mikrofiber Elemanlı Filtreler.....	58
3.2.2.4. Minyatür Dahili Filtre.....	59
3.2.2.5. Elle Temizlenebilir Filtre.....	60
3.2.3. Birleştiriciler (Coalescers).....	61
3.2.4. Soğutucular.....	61
3.2.4.1. Hava Soğutucular.....	61
3.2.4.2. Su-Ceketli Soğutucular.....	61
3.2.4.3. Frigorifik Soğutucular.....	62
3.2.5. Pompalar, Gaz.....	63
3.2.5.1. Eductor veya Aspiratör Tip Pompalar.....	63

	Sayfa
3.2.5.2. Mekanik Gaz Pompaları.....	63
3.2.6. Pompalar: Sıvı	65
3.2.6.1. Santrifüj Pompa	65
3.2.6.2. Pozitif İletimli Pompa.....	65
3.2.7. Akış Ölçümü ve Gösterimi.....	68
3.2.7.1. Değişken Orifisli Akışmetreler.....	68
3.2.7.2. Basınç - Farkı Aygıtları.....	68
3.2.7.3. Çarklı veya Kanatlı-Tip Göstergeler.....	69
3.2.8. Basıncının Düşürülmesi ve Buharlaştırma	69
3.2.8.1. Basit İğneli Valf.....	69
3.2.8.2. Sıvı Dolu Hazneli İğneli Valf.....	69
3.2.8.3. Diyafram ile Çalışan Basınç Regülâtörü	70
3.2.8.4. Buharlaştırma.....	71
3.2.9. Numune Hatları, Dikişsiz ve Dikişli Boru Ek Parçaları.....	71
3.2.9.1. Numune Hatları	71
3.2.9.2. Dikişsiz, Dikişli Borular ve Birleştirme Yöntemleri	73
3.3. Tipik Numune Sistemleri.....	74
3.3.1. Gazlar	74
3.3.1.1. Bir Kromatografa Yüksek Basınçlı Bir Gaz Numunenin Verilmesi	74
3.3.1.2. Baca İçinde Bir Buhar Püskürtme Cihazı Kullanan Fırın Gazı Sistemi	75
3.3.1.3. İletkenlik İçin Buhar Numune Alma	77
3.3.2. Sıvılar	79
3.3.2.1. Bir Kromatografa Sıvı Numune Verilmesi.....	79
3.3.2.2. Bir Destilasyon Nokta Analiz Cihazına Gazyağı Numune Verilmesi	80
3.3.2.3. Çözünmüş Oksijen Analiz Cihazı İçin Su-Numune Alma Sistemi	83
ÜNİTE 4: SİNYAL İŞLEME	85
4.1. Giriş	85
4.2. Analog Sinyal İŞleme.....	86
4.2.1. İŞlemsel Kuvvetlendirici (Yükselteç).....	86
4.2.1.1. Kazanç ve Band Genişliği	91
4.2.1.2. Ortak Mod Reddetme Oranı (CMRR).....	96

	Sayfa
4.2.1.3. Giriş ve Çıkış Empedansları	97
4.2.1.4. Giriş Gerilimi Kaydırma ve Kutuplama Akımı	99
4.2.1.5. Gürültü	102
4.2.1.6. İşletme Parametreleri	105
4.2.2. Enstrümantasyon Yükselteçleri	105
4.2.3. Ayırma Yükselteci	108
4.2.4. Kıyıcı Dengelenmiş Yükselteçler ve Komütasyonlu Otomatik Sınırlamalı Yükselteçler	111
4.2.5. Yük ve Akım Yükselteçleri	112
4.2.6. Örnekle ve Tut Yükselteci	115
4.2.7. Filtreleme	116
4.2.7.1. Shannon Örnekleme Teoremi ve Çakışma Önleyici Filtreler	122
4.2.8. Doğrusal Olmayan Analog Sinyal İşleme	124
4.3. Sayısal - Analog Çevirim	126
4.3.1. DAC'lerin Doğruluğu	129
4.4. Analog - Sayısal Çevirim	132
4.4.1. Gerilim - Zaman Çevirimi	132
4.4.2. Gerilim - Frekans Çevirimi	136
4.4.3. DAC'leri Kullanan Geri Besleme Yöntemleri	138
4.4.4. Eşzamanlı Karşılaştırma	138
4.4.5. ADC Spesifikasyonları	141
4.5. Spektrum Analiz Cihazları ve İlgili Donanım	144
4.5.1. Spektrum Analiz Cihazları	146
4.5.2. Fourier Analiz Cihazları	148
4.5.3. Dalga ve Distorsiyon Analiz Cihazları	150
4.6. Kilitlenen Yükselteç ve Faza Duyarlı Algılama	152
4.7. 'Ortalama Değer Alan Sayısal Devreler'	156
4.8. Korelatörler	157
4.9. Çok Kanallı Analiz Cihazları	160
4.10. Bilgisayar Sistemleri	161
4.10.1. Donanım	162
4.10.1.1. Bellek	164
4.10.1.2. Çevresel Aygıtlar	165
4.10.2. Yazılım	167
4.10.2.1. Makine Kodu	167
4.10.2.2. Yüksek Seviyeli Diller	171
4.10.2.3. İşletim Sistemi	172

	Sayfa
4.10.3. Sayısal Bilgisayarlar ile Gerçekleştirilebilen Tipik İşler	173
4.10.4. İçinde Bilgisayar Bulunan Bir Sistem İçin Bir Tek Yongalı Mikrobilgisayar	174
4.10.4.1. Bir Mikro İşlemci Esaslı Ölçüm ve Kontrol Altsistemleri	176
4.10.4.2. Bir Minibilgisayar İçindeki Ölçüm ve Kontrol İşlemcisi.....	180
ÜNİTE 5: UZAKTAN ÖLÇÜM (TELEMETRİ)	185
5.1. Giriş	185
5.2. İletişim Kanalları	190
5.2.1. İletim Hatları	190
5.2.2. Radyo Frekans İletimi	194
5.2.3. Fiber Optik İletişim	195
5.2.3.1. Fiber Optikler	196
5.2.3.2. Kaynaklar ve Detektörler	200
5.2.3.3. Fiber - Optik İletişim Sistemleri	201
5.3. Sinyal Çoğullama	202
5.4. Darbe Kodlaması.....	205
5.5. Taşıyıcı Dalga Modülasyonu.....	208
5.6. Hata Saptama ve Düzeltme Kodları.....	211
5.7. Doğrudan Analog Sinyal İletimi.....	214
5.8. Frekans İletimi	216
5.9. Sayısal Sinyal İletimi.....	217
5.9.1. Modemler	220
5.9.2. Veri İletimi ve Arabirim Standartları	223
ÜNİTE 6: GÖSTERİM VE KAYIT	229
6.1. Giriş	229
6.2. Göstergeler	231
6.3. Işık Yayan Diyotlar (LED'ler)	234
6.4. Sıvı Kristalli Göstergeler (LCD'ler).....	236
6.5. Plazma Göstergeler	239
6.6. Katot Işını Tüpleri (CRT'ler)	240
6.6.1. Renkli Göstergeler	243
6.6.2. Osiloskoplar	245
6.6.3. Saklayıcı Osiloskoplar.....	247
6.6.4. Örnekleme Osiloskopları	249
6.6.5. Sayısallaştırıcı Osiloskoplar	250
6.6.6. Görsel Gösterim Üniteleri (VDU'lar)	251

	Sayfa
6.6.7. Grafik Göstergeler	253
6.7. Grafik Kayıt Cihazları	254
6.7.1. Şeritli Kayıt Cihazları	254
6.7.2. Dairesel Kayıt Cihazları	256
6.7.3. Galvanometre Kayıt Cihazları	257
6.7.4. x - y Kayıt Cihazları	258
6.8. Manyetik Kayıt	260
6.9. Geçici / Dalga Şekli Kayıt Cihazları	261
6.10. Veri Kaydediciler	262

ÜNİTE 7: PNÖMATİK ENSTRÜMANTASYON	264
7.1. Temel Karakteristikler	264
7.2. Pnömatik Ölçüm ve Kontrol Sistemleri	265
7.3. Başlıca Ölçümler	269
7.3.1. Giriş	269
7.3.2. Sıcaklık	269
7.3.3. Basınç Ölçümleri	272
7.3.4. Seviye Ölçümleri	279
7.3.5. Yüzebilirlik (Buoyancy) Ölçümleri	280
7.3.6. Hedef Akış Aktarıcısı	280
7.3.7. Hız	281
7.4. Pnömatik İletim	282
7.5. Pnömatik Kontrol Cihazları	285
7.5.1. Hareket - Denge Kontrol Cihazları	285
7.5.2. Kuvvet - Denge Kontrol Cihazları	288
7.5.2.1. Otomatik - Elle Kontrol Transfer Anahtarı	292
7.5.2.2. Yığın (Batch) Operasyon	295
7.6. Sinyal Uyumlaması	296
7.6.1. Bütünleyiciler (İntegratörler)	296
7.6.2. Karekök Alıcı Analog	297
7.6.3. Pnömatik Toplayıcı Ünite ve Dinamik Dengeleyici	298
7.6.4. Pnömatik - Akım Çeviriciler	302
7.7. Elektropnömatik Arabirim	304
7.7.1. Diyaframlı Motor Akçüatörler	304
7.7.2. Pnömatik Valf Konumlayıcılar	306
7.7.3. Elektropnömatik Çeviriciler	307
7.7.4. Elektropnömatik Konumlayıcılar	309

	Sayfa
ÜNİTE 8: GÜVENİLİRLİK	311
8.1. Giriş	311
8.2. Elemanlar	312
8.2.1. Fiziksel Olarak Bozulma Olayı.....	312
8.2.2. Matematiksel Analiz	313
8.2.3. Bozulma Şekilleri.....	315
8.2.4. Bozulma Oranları	315
8.3. Modüller	316
8.3.1. Bozulma Oranları	317
8.3.2. Kısmî Bozulmalar	317
8.3.3. Tasarım	318
8.4. Sistemler	319
8.4.1. Fazlalık	319
8.4.2. Onarımlar ve Yararlanılrlık	322
8.4.3. Yazılım Güvenilirliği	323
8.5. Pratik Uygulama	324
8.5.1. Tasarım ve İşletme	324
8.5.2. Ortam	325
8.5.3. Çeşitlilik	326
ÜNİTE 9: EMNİYET	327
9.1. Giriş	327
9.2. Elektrik Çarpması Sonucu Ölüm Tehlikesi.....	328
9.2.1. Topraklama ve Bağlama	331
9.3. Yanıcı Ortamlar	334
9.4. Diğer Emniyet Hususları	342
9.5. Sonuç	342
REFERANSLAR	343
İNDEKS	353

KATKIDA BULUNANLAR

A. Danielsson, FIMechE, FInstMC, Wimpey Mühendislik Ltd. Şirketi ile çalışmaktadır. Proses Kontrol Sistemleri'nde Enstrümantasyon için Pratik Kodu'nu geliştiren çalışma grubunun bir üyesiydi.

C.I. Daykin, MA, Otomatik Sistemler Laboratuvarları Ltd. Şirketinin Araştırma ve Geliştirme Müdürü.

J.G. Giles, TEng, uzun yıllardır Ludlam Sysco ile birlikte çalışmaktadır.

E.H. Higham, MA, CEng, FIEE, MIMechE, MIERE, MInstMC, Foxboro Great Britain Ltd. Şirketinde uzun süre bulunduktan sonra şimdi Cranfield Teknoloji Enstitüsünde Akışkan Mühendisliği ve Enstrümantasyon bölümünde ziyaretçi araştırmacı olarak bulunmaktadır.

B.E. Noltingk, BSc, PhD, CEng, FIEE, CPhys, FInstP, Merkez Elektrik Araştırma Laboratuvarlarının başı olarak bir süre çalıştıktan sonra şimdi danışmanlık yapmaktadır.

M.L. Sanderson, BSc, PhD, Cranfield Teknoloji Enstitüsünde Akışkan Enstrümantasyon Merkezinin Müdürüdür.

L.C. Towie, BSc, CEng, MIMechE, MIEE, MInstMC, MTL Cihazlar Grubu Ltd. Şirketinin müdürüdür.

fa
11
11
12
12
13
15
15
16
17
17
18
19
19
22
23
24
24
25
26
327
327
328
331
334
342
342
343
353

Önsöz

Bu kitap içerik olarak *Cihaz Teknolojisi*'nin ilk üç cildinden oldukça farklıdır. İlk üç ciltte yer alan toplam 23 bölüm belirli ölçümlerin nasıl yapılabileceğini birbiri ardına açıklamaktadır. Bununla birlikte, bu bölümlerde anlatılanlar enstrümantasyon konusunun tamamı değildir. Bu nedenle biz bu ciltte birçok veya tüm cihazlar için ortak olan konulara değindik. Kitabın konuyla olan uygunluğu başlıktaki "Sistemler" kelimesini haklı çıkarmaktadır.

1. Cildin önsözünde bahsetmiş olduğum gibi, E.B. Jones daha önceki baskılarında proses kontrol için kullanılan cihazlar konusu üzerinde üstü kapalı bir önemle durmuştu. Bu nedenle ben, çevrim içi (online) olarak nadir kullanılan veya hiç kullanılmayan teknikleri de dahil etmek amacıyla kitabın toplam içeriğini genişletmenin doğru olacağını düşündüm. Bununla birlikte, tesis enstrümantasyonunun önemi asla gözardı edilmemelidir. Bu nedenle biz bu ciltte tesis enstrümantasyonu çevrim içinde sürekli bir biçimde kullananlar için başlıca öneme sahip olan Tesisat, Numune Alma ve muhtemelen Güvenilirlik gibi bölümleri de dahil ettik. Şüphesiz kalibrasyon işlemi çevrim içi sistemler için hayati bir meseledir. Bu sebepten dolayı bir safhada bu konu ile burada ilgilenmeyi düşündüm. Diğer yandan, kalibrasyon, bu işlemin gerçekleştirildiği özellik ile büyük ölçüde değişmektedir. Bu nedenle, bu konu hakkında her bir bölümde ayrı ayrı bahsetmenin daha uygun olacağına karar verildi.

Bu ciltteki bölümler birbirlerinden oldukça farklıdır. Bu farklılık uzunluk ve pratik ve teorik içerikleri açısındandır. Bu bölümler Tesisat konusunda kısa ve öz yorumları içermektedirler. Ayrıca Sinyal İşleme konusunda geniş bir bölüm mevcut olup, bu bölüm elektronik devrelere genel ve değerli bir giriş mahiyetindedir. Bölümler tarz olarak -eğer bölümler farklılıklarını kaybetmiş olsalar, yazarlar insanlıklarını kaybedeceklerdir- ve içerikleri açısından da değişiklik göstermektedirler. Çünkü bazı konular *Cihaz Teknolojisi*'nin tam merkezinde olan, diğerleri ise çok daha küçük, küçük olmasına rağmen gerçek ve ilgili konulardır. Ben bu bölümlerin biraraya gelerek faydalı bir kitap ve ciltlerinde biraraya gelerek faydalı bir seri oluşturduğunun inancındayım. Herhangi bir teknik yazının yazarının söylediği herşeyin doğru olacağı gibi bir zorunluluk altında olduğunu bazen ifade etmişim. Ayrıca bir kitabın (veya derlemenin) yazarı (veya editörü) de keza bahsetmiş olduğu herşeyin önemsiz olması gerektiği gibi daha sıkı bir zorunluluk altındadır. Bunun nedeni ise; bir okuyucunun bir kitabı alırken o kitaptaki konunun uygun bir derinliğe kadar işlenmiş olduğunu görmeyi ummak hakkına sahip olmasındandır. Bu yukarıda bahsettiğimiz zorunlulukları bizim burada tamamen yerine getirdiğimizi söylemek kendini beğenmişlik olacaktır. Ancak, amaç ortadadır ve ben *Cihaz Teknolojisi*'nin tamamıyla okuyup kavrayan bir kimsenin iyi bir temele sahip bir cihaz teknolojistisi olacağından emi-

nim. Ayrıca bu temel , referanslar kısmında verilmiş olan kaynakları da okumak suretiyle daha da geliştirilebilir. Diğer yandan bazı konuları bilhassa dahil etmediğimizi hazırlayınız (bknz.Cilt 1). Aksi takdirde diğer insanların bahsetmesi için birşeyler bırakmamak açgözlülük olacaktır.

Böylece klasik E.B. Jones kitaplarını güncelleştirme görevini tamamlamış olduk. Umarım onun geleneğini biz burada layıkıyla sürdürebilmişiz ve ayrıca modern endüstriyel dünyanın verimli bir şekilde çalışması için büyük ölçüde bağlı olduğu hususlardan bazılarının öğretilmesine bir katkıda bulunmuşuzdur.

Burada, kitabın hazırlanması esnasında katkıda bulunan arkadaşlarıma, çizimlerinin kullanılmasına müsaade eden firmalara ve ayrıca yayıncılar ve yazı işleri personeline çalışmalarından dolayı teşekkür ederim. İlk ön sözde eşime teşekkür etmiştim. Yine burada bu kitabın hazırlanmasında göstermiş olduğu yardım ve desteği için teşekkür etmek istiyorum.

BİRİM TABLOSU

Ω	Ohm
V	Volt
A	Amper
W	Wat
Hz	Hertz
F	Farad
H	Henry
dB	Desibel
Baud	Baud
bps	bit/saniye
dk	Dakika
s	Saniye
l	Litre
k	Kelvin
p.p.m	Milyonda bir
Pa	Paskal
m	Mili (10^{-3})
μ	Mikro (10^{-6})
n	Nano (10^{-9})
k	Kilo (10^3)
m	Mega (10^6)
p	Piko (10^9)

KISALTMALAR

OD (Outer Diameter)	: Dış Çap
ID (Internal Diameter)	: İç Çap
ARQ (Automatic Repeat Request Coding)	: Otomatik Yineleme İstekli Kodlama
AC (Alternative Current)	: Alternatif Akım
CCITT(International Telephone and Telegraph Consultat ve Committee)	: Uluslararası Telefon ve Telgraf Danışma Komitesi
DCE (Data Communication Equipment)	: Veri İletişim Donanımı
DTE (Data Terminal Equipment)	: Veri Terminal Donanımı
EIA (Electronic Industries Association)	: Elektronik Endüstrileri Kurumu
HPIB (Hewlett Packard Interface Bus)	: Hewlett Packard Arabirim Veri Yolu
AM (Amplitude Modulation)	: Genlik Modülasyonu
PM (Phase Modulation)	: Faz Modülasyonu
VLSI (Very Large Scale Integrated)	: Çok Büyük Ölçekli Entegrasyon
FFT (Fast Fourier Transform)	: Hızlı Fourier Dönüşümü
ABS (Acrylonitrile Butadiene Styren)	: Akrylonitril Bütadien Stiren
UPVC (Unplasticized Polyvinyl Chloride)	: Plastikleşmemiş Polivinil Klorür
VLF (Very Low Frequency)	: Çok Düşük Frekans
MF (Middle Frequency)	: Orta Frekans
VHF (Very High Frequency)	: Çok Yüksek Frekans
SHF (Süper High Frequency)	: Süper Yüksek Frekans
LF (Low Frequency)	: Düşük Frekans
HF (High Frequency)	: Yüksek Frekans
BS (British Standards)	: İngiliz Standartları
FET (Field Effect Transistor)	: Alan etkili Transistör
PCB (Fiberglass Printed Circuit Board)	: Fiberglas Baskılı Devre Kartı
HIP (Hot Isostatic Pressing)	: Sıcak İsostatik Presleme
CBN (Cubic Boron Nitride)	: Kübik Bor Nitrür
PVC (Polyvinyl Chloride)	: Polivinil Klorür
PTFE (Polytetra Fluorethylene)	: Politetra Florür Etilen
PVDF (Polyvinyliden Fluoride)	: Poliviniliden Fluorid

LED (Light Emitting Diode)	: Işık Yayan Diyot
LCD (Liquid Crystal Display)	: Sıvı Kristalli Gösterge
CAT (Combined Actuator Transducer)	: Kombine Aktüatör Dönüştürücü
CMRR (Common Mode Rejection Ratio)	: Ortak Mod Reddetme Oranı
CAZ (Commutating Auto-Zero Amplifier)	: Komütasyonlu Otomatik - Sıfırlamalı Yükselteç
DAC (Digital - To - Analogue Converter)	: Sayısal - Analog Çevirici
LSB (Least Significant Bit)	: En Az Önemli Bit
MSB (Least Most Significant Bit)	: En Önemli Bit
ADC (Analogue - To - Digital Converter)	: Analog - Sayısal Çevirici
SMR (Series Mode Rejection)	: Seri Mod Reddetme
FSD (Full-Scale Deflection)	: Tam Ölçü Sapması
CRT (Cathode Ray Tube)	: Katot Işını Tüpü
PSD (Power Spectral Density)	: Güç Tayfsal Yoğunluk
THD (Total Harmonic Distortion)	: Toplam Harmonik Distorsiyon
D.C. (Direct Current)	: Doğru Akım
RAM (Random Access Memory)	: Rastgele Erişimli Bellek
ROM (Read - Only Memory)	: Yalnız Okunur Bellek
MCA (Multichannel Analyser)	: Çok Kanallı Analiz Cihazı
PHA (Pulse Height Analysis)	: Darbe Yükseklik Analizi
MCS (Multichannel Scaling)	: Çok Kanallı Ölçekleme
CPU (Central Processing Unit)	: Merkezi İşleme Ünitesi
ALU (Arithmetic/Logic Unit)	: Aritmetik/Mantık Birimi
ECL (Emitter Coupled Logic)	: Emitör Kuplanılmış Mantık
MOS (Metal Oxide Semiconductor)	: Metal Oksit Yarı İletken
LSI (Large - Scale Integrated)	: Büyük Ölçekli Entegrasyon
LLL (Low-Level Language)	: Düşük Seviyeli Dil
HLL (High Level Language)	: Yüksek Seviyeli Dil
OS (Operating System)	: İşletim Sistemi
DDC (Direct Digital Control)	: Doğrudan Sayısal Kontrol
VDU (Video Display Unit)	: Görsel Gösterim Üniteleri
PWM (Pulse - Width Modulation)	: Darbe - Genişlik Modülasyonu

PDM (Pulse - Duration Modulation)	: Darbe - Müddet Modülasyonu
PAM (Pulse - Amplitude Modulation)	: Darbe - Genlik Modülasyonu
SSB (Single Side - Band Modulation)	: Tek Kenar - Band Modülasyonu
VSM (Vestigial Side - Band Modulation)	: Artık Yan - Band Modülasyonu
UARTS (Universal Asynchronous Recevier Transmitters)	: Evrensel Eşzamansız Alıcılı Vericiler
FSK (Frequency - Shift Keying)	: Frekans - Kaydırmalı Anahtarlama
PSK (Phase - Shift Keying)	: Faz - Kaydırmalı Anahtarlama
FWA (Field Wiring Assembly)	: Çevre Bağlantı Ünitesi
FM (Frequency Modulation)	: Frekans Modülasyonu
CAMAC (Computer Automated Measurementy and Control	: Bilgisayarlı Otomatik Ölçüm ve Kontrol
MMI (Man / Machine Interface)	: İnsan / Makina Arabirimi
ASCII (American Standard Code For Information Interchange)	: Bilgi Alışverişi İçin Standart Amerikan Kodu
PDA (Post - Deflection Acceleration)	: Son Saptırıcı Hızlandırma
FM (Frequency Modulation)	: Frekans Modülasyonu
PDF (Probability Density Function)	: Olasılık, Yoğunluk Fonksiyonu
ELCB (Earth Leakage Circuit Breaker)	: Toprak Kaçağı Devre Kesici
MCI (Measurement and Control Interface)	: Ölçüm ve Kontrol Arabirimi
LINKR (External Subroutine Loader Routine)	: Harici Altyordam Yükleme Yordamı
CDA (Continous Data Alquisition)	: Sürekli Veri Toplama
SCM (Signal Conditioning Multiplexing)	: Sinyal Uyumlama Modülü
FDM (Frequency - Division Multiplexing)	: Sıklık - Bölüşümlü Çoğullama
TDM (Time - Division Multiplexing)	: Zaman Bölüşümlü Çoğullama
ISI (Intersymbol Interference)	: Simgelerarası Girişim
NA (Numerical Aperture)	: Nümerik Açıklık
PCM (Pulse Code Modulation)	: Darbe Kod Modülasyonu
MCX (Measurement And Control Language Exerciser)	: Ölçüm ve Kontrol Dili Uygulayıcısı
CMOS (Complimentary Metal Oxide Semiconductor)	: Tamamlayıcı Metal Oksit Yarı İletken
TTL (Transistor - Transistor Logic)	: Transistör - Transistör Mantığı

1. CİHAZLARIN TASARIMI VE KONSTRÜKSİYONU

C. I. DAYKIN

1.1 Giriş

Bu bölümün amacı, ticari enstrümantasyonda kullanılan elemanların ve konstrüksiyonların tipleri hakkında bilgi vermektir.

Bir tasarımcı için Cihaz Teknolojisi'ndeki *teknoloji*, o kişinin yapmak istediği işe uygun elemanların ve proseslerin varlığına bağlıdır. Günümüzde özellikle tekniklerin hızlı bir şekilde değişim gösterdiği gerçeği ile birlikte, neyin yapılabilmesinin mümkün olup olmadığının farkında olmak, tasarımcının önemli bir fonksiyonudur. Seramikler ve polimerler gibi yeni malzemeler, yarı-ısmarlama ve büyük ölçekli entegre devrelerin önem kazanmasıyla paralel olarak artan oranlarda önemli hale geleceklerdir. Düşük maliyetli otomatik imalat için duyulan ihtiyaç tasarım teknikleri üzerinde en büyük etkiye sahiptir; çünkü bu tip bir imalat daha az sayıda unsur ve uygun geometri-ler gerektirmektedir. Düşük miktarlarda ve sadece tek olarak üretilen cihazlar yazılım olarak imâl edilecektir.

Birçok değişik türdeki cihazlar, geniş bir aralıkta imkânlar ve ayrıca büyük esneklik sunduklarından dolayı, daha şimdiden bilgisayar ile cihaz arasındaki fark karışmaya başlamıştır. Bir bilgisayar ile doğrudan bağlantı kurabilen akıllı algılayıcılar, keza konunun önemini yazılım ve mekanik konularına kaydıracaktır.

Tarihsel uygulama, konvansiyon ve standartların oluşumu da konuya önemli derecede katkıda bulunur. Standartlar, özellikle tasarımcı ve kullanıcıya faydalıdır ve yazar ile okuyucunun işini nisbeten kolaylaştırmıştır.

Ortada bir pazar bulunduğundan ticari cihazlar mevcuttur ve bu cihazların tasarımlarının ve kurulma işlemlerinin ayrıntıları sadece ticari ve teknik sebeplerin bir kombinasyonu halinde anlaşılabilir. Kısa bir bölüm, daha fazla teknik bilgi vermek amacıyla bunları açıklamaktadır.

1.2 Cihaz Tasarımı

1.2.1 Tasarımcının Görüşü

Cihazların tasarım özelliklerinin birçoğu kullanıcıya doğrudan bir fayda sağlamamaktadır. Bu özellikler en iyi şekilde tasarımcının görüşü de dikkate alınarak anlaşılabilir.

Cihaz tasarımcısının amacı; kullanıcıya cihazın getirmiş olduğu fayda ile maliyeti arasındaki en iyi uzlaşmayı, özellikle rekabetin kızışmış olduğu zamanlarda bulmaktır. Tipik bir orta-kapasite cihaz için satış fiyatının yüzdesi cinsinden maliyeti aşağıdaki şekilde paylaşılabilir.

Satın alma maliyeti	Tasarım maliyeti	% 20
	İmalat maliyeti	% 30
	Satış maliyetleri	% 20
	Diğer genel giderler	% 20
	Kâr	% 10
		<hr/>
		% 100

İşletim/bakım maliyeti yıllık %10 kadar olabilir. Kullanıcıya fayda birçok özelliğinden gelebilir; örneğin:

- Doğruluk
- Hız
- Çok-amaçlılık
- Esneklik
- Güvenilirlik
- Bütünlük
- Bakım verilebilme
- Rahatlık

Cihazın fonksiyonuna ilave olarak biçimi; ticari olarak cihazlar satıldığında gösterişli, tatmin edici ve profesyonel bir görünüm sıklıkla gerekli olduğu için önem arz etmektedir.

Belli bir ürün için birim maliyeti, yüksek hacimdeki üretimlerle azaltılabilir ve daha fazla miktarda satış daha düşük bir satış fiyatı ile gerçekleştirilebilir. Bu olay ise, ürünün 'pazar esnekliği' olarak adlandırılır. Üreticinin amacı yapmış olduğu yatırımdan maksimum geri dönüşü almak olduğundan, satış fiyatı ile en büyük kârı getirecek satış hacminin bir kombinasyonu seçilir.

1.2.2 Pazarlama

Tasarımcı genellikle pazarlama hususlarına bağımlı olup sonuçta bu nedenler bir cihazın imalat yönteminin ve tasarımının ne olacağını saptanmasında önemli bir rol oynamaktadır. Bir proje; sadece yapılan yatırımdan beklenen geri dönüş yeterince yüksek ve tahmin edilen risk seviyesi ile orantılı ise ilerleyecektir.

Tasarımın toplam maliyetlerin önemli bir miktarını kapsadığını ve ayrıca yapısı itibariyle yüksek derecede bir riski beraberinde getirdiğini belirtmek ilginç olabilir.

Teknolojideki hızlı gelişmelerle birlikte ürünlerin ömürleri en az 3 yıl kadar bir süreye ulaşmıştır ve pazar esnekliğinin değerlendirilmesi zordur. Bu açıdan tasarım, pazar şartlarındaki değişimlere sürekli bir biçimde cevap veren bir evrimsel proses olmaya başlamıştır. Bu sebeple başlangıçta tasarımcı emniyetli taraftan hata yapma eğilimi göstermekte ve hacim artışlarının paralelinde maliyet azaltımı yapmaktadır.



















Beklenen satış hacmi gözönünde tutulacak esas nokta olup düşük, orta, veya yüksek hacimli bir ürün olup olmadığına bağlı olarak üretimde yaygın olarak değişkenlik gösteren teknikleri gerekli kılmaktadır.

1.2.3 Özel Cihazlar

Birçok enstrümantasyon kullanıcıları basit arabirimli, düşük maliyetli standart bileşenlerden sistemler oluştururlar. Nadiren özel bir bileşene veya sisteme ihtiyaç duyulur. Tamamiyle yeniden yapılan tasarımlar beklenenden çok daha uzun süreceği ve ayrıca sonucun da belirsiz olacağından dolayı bir standart bileşenin üzerinde değişiklik yapmak tercih edilmektedir.

Ayrıca, özel sistemler de gerekli güven seviyesini elde etmek amacıyla test edilmeli ve anlaşılmalıdır. Bakım, beraberinde fazladan bir maliyeti getirmekte, belgeleme ve test teçizatı için duyulan ihtiyaç ile birlikte özel sistemleri oldukça pahalı hale getirmektedir. Bu prensip hem yazılım (software), hem de donanım (hardware) için geçerlidir.

Tablo 1.1 Elektronik elemanlar

Eleman ve sembolü	Ana tipler	Görünüm	Aralık	Özellik
Dirençler 	Metaloksit Metalfilm sargı		0.1Ω-100 MΩ 0.1Ω-100 MΩ 0.01Ω-1 MΩ	% 1 genel maksat % 0.001 düşük sapma % 0.01 yüksek güç
Kapasitörler 	Hava yalıtkanı Seramikler Polimer Elektrolitik		0.01 pF-100 pF 1 pF-10 μF 1 pF-10 μF 0.1 μF-1 F	% 0.01 yüksek kararlılık % 5 küçük boyut % 1 genel maksat % 10 küçük boyut
İndüktör 	Silindirik çekirdek Pot çekirdek Toroid çekirdek		0.1 μH-10 mH 1 μH-1 H 100 μH-100 H	% 10 genel maksat % 0.1 yüksek kararlılık %20 yüksek değerler 10 ⁻⁷ yüksek hassasiyet oranları
Transformatörler 	Silindirik çekirdek Pot çekirdek Toroid çekirdek		RF, IF tipler 0.1 mH-1 mH 0.1 H-10 H	% 0.1 kuplaj bobini % 20 yüksek indüktans
Diyotlar Transistörler 	PN ekleml Çift kutuplu FET'ler		1pA (açık) —10 ³ A (kapalı) 10 ⁻¹⁷ W (giris) —10 ³ W çıkış 10 ⁻²³ W (giris) —10 ³ W çıkış	Geniş aralık Yüksek frekans, düşük görülütü Yüksek güç vs. Yukardaki gibi
Entegre devreler 	Analog		işlemsel yükseltici fonksiyon bloklar yükseltici anahtarlar	Geniş aralık Çarpma, bölme Yüksek frekans Yüksek hassasiyet
	Dijital		yanı ismarlama küçük skala entegresi orta skala entegresi geniş skala entegresi	lojik elemanları fonksiyon bloklar ees fonksiyonlar t0m sistem
	Yekpare hibrid		yanı ismarlama A/D D/A dönüştürücü özel fonksiyonlar yanı ismarlama	
Diğer elemanlar 	1-Tristörler 2-Triyaklar 3-Opto-kavrayıcılar 4-Termistörler 5-Röleler		1A-10 ³ A 1A-10 ³ A tekler, çiftler, dörlüler + veya — sıcaklık katsayısı 0.01 Ω (açık) — 10 ¹² Ω (kapalı)	yüksek güç anahtarı yüksek güç anahtarı

1.3 Konstrüksiyon Elemanları

1.3.1 Elektronik Elemanlar ve Baskılı Devreler

Elektronik devreler günümüzde çoğu modern ölçüm cihazlarının temelini teşkil etmektedirler. Basit bir dirençten tutun da bütün veri elde etme alt-sistemlerine kadar geniş bir aralıkta elektronik elemanlar mevcuttur. Tablo 1.1 yaygın bir şekilde kullanılan elektronik elemanlarından bazılarını vermektedir.

Bilgisayar destekli tasarım, standart hücreler kullanmak suretiyle veya belli bir düzendeki elektronik elemanlara sahip bir standart yonga için bir bağlantı modeli sağlayarak silisyum üzerine tüm sistemleri tasarlama imkânını sağlamaktadır. Bu ise sonuçta boyutlarda ve maliyette bir azalmayı beraberinde getirmekte, ayrıca tasarım güvenliğini de arttırmaktadır.

Elektronik elemanları yerleştirmek ve birbirine bağlamak amacıyla kullanılan en yaygın yöntem; iki taraflı olarak delik içi kaplanmış, fiberglas baskılı devre kartı (PCB) vasıtasıyla (Şekil 1.1 (a)). Elektronik elemanların ayakları veya pinleri bu delikler içine sokulur ve daha sonra bakır yastıklar üzerine lehimlenirler (Şekil 1.1 (b)). Bu işlem elemanı yerine sağlam bir şekilde bağlar, ayrıca bağlantı temin eder. Bu nedenle lehimli bağlantı en yaygın biçimde kullanılan ve muhtemelen de en zahmetli olanıdır.

Bakır yastıkları lehimlerle birlikte kalaylamak korozyonu durdurur ve lehimleme işlemini daha kolay hale getirir. Kullanılan flakslar oksidasyon ve yüzey gerilimini azaltır. Ancak sıcaklığı kontrol edilmiş bir lehim havyası zorunludur. Büyük miktarlardaki lehimleme işlemi bir dalga-lehimleme makinası kullanılarak gerçekleştirilebilir. Bu işlemde devre kartı durgun bir lehim dalgasından geçirilir. Elektronik elemanlar kartın sadece bir yüzeyinde olmalıdır. Bu işlem elle yapılan lehimleme için de aynı şekilde gerçekleştirilir.

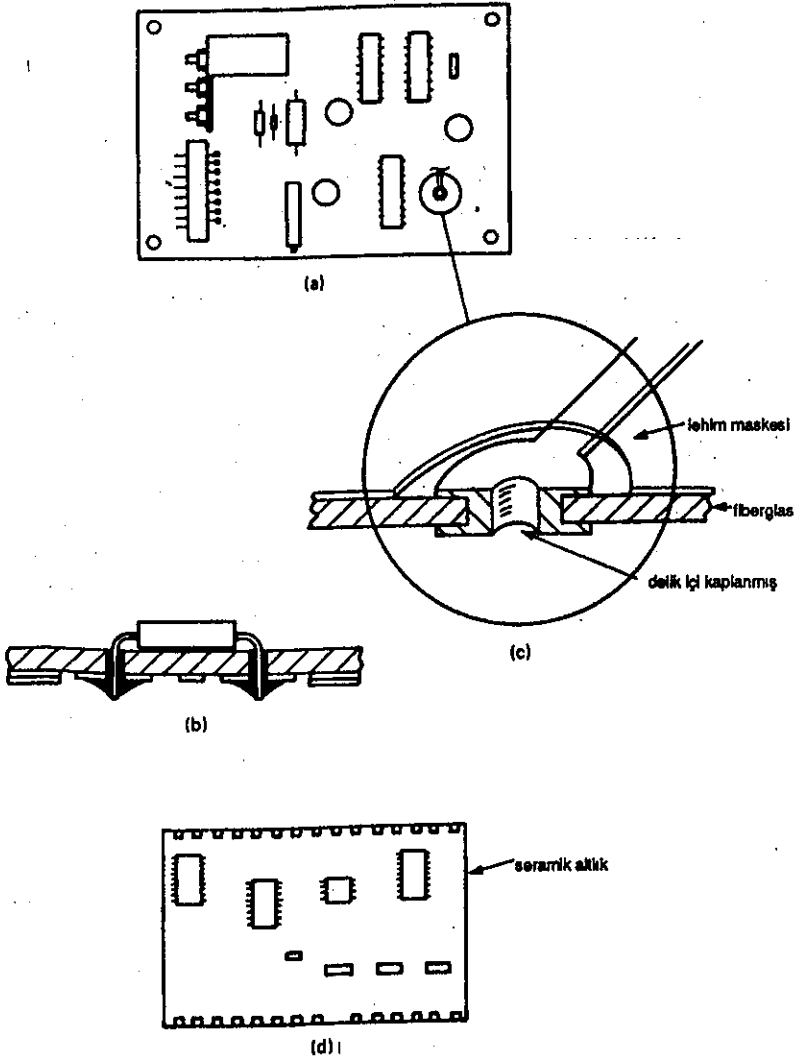
Elektronik elemanlar arasında genelde yapılması zor olan bağlantılar, her biri bir yüzeyde olacak şekilde geçişlere de uygun baskılı iz tabakaları vasıtasıyla kolay hale getirirler. Üst ve alt iletken tabakalar arasındaki bağlantılar içleri kaplanmış delikler vasıtasıyla sağlanır. Elemanların monte edildikleri delikleri kullanmak genelde kötü bir uygulama olarak düşünülür, çünkü bu elemanlar yenileri ile değiştirilecekleri zaman bağlantılara zarar verme ihtimali mevcuttur. Delik içlerinin kaplanması işlemi (bknz. Şekil. 1.1 (c)) küçük yastıklar için fazladan bir destek sağlar ve lehimleme esnasında bu yastıkların kalkması riskini azaltır. Diğer yandan, bu yastıklar elemanların yerlerinden sökülmesini zorlaştırır ve sıklıkla tellerinin bağımsız olarak çıkartılabilmesi için elemanın tahrip olmasını gerektirir. Bu nedenle pahalı elektronik elemanlar genellikle soketlere sahip olup bu şekilde test etme ve tamir işlemleri çok daha kolay hale gelmektedir.

PCB bir lehim maskesinin ve bir baskılı (ipek-ekran) eleman kimlik tabakasının ilavesiyle tanımlanır. Lehim maskesinin amacı, özellikle dalga-lehimleme gibi otomatik bir lehimleme tekniği kullanıldığı zaman bitişik yol ve yastıklar arasında oluşacak lehim köprülerinin önüne geçmektir. Eleman kimlik tabakası vasıtasıyla montaj, test ve bakım işlerini kolaylaştırmaktadır.

Oldukça düşük yoğunluklu devreler için, üretim maliyeti az olduğundan, sıklıkla tek-yüzlü bir PCB kullanılır. Bununla birlikte yastıkları ve izleri daha geniş olmalıdır. Bunun nedeni ise, delik-içi kaplama işlemi olmaksızın bu yastık ve izlerin, lehimleme esnasında yerlerinden kolayca sıyrılmaya eğilimi göstermeleridir.

Çok yüksek yoğunluklu devreler için (özellikle sayısal devreler) çok katlı PCB'ler kullanılmakta olup bu tip PCB'ler maksimum dokuz adet olmak üzere baskılı devre tabakalarının birleştirilmesiyle elde edilirler. Ayrıca bu çok katlı PCB'lerde de bağlantılar delik içi kaplama vasıtasıyla sağlanmaktadır.

Çoğu elektronik elemanlar ve beraberlerinde otomatik taşıma ve yerleştirme makineleri bu tip bir imâlata uygun olacak şekilde ortaya çıkmıştır. 'Humble' dirençleri ilginç bir örnek olup bu tip dirençler esasen devrelerde post'lar veya 'tag-strip'ler arasında tel bağlantısı için geliştirilmiştir. Humble dirençler genelde uzun bantlar üzerinde temin edilirler. Ayrıca makineler veya el takımları telleri bükme ve kırma, sonuçta da yerleştirme işlemi için hazır etmek amacıyla kullanılır.



Şekil 1.1 Baskılı elektronik devreler.

(a) Baskılı devre kartı (PCB);

(b) Geleneksel eksenel eleman;

(c) Delik içi kaplama (büyütülmüş);

(d) Yüzeye monte edilmiş elemanlar.

1.3.2 Yüzeye Monte Edilmiş Elemanlar (Şekil 1.1. (d))

Yüksek yoğunluktaki ve karmaşık devreler için olan talep, 1990 yılına kadar şimdiki yöntemlerin yerini alacağı tahmin edilen yeni ve önemli gelişmelere sebep olmuştur. Yarı-iletkenler, yonga direnç veya yonga kapasitörler çok küçük outline paketler halinde mevcut olup bu elemanların otomatik yerleştirme makinaları ile montajları kolaydır. Yüzeye monte etme olayı, otomatik yerleştirme problemini, ayrıca çoğu durumda pahalı olan matkapla delme işlemini ortadan kaldırır. Biraz daha yüksek yoğunluklar fiberglas yerine seramik bir altlık kullanılarak elde edilebilir. Palladyum gümüş iletkenler, yalıtkanlar ve dirençli mürekkepler, bağlantıları ve karşılıklı geçişleri sağlamak amacıyla yüzey üzerine ipek-ekran baskı yapırlar ve daha sonra pişirilirlir. Bu teknikler, daha eski olan ve esasen yüksek-yoğunluklu askeri uygulamalar için kullanılan 'yonga ve tel' hibrid kalın film entegre devre tekniklerinden geliştirilmişlerdir. Her iki teknikte de küçük boyutlarından dolayı yeniden akış lehimleme teknikleri kullanılır. Burada, lehim bir pasta halinde yüzeye uygulanır ve yüzeye bağlama yastıkları üzerine ipek-ekran baskılanır. Daha sonra eleman kendine ait olan yastıkları üzerine yerleştirilir ve lehimin elemana zarar vermeyecek kadar düşük bir ısı uygulamasıyla yeniden erimesi sağlanır. Bu ısı, altlığı lehimin ergime sıcaklığı üzerindeki belli bir sıcaklıkta yoğunlaşacak olan bir sıcak buhara tutmak suretiyle uygulanabilir. Daha basit olarak, altlık sıcaklığı kontrol edilebilen elektrikli bir ısıtma plakası üzerine yerleştirilebilir veya bir sıcak hava veya ışınım ısı dalgası altından geçirilebilir.

Bu nedenle, yüksek miktarlardaki işler için oldukça maliyet düşürücü bir tekniktir. Ayrıca, silisyum devrelerinin gittikçe artan oranlarda gelişmesi 'akıllı algılayıcı'ların ortaya çıkmasına sebep olmuştur. Bu algılayıcılarda devrelerin herhangi bir yüzeyine yerleştirilebilir.

1.3.2.1 Devre Kartlarının Yenilenmesi

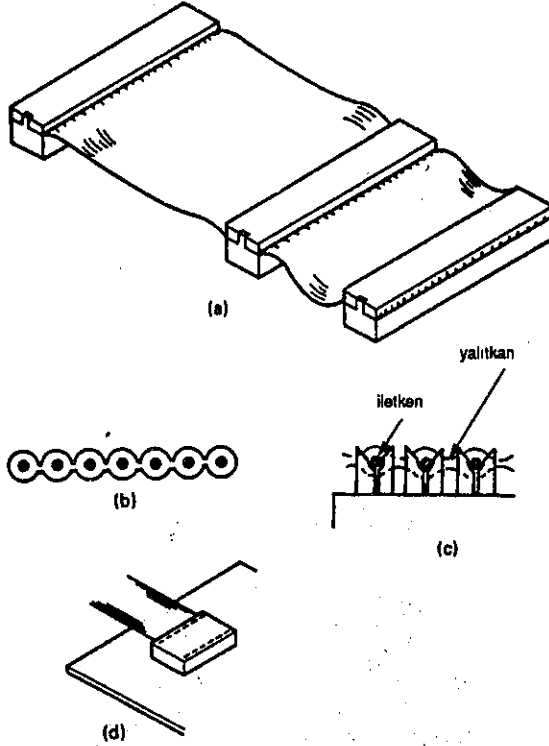
Bir bakım politikası saptarken farkına varılması gereken bir husus; bir devre kartının tamamının yenilenmesinin genelde hatalı bir elemanı veya bağlantıyı bulmaya çalışmaktan daha ekonomik olacaktır. PCB'ler kolay erişim için bağlanabilir ve kolay çıkarılabilme açısından bir konektör veya konektörler ile teçhiz edilebilir. Hatalı devre kartı daha sonra atılır veya tamir edilmesi için üreticisine geri gönderilir.

1.3.3 Bağlantılar

Devre kartları ile cihazın diğer kısımları arasında bağlantı sağlamak amacıyla kullanılan birçok yöntem mevcut olup bu yöntemlerden en yaygın olanları aşağıda tanımlanmaktadır.

Konektörler bu bağlantıları hızlı bir şekilde kurma ve yeri geldiğinde de kate bozma işlemini kolay hale getirir, ayrıca montaj testini ve bakımını basitleştirir. Geleneksel tel salkımlar, esneklikleri ve karmaşık yönlendirme ve kol-lara ayırma işlemleri için gerekli şartlara uygun olarak tasarlanabildiklerinden hâlâ kullanılmaktadır. Tellerin sonlandırılması konektörler veya devre kartı pinleri üzerine lehimleme, kıvrıma veya tel-sarma işlemleriyle gerçekleştirilebilir. Bununla birlikte bu işlem işgücüyoğun olan bir teknik olup ayrıca tel bağlantı sistemi hatalarına açıktır. Bağlantı bir sıkı demet halinde telleri birbirine bağlamak suretiyle mekanik açıdan daha kuvvetli bir hale getirilir ve daha sonra kablo irtibatlarıyla şasiye bağlanır.

Bantlı kablo ve yalıtım öteleme irtibat köprüleri şimdilerde birçok uygula-mada geleneksel irtibat köprülerinin yerini almaya başlamıştır. Altmış ka-dar bağlantı, çok düşük bir işçilik maliyeti ile birlikte sadece basit bir salkım ile gerçekleştirilebilir. Tel bağlantı sistemi hataları, yönlendirme olayı tasarım kademesinde planlandığı için ortadan kaldırılır (bknz. Şekil 1.2).



Şekil 1.2 Bantlı kablo bağlantısı.

(a) Bantlı kablo montajı;

(b) Bantlı kablo kesit alanı;

(c) Yalıtım öteleme tahdit edici;

(d) Çift in-line bağlantı tertibatı.

Konektörler bir kısım montajı rahat bir şekilde sökmek veya izole etmek için oldukça kullanışlıdır. Bununla birlikte, biraz pahalı olup aynı zamanda yaygın bir güvenlilik kaynağıdır.

Yerin çok gerekli olduğu uygulamalarda kullanılan diğer bir teknik ise esnek devre'dir. Baskılı devre kartları, üzerinde iletkenleri taşıyan ince, esnek bir Kapton plaka ile birlikte birleştirilir. Bağlantılar sürekli; fakat tüm montaj sınırlı bir boşluğa sığacak şekilde katlanabilir.

Konektörlerin tüm çeşitlerini burada listelemek uygun olmayacaktır. Konektör üretici katalogları birçok değişik tip ile dolu olup bu kataloglar kolayca elde edilebilir.

1.3.4 Malzemeler

Bir cihaz tasarımcısı için birçok değişik türde malzeme mevcut olup ayrıca polimerler ve çok yüksek mukavemetli seramikler gibi müstesna veya gelişmiş özelliklere sahip yeni malzemeler de geliştirilmektedir. Bu malzemeler plaka, blok, çubuk ve boru gibi birçok değişik formda satın alınabilir ve değişik yöntemlerle işlenebilir.

1.3.4.1 Metaller

Metaller genelde yapısal elemanlar olarak mukavemetleri ve düşük maliyetleri sebebiyle kullanılır. Çelik ve düşük yoğunluğu nedeniyle alüminyum en yaygın olarak kullanılan metallerdir. Metaller bu özelliklerine ilaveten hassas toleranslara sahip şekillerin işlenmesi için de uygundur.

Paslanmaz çelikler korozyona karşı, ince filmler halindeki değerli metalde düzgün elektriksel bağlantılar sağlamak amacıyla kullanılır. Metaller iyi iletkenlerdir ve destek görevi yanında elektriksel perdeleme temin ederler. Mumetal ve radyometaller yüksek geçirgenlik değerlerine sahiptir ve oldukça etkili mıknatıs perde olarak veya manyetik elemanlarda kullanılır. Bazı alaşımlar özellikle berilyum-bakır alaşımı tavlama işlemi ile geliştirilebilen oldukça iyi yay özelliklerine sahiptir. Bu alaşım yük hücreleri ve basınç dönüştürücülerinde kuvveti yer değiştirmeye dönüştürmek amacıyla kullanılır. Nimonik alaşımından yapılan yaylar ise özelliklerini yüksek sıcaklıklarda koruyabilirler. Bu ise bazı dönüştürücü (transdüser) uygulamalarında önemli olmaktadır.

Metallerin hassas termal genişleme katsayıları farklı metal ve alaşımlar kullanmak suretiyle telafi edici tasarımlar yapılabilmesini mümkün kılar. Böylece kritik mesafeler sıcaklıktan bağımsız olarak korunabilir. Invar en düşük termal genişleme katsayısına sahip olan malzeme olup termal genişleme

katsayısı kullanılan sıcaklık aralığında 1 ppm/K'dir. Diğer yandan bu malzemenin hassas olarak işlenmesi zordur.

Metaller şekilleri gibi özellikleri de değiştirilebilecek bir biçimde işlenebilir; bazıları işlendikten sonra sertleştirilebilir ve yataklarda olduğu gibi oldukça hassas ve düzgün yüzeyler elde etmek amacıyla taşlama veya bileme işlemine tâbi tutulabilir.

Metalik esaslı parçalar malzemenin üretimi ve işlenmesi esnasında oluşan iç gerilmeleri gidermek amacıyla tavlınır, yani diğer bir deyişle yüksek sıcaklıkta belli bir süre tutulur. Isıl işlem aynı zamanda kararlılığı, mukavemeti, yay kalitesini, manyetik geçirgenliği veya sertliğide artırır.

1.3.4.2 Seramikler

Çok yüksek sıcaklıklar için, seramikler elektriksel ve ısı yalıtıcı veya iletken olarak (örneğin, silisyum karbür) kullanılır. En yeni seramikler (örneğin, zirkonyum, sialon, silisyum nitrür ve silisyum karbür) 1000°C 'ın üzerindeki sıcaklıklarda bile yüksek mukavemet, sertlik ve kararlılık gösterir. Bu tip malzemelere şekil vermek için kullanılan yöntemler olarak; slip döküm, sıcak isostatik presleme (HIP), yaş işleme (green machining), alev püskürtme ve nihai boyutlara işleme yöntemleri verilebilir. Seramiklerin taşlama işlemi, sertliklerinin yüksek olması nedeniyle en iyi şekilde elmas veya kübik bor nitrür (CBN) takımlarla gerçekleştirilebilir. Alümina kırılğan olmasına rağmen yaygın bir şekilde kullanılmaktadır ve bir çok standart mekanik veya elektrikli alümina esaslı elemanlar mevcuttur.

Cam içerikli işlenebilir seramikler, alüminanın özelliklerine oldukça benzer özelliklere sahip olup çok kullanışlı malzemelerdir, ancak düşük sıcaklık uygulamaları (500°C'ın altındaki sıcaklıklar) ile sınırlıdır.

Silisyum esaslı diğer bileşiklere örnek olarak safir, kuvars, camlar, yapay granit, saf kristal ve amorf malzemeler verilebilir. Bu malzemeler iyi ve bilinen özelliklere sahiptir (örneğin; termal genleşme katsayısı, iletkenlik ve kırılma indisi) ve bu özellikler değişik ilaveler ile hassas bir şekilde ayarlanabilir. Foto-litografi, kimyasal aşılama ve frezeleme gibi yöntemler ile elektronik devre üretimi, malzeme teknolojisinde gelineen nihai noktayı göstermektedir. Sayılan bu tekniklerin birçoğu cihaz üretimi için kullanılabilen ve algılayıcılar ile devreler arasındaki açıklık gittikçe daralmaktadır. Örneğin; içerisinde iki yönlü bir kimyasal reaksiyonun ürettiği, bir veya daha fazla alan etkili transistörler (FET) bağlanan bir kimyasal potansiyelin bulunduğu chemfet'ler gibi. Bu tip transistörler yükseltme sağlar, ayrıca gösterge cihazına iletimden evvel muhtemelen sayısal forma dönüşümü temin eder.

1.3.4.3 Plastikler ve Polimerler

Düşük maliyetleri, hafiflikleri ve iyi yalıtım özellikleri plastik ve polimerleri standart mekanik elemanlar ve muhafazalar için popüler bir seçenek haline getirmiştir. Bu malzemeler hassas şekillere kalıplanabilir ve yüksek miktarlarda çok düşük maliyetlerle tatmin edici bir görünüş verir. PVC, PTFE, polietilen, polipropilen, polikarbonatlar ve naylon, yaygın bir biçimde kullanılmakta olup istenen özellikleri sağlamak amacıyla fiberler veya diğer ilaveler vasıtasıyla kuvvetlendirilmiş bir dizi kompozit malzeme olarak bulunabilir. Daha yakın zamanlarda geliştirilmiş olan Karbon kompozitler ve Kevlar, yapısal elemanlar için gerekli olan çok yüksek mukavemet/ağırlık oranı özelliğine sahip malzemelerdir. Ayrıca karbon fiberler oldukça kararlı olup bu özellikleri sayesinde boyutsal kalibrasyon standartları için uygun olmaktadır. Kapton ve poliamidler ise daha yüksek sıcaklıklarda ve radyasyon seviyeleri için kullanılır.

Biyolojik olarak bozunabilen plastik, (poli 3-hidroksil-bütrat) veya PHB, yukarıda bahsedilen malzemelere ilaveten geliştirilmiş olup kullanım süresi açısından kontrol edilebilir. "Clone" bakterisi vasıtasıyla üretilen bu malzeme biyoteknoloji alanında gerçekleştirilen ilerlemeler neticesinde ortaya çıkan birçok yeni malzemedendir.

Özel uygulamalar için daha egzotik malzemeler kullanılmakta olup bu tip malzemelere aşağıda sayılanlar örnek olarak verilebilir:

- (1) Mumetal - çok yüksek manyetik geçirgenlik;
- (2) PVDF - Poliviniliden flüorid, piezoelektrik etki;
- (3) Samaryum/kobalt - çok yüksek manyetik kalıtım (kalıcı mıknatıs);
- (4) Safir - çok yüksek termal iletkenlik;
- (5) Ferritler - çok kararlı manyetik geçirgenlik, geniş bir aralıkta mevcudiyet.

1.3.4.4 Epoksi Reçineler

İki kısımlı epoksi reçineler yapıştırıcı, dolgu malzemesi ve boya olarak kullanılabilir. Viskosite, donma süresi, donma sertliği ve renk gibi parametreler kontrol edilebilir. İletken olan epoksi reçineler de olmasına rağmen birçoğu iyi yalıtıktır. Buna ilaveten, tüm epoksi reçineler 300°C civarına kadar mekanik olarak kuvvetlidir. Reçinenin belirleyici bir nitelik gösterdiği önemli bir malzeme reçine bağlı fiberglas'dır. Hassas montajlar, koruyucu bir reçine tabakası ile sağlamlaştırılır ve pasifleştirilir. Bu işlem aynı zamanda tasarımın güvenirliliğini artırır.

Epoksi reçineler bir parça üzerine uygulanabilir ve bir iyileştirme işlemi ni takiben istenen boyutlara işlenebilir. Ayrıca hassas bir şekilde kontrol edilmiş boyutlarda bir yalıtkan bağlantının imâline de imkân tanır. Genel olarak, yapıştırıcı tabakası inceldikçe bağlantı daha kuvvetli ve kararlı hale gelecektir.

1.3.4.5 Boyama ve Tamamlama İşlemleri

Bir cihazın dış görünüşü, dokusunun ve renginin cihazın kontrolleri ve göstergeleri ile uyumlu bir kombinasyon içinde kullanılmasıyla daha iyi hale getirilebilir. İngiliz standartlarında düzenlenmiş olan birçok renk mevcut olup bu renkler kalıcı sonuçlar vermektedirler (BS 5252 ve 4800).

Anodize veya fırçalanmış alüminyum paneller uzun yıllardır yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak günümüzdeki eğilim, daha egzotik renklere sahip plastik veya boyanmış panellere doğru kaymaktadır. Plastikler dahil hemen hemen tüm malzemeler uygun ön hazırlık ve iyileştirme işlemleri gerçekleştirildikten sonra püskürtme ile boyanabilir. Mat, parlak ve daha birçok değişik dokular mevcuttur.

Eski bir teknik olmasına rağmen ipek-ekran baskı özellikle ön panellerde harfler, diyagramlar ve logolar için yaygın olarak kullanılmaktadır.

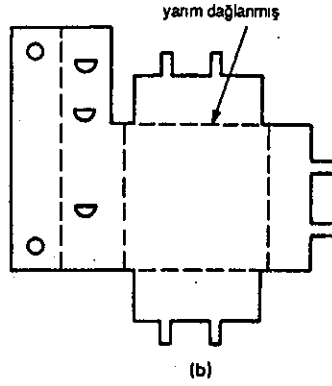
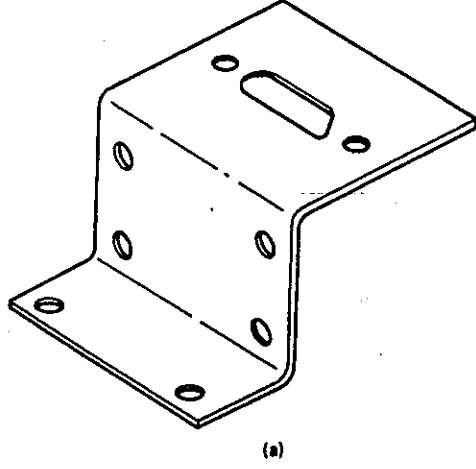
Tek veya çok renkli, ışığa karşı hassas plastik filmler yapıştırılmalı etiketler veya LED gösterge filtreli komple ön paneller halinde kullanılmaktadır. İkinci olarak bahsedilenler, sağlam ve temizlenmesi kolay paneller elde etmek amacıyla tabakalı basınç yastık-anahtarları ile birlikte kullanılır.

1.3.5 Mekanik İmalat Prosesleri

Malzemeler istenen parçaları elde etmek amacıyla birçok yöntemle işlenebilir. Uygulanacak yöntemler malzemenin tipine, miktarına, parçanın şekline ve istenen boyutsal hassasiyette bağlı olarak değişmektedir.

1.3.5.1 Bükme ve Zimba ile Delme

Düşük maliyetli levha formundaki metal veya plastikler istenen şekillere bükülebilir veya preslenebilir. Ayrıca standart veya özel takımlar kullanılarak delikler açılabilir (Şekil 1.3). Basit bükme tezgahları veya bir kollu pres, yüksek miktarlarda yapılacak olan işler için daha komple makineler maliyeti düşürecek olmasına rağmen, çoğu zaman gereksinimleri karşılar. Plastiklerin çoğu termoset karakterde olup ısıtma gerektirir. Diğer yandan metaller ile normalde herhangi bir ısı uygulaması olmaksızın soğuk çalışılır. Boyutsal hassasiyet genelde 0,5 mm'den daha iyi değildir.



şekil 1.3 Levha metal.

(a) Bükülmüş ve delinmiş veya zımbalanmış;

(b) Kimyasal frezeleme.

1.3.5.2 Matkapla Delme ve Frezeleme

Cam (fiberglas dahil), seramikler ve bazı metaller özel olarak sertleştirilmiş takımlar gerektirmesine rağmen, malzemelerin çoğu işlenme kolaylığı gösterir. El veya sütunlu matkap bu iş için kullanılabilir en basit alettir ve iş parçasını sabitlemek ve dönen burguyu yönlendirmek amacıyla kullanılan bir şablon vasıtasıyla yüksek boyutsal hassasiyet elde edilebilir.

Bir freze tezgâhı daha karmaşık olup, iş parçası hassas bir şekilde dönen kaleme bağlı olarak hareket ettirilebilir. Matkaplar, raybalar, kesme makineleri ve yivli testereleler karmaşık ve hassas boyutlarda şekiller elde etmek için kullanılır. 1 µm civarında toleranslar bu aletler ile elde edilebilir.

1.3.5.3 Tornalama

İş parçasını bir kaleme karşı döndürme işlemi uzun malzeme çubukların düşük birim maliyette çok sayıda parçaya dönüştürmek için uygulanan bir yöntemdir. Bu yöntemle genellikle 1 µm civarında yüksek hassasiyetler, iç ve dış çaplar ve ayrıca uzunluk için elde edilebilir. Bu sayede tüm mühendislik dallarında tercih edilen silindirik parçaların üretimi mümkün olmaktadır.

Tam otomatik işleme merkezi, alet değiştiricisi ve parça tutucusu bilgisayar kontrolü altında birçok değişik türde ve sayıda hassas parçaların üretilmesini sağlar.

1.3.5.4 Taşlama ve Honlama

Taşlama işleminde az, ancak kontrol edilebilir bir miktarda malzeme kaldırmak amacıyla sert bir taş kullanılır. Taşlama esnasında hem aşındırıcı taş hem de parça nisbi uyum ve doğrulukta (örneğin; paralel) hassas geometrileri elde etmek amacıyla hareket ettirilir. Ancak sonuçta elde edilen yüzey düzgünlüğü iyi değildir. Bu yöntem ile hassas plakaları, silindirleri, konileri ve yuvarlak şekilleri taşlamak mümkündür. Taşlama için kullanılacak malzeme, en iyi sonucu elde etmek açısından oldukça sert olmalıdır. Bu nedenle genelde malzeme metal veya seramiktir.

Honlama (honing) işlemi ise daha ince bir taş gerektirmekte olup çok daha iyi bir yüzey düzgünlüğü ve imkan dahilinde çok yüksek hassasiyet (0,1 µm) sağlar. Nisbi hassasiyet (örneğin; dış ve iç yarıçapların aynı merkezde buluşması) kontrol edilemez, bu yüzden honlama genelde taşlama veya hassas tornalama işlemlerinden sonra gerçekleştirilir.

1.3.5.5 Parlatma

Bu yöntemde, aşındırıcı ince bir çamur eğer metal çok sert ise parlatma 10 nm'den daha iyi olacak şekilde çok yüksek bir hassasiyet elde etmek amacıyla iş parçası yüzeyine sürülür. Esasen herhangi bir şekil bu yöntemle parlatılabilir, fakat düz ve yuvarlak optik yüzeyler hassas optik yöntemler vasıtasıyla kontrol edilebildiklerinden en yaygın olarak kullanılan parlatma şeklidir.

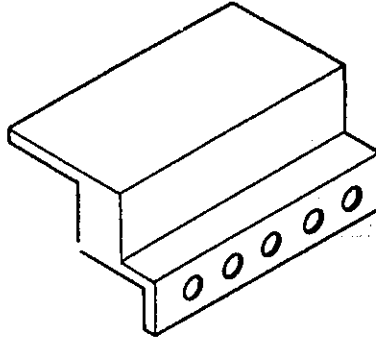
1.3.5.6 Kimyasal ve Elektrokimyasal Frezeleme

Kimyasal veya elektrokimyasal reaksiyonlar vasıtasıyla bir yüzeyden metal kaldırılabilir veya bir yüzeye metal kaplanabilir. Yüzeyler çeşitli maskeler yardımıyla tercihli olarak işlenebilir. Karmaşık şekiller foto-litografik teknikler kullanılarak birçok metalin plaka formlarından dağlanmak suretiyle elde edilebilir. Şekil 1.3 (b) 0,1 mm seviyesinde bir hassasiyetin elde edildiği bir örneği göstermektedir.

Altın, kalay, bakır ve krom metalleri baskılı devre kartı üretimi veya yatakların bakımını için yüzeylere kaplama amacıyla kullanılabilir. Mekanik parçaların elektronik devreler ile birlikte silisyum üzerinde kimyasal olarak dağlanması şu anda geliştirme aşamasında olan bir tekniktir.

1.3.5.7 Ekstrüzyon

Ekstrüzyon işleminde plastik bir konumda ve geneide yüksek sıcaklıkteki malzeme istenen şekli elde edecek biçimde bir kanal içine basılır. Karmaşık kesit alanına sahip ürünler bu yöntemle elde edilebilir. Ayrıca geniş bir aralıkta olmak üzere standart parçalarda üretilebilir. Ekstrüzyon ile elde edilmiş parçalar yapı elemanları; ısı ve muhafazalar olarak kullanılabilir. Bununla birlikte standart olmayan kesitli parçalar için başlangıçta gerçekleştirilen işleme olayının maliyeti yüksektir.



(a)

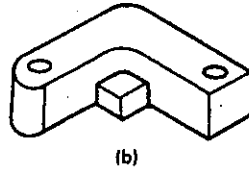
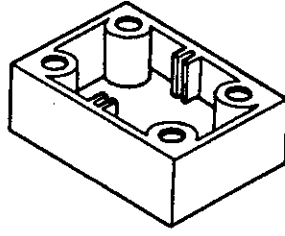


(b)

Şekil 1.4 Ekstrüzyon. (a) Yapısal elaman; (b) Soğutucu.

1.3.5.8 Döküm ve Kalıplama

Döküm yönteminde kalıplamaya benzer bir şekilde, parça sıvı veya plastik bir konumdan elde edilir, ancak bu yöntemde kullanılan kalıp, işlem sonunda tahrip olmaktadır. Döküm terimi, genelde alüminyum alaşımları gibi metallere elde edilen parçalar ve bir modeli kullanarak yapılan kum dökümleri kastedilmektedir. Oldukça hassas şekiller döküm ile üretilebilir, ancak 0,5 mm'den daha iyi bir hassasiyet elde etmek için döküm işlemini takiben parçaların işlenmesi gereklidir. Şekil 1.5'de döküm ve kalıplama örnekleri verilmektedir. Plastikler birçok değişik yöntemle kalıplanabilir ve kalıp defalarca kullanılabilir. Vakum şekillendirme ve enjeksiyonla kalıp şekillendirme yöntemleri çok düşük birim maliyet elde etmek amacıyla kullanılır, fakat işleme masrafları yüksektir.



Şekil 1.5 Döküm ve kalıplama örnekleri.

(a) Kalıplanmış parça; (b) Döküm bağlama parçası.

1.3.5.9 Yapıştırıcılar

Yapıştırıcı teknoloji önemli sayılır bir hızla ilerlemekte olup cihaz imalinde artan oranlarda kullanıma imkânı bulmaktadır. İnce yapıştırıcı tabakaları kararlı ve kuvvetli olabilir, buna ilaveten elektriksel iletim veya yalıtım temin edebilirler. Bazı uygulamalar için yüksek sıcaklıklarda iyileştirme işlemi gerekli olmasına rağmen hemen hemen her malzeme yapıştırılabilir. Yapıştırıcının yüksek sıcaklıklarda ayrışması sonucunda metal parçalar birbirlerinden ayrılabilirler. İki-kısmılı yapıştırıcılar raf ömürlerinin uzun olması nedeniyle en iyi olanlardır.

Şablonlar; yüksek boyutsal hassasiyet ve yüksek hacimli ve düşük maliyetli montajlar ve otomatik üretim elde etmek amacıyla kullanılır.

1.3.6 Fonksiyonel Elemanlar

Cihazların yataklar, bağlantılar, dişliler ve yaylar gibi elemanları mevcuttur. Şekil 1.6 kullanılan fonksiyonel elemanların ana tiplerini ve başlıca özelliklerini göstermektedir.

1.3.6.1 Yataklar

Yataklar doğrusal veya dairesel esaslı, kontrollü bir hareket gerektiğinde kullanılır. En basit yatak; doğrusal hareket için prizmatik, dönen hareket için silindirik ve üniversal için ise küresel olmak üzere birbirine sürtünen yüzeylerden oluşur. Bakır, bronz ve PTFE gibi yumuşak malzemeler sürtünmesi az olan ortamlarda kullanılır ve bu malzemelerle yüksek hassasiyetler elde edilebilir. İnce tabakalar halinde PTFE, grafit, organik ve mineral yağlar gibi malzemeler bazen katı veya sıvı yağlayıcı olarak kullanılır. Sürtünme, yüzeyler arasında bir boşluk ve yuvarlanan elemanlar koymak suretiyle dahada azaltılabilir. Sertleştirilmiş çelik bilyalar veya silindirler, kafesler veya bir devirdaimli mekanizma içine yerleştirilir. Makaralı yataklar hassas, düşük sürtünmeli, kirlenmeye karşı nispeten bağışıklı olup yüksek miktarlardaki yükleri kaldırabilirler.

En hassas yatak ise havalı yataktır. Yatak yüzeyleri arasında ince bir basınçlı hava yastığı oluşturularak sürtünme azaltılmakta ve yatağa ortalama yüzey geometrisi tarafından kontrol edilen bir pozisyon verilmektedir. Ancak bu iş için temiz, kuru ve sıkıştırılmış hava gereklidir. Manyetik yataklarda ise bir hava boşluğu bulunup bunlar düşük sürtünmeye sahiptir, ancak çeper yüklemelerini kaldıramazlar.

Yataklar, beraberlerinde kirlenme olayını ortadan kaldırmak amacıyla sızdırmazlık sağlayan elemanların gelişimini sağlamıştır. Sınırlı miktardaki hareket için, esnek metal veya kauçuk balonlar tam ve muhtemelen hava-geçirmez sızdırmazlık sağlamaktadır. Düşük sürtünmeli polimer kompozitlerden yapılan sızdırmazlık elemanları büyük parçacıkları kabul etmez ve manyetik sıvı yağlayıcı, mıknatıslar arasında tutulur. Bu sınırsız doğrusal veya dairesel hareket için mükemmel bir düşük sürtünmeli sızdırmazlık sağlamaktadır.

1.3.6.2 Bağlamalar (Kuplajlar)

İki yatağın hareketini birleştirmek, çarpışma problemleri yarattığı için nadiren gerekli olmaktadır. Bu arpışma, istenen yönde sert ve yatakların paralellik bozukluğuna uyabilen esnek bir bağlantı kullanılarak engellenebilir. Yaygın olarak kullanılan bağlantılar:

- (1) Yaylı tel veya filemanlar;
- (2) Körükler;
- (3) İkili menteşeler.

Bu tiplerden her biri çeper yükü, yanlış hizalama ve burulma sıklığı kombinasyonları için uygundur.

1.3.6.3 Yaylar

Yaylar kontrol edilebilir bir miktarda kuvvet üretmek amacıyla kullanılır (örneğin; ön yüklemeli yataklar, kuvvet/basınç dönüştürücüler veya tespit parçaları için). Bu elemanlar diyafram, helezon, kıvrımlı pul veya düz olarak şekillendirilmiş plaka, yaprak ,yay şeklinde olabilir. Kimyasal olarak frezelenmiş Arşimed spinal yivli ince dairesel diskler, yaprak yayların artan bir oranda kullanılan örnekleri olarak verilebilir. Bunlardan bir çift, iyi yanal sıklık ve kontrol edilebilir yay sabiti ile beraber tam bir doğrusal hareket sağlar.

1.4 Elektronik Cihazların Konstrüksiyonu

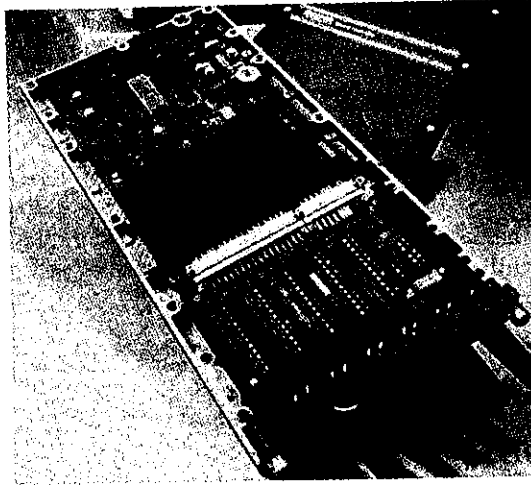
Elektronik cihazlar fiziksel olarak kullanılacakları varsayımından hareketle sınıflandırılabilir ve bu sonuç da belirli konstrüksiyon tiplerini ortaya çıkarmaktadır. Bunlar:

- (1) Kullanım yerinde montaj;
- (2) Pano üzerine montaj;
- (3) Tezgaş montajı;
- (4) Raf montajı;
- (5) Portatif (taşınabilir) cihazlar.

1.4.1 Kullanım Yerinde Montaj

Burada hakim olan düşünce, genelde ölçülen veya kontrol edilen fiziksel prosese yakın olmaktır. Bu ise yüksek sıcaklık, fiziksel şok, çamur ve su gibi sert çevresel koşullara katlanma durumunu da beraberinde getirir. Dönüştürücü ve aktüatörlere bağlanan sinyal uyumlayıcılar ve veri-elde etme altsistemleri, uzun mesafelere, muhtemelen millerce uzaklıktaki bir merkezi enstrümantasyon ve kontrol sistemine iletim için uygun sinyaller üretir. Daha az düşmanca ortamlar için sağlamlaştırılmış konstrüksiyonlar halinde tamamiyle bilgisayar kontrollü sistemler de mevcuttur.

İç konstrüksiyon genelde oldukça basit olup eğer varsa birkaç kontrol veya göstergeden ibarettir. Şekil 1.7 tel sonlandırılmaları gibi yaygın bir problemi ortadan kaldırmış olan ilginç bir örneği göstermektedir. Kalıplanmış plastik muhafaza ön yüzeyde plastik bir O-halkası ile sızdırmaz hale getirilir ve IPC 65 'hosepipe' testini (bkz. BS 5490) geçecek şekilde hazırlanır. Ana elektronik devre, seçimli ara birim kartlarından birine bağlanmış, ayaklar üzerine monte edilmiş konumdaki baskılı devre kartı üzerindedir. Ünite duvara veya bir makinanın kenarına kolaylıkla civatalanabilir.

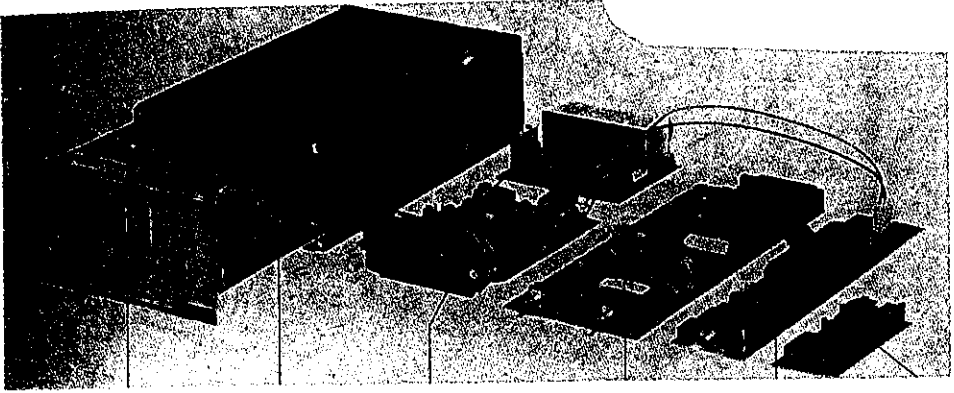


Şekil 1.7 Kullanım yerinde montaj için cihaz (Solarton Instruments'den alınmıştır).

1.4.2 Pano Üzerine Montaj

Bir cihaz mühendisinin bir sistem kurabilmesi için uygun bir yöntem; kontrol veya okuma gerektiren çeşitli cihazları bir pano üzerine bağlantıları ve diğer sistem elemanları da bir kabin içinde olacak şekilde monte etmektir. Bu amaçla tasarlanan cihazlar genelde DIN standartlarından birine uymaktadır (bkz. DIN 43700). Şekil 1.8 aşağıda verilen özelliklere sahip bir örneği göstermektedir:

- (1) Muhafaza ekstrüzyon ile üretilmiş alüminyum bir borudur;
- (2) İç konstrüksiyon 5 adet baskılı devre kartından oluşmakta olup bu kartların üzerlerine elektronik göstergeler lehimlenmiştir. PCM'ler birlikte takılır ve tamir maksadıyla kolayca yenileriyle değiştirilebilir;
- (3) Tüm kullanıcı bağlantıları kalıcı veya yarı-kalıcı tesisat için cihazın arka kısmındadır.



Şekil 1.8 Bir pano üzerine montaj cihaz (Systemteknik AB'den alınmıştır).

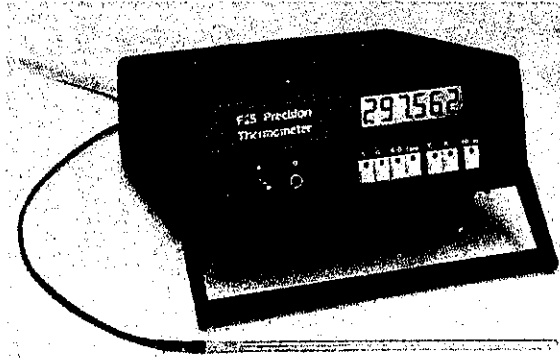
1.4.3 Tezgâh-Montaj Cihazlar

Bir harici güç kaynağı gerektiren, fakat aynı zamanda belli bir oranda taşınabilme özelliğine de sahip olması istenen cihazlar genelde tezgâh üstü işlemler için gerekli olan cihazlardır. Tezgâh alanları daima yetersiz kaldığı için cihazların boyutları önem arz etmektedir.

Bu sınıfa dahil cihazlar sıklıkla ergonomilerine dikkat edilmiş gösterge ve geniş bir aralıkla olmak üzere kontrollere sahiptir. Şekil 1.9 (a) bu sınıfa dahil cihazlara bir örnek vermekte olup, ayrıca aşağıda belirtilen hususları da kaydetmeye değerdir:

- (1) Kullanıcı girişleri kullanımda kolaylık bakımından cihazın ön yüzündedir,
- (2) Rahat bir okuma açısından büyük ve net bir gösterge mevcuttur;
- (3) Cihazı taşıma sapı katlanabilir;
- (4) Çabuk bir şekilde tamir amacıyla bağlaşılar (konnektörler) ile bağlantılı modüler, dahili konstrüksiyona sahiptir.

Ayrıca Şekil 1.9 (a)'da gösterilen cihazın genel montaj çizimi parçaların birbirine nasıl birleştiğini göstermek amacıyla Şekil 1.9 (b)'de verilmektedir.



Şekil 1.9 (a) Tezgâh-montaj cihaz
(Automatic Systems Laboratories Ltd.'den alınmıştır).

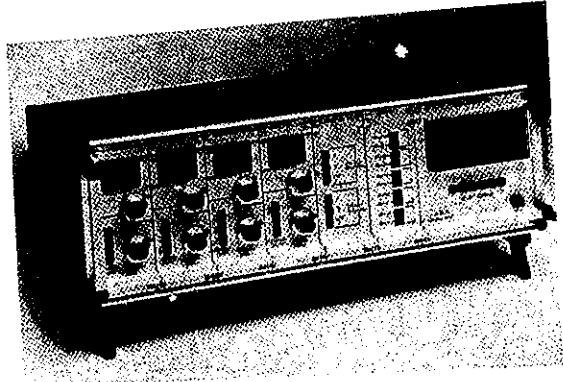
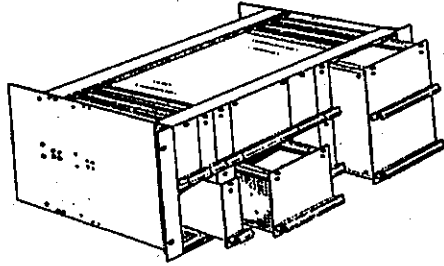
1.4.4 Raf-Montaj Cihazlar

Büyük elektronik enstrümantasyon sistemlerinin çoğu değişen yüksekliklerde, 19 -inç genişliğinde metal kabinler içerisine inşa edilir (1,75 inç = 1U). Bu kabinler tezgaha montaj, serbest veya duvara montaj için kullanılabilir. Büyük cihazlar normal olarak seçenekli desteklerin mevcut olduğu tezgah işlemleri veya raf montajı için tasarlanırlar. Daha küçük modüller ufak raflara yerleştirilip daha sonra 19-inç. 'lik bir kabin içine civatalanırlar.

Şekil 1.10 aşağıda belirtilen özelliklere sahip modüler bir enstrümantasyon sisteminin bazı elemanlarını göstermektedir.

- (1) Modüller standart Eurocard boyutlarında ve genişliklerindedir (DIN 41914 veya IEC 297);
- (2) Konektörler DIN standartlarındadır (DIN 41612);
- (3) Küçük raflar, standart mekanik elemanlar kullanılır ve çok daha büyük bir cihaz sisteminin bir bölümünü oluşturabilir.

Modülasyonun ve standartlaştırmanın düzeyi, kullanıcıya dünyanın her yanındaki farklı birçok satıcıdan değişik birçok cihazı alıp, onları karışık bir biçimde kullanma imkânı sağlar.



Şekil 1.10 Raf esaslı modüler cihazlar (Schroff (UK) Ltd. and Automation Systems Laboratories Ltd.' den alınmıştır).

1.4.5 Taşınabilir Cihazlar

Taşınabilir cihazlar boyutlarının ve elektronik devre güç tüketimlerinin az olması nedeniyle günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır. Şekil 1.11 aşağıda belirtilen özelliklere sahip taşınabilir cihazlara örnekler vermektedir:

- (1) Hafif, düşük maliyetli kalıplanmış plastik muhafaza;
- (2) Zayıf güç CMOS devre ve sıvı kristalli gösterge (LCD);
- (3) Batarya güç kaynağı, uzun süreli çalışma ömrü.

Bu tip cihazların boyutlarının küçük olması esasen silisyum üzerine devre integrasyonu ve küçük çıkış elemanların kullanılmasından kaynaklanmaktadır.



Şekil 1.11 Taşınabilir cihazlar (Solomaz SA'den alınmıştır).

1.4.6 Kapsülleme

Özellikle ağır koşullara karşı koruma amacıyla (başlıca titreşim ile alakalı), elektronik eleman grupları, bazen kapsülendir. Kapsülleme prosesi bu grupları genelde epoksi reçine olmak üzere uygun malzemeler içinde kalıba alma işlemini içermektedir. Kalıp malzemesi, parçaları buldukları pozisyonda sıkı bir biçimde tutmakta, buna ilaveten cihazı maruz kalacağı ortamlara karşı da korumaktadır. Gerilime karşı daha fazla koruma temin etmek amacıyla (örneğin; diferansiyel termal genişleme) nadiren karmaşık bir işlem uygulanmakta olup bu işlemde sertleştirici reçineye ilaveten esnek silikonlu kauçuk kullanılmaktadır.

Bazı epoksiler 300°C'a kadar dayanıklıdır. Ancak daha yüksek sıcaklıklarda (450°C) dayanımlarını kaybeder, sonuçta kapsülennmiş parçalar eğer kendileri ısıya dayanıklı iseler tekrar geri kazanılabilirler. Eğer kapsülleme esnasında içerde bir hata oluşmuş ise normalde kapsülennmiş grup atılır.

1.5 Mekanik Cihazlar

Mekanik cihazlar başlıca fiziksel çevre ile elektronik enstrümantasyon arasında bir bağdaştırıcı olarak kullanılır. Bu tip cihazlara örnek olarak:

- (1) Öteleme dönüştürücüleri (doğrusal veya dönen);
- (2) Kuvvet sinyali dönüştürücüleri (yük hücreleri);
- (3) Akselerometreler (ivme ölçerler).

Bu tip dönüştürücüler çoğu kez geniş sıcaklık aralıklarına, şok ve titreşimlere karşı dayanıklı olmak zorundadır, bu nedenle yapımları esnasında kullanılacak malzeme ve konstrüksiyonların dikkatli bir biçimde seçilmesi gerekir. Birçok husus iyi bir mekanik tasarım ve konstrüksiyona etki etmekte olup, bu hususlardan bazıları kitabın diğer bölümlerinde anlatılan cihazlar için bahsedilmiştir. Burada eklenecek olanlar, tasarımın belirli prensiplerinin görülebileceği bir veya iki cihazın detaylarını anlatmak olacaktır. Bununla birlikte bu detayları vermeden evvel kinematik tasarımın daha genel bir taslağı verilecek olup, bu cihaz tasarımı açısından büyük bir önem taşımaktadır.

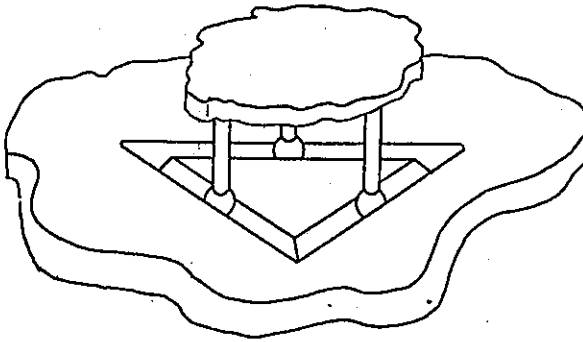
1.5.1 Kinematik Tasarım

Yüksek-hassasiyetli mekanik parçalar için bazen kullanılan özel bir yaklaşım mevcut olup bu, kinematik tasarım olarak adlandırılır. İki cismin nisbi pozisyonları hiç hareket etmeyecek veya aralarında dikkatle kontrol edilen bir hareket bulunacak şekilde sabitleştirildikleri zaman, bu konstrüksiyonda geometrik mükemmeliğin elde edilmesinin imkânsız olmasından kaynaklanan

belirsizliklerin önüne geçmek için bir yöntem ortaya koyar. Buna basit bir örnek olarak temas halindeki iki düz yüzey verilebilir. Eğer bu yüzeyler ideal geometrik düzlemler olarak kabul edilirse, o zaman iki cismin hareketi hassas bir şekilde tanımlanabilir. Bununla birlikte, geometrik mükemmelliğe ulaşmak oldukça pahalıya mal olacaktır. Ayrıca yüzeydeki hataların anlamı; iki parçanın relatif pozisyonu, yüksek noktalar arasındaki teması bağlı olacak ve bu parçaları bir arada tutan kuvvetlerin uygulama noktaları değişirse biraz değişecektir. Temas noktalarının sayısı örneğin; bir normal sandalye için dört gibi bir değere düşürülebilir. Ancak dört bacaklı bir sandalye eğer bacakların taban kısımları zemin üzerine tam olarak oturmuyorsa sallanacaktır. Kinematik tasarım sandalyenin pozisyonunun dört temas noktası tarafından saptanmasının gereksizliğini ortadan kaldırmak için üç bacaklı bir sandalye önerir.

Konuyu dahada genelleyecek olursak; bir katı cisim, uzayda pozisyonunu belirlemek amacıyla altı türlü hareket imkânına sahiptir. Bunlar genelde cismin bir noktadaki pozisyonunu bulmak için üç kartezyen koordinatlar olarak düşünülür. Cismin bir noktadaki pozisyonu saptandığında karşılıklı olarak birbirine dik olan üç eksen o cismin uzaydaki davranışını tanımlar. Kinematik tasarımın esası ise; her serbestlik derecesi tanımlanabilir bir lokalize yöntemle zaptedilmelidir.

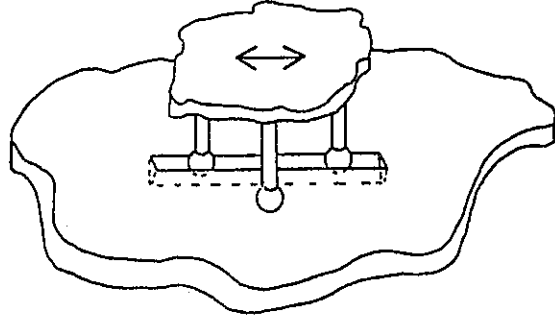
Yeniden düz bir yüzey üzerine oturmuş sandalyeyi düşünün. Bacaklardan birinin ucunun Z-koordinatı sabitlendiğinde, düz düzlemde bacak iki eksen etrafında dönebilir. Çünkü hâlâ X ve Y koordinatları ve yüzeye dik olan bir eksen etrafında dönme için serbestlik mevcuttur: bacakların uç kısımları ve yüzey arasındaki üç mesnet tarafından kısıtlanan üç serbestlik derecesi.



Şekil 1.12 Kinematik tasarım: Altı adet mesnet bir cismi sabitlemekte.

Altı adet mesneti kullanarak bir cismin diğere göre nisbi olarak yerleştirilmesinin klasik bir yolu; cisimlerden birinde V şekli oluşturan üç adet oyukta, ayrıca diğere cisme ayaklarla bağlanmış üç adet yarım küreye sahip olmaktır. Bu olay temsili olarak şekil 1.12 'de gösterilmektedir. Yarım küreler oyukların içine girdiklerinde (bu kenarlara değil de, çeperlere değecek kadar derin bir çukurluk olmalı), her bir yarım küre için temas eden çeperlerden iki adet olmak üzere toplam altı adet mesnet sistemde bulunacaktır.

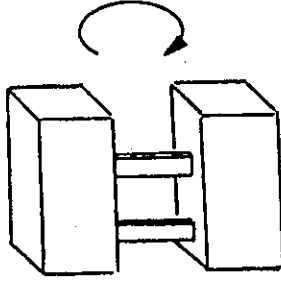
Eğer bir serbestlik derecesi, örneğin; doğrusal öteleme istenirse, bu durumda hassas bir oyuk içinde beş adet küre kullanılabilir (Bkncz. Şekil 1.13)



Şekil 1.13 Kinematik tasarım: Beş adet mesnet doğrusal harekete olanak sağlamakta.

İstenen oyuklara girme olayı için, meydana gelen temas, nokta teması çok yaklaşmalıdır. Ayrıca konstrüksiyon malzemesi, normalde uygulanan yükler altında yüzeye dik olarak çok az miktarda deformasyona izin vermede kadar sert olmalıdır. Yukarıda açıklanan bu düzlemde küre konfigürasyonu mümkün olan düzenlerden birisidir: çaprazlanmış silindirler benzer şekilde davranır ve inşa edilmeleri daha kolaydır.

Elastik menteşeler kinematik tasarımın bir uzantısı olarak düşünülebilir. Klasik bir kapı menteşesi eğer sürtünme ve oynama payı büyük bir oranla azaltılacak ise, özellikle küçük tertibatlar için çok pahalıya mal olacaktır. Alternatif bir yaklaşım; küçük, tekrarlanabilir eksen etrafında dönüşler gerektiren tipte benimsenebilir. Bu yaklaşımda, şekil 1.14 de görüldüğü gibi bir bölgede önemli miktarda zayıflar. Böylece dönme momentinin sebep olduğu bükülme küçük bir bölgede konsantre olur. Deformasyona karşı bir elastik direnç olmasına rağmen aynı zamanda çok düşük sürtünme ve yüksek tekrarlanabilirlik de mevcuttur.



Şekil 1.14 Elastik menteşenin prensibi.

Kinematik tasarımın avantajları aşağıdaki gibi sıralanabilir:

(1) Genelde, kritik noktalarda sadece basit işleme operasyonlarına ihtiyaç duyulur.

(2) Bu operasyonlardaki geniş toleranslar, mutlak performansı düşürebilecek olmasına rağmen tekrarlanabilmeyi etkilememelidir.

(3) Sadece küçük kuvvetlere ihtiyaç duyulur. Eğer dikeye bağlı olarak yön zaman zaman değişebiliyorsa, genelde yerçekimi veya ufak bir yay yeterli olacaktır.

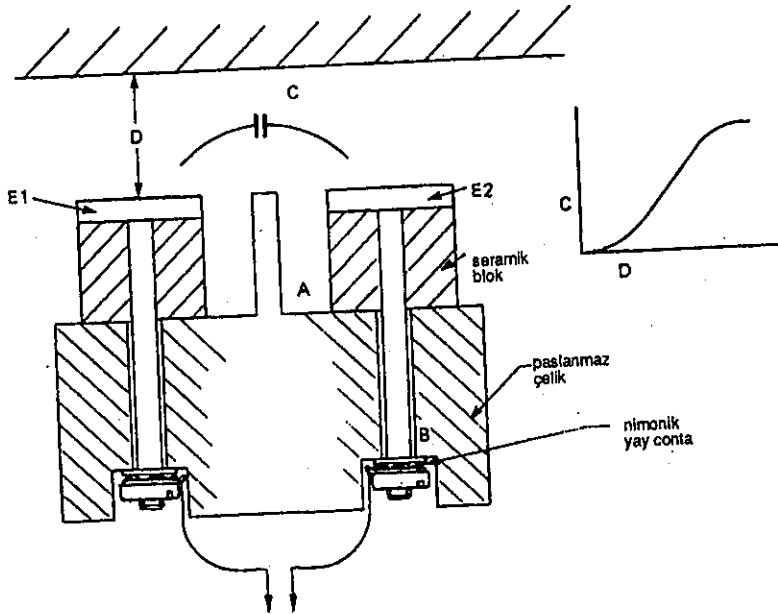
(4) Hareketin analizi ve tahmini daha basit hale getirilir.

Kinematik tasarımın dezavantajı; büyük kuvvetler olaya dahil edilmek zorunda olduğunda ortaya çıkmaktadır. Kinematik olarak tasarlanmış mesnetler, normalde parçaları bir arada tutan küçük kuvvetlerle çalışır. Eğer bu kuvvetler, titreşimin atalet kuvvetleri altında çok az bir süre bile olsa aşılırsa, önemli hatalar meydana gelebilir. Gerçekten kinematik tasarımda, hareketteki simetri eksikliği daha genel bir dezavantajı ortaya koymaktadır (örneğin; aşınmanın etkilerini düşünürken). Bazen, büyük yapılar arasındaki nokta temaslarının yerlerini belirlemek gibi bir uzlamcı yaklaşım kullanılabilir. Ancak bunu, bu temas noktalarını düzlemler üzerindeki küreler haline getirmeden yapmak gerekir. Her durumda, cihazların hareketlerini ve yerlerini hesaba katmak analiz için bir ön-bilgi olarak kinematik tasarımın esaslarını akılda tutmak açısından faydalı olacaktır.

1.5.2 Yakınlık (Proximity) Dönüştürücü

Yakınlık dönüştürücüsü, şekil 1.15 de görülen E_1 ve E_2 olarak adlandırılmış iki elektrot arasındaki kapasitansı etkileyen bir topraklanmış yüzeyin varlığını saptamak amacıyla kullanılan basit bir aygıttır. Özel bir uygulamada, korozyonlu bir atmosfer içinde 200 ile 400°C arasında değişen sıcaklıklarda çalışmak, ayrıca 1000 g'lık şoklara karşı dayanım göstermek gerekli olabilir. Tasarıma ait kaydedilmesi gereken hususlar aşağıda verilmektedir:

- (1) A pozisyonunda zayıf bir kaynak bağlantısı ihmalinin önüne geçmek amacıyla aygıt bütün bir bloktan işlenerek elde edilir,
- (2) Sıcaklık değişimleri termal gerilmelere neden olur. Bu gerilmeler yay conta B tarafından yüklenilir (yüksek sıcaklık uygulamaları için özel Nimonic yay alaşımı),
- (3) Seramik yalıtkan bloklar mukavemetlerini arttırmak amacıyla bir sıkıştırma altındadırlar.



Şekil 1.15 Sağlamlaştırılmış yakınlık dönüştürücü.

1.5.3 Yük Hücresi

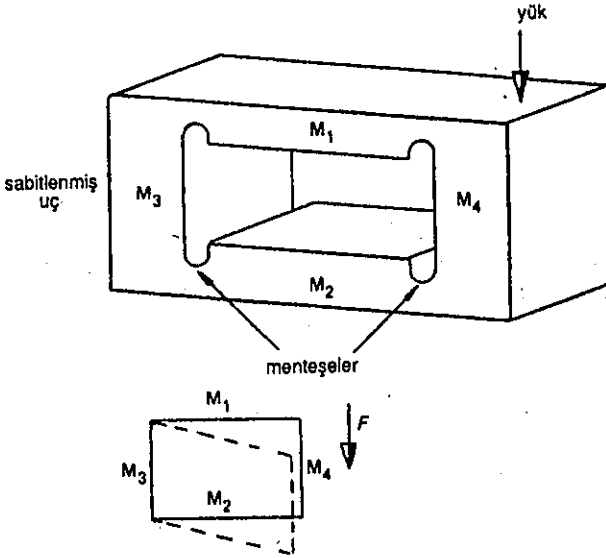
Bir yük hücresi, 1. cildin 7. bölümünde de açıkladığı gibi, bir yayın re-aksiyonuna karşı kuvveti harekete çevirir. Daha sonra bu hareket bir öteleme dönüştürücüsü vasıtasıyla ölçülür ve elektriksel forma çevrilir.

şekil 1.16 daki yk hücresi dört adet sıkı kiriş ve yine dört adet dirsekten oluşmakta olup hücrenin kendisi bir paralelogram şeklinde yüksek kaliteli bir yay malzemesi bloğundan işlenerek elde edilir.

M_1, M_2 ve M_3, M_4 olarak adlandırılan kirişler, uygulanan yük F , dirsekleri hücrenin ince kesitli kısımlarında (menteşe olarak adlandırılırlar) bktğ zaman birbirlerine paralel olacak şekilde kalır.

Eğer yk hücresi üzerine uygulanan yük bulunduğu dikey konumdan kayarak bir tork oluşturursa, bu hücrenin az bir miktar burulması ile sonuçlanır. Ancak bu burulma, dönme sıklığı dikey sıklıktan çok daha büyük olacak şekilde ayarlanmak suretiyle istenen limit içinde tutulur. Bu ise genişlik ta-rafından saptanır.

Bu bakımdan, yamuk şeklindeki konstrüksiyon normal bir dirsekli ki-rişten çok daha iyidir.



şekil 1.16 Yük hücresi yay mekanizması.

1.5.4 Kombine Akçuatör Dönüştürücü

Şekil 1.17'i tüm parçayı üretmek için birçok proses tekniğini birlikte gerektiren, daha karmaşık bir dönüştürücü örneği göstermektedir. Kombine akçuatör (tahrik edici) dönüştürücü (CAT) ayna ile pozisyonlandırma işlemi için otomatik optik cihazlardaki uygulamalarda kullanılan ve az sayıda üretilen bir üründür. Bu cihazda başlıca doğrudan satın alınan elemanlar uzmanlaşmış üreticiler tarafından imal edilen bir tork motoru ve bir minyatür ön-yükselteç'tir. Motor bütünlük ve kararlılık elde etmek açısından en gelişmiş ametal manyetik malzemelerden yapılır. Ayrıca ön-yükselteç bir bakır/fiberglas baskılı devre kartı üzerine yerleştirilmiş, küçük elektronik elemanları kullanır.

Montajı yapılmış CAT şekil 1.17 (a)'da gösterilmekte olup üç kısımdan oluşmaktadır. Bunlar; gövdesi içindeki motor, gövdesi içindeki kapasitif ağırsal dönüştürücü ve ön-yükselticisinin sabitlenebilmesi ve kablo bağlantısı için arka kısma monte edilebilen bir plakadır (Şekil 1.17 (b)) Motor yataklarında şaftı döndüren bir tork oluşturur. Pozisyon bilgisi bir ön-yükselteç üzerinden bir çıkış üreten dönüştürücü vasıtasıyla elde edilir. Ortak elektronik servo kontrol ünitesi, şaft açısını kontrol etmek amacıyla bir güç çıkış kademesi, pozisyon geri besleme ve döngü-stabilizasyon elemanları sağlar. Bu hassasiyet, 10 µm içinde radyal ve eksenel hareketi sağlayabilen hassas rulmanların kullanılmasını elde edilir.

Şaftı, motor gövdesi ve dönüştürücü elemanları, manyetik olmayan paslanmaz çelik çubukların hassas tornalanması ve bu işlemi takiben aşındırıcı püskürtme ile elde edilirler. Motor ve dönüştürücü elektrotları (şekilde gösterilmemiş) ince bir epoksi reçine tabakası ile yerlerine yapıştırılır ve daha sonra son ölçülerine tornalanır.

Dönüştürücü statörünün iki parçası konsantrik (merkezlerin üst üste çıkışması) bir şekilde birbirine bağlanır ve dış açılmış delikler A içine yerleştirilmiş üç adet vida vasıtasıyla birlikte tutulur. Bu şekildeki bir bağlantı, içine dönüştürücü rotorunun (şekil 1.17 (c)) döndüğü hassas bir boşluk sağlar. Dönüştürücü rotoru da tornalanır, ancak ekranlar dönüştürücünün hassasiyeti ve aralığını saptadığı için, boyutları hassas olarak taşlanır.

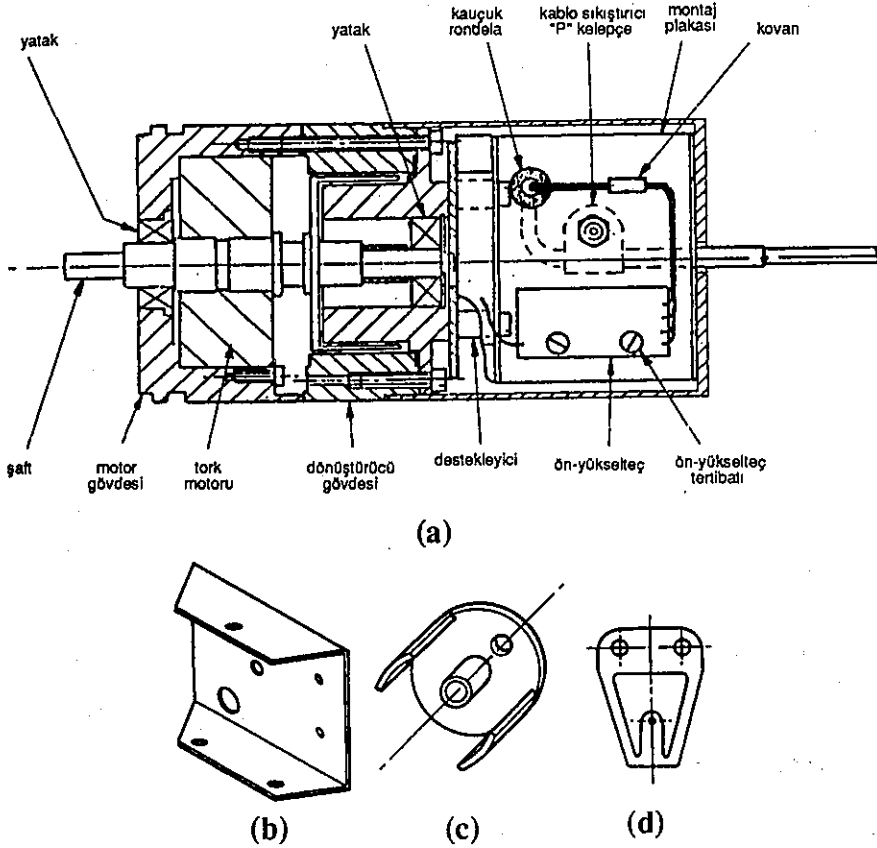
Ekranlar bir şaft ve titreşime karşı bir yay vasıtasıyla sabitlenen, sertleştirilmiş altından bir döner nokta kontak vasıtasıyla topraklanır (Şekil 1.17 (d)). Yay, ince bir berilyum-bakır plakadan kimyasal frezeleme ile elde edilir.

Motorla birlikte şaft ve yerine yapıştırılmış dönüştürücü rotoru, motor statörü ve gövdesi, dönüştürücü statörü ve gövdesi daha sonra birbirlerine monte edilirler ve B'deki gibi üç adet vida yardımıyla birlikte tutulur. Kablo, kenet ve ön-yükselticinin ayrı olarak bağlandığı sabitleme plakası yerine takılır, standart destekleyiciler üzerine monte edilir, en son olarak da kapak

üzerlerine yerleştirilir.

Bahsedilen prosesleri ilave olarak bu ünitenin üretimi matkapla delme, raybalama, bükme, ekran baskı, lehimleme, ısıl işlem ve anodizasyon işlemlerini gerektirir. Kullanılan malzemeler bakır, PTFE, paslanmaz çelik, samaryum kobalt, epoksi fiberglas, altın ve alüminyum olabilir. Ayrıca işleme toleransları tipik olarak tornalama için 25 µm, taşlama için 3 µm ve bükme için 0,1mm'dir.

Bu ünitenin yegane harici parçası aksel sabitleme amacıyla şaftın sonuna konulmuş olan sıkma bileziğidir (Standart servo tip, boyut 20). Bu sıkma bileziği oluşan radyal kuvvet, ince kesitli kısımları deforma edip dönüştürücü hatalarına sebebiyet verebileceğinden dolayı kullanılmaktadır.



Şekil 1.17 Kombine akçuatör/dönüştürücü (a) Komple sistem; (b) Sabitleme plakası; (c) Dönüştürücü rotoru; (d) Yay kontakt.

2. CİHAZLARIN KURULMASI VE YETKİLENDİRİLMESİ

A. DANIELSSON

2.1 Giriş

Bir tesisin güvenliği ve sürekli olarak etkili bir biçimde işletilebilmesi tümüyle enstrümantasyon sistemlerinin düzgün bir şekilde kurulmasına ve yetkilendirilmesine bağlıdır. Proses tesisleri artan oranlarda otomatik kontrol sistemlerine bağımlı hale gelmeye başlamışlardır. Bunun nedeni ise tesis verimini, ürün miktarını ve kalitesini geliştirmek amacıyla temin edilen gelişmiş kontrol fonksiyonları ve izleme cihazlarıdır.

Bir proses tesisindeki enstrümantasyon önemli bir miktarda sermaye yatırımı ifade etmekte olup, tesis alanında cihazların dikkatli bir şekilde taşınması ve tesisat işlemlerinin kusursuz bir şekilde yapılması önemli unsurlardır. Buna ilaveten doğru bir tesisat işlemi, uzun vadeli bir güvenilirlik sağlamak ve teknolojiye gelişmelerden dolayı yüksek hassasiyete sahip cihazlardan en iyi sonuçları alabilmek açısından önemlidir. Tamamlanmış bir işin kalite kontrol işlemi de önemli bir fonksiyondur.

2.2 Genel Şartlar

Cihazların kurulması bir tesis alanı ile ilgili güvenlik şartları ve düzenlemelerini tamamiyle bilen yetkili personel tarafından, en iyi mühendislik hizmetlerini kullanarak gerçekleştirilmelidir. Özel bir proje için işe başlamadan evvel tesisat tasarım detayları saptanmalıdır. Bu detaylar yapılacak işin kapsamının ne olduğunu ve malzeme temininin boyutunu tanımlar, ayrıca yer saptama, sabitleme, boru donanımı ve tel bağlantı sistemi hakkında ayrıntılı bilgi verir. Benzeri tasarım detayları, saptanmış tesisat tavsiyelerini ve ölçüm teknolojisi şartlarını hesaba katmış olmalıdır. Bu bölümde verilen detaylar genel cihaz tesis prensiplerinden bahsetmektedir.

2.3 Depolama ve Koruma

Cihazlar bir iş sahasına taşındıkları zaman dikkatli bir şekilde kutularından çıkarılmalı ve yüzeysel bir zarar olup olmadığını saptamak amacıyla incelenmelidirler. Daha sonra tozdan arındırılmış ve uygun bir biçimde ısıtılan güvenli bir depoya kaldırılmalıdırlar. Taşıma olaylarını minimum düzeyde tutabilmek için kontrol panelleri gibi büyük cihaz parçaları doğrudan yerleştirilmeleri düşünülen yerlerine gidecek şekilde bir program yapılmalıdır. Ancak bu tip yerlerde eğer yapılması düşünülen havalandırma sistemi henüz

yerleştirilmemiş ise yerine geçici iklimlendiriciler kullanılmalıdır.

Tesisat işlemi boyunca iş sahasına kurulan cihaz ve teçhizatlar boya sıçraması vb. gibi mekanik zararlara karşı koruma amacıyla uygun bir muhafaza içine yerleştirilmelidirler. Tercihen, tesisat işlemi tamamlandıktan sonra cihaz iş sahasından alınmalı ve önkalıbrasyon ve son çevrim kontrolü için hazır oluncaya kadar güvenlik açısından uygun bir depoya kaldırılmalıdır. Ayrıca cihazlar yerlerinden söküldükleri zaman tüm boru donanımlarının ağız açık kısımları yabancı maddelerin girişini engellemek amacıyla kapatılmalıdır.

2.4 Montaj ve Ulaşılabilme

Cihazlar amaçlanan yerlerine ya boru destekler üzerine, ya da doğrudan kaplara v.b sistemlere bağlanacak şekilde monte edildikleri zaman dikey olarak balans ayarları yapılmalı ve sıkı bir şekilde sabitlenmelidirler. Cihaz montajları herhangi bir titreşime maruz kalmamalı ve teçhizatın diğer kısımlarının bakımı için gerekli olabilecek erişim yollarını engellemeyecek şekilde yapılmalıdır. Ayrıca, sıcak yüzeyler veya boşaltım noktaları gibi açık tehlikelerden uzak olmalıdır.

Cihazların bağlandıkları yerler aynı zamanda gözlem ve bakım işlemleri için erişim kolaylığı sağlayabilecek şekilde seçilmelidir. Cihazlar yüksek kısımlara monte edildikleri zaman geçici veya kalıcı yollarla ulaşılabilir durumda olmaları sağlanmalıdır.

Cihazlar impuls hatlarının uzunluğunu minimum tutmak amacıyla proses bağlantı noktalarına mümkün olduğunca yakın olmalıdırlar. Diğer taraftan çalışma koşullarında meydana gelebilecek ve eğer uygun bir şekilde ilgilenilmediği takdirde sonuçlanabilecek boru donanımındaki veya kaplardaki genleşme ihtimalide göz önünde tutulmalıdır. Tüm dirsek ve destekler korozyona karşı astarlama ve boyama işlemleriyle korunurlar.

Kontrol valfleri gibi son kontrol elemanlarını yerleştirirken bakım verilebilmeleri için gerekli olan ulaşılabilme olayı göz önünde tutulmalı, bu nedenle valfin üst ve alt kısımlarında valf kontrollerinin ve ayrıca valf içlerinin bakımını kolaylaştırmak için uygun bir açıklık bırakılmalıdır.

2.5 Boru Tesisatı Sistemleri

Tüm cihaz boru veya tüp tesisatları aşağıdaki koşulları sağlayacak şekilde yapılmalıdır:

- (1) Mümkün olduğunca kısa tutulmalıdırlar;

(2) Personel veya trafiğin akışını kısıtlayan bir engel teşkil etmemelidirler;

(3) Techizatın diğer kısımlarının bakımı için gerekli ulaşım yollarını tıkamamalıdır;

(4) Sıcak ortamlar veya potansiyel yangın ihtimali taşıyan alanlardan uzak olmalıdırlar;

(5) Bitişik boru işleri için gerekli olabilecek kaplama işlemlerinin yapılabilmesi için gerekli açıklığı temin edecek şekilde yerleştirilmelidirler;

(6) Bağlantıların sayısı iyi bir çalışma ile uyumlu olacak şekilde bir minimum bir seviyede tutulmalıdır.

(7) Tüm boru ve tüp tesisatı yeterli olacak şekilde tüm uzunlukları boyunca sağlam bir çelik yapıya veya iskelete bağlanmalıdır (merdiven korkuluklarına değil).

(Not: Burada tüp ince kesitli dikişsiz boru anlamında kullanılmaktadır. Borular ise dikişli veya kaynaklı olabilir. Tüpler baskılı bağlama elemanları (compression fittings) ile birbirlerine bağlanırlar.)

2.5.1 Hava Girişleri

Cihazlara verilen hava temiz ve kuru olmalı, aynı zamanda yağ içermemelidir. Hava normalde bir yüksek-basınç akümülatöründen (örneğin; 6-7 bar.g) fabrika içine bir dairesel besleme hattı oluşturacak şekilde dağıtılır. Bu akümülatör genelde galvanizli sacdan yapılmış olup, cihazlar tarafından ihtiyaç duyulan maksimum hava miktarını karşılayabilecek boyutlarda olmalıdır. Ayrıca daha ilerde yapılabilecek genişletmeler veya modifikasyonlar içinde bir pay bırakılmalıdır.

'Branch' akümülatörler, tek başına olan cihazları veya cihaz gruplarını besleyecek şekilde sağlanmalıdırlar. Yine, yeterli miktarda yedek bağlantı noktaları gelecekteki gelişmeleri karşılayacak şekilde ayrılmalıdır. Bu akümülatörler otomatik boşaltmalı tipte olmalı ve yeterli drenaj/boşaltma sistemlerine sahip bulunmalıdırlar. Bu olay küçük akümülatörlerde cihaz hava filtresi/regülatörler vasıtasıyla gerçekleştirilebilir.

Her cihazın hava girişi bir şahsi filtre regülatörüne sahip olmalıdır. Filtre regülatörden sonra yerleştirilecek tüm boru tesisatı ve ek parçaları demir-dışı malzemeden olmalıdır.

2.5.2 Pnömatik Sinyaller

Pnömatik iletim sinyalleri normal olarak 0,2-1,0 bar. g aralığında olup bu sinyallerin iletimi için en yaygın olarak, tercihen bir PVC dış kılıfla kaplı dikişsiz bakır boru kullanılmaktadır. Diğer malzemelerde çevresel şartlara bağlı olarak bazen kullanılabilirler (örneğin; çeşitli alaşımlar veya paslanmaz çelik). Pahalı olmasına rağmen paslanmaz çelik dikişsiz borular en dayanıklı ve en sert çalışma koşullarına karşı koyabilen borulardır.

Plâstik borular tercihen sadece kontrol panellerinin içerisinde kullanılmalıdır. Bir fabrika sahasında plastik borular kullanılacağı zaman dikkat edilmesi gereken birçok husus mevcuttur. Çünkü bu tip borular yeterli bir şekilde korunmadıkları sürece tahribata karşı oldukça açıktırlar. Ayrıca sıfırın altındaki sıcaklıklarda döşenemezler ve sıcak yüzeylere maruz kaldıkları zamanda mukavemetlerini kaybederler. Unutulmaması gereken diğer bir noktada plastik boruların bir yangında tamamen tahrip olacağı gerçeğidir.

Pnömatik boru donanımı tüm uzunluğu boyunca bir kablo kanalı veya benzeri bir destekleyici çelik yapı içine yerleştirilmeli ve belirli aralıklarla sıkı bir şekilde bağlanmalıdır. Eğer bir miktar pnömatik sinyal bir uzaktan kontrol odasına iletilecek ise, bu sinyaller önce bir uzak bağlantı kutusuna toplanmalı, buradanda çok borulu hatlar vasıtasıyla kontrol odasına nakledilmelidirler. Bu tip bağlantı kutuları, bağımsız olarak tek başına döşenmiş boruların boylarını minimum tutmak için fabrika içinde dikkatli bir şekilde yerleştirilmelidirler (Pnömatik çok borulu hatların tipik bir sonlandırılması için Şekil 2.1. 'e bakınız).

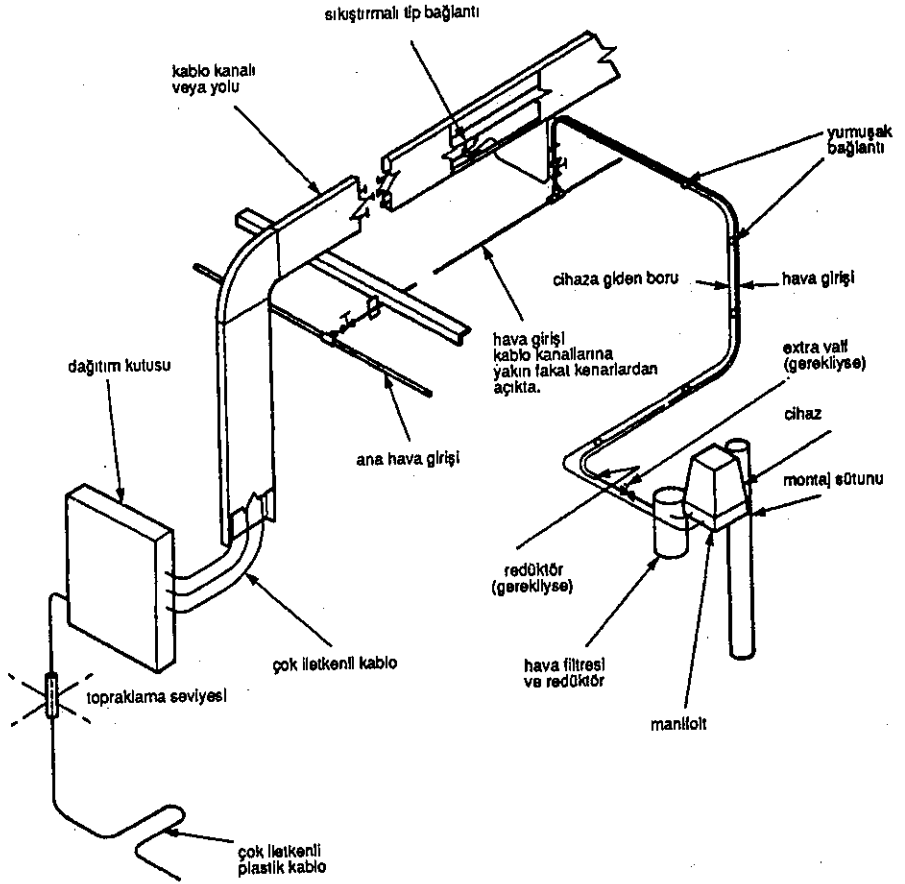
2.5.3 Impuls Hatları

Bu hatlar cihaz impuls bağlantısı ile proses aldı noktaları arasında proses sıvısını içeren hatlar olup genelde dikişli boru ve ek parçaları veya dikişsiz boru ve baskılı bağlama parçalarından oluşmaktadır. Dikişli boru malzemeleri proses sıvısı ile uyumlu olmalıdır.

Genel olarak, dikişsiz boruların döşenmesi daha kolay olup doğru bağlantılar yapıldığında çoğu çalışma koşullarını karşılayacak kapasiteye sahiptirler. Bu bağlama elemanlarında dikişsiz boru ile uyumlu olmalıdır (diğer bir deyişle ile aynı malzemelerden yapılmış olmalıdırlar).

İmpuls hatları mümkün olduğunca kısa olacak şekilde tasarlanmalı ve sıvılar için kendiliğinden boşaltmalı ve buhar ve gazlar içinde kendiliğinden havalandırılmalı olacak şekilde yerleştirilmelidirler. Eğer gerekli ise, sıvı ile dolu hatlarda yüksek seviyedeki noktalara boşaltma tapaları veya valfleri yerleştirilmelidir. Benzer şekilde gaz veya buhar dolu hatlarda düşük seviyedeki noktalara havalandırma tapaları veya valfleri bağlanmalıdır. Ayrıca, kimya-

sal koruma amacıyla sıvı sızdırmaz hale getirilen hatlara doldurma kapakları konmalıdır. Tıkanmaya maruz kalabilecek tertibatlar için ise, giriş noktalarına yakın olacak şekilde bağlantılar sağlanmalıdır.



Şekil 2.1 Pnömatik çok-borulu sistemlerin tipik bir saha sonlandırması.

2.6 Kablo Çekme İşlemi

2.6.1 Genel Koşullar

Cihazların kablo bağlantıları genelde kontrol odasından tesis alanına yer üstünden veya altından ve daha sonrada 'single-pairs' halinde saha bağlantı kutularından saha ölçüm veya tahrik aygıtlarına olacak şekilde çok iletkenli kablolar vasıtasıyla gerçekleştirilir.

Dağıtılmış mikro işlemci sistemleri için, saha ile kontrol odası arasındaki bağlantı genelde uzağa yerleştirilmiş çoğullayıcılar veya proses arabirim ünitelerinden çift veri yolları vasıtasıyla sağlanır. Bu tip çift veri yolları atelye güvenlik sebepleri yüzünden tamamıyla birbirinden bağımsız bir yol izleyeceklerdir. Bağlantı kutuları kullanılacakları yerlerdeki tehlikeli alan koşullarını karşılayabilmeli ve bir yangının yaratabileceği potansiyel zararı daima akılda tutarak, birbirinden bağımsız olarak döşenmiş kabloların boylarını asgariye indirmek amacıyla dikkatli bir şekilde yerleştirilmelidirler.

Kablo yolları aşağıdaki şartları karşılayacak şekilde seçilmelidir:

- (1) Mümkün olduğunca kısa tutulmalıdırlar,
- (2) Personel veya trafik hareketini kısıtlayacak bir engel teşkil etmemelidirler,
- (3) Cihazın diğer kısımlarına bakım verilebilmesi için kullanılan alanları kısıtlamamalıdırlar,
- (4) Sıcak ortamlar veya potansiyel yangın riski taşıyan alanlardan uzak olmalıdırlar,
- (5) Döküntü olaylarının olması muhtemel veya buhar veya gaz kaçağlarının bir tehlike arzettiği alanlardan uzak olmalıdır.

Kablolar tüm uzunlukları boyunca bir kablo kanalı veya benzeri bir çelik iskelet ile desteklenmelidir. Kablo kanalları, tercihen genişlikleri dikey bir düzlemde olacak şekilde yerleştirilmelidirler. Bir tesisdeki kablo tablalarının düzeninin, bir bölgesel yangın çıkması durumunda hemen etrafında minimum sayıda cihaz zarar görecektir şekilde ayarlanması gerekmektedir. Kablo bağlantılarından, bağlantı kutuları içinde veya sonlandırma noktalarında olanlar haricinde kaçınmak gerekmektedir. Yer altından gelip bağlantı kutularına giren kablolar özel olarak ateşe dayanıklı bir boru veya benzeri bir muhafaza ile korunmalıdır.

2.6.2 Kablo Tipleri

Genelde kullanılması düşünölen üç tip sinyal kablo tesisatı mevcut olup bunlar:

- (1) Cihaz güç kaynakları (50 V'un üzerinde);
- (2) Yüksek-seviyeli sinyaller (6 ila 50 V arasında). Bu tip sinyaller sayısal, alarm ve yüksek seviye analog sinyallerini (örneğin; 4-20 mA) kapsamaktadır;
- (3) Düşük seviyeli sinyaller (5 V'un altında). Bu sinyaller genelde termokupl dengeleme veya direnç elemanı tellerini kapsamaktadır.

Sinyal tel tesisatı bükölmüş çiftler halinde yapılmalıdır. Katı iletkenler tercih edilmektedir. Çünkü bu tip iletkenlerde, bükölmüş çiftlerde oluşabilecek kırılmış kısımlardan kaynaklanan sinyal zayıflaması olayı yoktur. Bükölmüş iletkenler kullanıldıklarında ise kıvrılmış bağlantı köprüleri kullanılmalıdır. Kablo ekranları, kullanılan elektronik sistemin yeterli iç gürültü reddine sahip olduğu farzedildiği durumlar hariç özellikle düşük seviye cihaz sinyalleri için kullanılmalıdır. Daha fazla bir mekanik koruma, özellikle kablolar açık kablo kanalları gibi dış ortama maruz alanlarda döşenmiş iseler, bir PVC dış kılıfla birlikte tek-tel zırh formunda sağlanmalıdır. Eğer kum ile doldurulmuş durumdaki yer altındaki çukurlara döşenmiş olan kabloların geçtikleri alanlar hidrokarbon veya kimyasalların döküntüsüne açık olan alanlar ise bu kabloların kurşun bir kılıf ile kaplanması gereklidir.

2.6.3 Kablo Ayırma

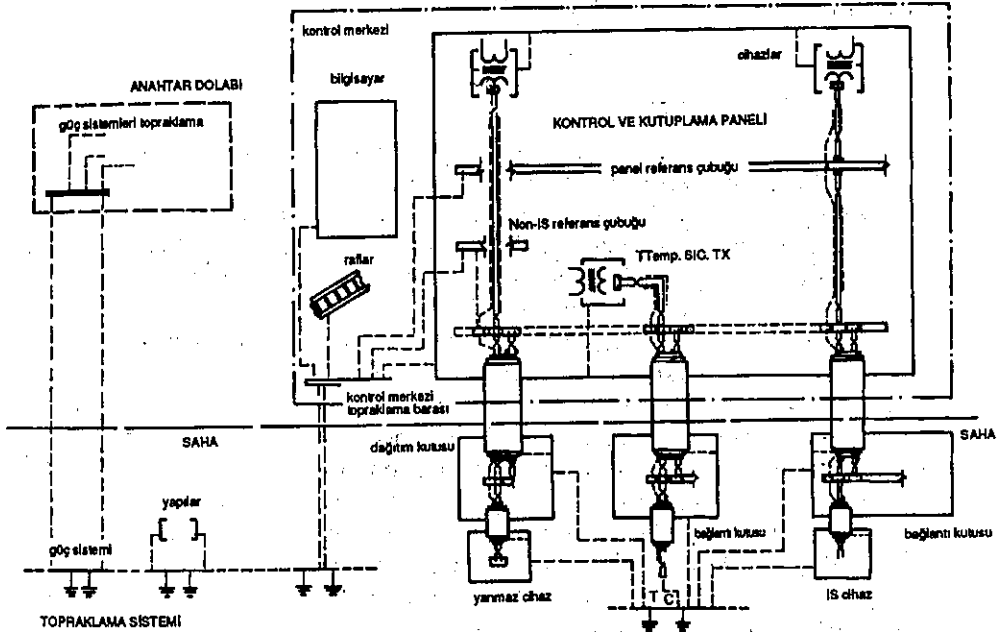
Bir çok-iletkenli kablo içerisinde sadece tek tip sinyaller taşınmalıdır. Ayrıca, yapısal emniyetli devrelerin bir bölümünü oluşturan iletkenler sadece bu tip devreler için ayrılan birçok iletkenli kablo içinden iletilmelidir. Yer seviyesinin üstünde veya altında kablo tesisatı döşeneceği zaman kablolar sinyal seviyelerine göre sınıflandırılmalı ve aralarında pozitif bir boşluk olacak şekilde birbirlerinden ayrılmalıdırlar. Genel bir kural olarak, düşük-seviyeli sinyal kabloları, yüksek seviyeli sinyal kabloları aralarında kalacak şekilde cihaz güç kablolarından oldukça uzağa döşenmelidirler. Farklı sinyalleri taşıyan kabloların birbirlerine paralel bir biçimde döşenmesi işleminden mümkün olduğunca kaçınılmalıdır. Çünkü bu tip kabloların paralel olarak yerleştirilmesi yüksek bir ihtimalle girişim olayına sebebiyet verecektir. Acil kapatma sistemleri veya veri yolları gibi yüksek-bütünlük sistemleri için kullanılan kablolar tamamiyle birbirlerinden farklı yollar izlemeli veya kesinlikle diğer kablolardan ayrılmalıdırlar. Cihaz kabloları ise mümkün olduğunca elektrik kablolarından ve motorlar gibi gürültü üreten cihazlardan uzakta olacak bir biçimde yerleştirilmelidirler. Kablo karşılaşmaları daima doğru açılarda yapılmalıdır.

Kablolardan kanallara içine yerleştirildikleri zaman, bu kanalların izledikleri yol kanalın iki yanındada olacak şekilde bir kablo işaret kalemiyle açıkça işaretlenmelidir.

2.7 Topraklama

2.7.1 Genel Şartlar

Cihazların topraklanması işlemine özellikle saha cihazları bilgisayar veya mikro-işlemci tip bir kontrol sistemine bağlandıkları zaman ayrı bir dikkat sarfedilmelidir. Kablo ekranlarının kullanıldığı yerlerde, bu ekranların topraklanması tüm tesisat boyunca olacak şekilde bir noktada, örneğin; kontrol odası gibi, gerçekleştirilmelidir. Tesisatın saha ucunda kablo ekranları topraklamadan bağımsız olacak şekilde uçlarından kesilir ve bantlanırlar. Yapısal emniyetli sistemler kontrol odasındaki topraklama baraları vasıtasıyla topraklanırlar. Cihaz muhafazaları, panel çerçeveleri v.b. gibi kısımların statik topraklamaları ise ortak bir fabrika elektrik toprak sistemine bağlanmalıdır. (Tipik bir topraklama sistemi için bkz. Şekil 2.2).



Şekil 2.2 Tipik bir kontrol merkezli-topraklama sistemi.

Cihaz topraklamaları kontrol merkezindeki ortak bir tevzi barasına bağlanmalıdır. Bu tevzi barasında bir bağımsız kablo (güvenlik ve test amacıyla muhtemelen bir benzeri mevcut) vasıtasıyla uzak bir topraklama elektrotuna bağlanmalıdır. Kontrol odasında ölçülen topraklama direnci, bir sistem üreticisi veya yetki veren bir otorite aksini belirtmediği sürece genelde 1 Ω 'u aşmamalıdır.

~~2.8 Test Etme ve Önyetkilendirme~~

2.8.1 Genel

Yeni bir işleme başlamadan önce, kurulması tamamlanmış bir cihaz, bütünüyle çalışır konumda olup-olmadığından emin olmak için test edilmelidir. Bu test normal olarak üç ayrı safhada gerçekleştirilmekte olup bunlar; ön-kurma testi, boru ve kablo tesisatının testi, çevrim testi veya önyetkilendirme-dir.

2.8.2 Ön-Kurma Testi

Bu işlem, her cihazın tesisinin yapılmasından önce doğru bir şekilde kalibrasyon ve çalışmasının test edilmesi işlemidir. Bu test normal olarak amacı için uygun cihazlarla donatılmış, ölçülecek değişken sinyalleri üretecek bir sisteme ve ayrıca cihaz giriş ve çıkışlarını doğru bir şekilde ölçebilecek yöntemle sahip atölyede gerçekleştirilir. Test cihazları, test edilecek cihaz için üreticisinin belirttiği hassasiyetten daha iyi bir hassasiyete sahip olmalı ve aynı zamanda düzenli aralıklarla onaylanmalıdırlar.

Cihazların hem yükselen, hemde alçalan sinyaller için kalibrasyon kontrolleri normal olarak üreticinin vermiş olduğu toleranslar içinde olacak şekilde beş noktada (% 0, 25, 50, 75 ve 100) yapılır.

Test işlemi tamamlandıktan sonra, eğer herhangi bir test sıvısı kullanılmış ise cihazlar bunlardan arındırılmalıdır. Gerekli görüldüğü takdirde cihazlar kuru hava ile kurutulmalıdırlar. Elektronik cihazlara kalibrasyon testine tabi tutulmalarından evvel 24 saat süreyle enerji verilir. Kontrol valfleri, boru tesisatının döşenmesi ve yıkanması işlemlerinden sonra, buldukları yerlerinde test edilmelidirler. Kontrol valfleri % 0, 50 ve 100 açık konumlarda doğru çarpma için kontrol edilmelidirler. Aynı zamanda valflerin düzgün olarak kapanıp kapanmadıklarında gözden geçirilmesi gerekmektedir.

2.8.3 Boru ve Kablo Tesisatının Testi

Bu çevrim testinden önce gerçekleştirilmesi gereken bir operasyondur.

2.8.3.1 Pnömatik Hatlar

Tüm hava hatları cihaza son bağlantılar yapılmadan önce temiz ve kuru hava ile temizlenmelidir. Bu hatlar ayrıca sızdırmaz olup olmadıklarının saptanması için belirli zaman aralıklarında basınç testine tabi tutulmalıdır. Bu test; tesisatın bulunduğu kısımdan gideceği yere (örneğin; kontrol odası) kadar tüm hat boyunca sürekli bir test şeklinde uygulanmalıdır.

2.8.3.2 Proses Boru Tesisatı

Impuls hatları da cihazlara bağlantıları yapılmadan evvel temizlenmeli ve hidrostatik olarak test edilmelidir. Tüm izolasyon veya manifold valfleri sıkı bir şekilde kapanıp-kapanmadıklarının anlaşılabilmesi için kontrol edilmelidir. Hidrostatik testler tamamlandıktan sonra tüm boru tesisatı herhangi bir cihaza bağlanmadan evvel boşaltılmalı ve kurutulmalıdır.

2.8.3.3 Cihaz Kabloları

Tüm cihaz kabloları herhangi bir cihaz veya aparata bağlanmadan evvel süreklilik ve yalıtım direnci için kontrol edilmelidirler. Direnç, çekirdekten çekirdeğe ve çekirdekten toprağa olacak şekilde kontrol edilmelidir. Kablo ekranları da süreklilik ve yalıtım açısından kontrol edilmelidir. Kablo testleri IEE Elektrik tesisatı talimatnamesinin (en son baskı) 6. bölümünde belirtilen düzenlemelere veya tesisatın uyması gereken kural veya şartlara uygun olarak yapılmalıdır. Kabloların yeraltına döşendiği kısımlarda test, kanallar kapatılmadan önce gerçekleştirilmelidir. Koaksiyal (iç içe) kablolar sinüs-dalga yansıma teknikleri kullanılarak test edilmelidir. Kablo testi için bir önkoşul olarak tüm kabloların ve kablo uçlarının işaretlenmesi sağlanmalıdır.

2.8.4 Çevrim Testi

Çevrim testinin amacı, bir çevrim içindeki tüm enstrümantasyon elemanlarının birbirlerine bağlandıkları ve tesis yetkilendirilmesi için hazır oldukları zaman, tamamen çalışır bir konumda olmalarını temin etmektedir.

Çevrim testinden önce montaj, boru ve kablo, tesisatın tamamlandığını ve yapılan işin profesyonel bir biçimde yapıldığını teyit etmek amacıyla kontrol edilmelidir.

Çevrim testi genelde iki kişi ile gerçekleştirilen bir işlem olup, bu kişilerden biri sahada, diğeri ise bir arazi telefonu veya bir alıcı-verici radyo ile birlikte kontrol odasındadır. Simülasyon sinyalleri, cihazın aralığının % 0, 50 ve 100'üne eşit olacak bir biçimde hattın saha ucundan verilmeli ve çevrim fonksi-

yonu hem artan, hemde azalan modlarda doğru bir operasyon için kontrol edilmelidir. Elde edilen tüm sonuçlar düzgün olarak kalibrasyon veya çevrim kontrol sayfa larına kaydedilmelidir. Ayrıca çevrim dahilindeki tüm yardımcı teçhizat da kontrol edilmelidir.

Alarm ve kapama sistemleri de sistematik bir biçimde test edilmeli ve tüm sistemler termokupl tesisatlarının yanma özelliklerinin kontrolü de dahil olmak üzere "emniyetli bir bozulma" için gözden geçirilmelidir. Cihaz sıfırlamaları, sıvı sızdırmazlık parçalarının doldurulması ve kartlar, mürekkep ve sigortalar gibi aksesuarların takılması ve benzeri yardımcı işlemler çevrim-kontrol aşamasında tamamlanmalıdır.

2.9 Tesis Yetkilendirme

Yetkilendirme işlemi bir proses tesisini tam üretime, ayrıca tüm cihaz ve kontrolleri proses koşullarına uygun hale getirmek için gerçekleştirilen bir düzenleme olayıdır. Bundan dolayı bir tesis veya bir kısmı, tüm cihaz tesisleri mekanik olarak tamam ve çevrim testi dahil tüm testler sonuçlandırıldığı takdirde yetkilendirme için hazır hale gelir. Yetkilendirme olayına kalkışılmadan önce, tüm hava girişlerinin mevcut ve acil destek kaynakları dahil tüm güç kaynaklarının tümüyle çalışır durumda olduklarının teyit edilmesi gereklidir. Bunlara ilaveten, koruyucu ısıtma sistemleri, havalandırma v.b. gibi yardımcı sistemlerin de çalışır konumda oldukları görülmelidir. Tüm kontrol valf yağlayıcıları (bağlandıkları zaman) doğru yağ ile doldurulmalıdırlar.

Yetkilendirme genelde ilk olarak aşırı sürülmüş kontrol modundaki ölçüm sistemini yetkilendirerek yapılır. Tatmin edici ölçülmüş bir değişken elde edildiği zaman, bir kontrol sisteminin uyumluluğu el ile kontrol fonksiyonunu kullanarak, kontrol valf pozisyonunu değiştirmek suretiyle anlaşılabilir. Sistemin doğru olarak tepki verdiği görüldüğü ve istenen proses değişken okuması elde edildiği zaman, kontrol fonksiyonunu faaliyete geçirmek için "otomatik" pozisyonuna geçmek mümkündür. Bu işlemden sonra, tesisin otomatik olarak çalışmasına uyacak optimum ayarlamaların bulunması için kontrol düzeni tepkileri ayarlanmalıdır.

Alarm ve kapama sistemleri de sistematik olarak çalışır konuma getirilmelidir, ancak uyarma veya kapama sistemlerini çalıştırmadan evvel tesisin işlem idarecisi ile bir anlaşma yapmak gereklidir.

En son olarak, tesis sahibinden resmi bir onay alınmadan önce, tüm enstrümantasyon ve kontrol sistemlerinin tatminkar bir şekilde çalıştığını göstermek gerekecektir.

3. NUMUNE ALMA

J. G. GILES

3.1 Giriş

3.1.1 Numune Almanın Önemi

Herhangi bir analiz cihazı, ancak numune alma sistemi kadar etkili olabilir. Analiz cihazları, diğer nedenlerden ziyade numune alma sistemlerinde meydana gelen arızalar sebebiyle sıklıkla görev yapamaz hale gelmektedir. Bu nedenle etkili bir numune alma sisteminin tasarımı ve tesisi için harcanan zaman ve dikkat, tamiri için harcanacak zamanın azlığı ve cihazın okuduğu değerlerin doğruluğu olarak geri kazanılacaktır. Bir numune alma sisteminin amacı, yeterli ve kararlı bir orandaki analiz edilecek katı, sıvı veya gazlardan bir örnek numune almak ve alınan bu numuneyi herhangi bir değişikliğe maruz bırakmadan analiz cihazına ulaştırmaktır. Bütün bu olayların gerçekleştirilebilmesi için bu arada gerekli önlemler alınmalıdır. Numune cihaza girmeden önce, belli başlı komponentlerini uzaklaştırmaksızın doğru sıcaklık, basınç, akış, safiyet v.b. gibi fiziksel ve kimyasal şartlara getirilmesi gerekebilir. Ayrıca, analiz sonrasında herhangi bir zehirlenme veya patlama tehlikesine sebebiyet vermeksizin numune ve eğer kullanılmış ise reaktifleri atmak gereklidir. Bu nedenle, numune analiz işleminden sonra uygun bir noktada sürekli bir şekilde prosese geri döndürülür veya bir numune geri kazanma veya atık sistemi kurulur.

3.1.2 Temsili Numune

Alınan numunenin proses malzemesinin ortalama kompozisyonunu temsil etmesi gereklidir. Dengesiz numune alma probleminin önüne geçmek için kullanılan yöntemler, proses numunesinin katı, sıvı, gaz veya karışık-faz formlarından hangisinden olduğuna bağlıdır.

3.1.2.1 Katılar

Proses numunesi plaka formunda bir katı olduğu zaman, tüm plakayı durumunun ne olduğunu saptamak (örneğin; kalınlık, yoğunluk veya nem ölçümlerinin yapılması) amacıyla incelemek gereklidir. Bir noktada yapılan bir ölçüm, ölçülecek parametrenin temsili bir değerini vermesi açısından yetersiz olacaktır.

Eğer katı üniform boyutlardaki granül veya toz formunda ise bir kayış üzerine veya bir kanal içine konulup, homojen olarak karıştırıldıktan sonra buradan alınacak numune oldukça temsili bir numune olacaktır. Eğer katının

nem ve yoğunluk ölçümleri, katı dikey bir kanal içindeyken yapılabilirse, yığın yoğunluğu problemlerinin önüne geçilebilir.

Katıların çamur halinde taşındığı bazı endüstrilerde analizi doğrudan çamur üzerinden almak mümkündür. Ancak bu, taşıyıcı sıvıyı karşılayacak bir yöntem mevcut ve ayrıca hızlar, ölçüm noktasında türbülanslı bir akış temin edecek kadar yüksek ise gerçekleştirilebilir.

Farklı boyutlardaki katılardan numune almak çok daha zor olup konu hakkında yapılan özel çalışmalara başvurulmalıdır.

3.1.2.2 Sıvılar

Sıvılardan numune alınacağı zaman, sıvı proses hattında türbülanslı olmalı veya numune alma noktası ile sıvıya ilavelerin yapıldığı nokta arasında en az 200 boru çapı kadar mesafe bulunmalıdır. Eğer her ikisi de mümkün değilse hareketli veya sabit bir mikser numune alma noktasına daldırılmalıdır.

3.1.2.3 Gazlar

Gaz numuneler tümüyle karıştırılmalıdır ve gaz proses hatları genelde türbülanslı olduğu için tatminkâr bir numune alma noktası bulabilme problemi azdır. Bu kurala en büyük istisnai durum, fırın veya kazan baca kanalı gibi katmanlaşmanın oluşabileceği ve gaz kompozisyonunun bir noktadan diğer bir noktaya değişebildiği büyük kanallardır. Bu durumlarda, çok sayıda sondaj cihazları veya birden fazla girişe sahip uzun sondajlar kullanmak gibi özel numune alma yöntemlerine başvurulabilir.

3.1.2.4 Karışık - Fazlı Numuneler

Sıvı/gaz karışımları veya sıvı/katı (diğer bir deyişle çamur) karışık fazlı numuneler, prostenen bir numune almayı gerektiren analitik yöntemler için uygun değildir. Bu tip numuneler için nereye yerleştirilmesi uygun ise orada bulunan ve sistemin içinde olan bir analiz yöntemi kullanmak daima tercih edilir.

3.1.3 Analiz Cihazının Bölümleri

Analiz cihazı beş ana kısımdan oluşmakta olup bunlar:

(1) Numune sondaj cihazı;

- (2) Numune-nakil sistemi;
- (3) Numune-işleme teçhizatı;
- (4) Analiz cihazı;
- (5) Numune boşaltma.

3.1.3.1 Numune Sondaj Cihazı

Numuneyi prosesten çekmek amacıyla kullanılan bir numune tüpüdür.

3.1.3.2 Numune-Nakil Sistemi

Bu sistem; numuneyi, numune alma noktasından işleme sistemine ileten bir tüp veya borudan ibarettir.

3.1.3.3 Numune-İşleme Sistemi

Bu sistem; analiz cihazının, numuneyi doğru basınçta ve uygun konumda almasını sağlar. Bu ise, cihazı proseste meydana gelecek değişikliklerden korumak amacıyla basıncın artırılması (diğer bir deyişle pompalar) veya azaltılması, filtrasyon, kurutma ve diğer işlemler için kullanılacak teçhizatları gerektirebilir. Ayrıca, güvenlik teçhizatı ve kalibrasyon numunelerinin analiz cihazına verilebilmesini sağlayan sistemler de gerekli olabilir.

3.1.3.4 Analiz Cihazı

Bu cihaz güç, hava, buhar, akıtma ventilleri, taşıyıcı gazlar ve cihazı çalışır durumda tutmak için gerekli olan sinyal uyumlaması gibi tertibatları içeren komple bir proses analiz cihazıdır. (Analiz teknikleri *Cihaz Teknolojisi* kitabının 2. cildinde anlatılmaktadır).

3.1.3.5 Numunelerin Atılması

Analiz cihazından ve numune -işleme sisteminden gelen numune güvenli bir şekilde atılmalıdır. Birçok durumda gazları atmosfere bırakmak ve sıvıları da kanalizasyon sistemine vermek mümkün olabilir. Diğer taraftan bu işlemlerin tatminkâr olmayacağı durumlar da olacaktır. Alev alabilir veya zehirli gazlar herhangi bir tehlikeye sebebiyet vermeyecek şekilde atılmalıdırlar. Hidrokarbonlar gibi sıvılar uygun bir tank içinde toplandıktan sonra prosese geri pompalanabilir. Oysa tehlikeli sıvıları kanalizasyon sistemine bırakmadan önce bir ön işleme tutulmak zorunda kalınabilir.

3.1.4 Gecikmeler

Herhangi bir analiz cihazında, özellikle bir kontrol ünitesi ile birlikte kullanılabilen bir cihazda, proses sıvısında bir değişikliğin meydana gelmesi ile bu değişikliğin cihaz tarafından algılanması arasındaki zaman aralığının güvenilir bir ölçüm ile uyumlu olması şartıyla mümkün olduğunca kısa olması gereklidir. Bunu gerçekleştirebilmek için ise aşağıdaki hususlar dikkate alınmalıdır.

3.1.4.1 Numune-Nakil Hattının Uzunluğu

Numune alma noktası ile analiz cihazı arasındaki mesafe minimum tutulmalıdır. Uzun numune-nakil hatlarının kaçınılmaz olduğu durumlarda ise bir 'hızlı çevrim' kullanılabilir. Hızlı çevrim, numuneyi analiz cihazı tarafından öngörülen akış hızından daha yüksek bir hızda iletir ve numune fazlası ya prosese geri döndürülür ya da atmosfere veya kanalizasyona bırakılır. Analiz cihazı hızlı çevrimden kısa bir boru vasıtasıyla gerekli miktardaki numune ile beslenir.

3.1.4.2 Numune Alma Elemanları

Boru, valfler, filtre ve tüm numune işleme elemanları müsaade edilen bir basınç düşüşüyle uyumlu olmak şartıyla en küçük hacme sahip olmalıdır.

3.1.4.3 Basıncın Düşürülmesi

Gazlı numuneler önce filtrelenmeli ve daha sonra elde edilmesi mümkün olan en düşük basınçta numune hattına bırakılmalıdırlar. Çünkü sistemdeki gazın kütlesi, basıncına ve hacmine bağlı olarak değişmektedir.

Yüksek basınçlardaki gazlardan numune alınacağı zaman, numune alma noktasına bir basınç-azaltıcı valf yerleştirilmelidir. Bu valf gereklidir, çünkü gazın sabit bir kütle akış hızı için tepki zamanı numune hattındaki gazın mutlak basınç değeriyle orantılı bir şekilde artmaktadır (diğer bir deyişle 10 bar A'daki gaz, 2 bar A'daki gazın beş katı gecikmeye sahip olacaktır). Bu problem, eğer numune analiz işlemi için buharlaştırılması gereken bir sıvı ise, daha karmaşık hale gelecektir (örneğin sıvı bütan veya propan)

Gaz hacminin sıvı hacmine oranı 250:1 civarında olabilir. Örneğin; propan için bir oran geçerlidir. Bu yüzden, sıvıyı numune alma noktasında buharlaştırmak ve daha sonra da bir gaz numune gibi değerlendirmek gereklidir.

3.1.4.4 Tipik Eşitlikler

$$(1) t = \frac{L}{S}$$

t = gecikme süresi

S = hız (m/s)

L = hat uzunluğu (m)

(2) İdeal gazlar için genel gaz kanunu:

$$\frac{pv}{T} = \frac{8314 \times W}{10^5 \times M}$$

p = basınç

T = mutlak sıcaklık (K)

v = hacim (l)

W = kütle (g)

M = moleküler ağırlık

(3) Hat hacmi:

$$\frac{\pi d^2}{4} = V_1$$

d = tüpün iç çapı (mm)

V₁ = hacim (ml/m)

(4)

$$t = \frac{6L \times V_1}{100F}$$

L = hat uzunluğu (m)

V₁ = hattın iç hacmi (ml/m)

F = numune akış hızı (l/dk)

t = gecikme süresi (s)

(Bir hızlı çevrim hesaplaması için Bölüm 3.3.2.2 (Tablo 3.1.)'e bakınız)

3.1.4.5 Bazı Faydalı Veriler

Tipik numune hatlarının metre başına iç hacmi (V_I):

$$\frac{1}{8} \text{ inç OD} \times 0,035 \text{ et kalınlığı} = 1,5 \text{ ml/m}$$

$$\frac{1}{4} \text{ inç OD} \times 0,035 \text{ et kalınlığı} = 16,4 \text{ ml/m}$$

$$\frac{3}{8} \text{ inç OD} \times 0,035 \text{ et kalınlığı} = 47,2 \text{ ml/m}$$

$$\frac{1}{2} \text{ inç OD} \times 0,065 \text{ et kalınlığı} = 69,4 \text{ ml/m}$$

$$\frac{1}{2} \text{ inç nominal iç çaplı çelik boru} \\ \text{(mukavemeti daha yüksek) (13,88 mm ID)} = 149,6 \text{ ml/m}$$

$$3 \text{ mm OD} \times 1 \text{ mm et kalınlığı} = 0,8 \text{ ml/m}$$

$$6 \text{ mm OD} \times 1 \text{ mm et kalınlığı} = 12,6 \text{ ml/m}$$

$$8 \text{ mm OD} \times 1 \text{ mm et kalınlığı} = 28,3 \text{ ml/m}$$

$$10 \text{ mm OD} \times 1 \text{ mm et kalınlığı} = 50,3 \text{ ml/m}$$

$$12 \text{ mm OD} \times 1 \text{ mm et kalınlığı} = 63,6 \text{ ml/m}$$

(Not: OD = Borunun dış çapı, ID = Borunun iç çapı)

3.1.5 Konstrüksiyon Malzemeleri

Paslanmaz çelik (316 veya 304 tipinde), yüksek korozyon direnci, düşük yüzey adsorpsiyonu, geniş bir kullanım sıcaklığı aralığı, yüksek basınçlara dayanabilmesi ve kolay elde edilebilme özelliklerinden dolayı numune alma sistemlerinin konstrüksiyonunda kullanılan en popüler malzemelerden birisi haline gelmiştir. Numune bünyesinde klorürler ve sülfürler gibi korozyona sebebiyet verecek empüritelerin bulunup bulunmadığına dikkat etmek gerekmektedir. Eğer bu tip bir durum mevcut ise Monel gibi daha pahalı malzemeler tercih edilir.

Atmosferik numune alma işlemi az miktardaki bileşenler için yapıldığı zaman, genelde teflon boru kullanılır. Çünkü bileşiklerin yüzey adsorpsiyonu, paslanmaz çeliğinkinden daha azdır. Diğer yandan, ölçümü yapılacak bileşiğin borunun cidarlarına nüfuz edip etmediğinin de kontrol edilmesi gerekir.

Su analizleri için (örneğin; pH ve iletkenlik ölçümleri), PVC veya ABS gi-

bir plastik elemanları kullanmak mümkündür. Klorürlü ortamlarda (örneğin; tuzlu suda) ise Kunifer 10 (% 90 bakır, % 10 nikel) gibi malzemeler, klorür korozyonuna karşı olan dirençlerinden dolayı kullanımının tercih edilmelidir.

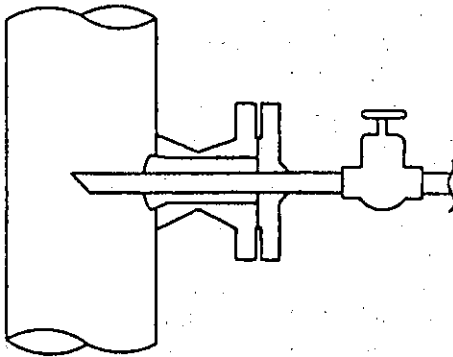
3.2 Numune Sistem Elemanları

3.2.1 Sondaj Cihazları

Bir sondaj cihazının en önemli fonksiyonu, proses hattındaki en temsil edici noktadan (veya noktalardan) numune almaktır. Bu sondaj cihazları termokupullar, basınç ölçer v.b cihazlar olabileceği gibi sistemden numune alan borular da olabilmektedir.

3.2.1.1 Numune Sondaj Cihazı

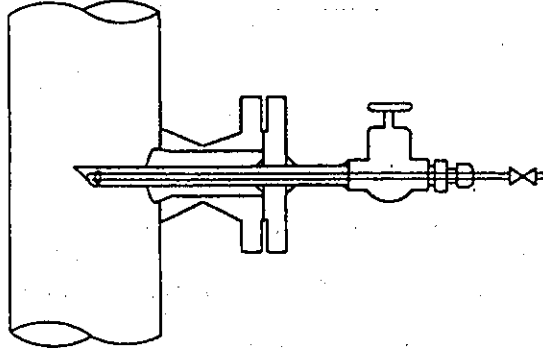
Düşük basınçlardaki tüm sıvılar ve gazlardan numune almak için kullanılan bu sondaj Şekil 3.1'de gösterilmektedir. Şekilden görülebileceği üzere 21 mm OD (11,7 mm ID) paslanmaz çelik borudan yapılmış sondaj cihazı, numune alınacak hattın merkezine uzatılır. Bununla birlikte hattın dış çapı 500 mm'den daha fazla ise, sondajın hat içine girişi kullanım esnasında titreşimi engellemek amacıyla 240 mm olarak sabit tutulur.



Şekil 3.1 Numune alma Sondaj cihazı (Ludlam Sysco'dan alınmıştır).

3.2.1.2 Düşük Hacimli Numune Sondaj Cihazı

Bu cihaz buharlaştırılmaları gereken numune sıvılar veya yüksek basınçtaki gazlar için kullanılır (Şekil 3.2.). Tipik olarak 6 mm OD x 2mm ID boyutlarında bir tüp, Bölüm 3.2.1.1 'de tanımlanan tipteki bir cihazın içine sokulur. Bu cihaz, daha sonra temizleme amacıyla geri çekilebilir.

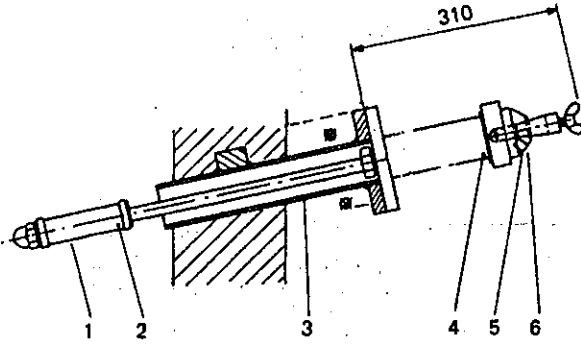


Şekil 3.2 Düşük hacimli numune sondaj cihazı
(Ludlam Sysco'dan alınmıştır).

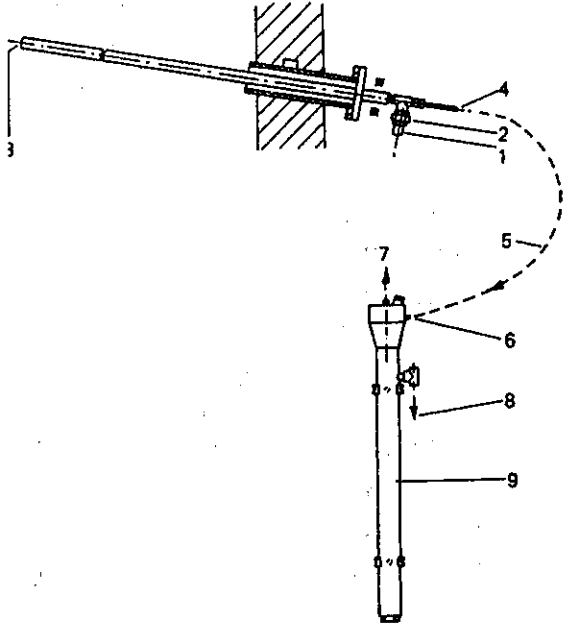
3.2.1.3 Fırın Gazlarından Numune Almak İçin Kullanılan Sondaj Cihazları

Düşük sıcaklık cihazı- Şekil 3.3 400°C 'a kadar olan sıcaklıklarda için kullanılabilen, bir harici filtreye sahip seramik bir gaz numune alma cihazını göstermektedir.

Su yıkamalı cihaz Bu sondaj sistemi yüksek sıcaklıklarda (1600°C'a kadar olan sıcaklıklar) yüksek miktarda toz içeren fırın gazlarından numune almak amacıyla kullanılır (Şekil 3.4.) Bu ıslak gaz numune alma cihazı su soğutmalı ve kendiliğinden çalıştırılmalıdır. Su-gaz karışımı sondaj içinde yukarıdan aşağıya doğru akarak bir su kapanına gelir ve burada gaz ve su birbirinden ayrılır. Gaz, kapanı yaklaşık 40 m bar basınçta terk eder. Analiz cihazı içinde yoğunlaşmayı engellemek için çeşitli önlemlerin alınması gerekli olup, bunun için ya analiz cihazı su kapanının sıcaklığından daha yüksek bir sıcaklıkta tutulur, ya da numune gazı, nemini azaltmak amacıyla 5°C sıcaklıktaki bir numune soğutucusundan geçirilir.



Şekil 3.3 Gaz-numune sondaj cihazı (Hartmann ve Braun'dan alınmıştır).
 1. Gaz girişi; 2. Seramik giriş filtresi; 3. flanşlı rakor; 4. Çıkış filtresi (kabıyla birlikte); 5. Diş çekilmiş vida kafası; 6. Gaz çıkışı .

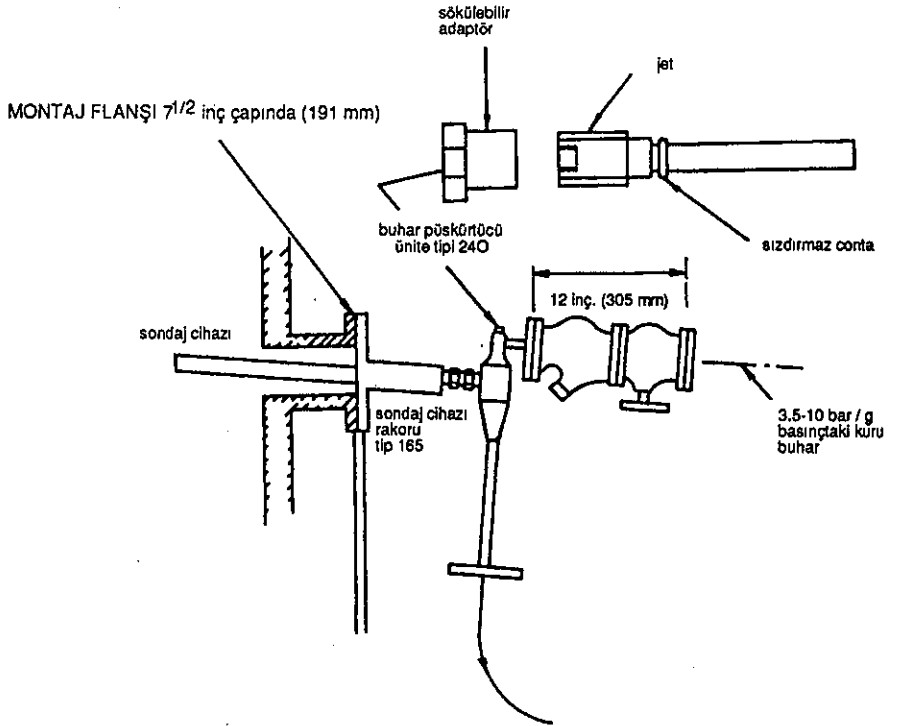


Şekil 3.4 Su yıkamalı sondaj cihazı (Hartman ve Braun'dan alınmıştır). 1. Su girişi; 2. Su filtresi; 3. Gaz girişi; 4. Gaz-Su çıkışı; 5. Bağlantı hortumu; 6. Gaz-Su girişi; 7. Gaz çıkışı; 8. Su çıkışı; 9. Su ayırıcı.

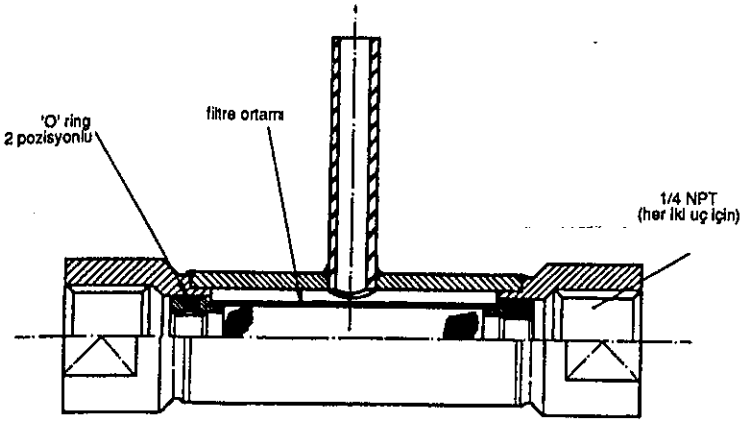
Not: Bu sondaj cihazı CO₂, SO₂ veya H₂ S gibi suda çözünebilir gazların ölçümleri için uygundur.

Buhar püskürtücü- Şekil 3.5'de gösterilen buhar püskürtücü sıcaklığı 180°C 'a kadar olan numuneler için kullanılabilir. Yoğunlaşan buhar baca gazında mevcut olan yoğunlaşmış kütleyi seyrelttiği için, ve numune hatlarının korozyona uğrama riski buhar/gaz numunesi yoğunlaşma noktasına soğuduğu zaman büyük oranda azalır.

Kuru buhar sondaj cihazına verilir ve daha sonra bir venturinin ağız kısmına yerleştirilmiş bir jet vasıtasıyla püskürtülür. Buharın akışı numune gazının sondaj cihazı içine emilmesine sebebiyet verir. Buhar ve gaz cihaz içinden geçer ve pozitif bir basınçta numune hattından analiz cihazına gider. Numune hattı boyunca buhar akışı herhangi bir korozyona sebep olabilen bir çökeltilerin oluşumunu engeller.



Şekil 3.5 Buhar püskürtmeli sondaj cihazı (Servomex'den alınmıştır).



Şekil 3.6 Dahili filtre (Microfiltrex'den alınmıştır).

3.2.2 Filtreler

3.2.1.1 'Y' Tipi Filtreler

'Y' tipi filtreler paslanmaz çelik, karbon çeliği ve bronz malzemelerden yapılır. Bu tip filtreler numune hatlarına yabancı parçacıkların girişini engellemek amacıyla pompalardan evvel veya numune alma noktalarına yerleştirilen filtreler olup numunelerin ilk süzülme işlemi için uygundur. Filtrasyon boyutları $75-400 \mu$ (200 - 40 mesh) arasında değişmektedir. Bu tip filtrelerin kullanıldığı başlıca alanlar sıvılar ve buharlardır.

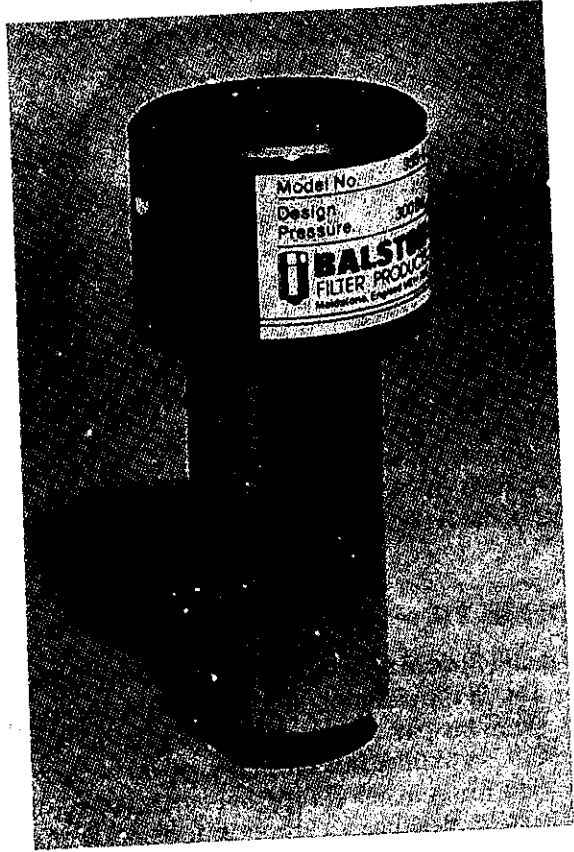
3.2.2.2 Dahili Filtreler

Bu tip bir dahili filtre dizaynı normalde bir hızlı çevrim konfigürasyonu içinde kullanılır. Dahili filtreler otomatik olarak temizlenen filtrelerdir (Şekil 3.6). Filtreleme işlemi bir paslanmaz çelik veya seramik eleman vasıtasıyla gerçekleştirilir. Katı partiküller numune akıntısında taşınma eğilimi gösterdikleri için bu tip bir filtrenin bakımı için harcanan zaman düşüktür. Filtrasyon boyutları 150μ (100 mesh) ile 5μ arasında değişmekte olup genelde sıvılar veya gazlar için uygundur.

3.2.2.3 Atılabilir Mikrofiber Elemanlı Filtreler

Bu tip filtreler birçok değişik ebatlarda ve gözeneklerde mevcuttur (Şekil 3.7). Gövdeler paslanmaz çelik, alüminyum veya plastik esası olabilir. Elemanlar cam mikrofiberlerden yapılmış olup reçine veya florokarbon ile bağlanır. Florokarbon-bağlı filtreler düşük adsorpsiyon/desorpsiyon özelliklerinden dolayı özellikle düşük oranda nem içeren uygulamalar için tercih edilirler.

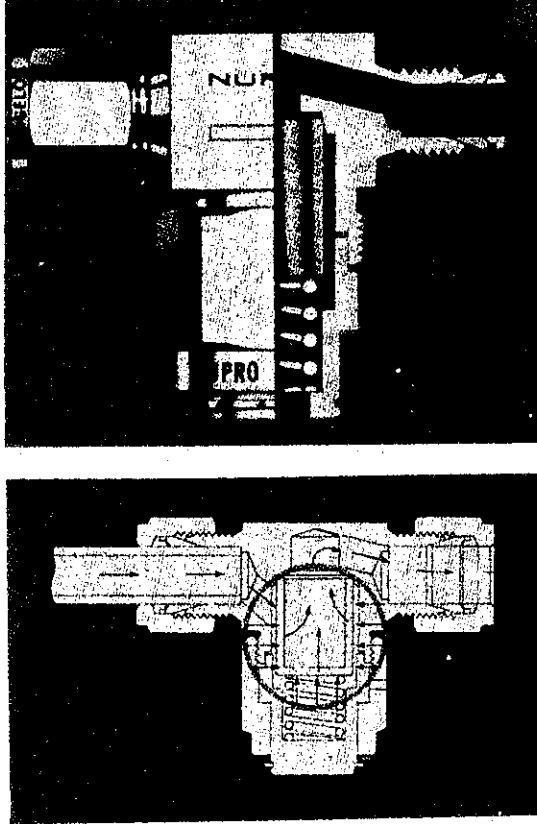
Bu gruba dahil olan küçük filtre 19 ml 'lik bir hacme sahip olup bu nedenle hızlı bir tepki zamanı gereken durumlar için uygundur.



Şekil 3.7 Atılabilir elemanlı filtre (Balston'dan alınmıştır).

3.2.2.4 Minyatür Dahili Filtre

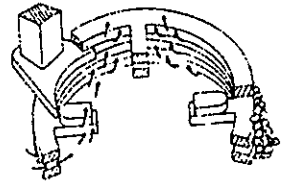
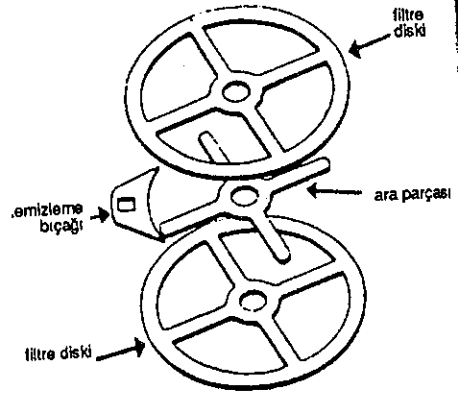
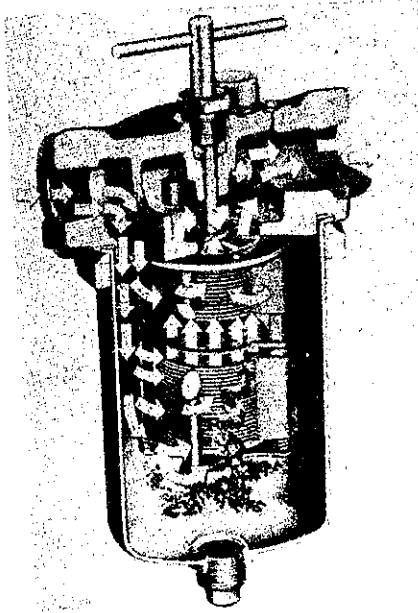
Bu filtreler basınç düşürülmesinden evvel gazların filtrasyonu için kullanılır ve sıklıkla analiz cihazını korumak amacıyla numune sisteminde son elaman olarak yerleştirilir (Şekil 3.8).



Şekil 3.8 Minyatür dahili filtre (Nupro'dan alınmıştır).

3.2.2.5 Elle Temizlenebilir Filtre

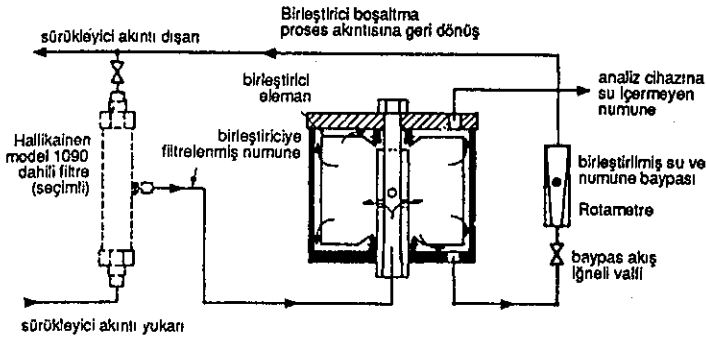
Bu tip bir filtre genelde paslanmaz çelikten yapılmış ve bir elle temizleme sisteminin üzerine yerleştirilmiş diskleri kullanan bir kenar filtrasyonu prensibiyle çalışmaktadır (Şekil 3.9). Filtre, numune akışı sırasında filtre elemanı üzerinde birikmiş olan pislikleri kaldırmak için bir kolu çevirmek suretiyle temizlenir. Bu filtrelerin başlıca kullanım alanları sıvıların filtrasyonu olup bu tip filtrasyonlarda filtre kullanarak temizleme işlemi düzenli bir şekilde sistem durdurulmaksızın gerçekleştirilmelidir. Ayrıca elle temizlenebilir filtreler normal bir filtreyi hızlı bir şekilde tıkayacak yapışkan malzemeler içinde uygundur.



Şekil 3.9 Elle temizlenebilir filtre (AMF CUNA'dan alınmıştır).

3.2.3 Birleştiriciler (Coalescers)

Bu tip filtreler suyu yağdan veya yağı sudan ayırmak amacıyla kullanılan özel filtrelerdir (Şekil 3.10). Filtreye giren numune özel işlem gormuŐ bir filtre elemanının merkezinden geçerek dışarı çıkar. Bu geçiş esnasında yağın içinde dağılmış durumda olan su tutulur ve biraraya getirilir, böylece damlacıklar haline gelen su dış yüzeye ulaŐır ve daha sonra hidrokarbondan daha yoğun olduğu için aşağıya doğru akar. Bir baypas akıntı filtrenin tabanından suyu uzaklaŐtırmak amacıyla alınır. Kuru hidrokarbon akıntısı ise, filtrenin st kısmından alınır.



Şekil 3.10 Birleştirici (Fluid Data'dan alınmıştır).

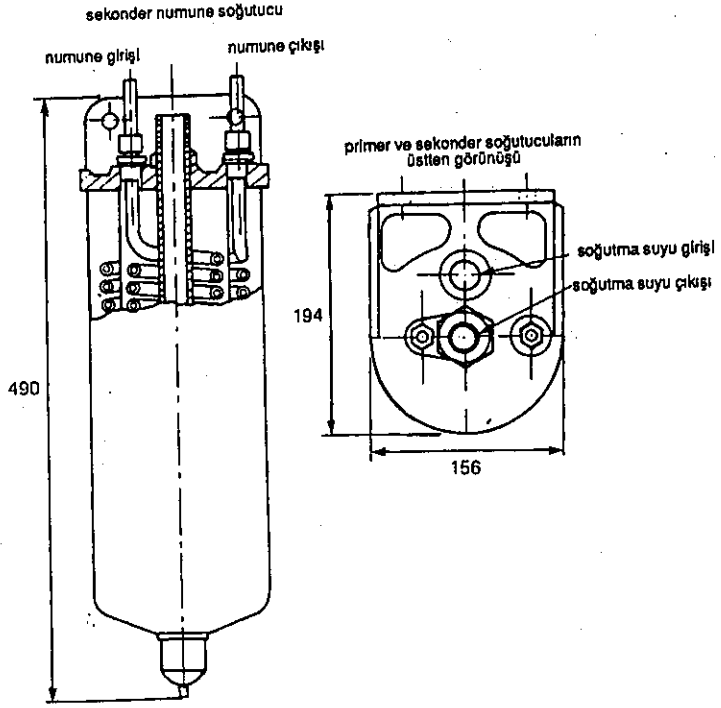
3.2.4 Soğutucular

3.2.4.1 Hava Soğutucular

Bu tip soğutucular genelde numune gazının sıcaklığını analiz cihazına beslenmeden evvel evre sıcaklığına getirmek için kullanılırlar.

3.2.4.2 Su-Ceketli Soğutucular

Bu tip soğutucular sıvı ve gaz numunelerini soğutmak amacıyla kullanılır. Bunlar, çeşitli boyutlarda olabilir (Şekil 3.11).



**şekil 3.11 Su ceketli soğutucu (George E. Lowe'den alınmıştır).
Boyutlar mm olarak verilmiştir.**

3.2.4.3 Frigorifik Soğutucular

Bu tip soğutucular, bir gazın sıcaklığını sabit bir değere (rneğin; +5°C) düşürmek için kullanılır. Sıcaklığı düşürmedeki amaç; gaz, analiz cihazına girmeden evvel numune içindeki mevcut suyu yoğunlaştırmaktır. İki tip frigorifik soğutucu mevcut olup bunlardan birisi elektrik ile çalışan kompresör tip, diğeri ise bir Peltier soğutma elemanı kullanan tiptir. Kompresör tipli soğutucu büyük bir soğutma kapasitesine sahiptir. Peltier tip soğutucu ise sabit olup daha az bakım gerektirir.

3.2.5 Pompalar, Gaz

Gaz halindeki numuneler, analiz cihazının gerektirdiği basınç değerinin altındaki basınca sahip numune alma noktalarından alınmak zorunda kaldıklarından, bir numune pompasının kullanılması gerekir. Bu iş için mevcut olan pompalar kabaca iki gruba ayrılabilir:

- (1) Eductor veya aspiratör tip;
- (2) Mekanik tip.

3.2.5.1 Eductor veya Aspiratör Tip Pompalar

Bu tipteki tüm pompalar, sıvı veya gaz bir akışkanın hızından numune gazı içinde bir akışa sebebiyet vermek amacıyla yararlanma prensibi üzerinde çalışır. Pompa, uygulamaya bağlı olarak analiz cihazından önce veya sonra yerleştirilebilir. Su ile çalışan bir aspiratör tip pompanın (laboratuvar vakum pompasına benzer) tipik bir uygulaması, baca gazından oksijen ölçümü için numune almaktır. Bu uygulamada, pompanın emme kısmı bir numune hattı üzerinde doğrudan sondaj cihazına bağlıdır. Çıkıştan alınan su/gaz karışımı, numune gazını yaklaşık 300 mm su sütünlük bir pozitif basınçta analiz cihazına verecek şekilde ayarlanmış bir ayırıştırıcıyla beslenir.

Suyun analizi etkileyeceği durumlarda ise, pompayı analiz cihazından sonra yerleştirip numuneyi sistem içinden çekmek bazen mümkün olabilir. Bu tip hallerde pompa itici bir güç temin etmek amacıyla buhar, hava veya su ile beslenebilir.

3.2.5.2 Mekanik Gaz Pompaları

Başlıca iki tip mekanik gaz pompası mevcut olup bunlar:

- (1) Döner (Rotatif) pompalar;
- (2) Pistonlu veya diyaframlı pompa

Rotatif pompalar- Rotatif pompalar iki gruba ayrılabilir. Bunlar rotatif piston ve dönen fan tipleridir. Dönen fan tip pompa bir numune alma pompası olarak oldukça nadir kullanılır.

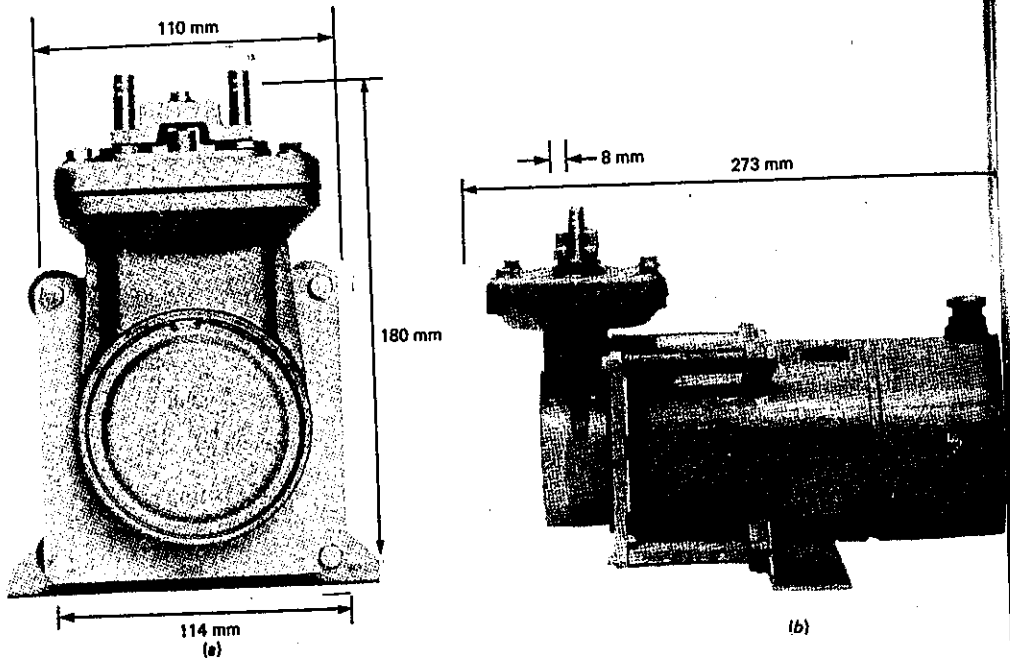
Rotatif pistonlu pompa iki değişik konfigürasyonda üretilir. 'Rootes' tip olanı iki tane pistonu sahip olup, bu pistonlar bir gövde içinde harici dişliler vasıtasıyla eş zamanlı bir biçimde döner. Rotatif kanatlı tip olanı ise yaygın bir şekilde vakum pompası olarak kullanılan pompalara benzer. 'Rootes' tip pompa çok yüksek akış hızlarının gerektiği durumlar için idealdir. Ayrıca bu tip

pompalar pistonlar ile gövde arasında bir açıklık mevcut olduğundan çok kirli gazlar için de kullanılabilir.

Rotatif kanatlı tip pompanın başlıca dezavantajı ise; kanatlar ile gövde arasında temas olduğu için genelde bir yağlama işlemi gerekli olmakta ve bu da analiz işlemini engellemektedir.

Pistonlu veya diyaframlı pompa- Bu iki tip pompadan diyaframlı pompa en yaygın olarak kullanılanıdır. Bunun en büyük nedeni olarak, diyaframların üretilmesinde kullanılan malzeme tiplerindeki gelişmeler ve ayrıca sızıntıya sebebiyet verebilecek herhangi bir piston sızdırmazlık elemanının bulunmaması sayılabilir. Bu tip pompalar taşınabilir personel koruma analiz cihazları için minyatür ünitelerden tutunda büyük, ağır-hizmet endüstriyel tiplere kadar olmak üzere geniş bir boyut aralığında mevcuttur.

Gazı, analiz cihazı (Şekil 3.12) içine belli bir basınç değerinde verebilmek için kullanılan tipik bir diyaframlı pompa Terilen takviyeli bir viton diyaframı ve viton valfleri ile birlikte tamamı paslanmaz çelikten yapılmış bir kafadan oluşmaktadır. Bu ise kritik olan hidrokarbon uygulamaları için pompaya uzun bir çalışma ömrü sağlamaktadır.



Şekil 3.12 Diyaframlı pompa (Charles Austen Pumps'dan alınmıştır).

Birçok çeşitlemeler mevcut olup örneğin, viton'nun numune ile uyummadığı durumlarda teflon kaplı diyaframlar kullanılabilir, ayrıca numunenin sıcaklığını yoğunlaşma noktasının üzerinde tutmak için pompanın kafa kısmına ısıtıcılar yerleştirilebilir.

Belirli bir gaz karışımı üretmek amacıyla akış hızından yüksek hassasiyetin gerektiği durumlarda (örneğin; gaz karıştırma için) pistonlu pompa hâlâ kullanılmaktadır. Bu tip durumlarda, pompalar genelde yağ içine daldırılmış bir biçimde kullanılırlar. Böylece pistonlar iyi bir şekilde yağlanmış olur, ayrıca atmosfere veya atmosferden herhangi bir gaz sızıntısı ihtimali olmaz.

3.2.6 Pompalar: Sıvı

Sıvı numune alma sistemlerinde pompaların gerekli olduğu iki durum mevcuttur:

(1) Analiz cihazındaki basıncın çok düşük olduğu ya proses hat basıncının çok düşük, ya da numune hattındaki basınç düşüşü çok yüksek veya bu iki durumun bir kombinasyonu olduğu durum.

(2) Proses numunesinin analiz işleminden sonra aynı proses hattına döndürülmesi gerekli olduğu durum.

Numune transferi için yaygın bir şekilde kullanılan iki tip pompa mevcut olup bunlar:

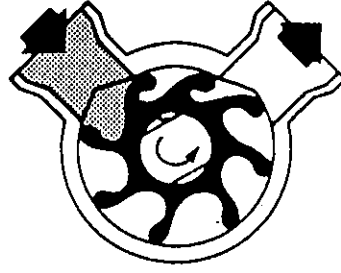
- (1) Santrifüj (türbin pompası dahil);
- (2) Pozitif iletimli (örneğin; dişli, peristaltik v.b.).

3.2.6.1 Santrifüj Pompa

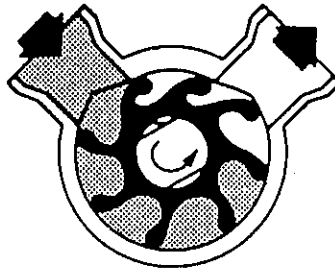
Santrifüj ve türbin pompaları esasen düşük viskoziteye sahip sıvılardan yüksek akış hızları elde etmek için kullanılır. Türbin pompalar santrifüj pompalara benzer, ancak türbin pompalar aynı boyutlardaki bir santrifüj pompanın üretebileceğinden oldukça daha yüksek bir basınç üreten özel bir kanatlı çark tertibatına sahiptir. Bir santrifüj pompa kullanarak yüksek basınçlar elde etmek için bir tip mevcut olup bu pompa rotor hızını 20.000 devir/dk. 'nın üzerine çıkarabilen bir dişli kutusuna sahiptir.

3.2.6.2 Pozitif İletimli Pompa

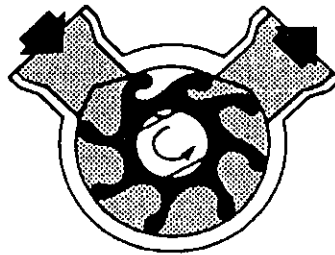
Bu tip pompaların başlıca özelliği sabit akış aygıtları olmalarıdır. Bu tip pompalardan bazıları, hassas bir akış hızının korunmasının gerekli olduğu ölçümler için (örneğin; proses viskozimetreleri gibi) özel olarak dizayn edilir. Bu pompalar değişik tipte olabilir. Bu tipler:



(a)



(b)



(c)

Şekil 3.13 Esnek impeller pompa (ITT Jabsco'dan alınmıştır) .

- (a) Pompa içindeki esnek kanatçıklar pompa çeperi ile temas durumundan kurtuldukları zaman eski pozisyonlarına geri dönerler ve bu arada bir vakum yaratarak sıvıyı pompanın içine çekerler. Sıvının bu şekilde emilmesiyle pompa çalışmaya başlar.
- (b) Çark tertibatı döndüğü sürece sıvı, pompanın giriş ağzından çıkış ağzına kanatçıklar vasıtasıyla taşınır.
- (c) Esnek kanatların pompa çeperi ile teması tekrar sağlandığı zaman bükülürler, bu sayede sıvının sürekli ve üniform bir şekilde pompanın dışına atılması sağlanır.

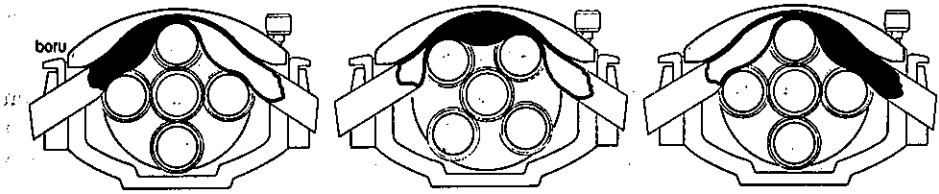
- (1) Dişli pompası;
- (2) Rotatif kanatlı pompa;
- (3) Peristaltik pompa.

Dişli pompalar- Dişli pompalar başlıca numunenin bazı yağlayıcı özelliklere sahip olduğu yüksek viskozitedeki ürünler için kullanılır. Bu pompalar düşük akış hızları için yüksek basınçlar üretebilirler ve yaygın bir şekilde hidrokarbon numuneler için dizel yağlardan en ağır fueloil'lere kadar geniş bir aralıkta olmak üzere kullanılır.

Rotatif kanatlı pompalar- Bu pompalar iki tip olup bu tiplerden birisi sabit kanatlara (genelde metal), diğeri ise nitril kauçuğu veya viton gibi bir elastomerden yapılmış bir rotora sahiptir. Metal kanatlı pompalar, yukarıda anlatılan dişli pompaların özelliklerine sahiptir, ancak bu tip pompalar pompa çalışır durumda iken akış hızını dışarıdan değiştirmek amacıyla bir metot ile teçhiz edilebilirler.

Esnek kanatlara sahip pompalar (Şekil 3.13) özellikle sulu çözeltileri pompalamak için uygun olup, bunların birçok değişik boyutta olanları vardır. Diğer yandan bu tip pompalar sadece 2 bar 'a kadar bir basınç farkı üretebilir.

Peristaltik pompalar- Bu tip pompalar, kusursuz bir ölçümün gerektiği veya numune içine herhangi bir yabancı maddenin girmemesinin gerekli olduğu durumlarda kullanılır. Şekil 3.14'de görülebileceği üzere, numune ile temas eden tek malzeme özel olarak üretilmiş plastik borudur. Bu boru periyodik bakım esnasında kolaylıkla yenilenebilir.



Şekil 3.14 Peristaltik pompa (Watson-Marlow'dan alınmıştır). Hareketli merdane borunun cidarlarını kendine doğru çeker, boru tekrar eski boyutlarına döndüğünde ise sıvıyı içeri alır ve bu borunun içine çekilen sıvı bir sonraki merdane tarafından tutulur (çevirimin 2. kısmında) Daha sonra sıvı pompadan dışarı atılır (çevirimin 3. kısmında). Bu bir peristaltik akış-indüktör harekettir.

3.2.7 Akış Ölçümü ve Gösterimi

Analiz sistemlerindeki akış ölçümleri üç ana grup altında toplanabilir:

(1) Akışı tam olarak analiz cihazının doğruluğunun bağlı olduğu yerde ölçmek için yapılan ölçümler;

(2) Akışı akış hızının bilinmesi gerekli olan yerde ölçmek için yapılan fakat ölçümü kritik olmayan ölçümler, (örneğin; hızlı çevrim akışı);

(3) Akışın mevcut olduğu ancak ölçümün gerekli olmadığı durumlarda kontrol etmek için yapılan ölçümler (örneğin; ısı değiştiricileri için soğutma suyu).

Spesifikasyonları yazarken akışmetrenin hangi gruba düşeceğini saptamak önemlidir. Çünkü akışmetrelerin fiyatları kendilerinden istenen hassasiyete bağlı olarak geniş bir aralıkta değişmektedir.

Mevcut akışmetre tipleri aşağıda anlatılacaktır, diğer yandan konstrüksiyonları veya çalışma yöntemi hakkında Cihaz Teknolojisi kitabı, 1. Cilt, 1. Bölümde bilgi verildiği için burada bahsedilmeleri gerekli görülmemiştir.

3.2.7.1 Değişken Orifisli Akışmetreler

Bu tip akışmetreler, basit olmaları nedeniyle analiz sistemlerinde yaygın bir şekilde kullanılır. İki tipi mevcuttur:

Cam tüp Bu tip, şamandıranın pozisyonu doğrudan tübe tutturulmuş bir gösterge üzerinden okunduğu için en yaygın olarak kullanılan tiptir ve sıvılar veya gazlar için ayarlanmış olarak mevcuttur. Çok hassas versiyonları $\pm \% 1$ lik bir tam ölçü sapmasına (FSD) sahiptir. Diğer yandan düşük fiyatlı olanlarının FSD değeri ise tipik olarak $\pm \% 5$ 'dir.

Metal tüp Metal-tüp akışmetreler başlıca yüksek-basınç gerektiren görevlerde kullanılan sıvılar için veya sıvının yanabilir veya tehlikeli olduğu durumlarda tercih edilir. Bu tip akışmetrelere iyi bir örnek olarak hidrokarbon analiz cihazının hızlı çevrimi verilebilir. Şamandıra içinde gömülü durumda bir mıknatıs mevcuttur ve şamandıranın pozisyonu harici bir takip sistemi ile saptanır. Metal tüp akışmetrelerin hassasiyetleri tiplerine ve kalibrasyon gerektirip gerektirmediklerine bağlı olarak $\pm \% 10$ FSD ile $\pm \% 2$ FSD arasında değişmektedir.

3.2.7.2 Basınç-Farkı Aygıtları

Numune sistemleri üzerinde bulunan bu tip aygıtlar normalde basınç farkı üretmek amacıyla bir delikli plaka veya önceden ayarı yapılmış bir iğneli

sübaptan meydana gelir. Bu aygıtlar, bir gösterimin gerekli olduğu veya bir basınç farkı anahtarını akış alarmı olarak kullanıldığı zaman bir göstergeyi veya sıvı dolu bir manometreyi çalıştırmak için kullanılır.

3.2.7.3 Çarklı veya Kanatlı-Tip Göstergeler

Bu tip göstergelerde akış, sıvı tarafından bir çarkın döndürülmesi veya bir kanadın saptırılması ile gösterilir. Soğutma suyu akışının gösterimi gibi görevler için uygun olup böyle durumlarda bir akışın mevcut olduğunun bilinmesi önemlidir. Diğer yandan gerçek akış hızı ise ikincil bir önem arz etmektedir.

3.2.8 Basıncının Düşürülmesi ve Buharlaştırma

Bir numune sistemindeki basınç-düşürme kademesi genelde en kritik kademedir. Çünkü, düşürülmüş basınç sabit bir değerde tutulmalıdır ayrıca hatalı koşullar altında tehlikeli olabilecek yüksek basınçların oluşmaması için bir hazırlık gereklidir. Basınç birçok yöntemle düşürülebilir.

3.2.8.1 Basit İğneli Valf

Bu valf; eğer akışa ters ve akış yönündeki basınçlar sabit ise, iyi bir akış kontrolü temin eder.

Avantajı: Basit ve düşük maliyet

Dezavantajı: Akış yönündeki herhangi bir tıkanma basıncın yükselmesine neden olur.

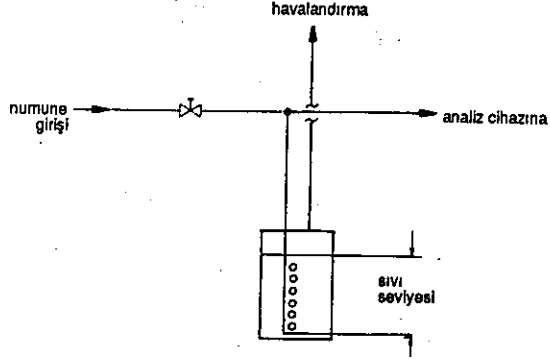
Bu valfler sadece akış yönündeki tehzizatın akış yukarı basıncına emniyetli bir şekilde dayanabildiği durumlarda pratiktirler.

3.2.8.2 Sıvı Dolu Hazneli İğneli Valf

Bu tip bir kombinasyon birleşik bir basınç stabilizatörü ve güvenlik sistemi olarak kullanılır.

İğneli valften geçen akış kabarcıklar elde edilecek şekilde ayarlandığı zaman korunan basınç değeri sıvı seviyesine eşit olacaktır (Şekil 3.15).

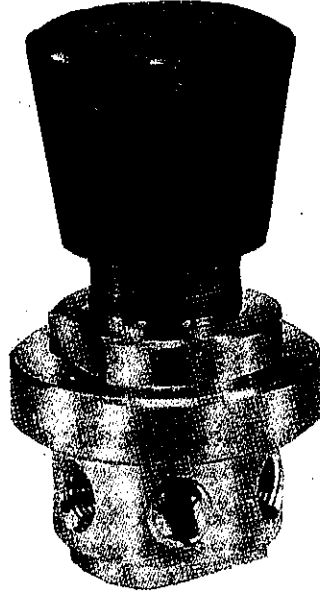
Numune gazı tarafından etkilenmeyecek, kullanım esnasında buharlaşmayacak ve kontrol edilmiş basınçta bir düşüşe sebebiyet vermeyecek bir sıvı seçmek gereklidir.

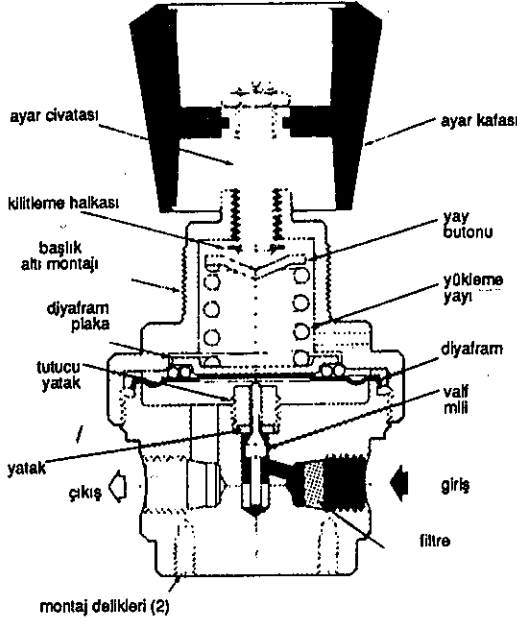


Şekil 3.15 Hazneli-tip basınç stabilizatörü (Ludlam Sysco'dan alınmıştır).

3.2.8.3 Diyafram İle Çalışan Basınç Regülâtörü

Bu regülâtörler, büyük bir basınç düşüşü gerekli olduğu veya akış yönündeki basıncın hassas bir şekilde kontrol edilmesine ihtiyaç duyulduğu zaman kullanılır. Sıklıkla kullanıldıkları yerlerden birisi gaz silindirleri olup kontrol edilebilen bir düşük basınçta gaz temini sağlar. (Şekil.3.16.)





Şekil 3.16 Diyaframlı basınç regülâtörü (Tescom'dan alınmıştır).

3.2.8.4 Buharlaştırma

Yüksek basınçtaki bir sıvı numunenin gaz fazında analiz edilmesinin gerekli olduğu durumlar mevcuttur. Basıncın düşürülmesi ve buharlaştırma işlemleri özel olarak uyarlanmış bir diyaframlı basınç regülâtörü ile gerçekleştirilir. Burada buharlaşma sonucu kaybolan ısıyı karşılamak için önlem alınması gereklidir.

3.2.9 Numune Hatları, Dikişsiz ve Dikişli Boru Ek Parçaları

3.2.9.1 Numune Hatları

Numune hatları iki açıdan incelenebilir: birincisi Bölüm 3.1.5 'de açıklanan konstrüksiyon malzemeleri, ikincisi ise detayları aşağıda verilen numune hattının proses numunesi üzerindeki etkisidir.

Buradaki en önemli düşünce, seçilen konstrüksiyon malzemesinin numunenin özelliklerini analiz cihazına iletirken değiştirmemesi olayıdır. Numune hat malzemesi iki şekilde numuneyi etkileyebilir:

Adsorpsiyon ve desorpsiyon-Adsorpsiyon ve desorpsiyon gaz veya sıvı molekülleri değişen oranlarda numune hattı malzemesinin iç yüzeyinde tutulduğu ve serbest bırakıldığı zaman meydana gelir. Bu adsorplanmış malzemenin analiz cihazına iletimini geciktirir ve sonuçta hatalı ölçümlere sebep olur.

Düşük seviyelerde su ve hidrojen sülfür bu problemin yaşandığı iki yaygın durumdur. Örneğin; bir numune akıntısında 10 ppm'lik bir seviyede su ölçümü yapılırken, bakır boru, paslanmaz çelik boru makineden yirmi kat daha fazla adsorpsiyon/desorpsiyona sebep olur ve bunun sonucunda analiz cihazından oldukça yavaş tepki alınmasına neden olur.

Bu tip bir problem meydana geldiğinde, etkilerini aşağıda verilen yollarla azaltmak mümkündür:

- (1) Numune borusu malzemesinin dikkatli bir seçimi;
- (2) Numune hattının sıcaklığını yükseltmek;
- (3) Numune hattını yağ kalıntıları gibi empüritelerden tamamiyle temizlemek;
- (4) Numunenin, hat malzemesiyle temas süresini azaltmak için numune akış hızını arttırmak.

Geçirgenlik (Permeabilite) Geçirgenlik gazların numune borusu duvarı içine işleyip geçebilmesi özelliğidir. İki örnek aşağıda verilmektedir:

- (1) Politetraflörüretilen (PTFE) boru su ve oksijene karşı geçirgendir.
- (2) Plastikleştirilmiş polivinil klorür (PVC) boru metan gibi küçük hidrokarbon moleküllerine karşı geçirgendir.

Geçirgenliğin analiz üzerinde iki etkisi mevcut olup bunlar:

(1) Harici gazlar örneğin; PTFE bir boru kullanarak düşük-seviye oksijen ölçümü yaparken numune içine girmektedir. Elde edilen sonuçlar havadan oksijenin sisteme girmesi nedeniyle daima yüksek olacaktır.

(2) Numune gazlar örneğin; bir plastikleştirilmiş PVC boru kullanarak karışık bir hidrokarbon akıntısında ölçüm yaparken boru çeperlerinden dışarı kaçmaktadır. Metan konsantrasyonu daima çok düşük olacaktır.

3.2.9.2 Dikişsiz, Dikişli Borular ve Birleştirme Yöntemleri

Tanım

(1) Dikişli borular genelde bükülmez olup boyutları nominal çap cinsinden verilir.

Tipik malzemeler:

Metalik: karbon çeliği, pirinç v.b.

Plastik: UPVC, ABS v.b.

(2) Dikişsiz boru normalde bükülebilir veya esnektir ve boyutları dış çapları veya et kalınlıkları cinsinden verilir.

Tipik malzemeler:

Metalik: karbon çeliği, pirinç v.b.

Plastik: UPVC, ABS v.b.

Birleştirme yöntemi

Dikişli boru (metalik): (1) Vidalanmış

(2) Flanşlanmış

(3) Kaynaklanmış

(4) Pirinç kaynağı veya lehimlenmiş

Dikişli boru (plastik): (1) Vidalanmış

(2) Flanşlanmış

(3) Kaynaklanmış (ısı veya solventler yardımıyla)

Dikişsiz boru (metalik): (1) Kaynak

(2) Sıkışma bağlantısı (compression fitting)

(3) Flanşlanmış

Dikişsiz boru (plastik): (1) Sıkışma bağlantısı

(2) Takılmış bağlantı

(özellikle plâstik borular için)

Basınca dayanımın gerekli olduğu durumlarda bir hortum kısıkaçı ile birlikte kullanılır.

Genel Metalik dikişsiz boruları birbirine bağlamak için kullanılan en yaygın yöntem sıkışma bağlantısı yöntemidir. Çünkü bu tip bağlantılar; borunun kendisinin dayandığı basınç değerlerine kadar dayanabilir, bakım amacıyla kolayca yerlerinden sökülebilir ve birçok kolay bulunabilen metalden üretilirler.

3.3 Tipik Numune Sistemleri

3.3.1 Gazlar

3.3.1.1. Bir Kromatografa Yüksek Basıncılı Bir Gaz Numunenin Verilmesi

Verilen örnek 35 bar basınçtaki, buhar fazında olan bir gazın kompozisyonunun bir kromatograf ile analizi içindir (Şekil 3.17). Bu Bölüm 3.1.4.3 de anlatılan durum olup burada numune alma noktasındaki gazın basıncını, minimum miktarda proses gazı harcayarak kısa bir tepki zamanı elde etmek amacıyla düşürmek gereklidir.

Numune proses hattından bir düşük hacimli numune sondajı vasıtasıyla alınır (Bölüm 3.2.1.2.) ve hemen bu işlemin ardından basıncını 1,5 bar sabit değerine düşürmek için bir basınç düşürücü valfe gönderilir. Bu 1,5 barlık basınç değeri bölgesel bir basınç göstergesinden okunur. 4 bar'a ayarlanan bir basınç emniyet valfi basınç düşürücü valf görevini yapamaz duruma gelirse akış yönündeki teçhizatları korumak amacıyla bu noktaya yerleştirilir.

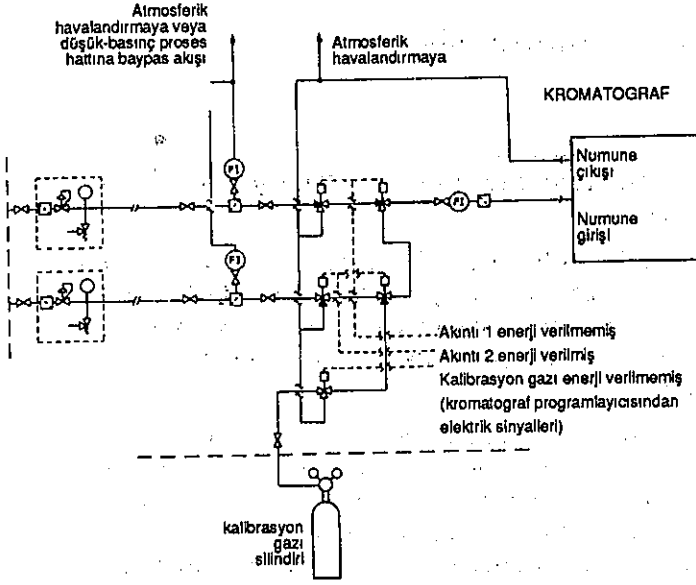
Basıncın düşürülmesi işleminden sonra numune küçük çaplı bir dikişsiz boru vasıtasıyla (OD = 6 mm) analiz cihazına bitişik olan ana numune sistemine aktarılır. Burada numune, numune seçme sistemine bir filtre (Bölüm 3.2.2.3. de gösterilen gibi) içinden geçerek girer.

Hızlı çevrim numune, filtre içinde filtre elemanını atlayarak alt kısımdan dışarı çıkar ve bir iğne valf ve akışmetreden geçtikten sonra bir düşük-basınç proses hattı üzerinden atmosfere bırakılır.

Şekil 3.17 'de gösterilen akıntı-seçme sistemi 'block ve bleed' sistemi olarak adlandırılır ve bu sistemde daima her akıntı ile analiz cihaz girişi arasında iki veya üç-yollu bir valf mevcuttur. Akıntı üzerinde olan valflerden iki tanesi arasındaki kullanılmayan hat atmosfere açılır, bu şekilde analizi yapılacak olan akıntının diğer akıntılar tarafından kirletilmesinin önüne geçilmiş olur. 'Block ve bleed' valfi içermeyen basit bir sistem Bölüm 3.3.2.1. 'de açıklanmaktadır.

Akıntı-seçme sisteminden sonra numune bir iğneli valf akışmetre ve bir minyatür dahili filtre üzerinden analiz cihazının numune girişine gelir. Bu sis-

temde analiz cihazının numune çıkışı ise, atmosfere bırakma hattına gider.



Şekil 3.17 Şemantik: bir kromatografa yüksek basınçtaki gaz numunesinin verilmesi (Ludlam Sysco'dan alınmıştır).

3.3.1.2 Baca İçinde Bir Buhar Püskürtme Cihazı Kullanan Fırın Gazı Sistemi

Bu sistem bacanın içine yerleştirilmiş bir venturi aygıtı kullanır (Şekil 3.18). Yüksek basınçtaki buhar venturiye ayrı bir buhar borusu vasıtasıyla girer ve bacanın içinde cihazın kafa kısmında bir düşük basınçlı bölge meydana gelir. Buhar ve numune gaz karışımı numune hattından aşağıya akar. Özellikle yüksek miktarda sülfür içeren yakıtlar kullanıldığında, numune hatları için bütül veya EDPDM kauçuk kaplı buhar hortumlarının kullanılması tavsiye edilir. Bu tip bir hortumun kullanılması korozyon etkisini minimum düzeyde tutacaktır.

Numune hattının sonunda, numune gaz belli bir miktar su ile

kariştirilir. Daha sonra gaz sudan ayrılır ve bir bilyalı valf veya bir selenoid valf vasıtasıyla numune çevrimine doğru alınır. Bu işlem her giriş valfi ile analiz cihazının girişi arasında kalan ölü hacmi mümkün olduğu kadar azaltır.

Su, toz ve benzeri şeyler bir daldırma ayağından (A) dışarı çıkar ve buradan da kanalizasyon sistemine verilirler. Gazın seperatörü su ile doymuş bir şekilde ve suyun sıcaklığında terk ettiği farzedilir. Bir gemideki baca gazı sisteminde, örneğin; Kızıl Deniz'de, bu sıcaklık 35°C olabilir. Sistem, numune sisteminin akıntı yönündeki kısımlarında mevcut olan düşük sıcaklıklar sebebiyle oluşabilecek herhangi bir çökelmeyi ortadan kaldıracak şekilde tasarlanır.

Çevrimin sonunda, bir seperatöre giren ikinci bir ayak (B) mevcuttur. Bir 5 cm'lik bir basınç farkı bu iki ayağın (A ve B) derinlikleri arasındaki fark tarafından meydana getirilir. Böylece çevrim etrafında daima sürekli bir gaz akışı bulunur ve bu gaz akışı dışarıya ayak (B) tarafından verilir.

Gaz, çevrimden bir ısı değiştiricisine girer. Bu ısı değiştiricisi, gaz değiştiriciyi hava sıcaklığının 1K değeri içinde terkedecek şekilde dizayn edilmiştir. Bunun anlamı ise, gazın ısı değiştiriciyi 36°C 'da terkedeceği ve su buharı ile doymuş durumda olduğudur. Gaz buradan sıcaklığı 60°C'da tutulan analiz cihazına girer.

Gaz, analiz cihazına vardığında önce ilk hücreye girer. Bu hücre 60°C 'taki bir paslanmaz çelik blok içindeki bir santrifüj seperatördür. Yoğunlaşmış damlacıklar bu noktada uzaklaştırılır ve seperatörün alt kısmından bir kabarcık ünitesine (C) gelir. Tüp içindeki kabarcıklar baypas akışı temsil etmektedir. Aynı zamanda gazın sıcaklığı analiz cihazı içinde 36°C'dan 60°C'a yükselir.

Gaz daha sonra ikinci hücre içindeki bir filtreden ve bir ölçüm hücresinden geçer, en sonunda da kabarcık ünitesi içindeki ikinci ayağa (D) gelir. Gazın analiz hücresi içinden akışı kabarcık ünitesi içine dalmış durumdaki iki ayağın uzunlukları arasındaki fark tarafından saptanır ve bu operatör tarafından değiştirilemez.

Bu sistem aşağıda işletme avantajlarına sahiptir:

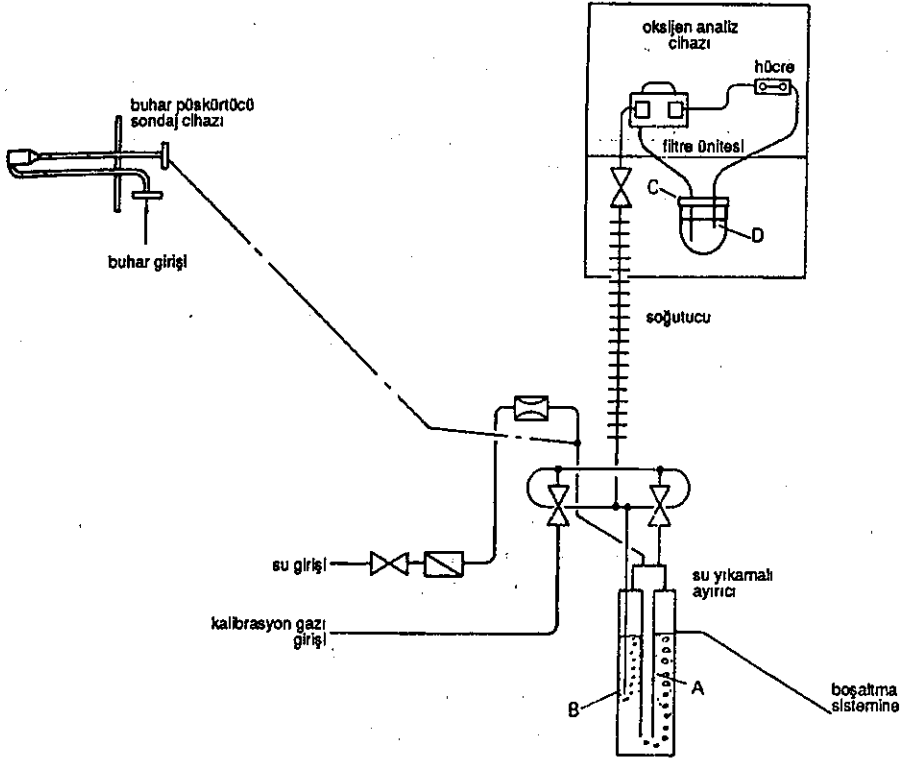
(1) Sistem tam olarak bacanın içinden gelen bir pozitif basınç altındadır. Bu nedenle numune hattındaki sızıntılar sadece buhar ve numunenin dışarı çıkışına izin verebilir, havanın içeri girişine izin vermez.

(2) Bir jet tarafından yüksek hızda püskürtülen buhar, tüp içinde herhangi bir birikimin oluşmasını engeller.

(3) Buhar numune sondajının tümünü yoğunlaşma noktası üzerinde tutar, böylece sondaj cihazının dış yüzeyinde oluşabilecek herhangi bir korosif çökelmenin önüne geçer.

(4) Buhar, bacanın sıcaklığı buharın sıcaklığının üstünde olur olmaz sondaj cihazının baca sıcaklığının altında tutar.

(5) Fiili numune alma sistemi herhangi bir elektrikli pompaya gerek duymadığı için emniyetlidir.



Şekil 3.18 Şematik: fırın gazından numune alma (Servomex'den alınmıştır).

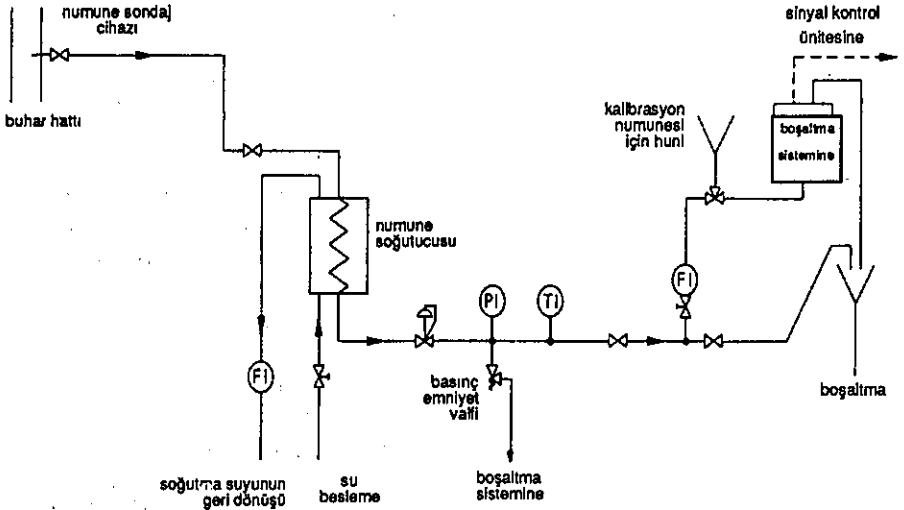
3.3.1.3 İletkenlik İçin Buhar Numune Alma

Buhar formundaki numune proses hattından özel bir sondaj vasıtasıyla alınır ve numune sistem paneline kalın kesitli paslanmaz çelik (316) bir boru ile aktarılır (Şekil 3.19). Numune panele bir yüksek-sıcaklık, yüksek basınç izolasyon valfinden geçerek girer ve buradanda soğutucuya gelir. Soğutucu içinde buhar yoğunlaşır ve yoğunlaşma sıcaklığı analiz cihazı için uygun olan bir sıcaklığa düşürülür (tipik olarak 30°C).

Soğutucudan sonra yoğunlaşmış buhar basıncının yaklaşık 1 bar'a düşürülmesi için bir basınç-kontrol valfine gelir. Daha sonra numunenin basıncı ve sıcaklığı uygun göstergelerle ölçülür. Bir basınç-emniyet valfi, basınç-kontrol valfinde meydana gelebilecek bir arızadan kaynaklanacak olan fazla basınçtan akış yönündeki teçizatı korumak amacıyla yerleştirilir. Bu basınç-emniyet valfi 2 bar g'lık bir değere ayarlanmış durumdadır. Sabit bir basınçtaki soğutulmuş numune bir iğneli valf, bir akışmetre ve ayrıca son olarak bir üç-yollu valften geçerek iletkenlik hücrelerine girer ve buradan da boşaltma sistemine aktarılır.

Kalibrasyon amacıyla, bir üç-yollu valften geçmek suretiyle iletkenlik hücresi içine iletkenlik değeri bilinen su temin için teçizatlar sağlanır. Numune soğutucuları, normalde paslanmaz çelikten imâl edilmiş soğutma bobinleri içerir. Bu tip soğutma bobinleri gerilmeli korozyon çatlamaına sebebiyet verecek miktarda klorür içeren numune veya soğutma sıvısı için uygun değildir.

Numune veya soğutma soyunda klorür iyonlarının mevcut olduğu bilindiği zaman alternatif malzemelerden üretilmiş, bu tip iyonlarının sebebiyet verdiği gerilmeli korozyon çatlamaına dayanıklı soğutma bobinleri kullanılır.



Şekil 3.19 Şematik: iletkenlik için buhar numune alma (Ludlam Sysco'dan alınmıştır).

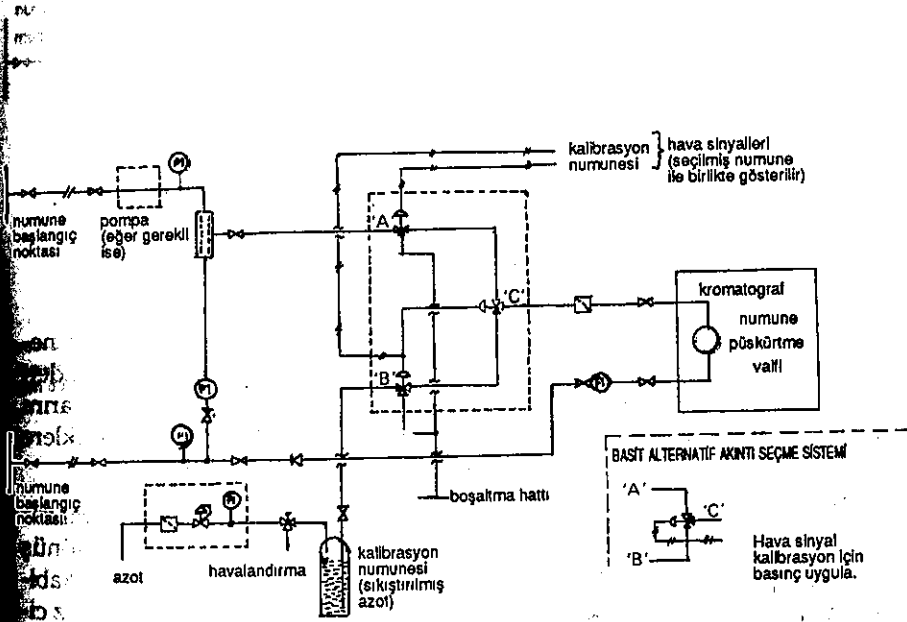
3.3.2 Sıvılar

3.3.2.1 Bir Kromatografa Sıvı Numune Verilmesi

Verilen örnek benzin içindeki bütan ölçen bir kromatograf içindir (Şekil 3.20). Bu örnekteki kromatograf bir sıvı püskürtme valfine sahip olup bu valf sayesinde numune her zaman numune sistemi içinde sıvı durumda tutulabilir.

Bir sıvı püskürtmeli kromatografda, analiz cihazı içindeki numune akış hızı çok düşük (25 ml/dk), olduğundan bir hızlı çevrim sistemi gereklidir.

Prosesten gelen numune akışı, numune sistemine bir izolasyon valfinden, daha sonra bir pompadan (eğer gerekli ise) ve en son olarak da bir dahili filtreden geçerek girer. Dahili filtreden de numune analiz cihazına alınır. Filtreden sonra, hızlı çevrim sırasıyla bir akışmetre ve iğneli valften geçerek bir izolasyon valfine gelir, buradan da prosese geri döner. Basınç göstergeleri bir tanesi dahili filtreden evvel, diğeri ise bir iğneli valften sonra olacak şekilde yerleştirilir. Bu tip bir düzenleme sayesinde basınç farkının numunenin analiz cihazı içinde hareketini sağlamak için yeterli olup olmadığını (genelde minimum 1 bar) her an kontrol etmek mümkün olmaktadır.



Şekil 3.20 Şematik: bir kromatografa sıvı numune verilmesi (Ludlam Sysco'dan alınmıştır).

Filtreden geçmiş olan numune, numune/kalibrasyon seçme valflerine bir küçük çaplı dikişsiz borudan (tipik olarak 3 mm dış çapında) akarak gider. Örnekte gösterilen sistem Bölüm 3.3.1.1.'de tanımlanan 'block ve bleed' konfigürasyonudur. Burada herhangi bir karşılıklı kirlenme tehlikesi yoktur; bu nedenle Şekil 3.20 de gösterilen numune akıntı-seçme sistemi kullanılabilir.

Seçilen numune analiz cihazına minyatür bir dahili filtreden (Bölüm 3.2.2.4) akarak girer, daha sonrada bir akış kontrol iğneli valfi ve geri tepme valfinden geçerek hızlı-çevrim dönüş hattına geri döner.

Numune, numune-dönüş basıncında buharlaşma eğilimi gösterdiği zaman hem hızlı-çevrimde, hem de analiz cihazı içindeki numune için akışmetreden sonra bir akış-kontrol iğneli valf yerleştirmek gerekli olacaktır. Bu düzenlenmenin amacı, iğneli valf içinde herhangi bir buharlaşmanın meydana gelmesini ve bunu takiben bu buharın akışmetre içinden geçerek hatalı okumalara sebebiyet vermesini engellemektir.

Kalibrasyon numunesi bir sıkıştırılmış azot kabı içinde tutulur ve kromatografın kontrol ünitesinden el ile veya otomatik olarak kontrolü sağlanabilir.

3.3.2.2 Bir Destilasyon Nokta Analiz Cihazına Gazyağı Numunesi Verilmesi

Bu durum için proses koşulları aşağıda verilmektedir (Şekil 3.21):

Numune musluğu: Normal basınç: 5 bar. g
Normal sıcaklık: 70°C
Numune hattı uzunluğu: 73 m

Numune geri dönüşü: Normal basınç: 5 bar. g
Geri dönüş hattı uzunluğu: 73 m

Bu bir petrol-rafineri uygulaması için tipik bir örnek olup, güvenlik nedeniyle analiz cihazı proses alanının kenarına yerleştirilmelidir. Bu yüzden numune ve geri dönüş hatları oldukça uzundur. Hızlı çevrim hesaplamalarını izah etmek için kullanılan, Crane's Publication No. 410 M'de verilen eşitliklere dayanan veriler Tablo 3.1'de verilmektedir.

Elektrikle çalışan bir dişli pompa analiz cihazı gövdesinin hemen yanına yerleştirilmiş olup bu pompa numuneyi hızlı çevrim etrafına ve geri dönüş noktasına pompalamaktadır. Pompadan gelen numune, numune sistem kabine girer ve bir dahili filtreden geçer. Numune bu dahili filtreden analiz cihazına gelir. Daha sonra da bir iğneli valf ve akışmetreden geçerek prosese geri döner. Filtrelenmiş numune daha sonra sıcaklığının birleştirici ve analiz cihazın gerektirdiği sıcaklığa düşürülmesi için bir su-ceketli soğutucu içinden geçer. Soğutucudan geçtikten sonra numunenin basıncı bir basınç-kontrol valfi yardımıyla yaklaşık 1 bar değerine kadar düşürülür.

Bu noktada basınç ölçülür ve bir basınç düşürme valfi, basınç-kontrol valfinin arızalanarak akış yönündeki tehezata zarar vermesini engellemek amacıyla yerleştirilir.

Gazyagi numunesi çok az miktarda serbest su içerebilir. Bu durum, analiz cihazının yanlış değerler vermesine sebep olacaktır. Bu serbest su, birleştirici vasıtasıyla uzaklaştırılır. Birleştiricinin tabanından alınan baypas numune bir iğne valfi ve akışmetreden geçerek boşaltma hattına gelir. Birleştiriciden alınan kuru numune ise kalibrasyon için bir üç-yollu bilyalı valften geçirilir. Kuru numune buradan da bir iğneli valf ve akışmetreden geçerek analiz cihazı içine girer.

10

12

14

16

18

20

22

24

26

28

30

32

34

36

38

40

42

44

46

48

50

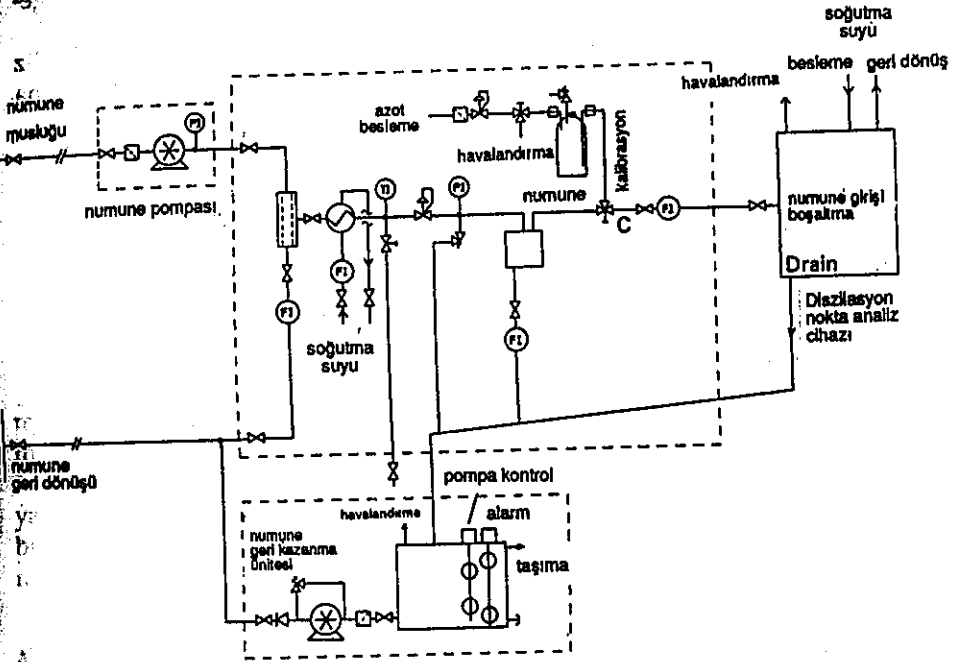
52

54

56

58

60



Şekil 3.21 Şematik: Bir distilasyon nokta analiz cihazı için benzin numune (Ludlam Sysco'dan alınmıştır).

Bu analiz cihazının kalibrasyon işlemi, kalibrasyon kabı daha önce laboratuvarda hassas bir şekilde analizi yapılmış numune ile doldurularak gerçekleştirilir. Daha sonra bu kalibrasyon kabı basınç-kontrol valfinin ayarlanmış olduğu basınç değeriyle aynı olacak şekilde azot ile sıkıştırılır. Bu işlemi takiben kalibrasyon numunesinin analiz cihazı içine girişine üç-yollu bilyalı valfin kalibrasyon pozisyonuna döndürülmesi suretiyle izin verilir.

Analiz cihazından alınan atık numune bir atmosferik boşaltmaya verilmelidir. Ayrıca atık numune, ürün kaybını engellemek amacıyla birleştirici baypas ve basınç düşürme valf çıkışından gelen numune ile birlikte bir numune geri-kazanma ünitesine aktarılır.

Numune geri-kazanma ünitesi bir çelik tanktan oluşup numune, bu tanktan prosese bir seviye anahtarı ile kontrol edilen bir dizi dişli pompa vasıtasıyla aralıklı bir şekilde geri döndürülür. Fazladan bir seviye anahtarı da seviyenin çok yükselmesi veya azalması durumunda bir alarm vermesi için genelde sisteme bağlanır.

Analiz cihazının çalışmasını engellemeden her zaman ayrı bir analiz işlemi için numune alabilmek amacıyla bir laboratuvar numune alma bağlantısı cihaza takılır.

Tablo 3.1. Gazyağı numune için hızlı-çevrim hesaplaması

Müşteri	Örnek
Tarih	Ocak 1986
Sipariş No.	ABC 123
Etiket numarası	Gazyağı (numune hattı)
Yoğunluk	825,00 kg/m ³
Viskozite	3,00 centipoise
Tepki süresi	39,92 s
Akış hızı	16,60 l/dk (1m ³ /saat)
Uzunluk	73,00 m
Çap (ID)	13,88 mm ($\frac{1}{2}$ inç nominal çap (mukavemeti fazla))
Hız	1,83 m/s
RE =	6979
Akış	TURB.
Sürtünme faktörü	0,038
Delta N.	278,54 kPa (2,7854 bar)
Müşteri	Örnek
Tarih	Ocak 1986
Sipariş No	ABC 123

Tablo 3.1. devamı

Etiket numarası	Gazyağı (geri dönüş hattı)
Yoğunluk	825,00 km/m ³
Viskozite	3,00 centipoise
Tepki süresi	71,31 s
Akış hızı	16,601 l/dk (1m ³ /saat)
Uzunluk	73,00 m
Çap (ID)	18,55 mm ($\frac{3}{4}$ -inç nominal çap (mukavemeti fazla)
Hız	1,02 m/s
RE	5222
Akış	TURB.
Sürtünme faktörü	0,040
Delta N.	67,85 kPa (0,6785 bar)

3.3.2.3 Çözünmüş Oksijen Analiz Cihazı için Su-Numune Alma Sistemi

Proses koşulları:

Numune musluğu: Normal basınç: 3,5 bar
Normal sıcaklık: 140°C

Numune hattı uzunluğu: 10 m

Bu sistem (Şekil 3.22) numunenin bozunmasını önlemek amacıyla numune alma sisteminin mümkün olduğunca kısa tutulması gerektiği bir durumu göstermektedir. Analiz cihazı 0-20 µg/l değerleri arasında oksijen ölçmektedir ve çok düşük oksijen içeriği nedeniyle sistemde oksijenin sızabileceği veya sıkışıp kalabileceği yerlerin bulunmaması gerekir. Mümkün olan her yerde bilyalı veya konik valfler kullanılmalıdır. Çünkü bu tip valfler numunenin girmemiş olduğu ölü hacimlerin oluşmasına izin vermez.

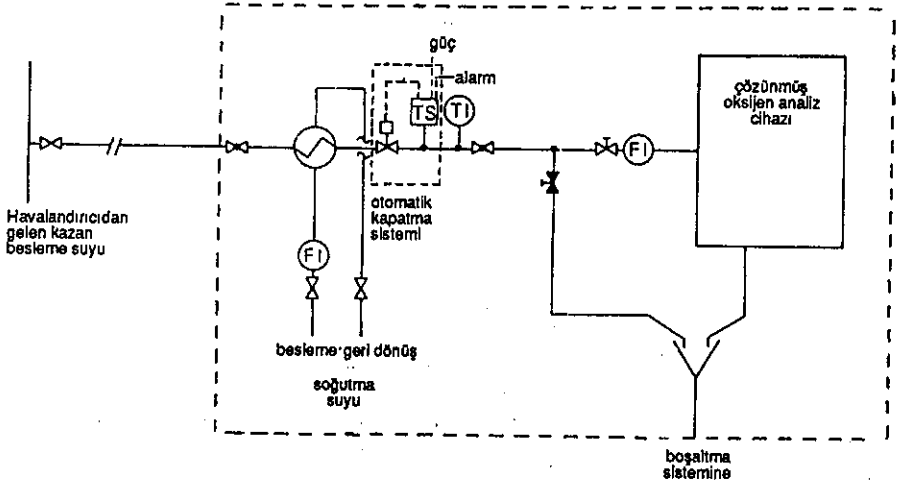
Sistemde bulunan tek iğneli valf analiz cihazının içine olan numune akışını kontrol etmektedir ve bu valf su içinden dikey olarak yukarı doğru akan şekilde bağlanmalıdır. Böylece tüm hava dışarı çıkarılır.

Mümkün olduğunca kısa olması gereken numune hattı sıcaklığının 140°C'den yaklaşık 30°C'a düşmesi için bir izolasyon valfinden geçerek bir su-ceketli soğutucu içine akar. Daha sonra numunenin akış kontrolü bir iğne valfi ve akışmetre tarafından kontrol edilir. Bu durumda su numunenin sıcaklığını basınç düşürülmesinden evvel düşürmek gerekir, aksi takdirde numune buhar haline dönecektir. Bir sapıtma valfi kanalizasyona bağlanmalıdır, böylece

analiz cihazının bakımı yapılırken numune sistem içinde dolaşabilir.

Burada anlatılan cihaz gibi bir analiz cihazını çalıştırmaya başlamadan önce sıkıştırma ek parçalarını biraz gevşetmek gerekli olabilir. Böylece suyun kaçmasına ve ek parçaları içindeki ufak delikleri doldurmasına izin verilmiş olur. Daha sonra bu ek parçaları yeniden sıkıştırılır.

Bu tip bir sisteme sıklıkla bağlanılan ekstra bir ünite, soğutma suyu sisteminin bozulması durumunda analiz cihazını sıcak numunenin etkisinden korumak amacıyla kullanılan otomatik kapama ünitesidir. Şekil 3.22'de kesikli çizgiler ile gösterilen bu ünite bir ekstra valf ve ayrıca pnömatrik veya elektronik olarak çalıştırılan bir sıcaklık dedektöründen meydana gelmektedir. Bu ekstra valf normalde açık tutulur, ancak sıcaklığı önceden belirlenmiş bir sıcaklık değerini aştığında kapanır ve bir alarm verir. Daha sonra meydana gelen hata düzeltildiğinde valf yeniden el ile ayarlanabilir.



Şekil 3.22 Şematik: çözünmüş oksijen analiz cihazı için su numune alma sistemi (Ludlam Sysco'dan alınmıştır)

4 SİNYAL İŞLEME

M.L. SANDERSON

4.1 Giriş

Bu bölüm, elektronik sinyal-işleme tekniklerinin dönüştürücüler ve cihazlar tarafından üretilen sinyallere uygulanması ile ilgilidir. Analog sinyal işleme, sayısal-analog çevirim ve analog-sayısal çevirimde kullanılan teknikler; frekans analiz cihazları, faz-hassasiyetli detektörler, korelatörler (correlator) ve çok kanallı analiz cihazları gibi özel donanımları kullanan sinyallerin zaman ve frekans bölgesi analizi ile birlikte düşünülür. Bölüm enstrümantasyonda bilgisayar esaslı sistemlerin kullanımı hakkında bir küçük kısım ile sona ermektedir.

Dönüştürücülerin çoğu tarafından üretilen sinyaller analog olmasına rağmen, mikro işlemciler ve mikro bilgisayarlar ile daha ucuz hesaplama gücünün gelişmesi ile birlikte, çoğu verilerin ve bilginin iletimi ve işlenmesi gittikçe artarak sayısal bir şekilde gerçekleştirilmektedir. Sayısal sistemler analog sistemlere kıyasla bir takım avantajlara sahiptir. Sayısal sistemler sürüklenmeye maruz kalmaz, iletim esnasında çok daha az veri bozulması problemlerine sahiptirler ve bu problemler iletilen verilere basit hata-kontrol kodlarını uygulamak suretiyle kolayca kabul edilebilir bir seviyeye düşürülebilir. Bir sayısal sistemde müsamaha edilebilen sinyal bozunmasının seviyesi, sinyal tekrar kazanılamayacak bir duruma gelmeden önce oldukça yüksektir ve bu nedenle sayısal sistemler kıyaslanabilir analog sistemlere oranla daha düşük sinyal/gürültü oranları ile çalıştırılabilir. Sinyal-işleme'ye göre, sayısal işleme düzeni tarafından sağlanan algoritma değişikliği, genellikle yazılım değişiklikleri veya en fazla basit donanım değişiklikleri ile oldukça kolay bir şekilde sağlanabilir. Bu nedenle bir sayısal filtrenin band genişliği ve merkezi frekansı sadece örnekleme frekansını bir yazılım veya donanım değişikliği ile ayarlamak suretiyle değiştirilebilir. Bir analog filtreda değişikliği genelde sadece filtre içindeki birkaç elemanı değiştirerek gerçekleştirilebilir.

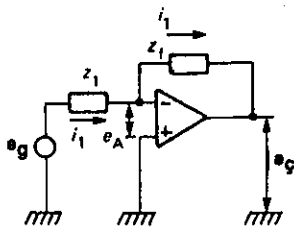
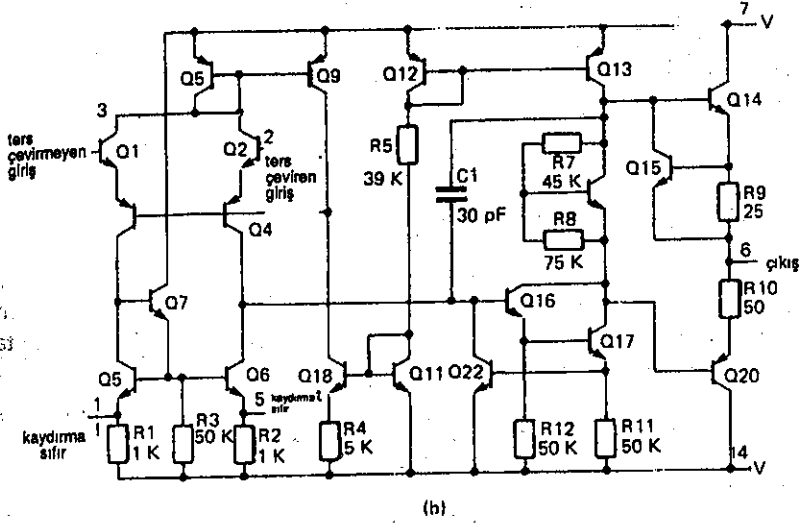
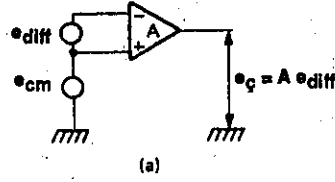
Analog elektronikler yüksek frekans veya düşük seviyeli sinyallerin işlenmesinde gereklidir. Genel olarak, analog elektronikler, sayısal kopyalarına kıyasla daha yüksek bir dinamik aralık ve ayırma gücü sağlayabilir. Analog ve sayısal elektronikleri beraber içeren karma sistemler önemli avantajlara sahiptir. Analog sinyal işlemenin performansı, genelde kontrol ve hesaplama kolaylıkları sağlamak amacıyla sayısal elektronikleri kullanarak artırılabilir. Bu kolaylıkları, bütün sistemin otomatik sınırlama, çevrim içi kalibrasyon ve kendiliğinden arıza arayıcılar (self diagnostics) gibi fonksiyonlara sahip olmasını sağlarlar. Bu tip kombinasyonlar sıklıkla akıllı veya zeki olarak adlandırılır.

4.2 Analog Sinyal İşleme

Dönüştürücüler birçok yönden kullandıkları temel fiziksel prensip veya ölçtükleri miktar ile karakterize edilebilir (Jones 1977; Arbel, 1980). Bir sinyal-işleme noktası açısından dönüştürücüler; gerilim, akım veya yük formunda çıkışlar üretip üretmediklerine; bu miktarların yapı olarak tek yönlü, çift yönlü, değişken veya geçici olup olmadıklarına; bilginin sinyal içinde bir seviye veya bir genlik frekans veya bir taşıyıcı dalganın faz modülasyonu olarak bulunup bulunmadığına ve ölçülen miktar ile dönüştürücüden elde edilen çıkış arasındaki ilişkinin doğrusal olup olmadığına bağlı olarak sınıflandırılabilir. Sinyal ile birlikte düşünülen bir çıkış empedansı mevcuttur. Analog sinyal uyumlamasının amacı genellikle dönüştürücü çıkışını bir gerilime çevirmek, gerekli olan empedans değişikliklerini gerçekleştirmek ve yükseltme, filtreleme, demodülasyon ve doğrusallaştırma gibi işlemleri sağlamaktır.

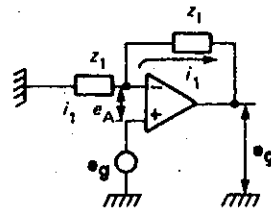
4.2.1 İşlemsel Kuvvetlendirici (Yükselteç)

Herhangi bir sinyal-uyumlama düzeninde en yaygın olarak kullanılan elemanlardan birisi işlemsel kuvvetlendiricidir. Bu bir yüksek-kazanç d.c kuplajlanmış yükselteç anlamına gelmekte olup, kapalı-çevrim performansı yükselteçten ziyade geri besleme elemanları tarafından tanımlanacak şekilde negatif geri besleme ile kullanılır. Her zaman olmamasına rağmen, bu cihaz Şekil 4.1(a)'da gösterildiği gibi genelde diferansiyel bir giriş tek uçlu çıkış cihazıdır. İdeal işlemsel kuvvetlendirici karakteristikleri; sonsuz kazanç ve band genişliği, sonsuz ortak mod reddetme oranı, sonsuz giriş empedansı, sıfır çıkış empedansı, sıfır giriş kaydırma gerilimi ve kutuplama akımı olarak verilebilir. Bu kuvvetlendirici ayrıca gürültüsüz kazanç sağlar. Şekil 4.1(b) genel amaçlı 741 entegre devreli işlemsel kuvvetlendiricinin dahili yapısını göstermektedir. Tablo 4.1 (b), farklı entegre devre teknolojileri kullanılarak üretilmiş olan üç adet işlemsel kuvvetlendiricinin parametrelerini vermektedir. Şekil 4.1(c) ve 4.1(d) ise işlemsel kuvvetlendiriciye geri besleme uygulamak için kullanılan iki temel yöntemi göstermektedir. Şekil 4.1(c) şönt geri besleme kullanan ters çeviren modu, Şekil 4.1(d)'de seri geri besleme kullanan ters çevirmeyen modu göstermektedir. Kuvvetlendiricilerin ideal karakteristiklere sahip olduğu varsayarsak, bu cihazlar sonsuz kazançta sahip olduklarından dolayı herhangi bir sonlu çıkış için kuvvetlendiricinin iki girişi arasında potansiyel mevcut olamaz. Ayrıca kuvvetlendiriciler kutuplama gerektirmediği ve sonsuz giriş empedansına sahip olduğu için $i_1 = i_2$ dir.



$$\frac{e_{\text{ç}}(s)}{e_g(s)} = - \frac{z_f(s)}{z_1(s)}$$

(c)



$$\frac{e_{\text{ç}}(s)}{e_g(s)} = \frac{z_1(s) + z_f(s)}{z_1(s)}$$

(d)

Şekil 4.1(a) Bir işlemsel kuvvetlendiricinin şematik diyagramı; (b) Bir 741 işlemsel kuvvetlendiricinin dahili yapısı; (c) Ters çeviren mod geri besleme; (d) Ters çevirmeyen mod geri besleme.

Tablo 4.1 Üç adet işlemsel kuvvetlendiricinin spesifikasyonları

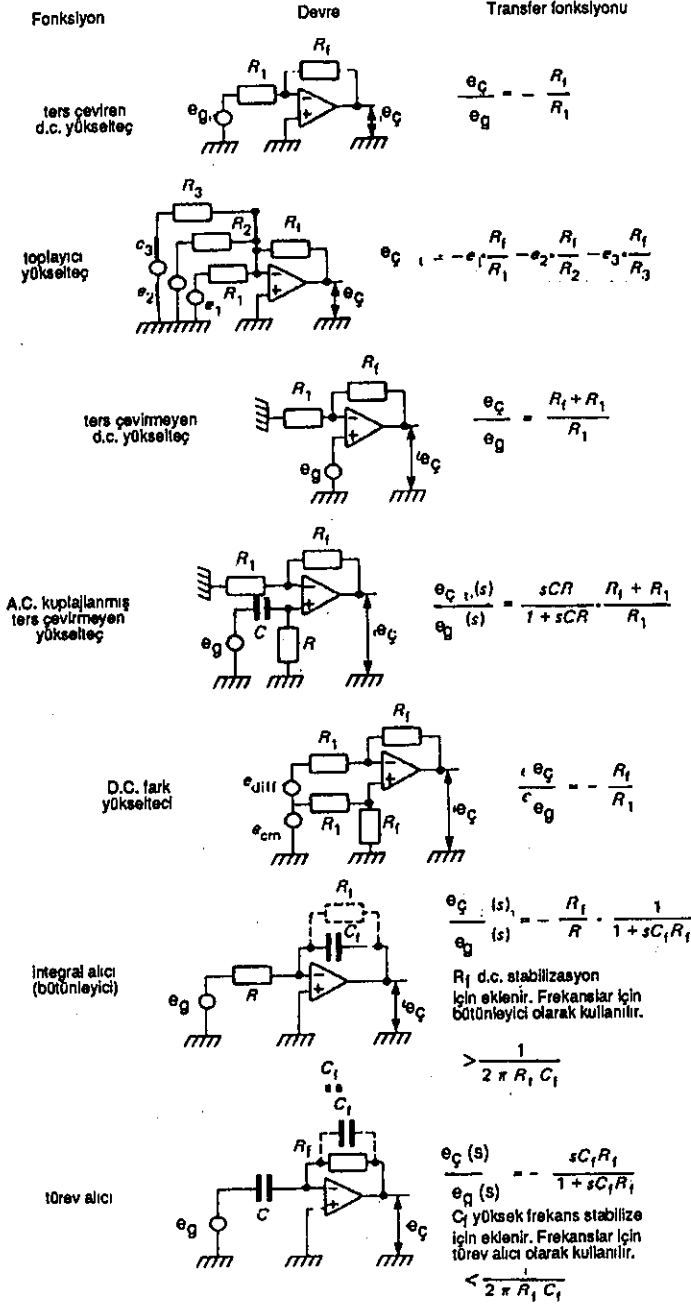
Cihaz	741 Bipolar	μ AF355 JFET	T071CP BIFET
Besleme gerilimi	± 3 V- ± 18 V	± 4 V- ± 18 V	± 3 V- ± 18 V
Açık-çevrim kazancı	106 dB	106 dB	106 dB
Giriş direnci	2 M Ω	10^{12} Ω	10^{12} Ω
Kaydırma gerilimi	1 mV	3 mV	3 mV
Kaydırma gerilimi sıcaklık katsayısı	5 μ V/K	5 μ V/K	20 μ V/K
Kutuplama akımı	80 nA	30 pA	30 pA
Kaydırma kutuplama akımı	20 nA	10 pA	5 pA
Kaydırma kutuplama sıcaklık katsayısı	0,5 nA/K	Her 20K için iki kat artmakta	Her 20K için iki kat artmakta
CMRR	90 dB	100 dB	76 dB
Yükselme hızı	0,5 V/ μ s	5 V/ μ s	13 V/ μ s
Tam-güç band genişliği	10 kHz	60 kHz	150 kHz
Besleme gerilimi reddetme oranı	30 μ V/V	10 V μ /V	158 μ V/V

Bu nedenle ters çeviren yükselteç için giriş ile çıkış arasındaki transfer fonksiyonu aşağıdaki eşitlikle verilir:

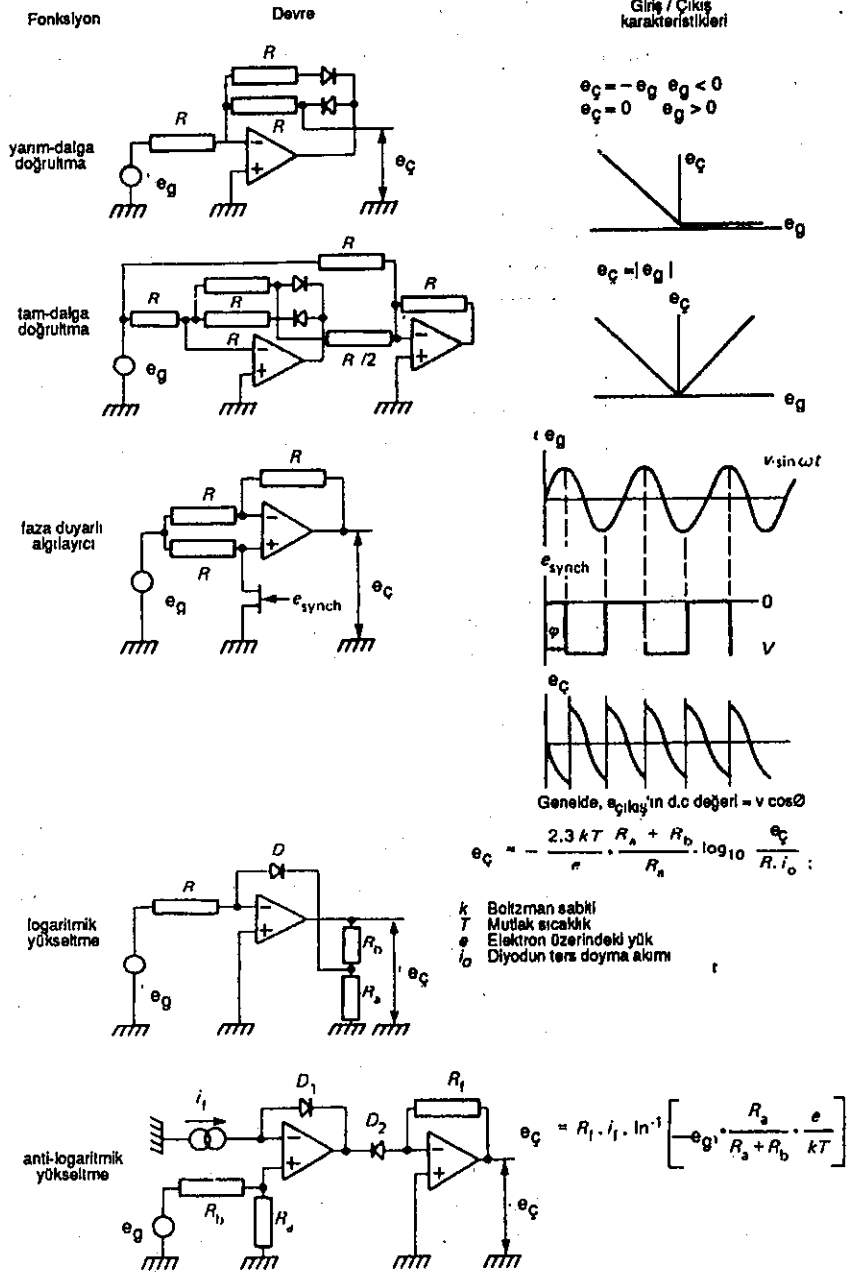
$$\frac{e_{\text{ç}}(s)}{e_{\text{g}}(s)} = \frac{-z_f(s)}{z_1(s)} = 1 - \frac{1}{\beta(s)}$$

4.1

$$\beta(s) = \frac{z_1(s)}{z_1(s) + z_f(s)}$$



Şekil 4.2 İşlemsel kuvvetlendiricileri kullanarak doğrusal sinyal işleme.



Şekil 4.3 İşlemsel kuvvetlendiricileri kullanarak doğrusal olmayan sinyal işleme.

Bu şekilde $\beta(s)$ geri besleme faktörü olarak bilinir. İdeal yükseltecin ters çevirmeyen girişinin potansiyeli giriş gerilimi ile değişmediği için bir "zahiri toprak" olarak adlandırılır ve bu nedenle ters çevirmeyen yükseltecin empedansı $z_1(s)$ 'dir. Ayrıca çıkış empedansı sıfırdır.

Ters çevirmeyen yükselteç için

$$\frac{e_c(s)}{e_g(s)} = \frac{z_1(s) + z_f(s)}{z_1(s)} = \frac{1}{\beta(s)} \quad (4.2)$$

olarak yazılabilir.

Ters çevirmeyen yükseltecin giriş empedansı, giriş gerilimi işlemsel yükselticinin ters çevirmeyen girişine uygulandığı için sonsuzdur. Kapalı çevrimde yükselteç sıfır çıkış empedansına sahiptir. $z_1(s) \rightarrow \infty$ veya $z_f(s) \rightarrow 0$ olduğu zaman, ters çevirmeyen yükseltecin kapalı çevrim kazancı $\rightarrow 1$ olacaktır ve yükselteç bir gerilim takip edicinin karakteristiklerine, diğer bir deyişle birim kazancı, sonsuz giriş empedansı ve sıfır çıkış empedansına sahiptir.

Görülebileceği üzere, geri besleme uygulaması ile ideal işlemsel yükselteç tarafından sağlanan kapalı çevrim transfer fonksiyonu, yükselteç yerine geri besleme elemanları ile saptanır. Doğrusal ve doğrusal olmayan elemanların uygun bir seçimi ile z_1 ve z_f için geniş bir aralıkta sinyal-uyumlayıcı üniteler üretmek mümkündür. Tobey ve meslektaşları (1971), Graeme (1973) ve Clayton (1979) sinyal işleme için işlemsel yükselteçlerin kullanımı konusunda birçok örnek vermektedir. Şekil 4.2 doğrusal sinyal işleme için yaygın olarak kullanılan bazı işlemsel yükselteç devrelerini ve Şekil 4.3 ise, yarım-dalga ve tam-dalga hassas doğrultma, faza duyarlı algılama ve logaritmik ve antilogaritmik yükseltme sağlayan doğrusal olmayan sinyal işlemeye işlemsel kuvvetlendiricilerin uygulanmasını göstermektedir.

Aşağıdaki bölümler ideal olmayan işlemsel kuvvetlendiricilerin kapalı çevrim performansı üzerindeki etkilerini incelemektedir.

4.2.1.1 Kazanç ve band genişliği

Pratikte işlemsel kuvvetlendiriciler sonsuz kazanç veya band genişliğine sahip değildirler ve bu nedenle bu tip kuvvetlendiriciler geri besleme çevrimi içindeki faz kayması ile çevrim etrafında toplam pozitif geri besleme üretmek için etkileşebilen faz kayması üretirler. Eğer yükselteç bir transfer fonksiyonu $A(s)$ ile ifade edilirse, bu durumda Şekil 4.1(b) ve 4.1(c)'de verilen ters çeviren ve ters çevirmeyen devrelerin yeniden analizi aşağıdaki şekilde olacaktır.

$$e_A(s) = -\frac{e_c(s)}{A(s)} \quad (4.3)$$

$$\frac{e_c(s)}{e_g(s)} = \text{ideal transfer fonksiyonu} \frac{1}{1 + 1/(A(s) \cdot \beta(s))} \quad (4.4)$$

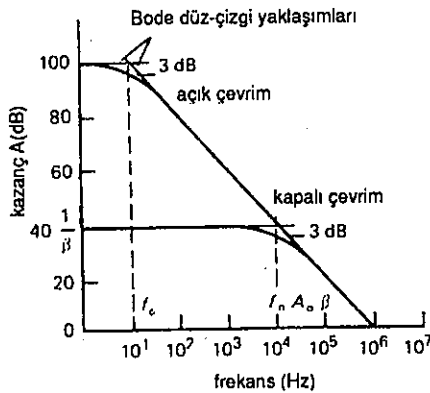
Bu eşitlikte $A(s) \cdot \beta(s)$ çevrim kazancıdır.

Geri besleme elemanları tarafından kontrol edilen kapalı-çevrim yükseltecin performansı için $|A(s) \cdot \beta(s)| \gg 1$ olması gereklidir. Diğer bir deyişle, çevrim kazancı birden önemli bir oranda yüksek olmalıdır. Kapalı-çevrim sisteminin kararlılığı, karakteristik eşitlik $1 + A(s) \cdot \beta(s)$ 'in köklerinin açık sol-yarım s düzlemi içinde bulunmasını gerektirir. İşlemsel kuvvetlendiriciler ve frekans dengeleme için kapalı-çevrim kararlılığının değerlendirilmesi genelde Bode diyagramlarını (Clayton, 1979) kullanarak gerçekleştirilir.

Çoğu işlemsel kuvvetlendiriciler bir tek alçak-frekans kutupuna sahip olan transfer fonksiyonu ile yaklaşırlar. Böylece transfer fonksiyonu $A(s)$ aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

$$A(s) = \frac{A_0}{1 + s\tau_0} \quad (4.5)$$

Bu eşitlikte A_0 yükseltecinin alçak frekans kazancı olup, burada 3 dB köşe frekansı $f_0 = 1/2\pi \tau_0$ ile verilmektedir. Bu şekil 4.4'de gösterilmektedir. Tipik ola-



Şekil 4.4 Bir işlemsel kuvvetlendiricideki kazanç-band genişliği çarpımı ilişkileri.

rak; A_0 100 dB'ye eşittir, f_0 ise 10 Hz'in altındadır.

Eğer yükselteç, dirençle geri besleme ile bir ters çevirmeyen yükselteç olarak kullanılırsa, diğer bir deyişle; $\beta(s)$ gerçek ise kapalı-çevrim transfer fonksiyonu aşağıdaki eşitlikle verilir.

$$A_d(s) \frac{e_g(s)}{e_g(s)} = \frac{1}{\beta} \cdot \frac{A_0 \beta}{(A_0 \beta + 1) + s\tau_0} \quad (4.6)$$

ve 3 dB kapalı-çevrim köşe frekansı f_d ise;

$$f_d = \frac{|(A_0 \beta)|}{2\pi\tau_0} \cong A_0 \beta \cdot f_0; \quad A_0 \beta \gg 1 \quad (4.7)$$

Böylece hem açık-çevrim, hemde kapalı-çevrim yükselteçler için; kazanç x bandgenişliği $A_0 \cdot f_0$ 'dır ve açık-çevrim yükseltecin kazancı, kapalı-çevrim yükseltecin band genişliğine bağlı olarak artar veya azalır.

$$A(s) = \frac{A_0}{(1 + \tau_0 s)(1 + \tau_1 s)} \quad (4.8)$$

$\tau_0 \gg \tau_1$ olan bu tip bir yükselteç bir dirençle geri besleme ile birlikte bir ters-çevirmeyen geri besleme yükselteç konfigürasyonunda kullanılırsa, bu durumda kapalı-çevrim yükselteç transfer fonksiyonu $A_d(s)$:

$$A_d(s) \cong \frac{1}{\beta} \cdot \frac{A_0 \beta}{\tau_0 s \left[s^2 + (1/\tau_1) s + (A_0 \beta / \tau_0 s) \right]} \quad (4.9)$$

Bu eşitlik standart ikinci derece transfer fonksiyonu ile mukayese edilebilir;

$$H(s) = \frac{H_0 \omega_n^2}{s^2 + \xi 2 \omega_n s + \omega_n^2} \quad (4.10)$$

Bu eşitlikte; H_0 alçak-frekans kazancı ω doğal frekansı ve ξ sönüm faktörü olup;

$$H_0 = \frac{1}{\beta} \quad (4.11)$$

$$\omega_n = \sqrt{\frac{A_0 \beta}{\tau \phi_1}} \quad (4.12)$$

$$\xi = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\tau_0}{A_0 \beta \tau_1}} \quad (4.13)$$

Eğer $\xi < 1$ ise yükseltecin sönümsüz (underdamped) olduğu söylenir ve sistem aşağıdaki şekildeki bir basamak girişine bir tepkiye sahiptir:

$$e_c(s) = \frac{1}{\beta} \left[1 - \exp \left\{ \frac{(-\xi \omega_n t)}{\sqrt{(1-\xi^2)}} \right\} \right] \times \sin \left(\omega_n \sqrt{(1-\xi^2)} \cdot t + \cos^{-1} \xi \right) \quad (4.14)$$

Sönüm faktörünün çeşitli değerleri için sistemin tepkisi Şekil 4.5'de gösterilmektedir. Maksimum yüzde aşma (PO) aşağıdaki eşitlikle verilmektedir.

$$PO = 100 \exp \left[\frac{-\xi \pi}{\sqrt{(1-\xi^2)}} \right]; \xi < 1 \quad (4.15)$$

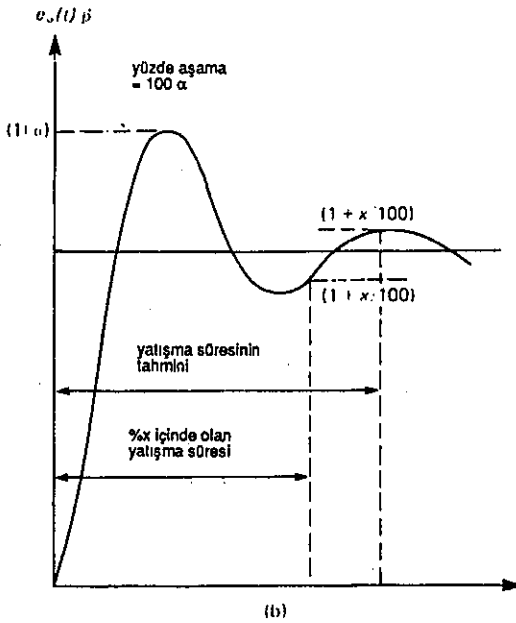
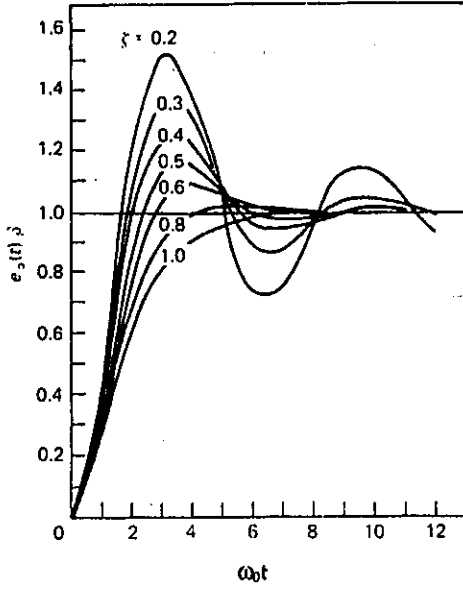
Ayrıca yükseltecin final değerinin %x'i içinde olması için bir zaman tahminide;

$$t_s = \frac{\pi \sqrt{(1-\xi^2)}}{\omega_n} \quad (4.16)$$

Bu eşitlikte n değeri eşitliği sağlayan en küçük değer olup;

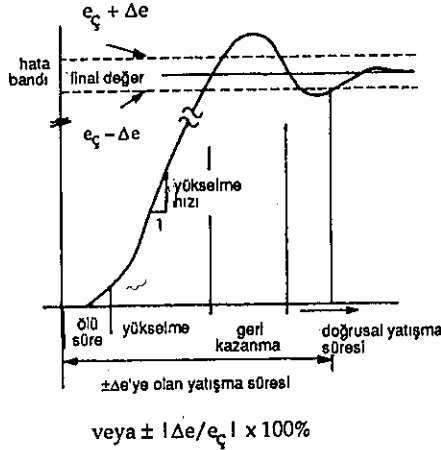
$$100 \exp \left[\frac{-\xi \pi}{\sqrt{(1-\xi^2)}} \right] \leq x \quad (4.17)$$

Şekil 4.5'de gösterildiği gibi bu süre genelde yatışma süresinin fazla tahmin edilmiş bir değeridir.



Şekil 4.5(a) Değişen sönüm faktörü ile birlikte ikinci dereceden bir sistem için basamak tepkileri; (b) İkinci dereceden bir sistem için yüzde aşma ve yatışma süresi.

Büyük sinyal basamak değışiklikleri için, kapalı-çevrim yükseltecin geçici tepkisi yükseltecin dahili devre tasarımının bir sonucu olarak ortaya çıkan doğrusal olmayan faktörler tarafından kontrol edilir. Yükseltecin çıkışının değışebileceği maksimum bir oran bulunduğu için, yükselme hızında sınırlama oluşur. Şekil. 4.6. tipik bir büyük sinyal basamak tepkisini göstermektedir. Yatışma süresi; kuvvetlendirici çıkışının başlangıç değerinden son değerinin civarına yükselmesi için gerekli zaman, yükselme - hızı sınırlı aşırı yüklenmeden kurtulma ve doğrusal aralık içinde verilen bir hataya yatışmak için gerekli zamanla birlikte bir başlangıç yayılma gecikmesini içerir. Yatışma süresi yükseltecin 0 V değerinden tipik olarak 10 V olan tam ölçek değerine yükselmesi ve son çıkış geriliminin belirtilen bir yüzdesi içinde yatışması için gerekli süre olarak tanımlanır. Genelde birim kazanç, düşük empedans seviyeli ve kapasitif yüklemeye olmayan yükseltici çıkışı şartlarında ölçülür.



Şekil 4.6 Büyük-sinyal basamak tepkisi.

4.2.1.2. Ortak Mod Reddetme Oranı (CMRR)

Şekil 4.1(a)'da gösterilen işlemsel kuvvetlendirici ideal olarak sadece giriş terminalleri arasına uygulanan diferansiyel sinyale (diff) tepki gösterir ortak mod sinyaline (e_{cm}) tepki göstermez. CMRR, yükseltecin sadece diferansiyel sinyale tepki gösterme kabiliyetinin bir ölçüsüdür. CMRR aşağıdaki eşitlikle ifade edilir:

$$CMRR = 20 \log_{10} \frac{A_{diff}}{A_{cm}} \quad (4.18)$$

Bu eşitlikle A_{diff} diferansiyel sinyale, A_{cm} ise ortak mod. sinyaline olan kazançtır.

Yükseltecin ortak mod karakteristikleri sadece yükselteç ters çevirmeyen modunda kullanıldığı zaman hataya sebebiyet verir. Bunun nedeni ise; ters çeviren modda yükseltece uygulanan bir ortak mod sinyal yoktur. CMRR; frekans, güç kaynağı, giriş sinyal seviyesi ve sıcaklık gibi bir takım değişkenlerin bir fonksiyonudur. Tipik olarak, bir yükselteç düşük frekanslarda 100-120 dB'lik bir ortak mod reddetme oranına sahiptir.

4.2.1.3 Giriş ve Çıkış Empedansları

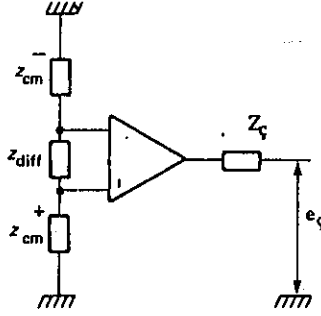
İşlemsel kuvvetlendiriciler diferansiyel cihazlar olarak Şekil 4.7'de gösterildiği gibi hem ortak mod, hemde diferansiyel giriş empedanslarına sahiptirler. Ortak giriş empedansları z_{cm}^+ ve z_{cm}^- her giriş ile toprak veya güç kaynağı arasındaki empedanslardır. z_{diff} girişler arasında ölçülen input empedansıdır. Dinamik empedanslar, kapasitans ile paralel olan direnç vasıtasıyla ifade edilebilir. R_{cm}^+ ve R_{cm}^- genellikle R_{diff} 'den 100 kat kadar daha büyüktür. Giriş empedanslarının geri beslemeyi değiştirmek için, geri besleme elemanları ile etkileşimi, giriş empedanslarına kıyasla önemli oranda düşük olan empedanslarla birlikte geri besleme elemanları kullanılarak, minimum düzeye indirilebilir.

Ters-çevirmeyen yükselteç için; diferansiyel giriş empedansı bir $A(s)$. $\beta(s)$ faktör kadar arttığından dolayı, giriş empedansı ters çevirmeyen giriş ve toprak arasında olan ortak giriş empedansıdır. FET'li işlemsel yükselteçler 1 veya 2 pF bölgesindeki kapasitanslar ile paralel olarak $10^{15} \Omega$ 'a kadar ortak mod giriş empedansları sağlayabilir. Bu tip işlemsel yükselteçler, bu özelliklerinden ve ayrıca düşük kutuplama akımlarına sahip olduklarından dolayı elektrometre yükselteçler olarak kullanım için uygundur. Bu tür yükselteçlerin sağlamış olduğu yüksek giriş empedansını korumak için, güç kaynağını yükseltecin girişine bağlayan kabloya sürülen-kalkan (driven-shield) tekniklerini uygulamak ve ayrıca yükseltecin giriş bacaklarını korumak genelde gereklidir. Şekil 4.8 tipik bir sürülen-kalkan düzenlemesini göstermektedir. Tel kapasitansının etkisi, gerilim takip edicinin çıkışından telin dış kalkanını sürmek suretiyle ortadan kaldırılmıştır. Eğer yükseltecin ideal olduğu kabul edilirse, bu durumda toplam yükselteç aşağıdaki eşitlikle verilen bir transfer fonksiyonuna sahip olacaktır:

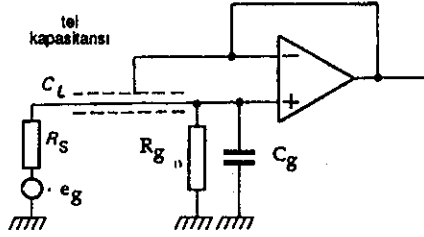
$$\frac{e_c(s)}{e_g(s)} = \frac{1}{(1 + s R_s C_g)} \quad (4.19)$$

Guld (1974) bu tip teknikleri ve ayrıca yükseltecin giriş kapasitansını ortadan kaldırmak için kullanılan pozitif geri besleme teknikleri incelemektedir.

Yükseltecin açık-çevrim empedansı genelde bir direnç ile gösterilir. Tipik olarak, bu empedans 100 ile 500 Ω arasında bir değere sahiptir. Geri besleme bu çıkış empedansını $1 / (A(s) \beta(s))$ kadar azaltır.



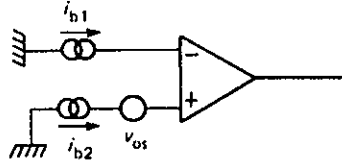
Şekil 4.7 Bir işlemsel kuvvetlendirici için giriş ve çıkış empedansları.



Şekil 4.8 Tel kapasitansının etkisini azaltmak için sürülen kalkan.

4.2.1.4 Giriş Gerilimi Kaydırma ve Kutuplama Akımı

Diferansiyel giriş kademesini oluşturan elemanlardaki uyumsuzluk yüzünden, yükselteç sıfır giriş için bir d.c. çıkış verir. Bu Şekil 4.9'da gösterildiği gibi bir gerçek yükselteç modelinde ideal yükseltecin ters çevirmeyen girişi ile seri haldeki bir gerilim kaynağı v_{os} ile ifade edilir. v_{os} , girişe uygulandığı zaman çıkışı sıfır değerine düşürecek olan gerilime eşittir. Bu kaydırma gerilimi tipik olarak 0,1-30 mV değerleri arasında olup sıcaklık, güç kaynağı ve zamanın bir fonksiyonudur.



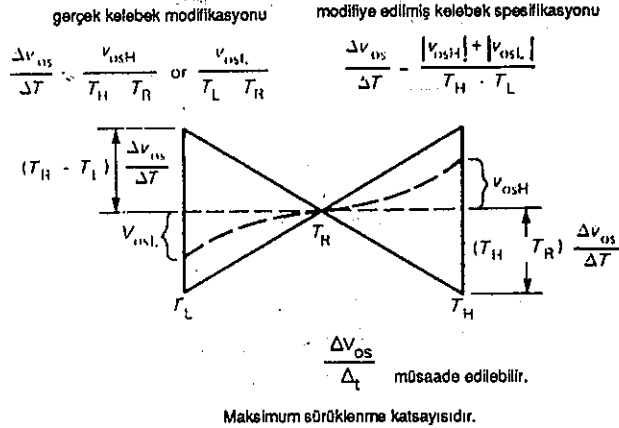
Şekil 4.9 Bir işlemsel kuvvetlendiricideki giriş kaydırma gerilimi ve kutuplama akımları.

Çoğu işlemsel kuvvetlendiriciler kaydirmayı sıfırlama ayar bacaklarına sahip olup, bu bacaklar vasıtasıyla başlangıç kaydırması sıfırlanabilir. Hassas d.c. ölçümlerinde daha fazla öneme sahip olan, kaydırma geriliminin sıcaklık sürüklenmesidir. Belirli bir aralıktaki kaydırma gerilim sıcaklık katsayısı aşağıdaki eşitlik ile verilebilir:

$$\frac{\Delta v_{os}}{\Delta T} = \frac{v_{osH} - v_{osL}}{T_H - T_L} \quad (4.20)$$

Bu eşitlikle v_{osH} ve v_{osL} , T_H ve T_L sıcaklıklarında ölçülmüş olan kaydırma gerilimi değerleridir. Bu katsayı sadece belirli bir sıcaklık aralığındaki sıcaklık katsayısının bir ortalama ölçüsüdür ve kaydırma gerilimi sıcaklığın doğrusal bir fonksiyonu olduğu için herhangi bir noktada olduğundan fazla veya düşük bir değer olarak saptanabilir. Ayrıca sıcaklık aralığındaki verilen bir noktadan sıcaklık sürüklenmesini tahmin etmek için kullanılamaz. Bazı üreticiler (Analog cihazlar, 1982) Şekil 4.10'da gösterildiği gibi sıcaklık katsayısının bir kelebek spesifikasyonunu kullanırlar. Bu spesifikasyon T_{ref} olarak tanımlanan bir referans sıcaklığından kaydırma gerilimi sürüklenmesi sıfırlanır. Bu tekniği kullanmak suretiyle, referans sıcaklığından (T_{ref}) çalışma ortamı sıcaklığına (T_A) olan kaydırma gerilimi sürüklenmesinin, ($T_{ref} - T_A$) değerinin belirtilen sıcaklık katsayısı ile çarpımından daha düşük olacağı garanti edilir.

Kaydırma gerilimi sıcaklık katsayı için tipik değerler 0,5-20 $\mu\text{V}/\text{K}$ aralığındadır.



Şekil 4.10 Kaydırma gerilimi sıcaklık katsayısının kelebek spesifikasyonu

Kaydedilmesi gereken bir nokta; dahili devre kullanan kaydırmayı sıfırlama yönteminin, kaydırma gerilimi sıcaklık katsayısını önemli oranda arttırılabileceğidir. Ayrıca, kritik durumlarda harici sıfırlama tekniklerinin kullanılması tavsiye edilir. Genel olarak, tüm kaydırma gerilim sıcaklık spesifikasyonları sabit durumlu termal koşullar içindir. Isınma gibi geçici termal koşullar veya termal şok koşulları altında, kaydırma geriliminin değeri önemli oranda arttırılabilir.

Kaydırma gerilimi, aynı zamanda güç kaynağı gerilimi ve zamanın bir fonksiyonudur. Kaydırma geriliminin güç kaynağı gerilimi ile değişimi $\Delta v_{os}/\Delta V$ ($\mu\text{V}/\text{V}$) olarak verilir.

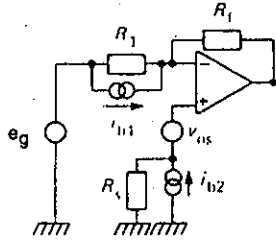
Kaydırma geriliminin zaman ile sür¼klenmesi yaşlanmanın (ageing) bir sonucu olarak meydana gelir. Bu sür¼klenme $\mu\text{V}/\text{g¼n}$, $\mu\text{V}/\text{ay}$ veya $\mu\text{V}/\text{yıl}$ cinsinden ifade edilir ve genelde zaman ile doğrusal değildir. Bir karek¼k tahmin esası üzerine sıklıkla ekstrapolasyon yapılır. Böylece herhangi bir süre için sür¼klenme; belirli bir süre için belirtilen sür¼klenme ürün¼n¼ alıp, sür¼klenmenin gerekli olduğu sürenin, yine sür¼klenmenin belirtildiği süreye oranının karek¼k¼ ile çarparak elde edilir. Zamanda meydana gelen değişiklikler, sıcaklık ve güç kaynağındaki değişikliklere kıyasla biraz daha az olma eğilimi gösterir.

İşlemsel kuvvetlendiricilerin giriş kademeleri kutuplama akımı ile sağlanmalıdır. Bu yüzden bu akımların içinden akabileceği d.c. kutuplama yollarının temin edilmesi gereklidir. Bu kutuplama akımları, Şekil 4.9'da gösterilen iki akım üretici (i_{b1} ve i_{b2}) ile ifade edilip değerleri pozitif ve negatif terminallere olan kutuplama akımının ortalamasıdır. Bu akım üreticileri, işlemsel yükseltecin üretiminde kullanılan teknolojiye bağlı olarak 10^{-7} A- 10^{-15} A arasında değerlere sahiptirler. Kutuplama akımları sıcaklık ve güç kaynağı geriliminin bir fonksiyonudur.

Kaydırma geriliminin ve kutuplama akımlarının bir işlemsel kuvvetlendiricinin çıkışı üzerindeki etkisi; herhangi bir devrede indüktörleri kısa devre yapma, kapasitörleri açık devre yapma, gerilim kaynaklarını kısa devre yapma ve akım kaynaklarını açık devre yapma ile değerlendirilebilir. Şekil 4.11, kaydırma geriliminin ve kutuplama akımının bir ters çeviren işlemsel kuvvetlendirici üzerindeki etkisini göstermektedir. Kutuplama akımları yüzünden meydana gelen çıkış kaydırmasını, kaynak dirençlerini iki girişde eşit yapmak suretiyle minimum seviyeye indirmek mümkündür. Diğer bir deyişle;

$$R_s = \frac{R_1 \cdot R_f}{R_1 + R_f}$$

Bu tür koşullar altında, kaydırma şimdi fark akımının ($i_d = i_{b1} - i_{b2}$) bir fonksiyonu olur. Bu genel olarak, hemen hemen i_{b1} veya i_{b2} 'den daha küçük bir değer olacaktır. Ayrıca iki kutuplama akımı sıcaklık ile birbirlerini takip ederler ve i_d içinsıcaklık katsayısı da oldukça daha küçük olacaktır.



$$e_c = e_g \cdot \frac{R_1}{R_1} + v_{os} \cdot \frac{R_1 + R_f}{R_1} - (i_{b1} - i_{b2}) R_f$$

$$\text{eğer } = \frac{R_1 \cdot R_f}{R_1 + R_f}$$

Şekil 4.11 Bir işlemsel kuvvetlendiricinin çıkışı üzerinde kaydırma geriliminin ve kutuplama akımının etkileri.

4.2.1.5 Gürültü

Alçak-seviyeli sinyallerin saptanmasında, işlemsel kuvvetlendiricinin gürültü performansı oldukça önemlidir ve bu yüzden üretici spesifikasyonlarındaki verileri kullanarak yükseltecin gürültü katkısını hesaplayabilmek ve minimum seviyeye indirebilmek gereklidir. Şekil 4.12 bir işlemsel kuvvetlendiricideki gürültü kaynaklarını göstermektedir. Gerilim kaynağı e_n tarafından verilen bir r.m.s. değerine, akım üreteçleride i_n tarafından verilen r.m.s. değerlerine sahiptir. Devre için'deki dirençlerin her birinin termal gürültü geriliminin r.m.s değeri aşağıdaki eşitlikle verilmektedir:

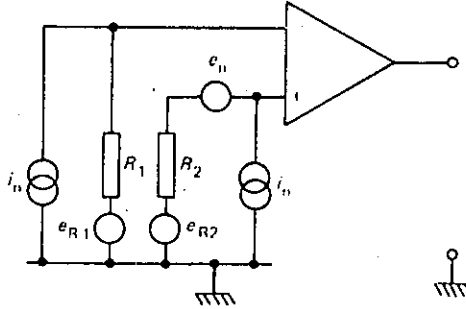
$$e_R = \sqrt{4kTRf} \quad (4.21)$$

Bu eşitlikte; k Boltzmann sabiti, T mutlak sıcaklık, R direnç ve f ise ölçümün yapıldığı band genişliğidir.

Bu yüzden, yükseltecin girişine ait olan toplam r.m.s. gürültüyü (e_{ntop}) hesaplamak mümkündür.

$$e_{ntop} = \sqrt{\left(e_n^2 + R_1^2 i_n^2 + R_2^2 i_n^2 + 4kTR_1f + 4kTR_2f \right)} \quad (4.22)$$

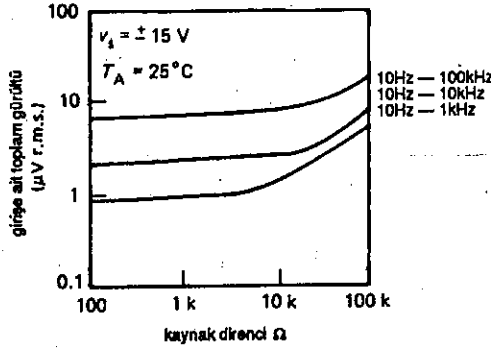
İlk terim gerilim gürültüsünü, ikinci ve üçüncü terimler her bir girişteki dirençle etkileşen akım gürültüsünün etkisini ve son iki terim ise dirençlerle ilgili termal gürültüyü temsil eder. Toplama, kaynaklar istatistiksel olarak bağımsız kabul edildiğinden karelerin ortalaması şeklinde hesaplanır.



Şekil 4.12 Bir işlemsel kuvvetlendiricideki gürültü kaynakları.

Üreticiler, girişe ait olan gürültünün r.m.s. seviyesinin tipik olarak 10 Hz-100 kHz, 10 Hz-10 kHz veya 10 Hz-1 kHz arasında değişen bir dizi

band genişlikleri için kaynak direncinin bir fonksiyonu olarak, grafiksel ifadelerini temin etmektedirler. Şekil 4.13 bir 741 işlemsel kuvvetlendirici için bu tip taslakları göstermektedir. Tepeden tepeye gürültü $6,6e_{ntop}$ olarak tahmin edilebilir. Burada e_{ntop} Gauss olduğu farzedilen gürültünün r.m.s. değeridir.



Şekil 4.13 Bir 741 işlemsel kuvvetlendiricinin gürültü karakteristikleri.

Üreticiler, gerilim gürültü kaynağı ve akım gürültü kaynağı içinde spektral (tayfsal) veriler sağlamaktadırlar. Şekil 4.14 bir Precision Monolithics OP-14 işlemsel yükseltecin nV/\sqrt{Hz} olarak gerilim spektral yoğunluğu ve pA/\sqrt{Hz} olarak akım spektral yoğunluğu için tipik eğrileri göstermektedir. Yüksek frekanslarda hem gerilim, hemde akım gürültüsü beyaz gürültü karakteristikleri gösterirler, diğer bir deyişle eşit band genişliklerinde eşit güce sahiptirler. Düşük frekanslarda ise gerilim ve akım gürültüsü, kırpışma gürültüsü (flicker noise) olarak adlandırılan bir $1/f$ karakteristiği gösterir. Bu band genişliğinin her onluğunda eşit güce sahip olma ile karakterize edilir. Bu güç spektrumunun belirli bir frekans bandı aralığında integralini almak suretiyle o banddaki toplam r.m.s. gürültüsünü hesaplamak mümkündür. Böylece Şekil 4.14'de gösterildiği gibi bir banddaki gerilim gürültüsünün (e_n) r.m.s. değeri aşağıdaki eşitlikle hesaplanabilir:

$$e_n = e_{sd} \sqrt{f_{ce} \cdot \log_e \left(\frac{f_H}{f_L} \right) + (f_H - f_L)} \quad (4.23)$$

Bu eşitlikte; f_{ce} gerilim gürültüsünün kenar frekansı, f_H ve f_L gürültünün ölçüldüğü band genişliğinin alt ve üst frekansları ve e_{sd} yüksek frekanslardaki gerilim gürültüsünün spektral yoğunluğudur.

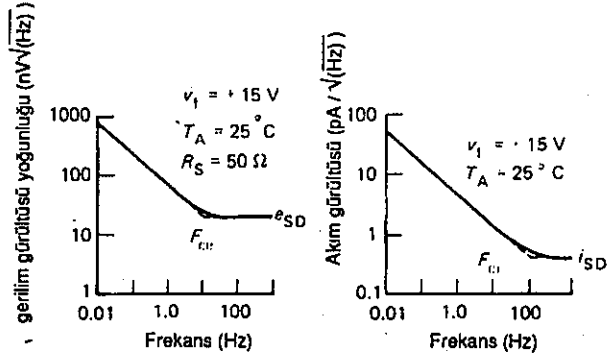
i_n akımının r.m.s. değeri için benzer bir hesaplama yapılabilir:

$$i_n = i_{sd} \sqrt{f_{cd} \cdot \log_e \left(\frac{f_H}{f_L} \right) + (f_H - f_L)} \quad (4.24)$$

Bu eşitliklerde; f_{cd} akım gürültüsünün kenar frekansı ve i_{sd} yüksek frekanslardaki akım gürültüsünün spektral yoğunluğudur.

Spektral yoğunlukları, yükseltecin çıkışındaki gürültüyü saptamak amacıyla, yükseltecin frekans tepkisini hesaba katmak için değiştirmek mümkündür (Tobey et al., 1971).

Gürültü değerlendirilmesinde alternatif bir yaklaşım; yükselteci bir gürültü faktörü NF (Arbel, 1980) cinsinden tanımlamak ve gürültü faktörünü minimum bir seviyeye düşürmek için kaynağın gürültüsünün yükselteç ile uyumunun sağlanmasının aranılmasıdır. Bu yaklaşım, yükseltecin çıkışındaki en iyi sinyal/gürültü oranını sağlamayacağı için enstrümantasyon uygulamalarında daha az kullanışlıdır.



Şekil 4.14 Bir OP-14 işlemsel kuvvetlendirici için gerilim ve akım gürültüsü spektral yoğunlukları.

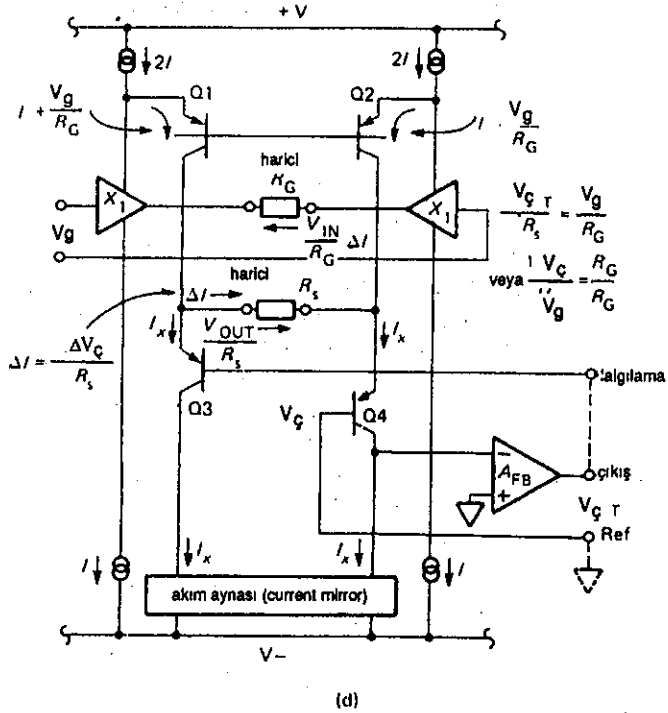
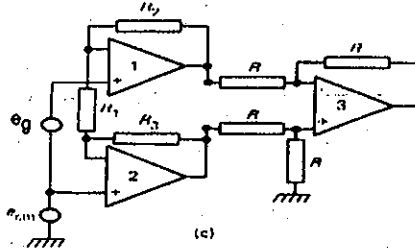
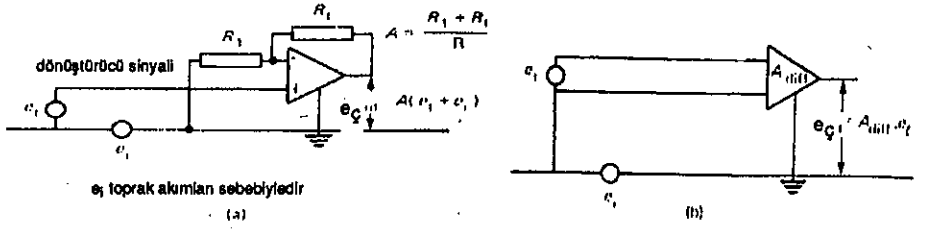
4.2.1.6. İşletme parametreleri

Yukarıda belirtilen parametrelere ilave olarak, işlemsel kuvvetlendirici içinde parametreler mevcut olup, bu parametrelere; dahili devre tasarımının bir sonucu olarak ortaya çıkan ve yükseltecin sürebileceği geri besleme empedansları üzerine sınırlamalar koyan giriş ve çıkış salınmaları ve çıkış sürme akımı kabiliyeti gibi parametreler örnek olarak verilebilir. Yükseltecin tam-güç band genişliği, yükseltecin yükselme zamanı tarafından saptanır. Bu band genişliği bir sinüsoidal giriş sinyalinin birim kapalı döngü kazancında ve nominal yük altında belirli bir bozulma seviyesini aşmadan tam nominal çıkış üreteceği maksimum band genişliği olarak tanımlanır. Yükselteçteki distorsiyon toplam harmonik distorsiyon (THD) cinsinden ölçülür. Aşırı yükten geri kurtulma (overload recovery), yükseltecin belirtilmiş bir seviyedeki aşırı sürülme tarafından oluşturulan bir doyma şartından kurtulma kabiliyetini ölçer. Bu parametreler hakkında daha fazla bilgi için üreticilerin yükselteç spesifikasyonlarına başvurulmalıdır. Bu spesifikasyonlar; belirli yükselteçler için bu parametrelerin değerlerini, ayrıca bu parametrelerin ölçüm koşullarının spesifikasyonlarını vermektedir.

4.2.2 Enstrümantasyon Yükselteçleri

Şekil 4.1(c) ve 4.1(d)'de gösterilen tek-uçlu ters çeviren ve ters çevirmeyen yükselteçler, genel amaçlı enstrümantasyon yükselteçleri olarak kullanım için uygun değerlerdir. Bunun nedeni ise; birçok dönüştürücülerde alçak-seviyeli sinyalin bir büyük genlik ortak mod sinyali üzerine çakıştırılmasıdır. Bu durum, Şekil 4.15(a)'da gösterildiği gibi bir "strain gauge bridge" veya hat frekansı girişim sinyalinden çıkış alındığında karşılaşılan durumdur. Bir tek-uçlu yükselteç kullanarak sinyalin ölçülmesi ortak mod sinyalinin ve aynı zamanda dönüştürücü sinyalin yükseltilmesine neden olur. Şekil 4.15(b)'de gösterilen diferansiyel yükselteci kullanmak suretiyle, yükseltecin CMRR'si ortak mod sinyalinin etkisini azaltır. Enstrümantasyon yükselteçleri geniş bantlı, yüksek giriş empedanslı diferansiyel yükselteçler olup, ayarlanabilir ve kararlı diferansiyel kazanç, yüksek ortak mod reddetme oranı, düşük giriş sürüklenme karakteristikleri ve düşük çıkış empedansına sahiptir. Bu tip yükselteçler termokuplardan, strain gauge köprülerinden, akım şöntlerinden ve biyolojik problemlerden elde edilen sinyalleri yükseltmek için kullanılırlar.

Şekil 4.15(c) üç adet işlemsel kuvvetlendirici kullanan bir enstrümantasyon yükseltecini göstermektedir. A1 ve A2 yükselteçleri ortak mod sinyale sadece birlik kazancı (unity gain) sağlar. A3 yükselteci ise bir fark yükselteci gibi davranır. Tüm yükseltecin diferansiyel kazancı aşağıdaki eşitlikle verilmektedir.



Şekil 4.15 (a) Bir tek-üçlü giriş yükseltici üzerinde ortak mod sinyallerinin etkisi; (b) Ortak mod sinyallerinin etkilerini azaltmak için bir fark yükseltcinin kullanılması; (c) üç adet işlemsel kuvvetlendirici kullanan bir enstrümantasyon yükseltci; (d) Bir ticari enstrümantasyon yükseltçe AD'nın dahili konstrüksiyonu.

$$A_{diff} = \frac{R_1 + R_2 + R_3}{R_1} \quad (4.25)$$

Ortak mod reddetme oranı; enstrümantasyon yükseltecini oluşturan yükselteçlerin ortak mod reddetme oranı ve fark (A3) yükseltecindeki dirençlerin uyumu tarafından kontrol edilir.

Şekil 4.15(d) bir ticari enstrümantasyon yükseltecinin (Analog Cihazlar AD521) dahili konstrüksiyonunu göstermektedir. Diferansiyel gerilim (e_{diff}) R_G üzerinde oluşur ve Q_1 ve Q_2 transistörleri içinden akan akımlarda bir denge-sizliğe neden olur. Q_3 ve Q_4 transistörlerinden oluşan akım aynası bu denge-siz akımı R_S içinden akması için zorlar. Çıkış gerilimi (e_c) R_S/R_G ile verilir. 1-1000 arasındaki diferansiyel kazançlar R_G 'yi ayarlamak suretiyle sağlanabi-lir. Bu yükseltecin karakteristikleri Tablo 4.2'de verilmektedir. Yazılım prog-ramlanabilir kazançlı enstrümantasyon yükselteçleri mevcuttur.

Tablo 4.2 Enstrümantasyon yükselteci spesifikasyonları

Kazanç G	1-1000
Küçük sinyal band genişliği	
G=1	>2 MHz
G=1000	40 kHz
Diferansiyel giriş gerilimi	± 10 V
Ortak mod reddetme oranı	
G=1	70 dB dk
G=1000	100 db dk
Giriş empedansları	
Diferansiyel	$3 \times 10^9 \Omega \parallel 1,8$ pF
Ortak mod	$6 \times 10^{10} \Omega \parallel 3,0$ pF
Gerilim kaydırmaları	
Giriş	3 mV max.
Sıcaklığa karşı giriş	15 μ V/K max.
Çıkış	400 mV max.

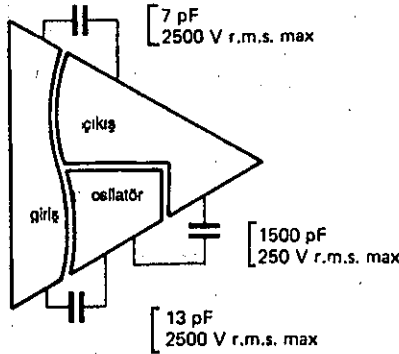
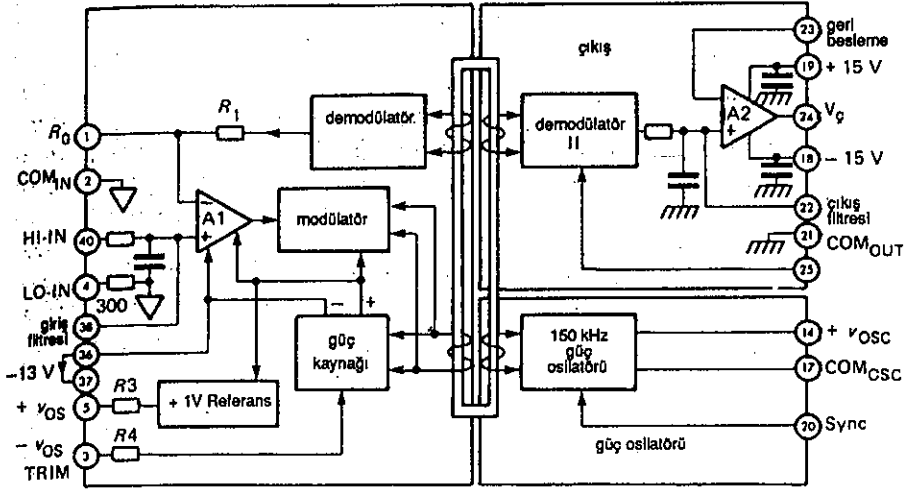
Sıcaklığa karşı çıkış	400 $\mu\text{V}/\text{K}$ max.
Giriş kutuplama akımı	
Başlangıç	80 nA max.
Sıcaklığa karşı	1 nA/K
Gürültü	
Gerilim gürültüsü wrt çıkış	
0,1 Hz-10 Hz	
10 Hz-10 Hz	
Giriş akımı gürültüsü	$\sqrt{ (0,5\text{G})^2 + (225)^2 } \mu\text{V p-p}$
10 Hz-10 kHz	$\sqrt{ (1,2\text{G})^2 + (50)^2 } \mu\text{V r.m.s.}$

4.2.3 Ayırma Yükseltici

Şekil 4.15(d)'de gösterilen yükselteç sadece güç sınırları içinde olan ortak mod sinyallerinin reddedilmesine müsaade edebilir. Şekil 4.16'da verilen gibi öndeki yükseltcin güç kaynağından ve sonraki kademelerden galvanik olarak izolasyonunu sağlayan bir ayırma tekniği kullanarak, birkaç kV'a dayanabilecek bir ayırma sağlayabilen bir yükselteç elde etmek mümkündür. Ayırma genelde transformatör bağlantısı vasıtasıyla sağlanır. Bu tip yükselteçlerde, giriş ve çıkış devreleri arasındaki başlıca kaçak kaynağı transformatörün sargıları arasındaki kapasitanstır.

Bir güç osilatörü, yükseltilmiş giriş sinyali ile modüle edilmiş ve izolasyon engeli boyunca kuplajlanmış bir taşıyıcı ile birlikte giriş yükseltcine izole edilmiş güç sağlar. Çıkış bölümünde bu sinyal demodüle edilir ve daha sonrada filtrelenir. Yükselteç çıkışı bir yastık yükselteç üzerinden sağlanır. Giriş kademesindeki ikinci demodülatör geri besleme ile beraber giriş kademesi sağlamak amacıyla kullanılır.

Bu tip yükselteçlerin uygulamaları olarak; yüksek mod gerilimlerin mevcut olduğu durumda alçak-seviye d.c. ve alçak-frekans gerilimi veya akımı ölçümleri ve gürültülü bir ortamda yüksek empedanslarda iletilen sinyallerin alımı verilebilir. Ayırma yükselteçleri; hasta emniyeti açısından d.c. ve hat frekansı kaçak akımlarının sınırlandırılmasının gerekli olduğu tıbbi elektroniklerde yaygın bir biçimde kullanılırlar. Tablo 4.3 ticari bir ayırma yükseltcine (Analog cihazlar (AD293) ait spesifikasyonları vermektedir.



Şekil 4.16 Ayırma yükseltici.

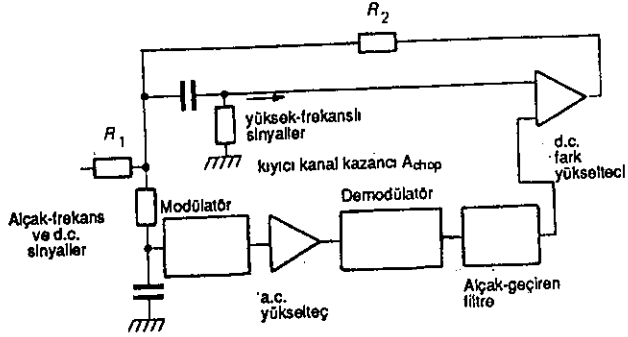
Tablo 4.3. Ayırma yükseltecinin spesifikasyonları

Kazanç G	1-1000
Küçük-sinyal band genişliği (G=1-100)	2,5 kHz
Diferansiyel giriş gerilimi maksimum ortak mod gerilimi (Girişler/Çıkışlar)	± 10 V
Sürekli a.c. veya d.c.	± 2500 V tepe (peak)
Ortak mod reddetme (1 K Ω kaynak empedansı dengesiz)	100 dB
Kaçak akım 115 V a.c. 60 Hz'de	
Giriş-çıkış	2 μ A r.m.s. max.
Giriş empedansları G=1	
Diferansiyel	150pG 1110 ⁸ Ω
Ortak mod	30pF 15x10 ¹⁰ Ω
Girişe göre kaydırma gerilimi	
Başlangıç	$(\pm 3 \pm 22/G_{in})$ mV
Sıcaklığa karşı (G _{in} =giriş kademesinin kazancı)	$(\pm 3 \pm 150 G_{in})\mu$ V/K
Giriş kutuplama akımı	
Başlangıç	2 nA
Sıcaklığa karşı	20 pA/K
Giriş gürültüsü	
Gerilim	
0,05 Hz-100 Hz	10 μ V p-p
10 Hz-1 kHz	5 μ V r.m.s.
Akım	
0,05 Hz-100 Hz	50 pA p-p

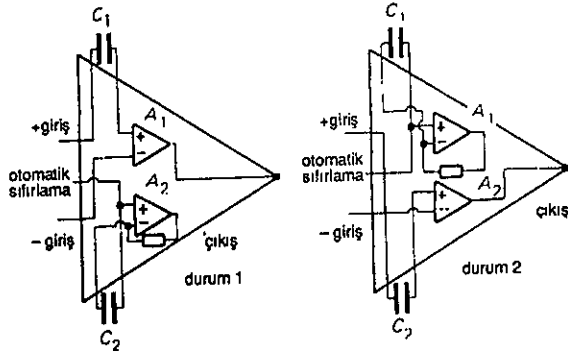
4.2.4 Kıyıcı Dengelenmiş Yükselteçler ve Komütasyonlu Otomatik Sıfırlamalı Yükselteçler

Bir alçak kaydırma gerilimi ve ayrıca alçak kaydırma gerilim sıcaklık katsayısına sahip yükselteçler üretmek için sıklıkla bir talep mevcuttur. Bu tip karakteristiklere haiz olan iki yükselteç; kıyıcı dengelenmiş yükselteçler ve komütasyonlu otomatik-sıfırlamalı (CAZ) yükselteçlerdir. Bu yükselteçler Şekil 4.17(a) ve 4.17(b)'de gösterilmektedir. Kıyıcı-dengelenmiş yükselteçde (Giacoletto, 1977), sinyal bir frekans esası üzerinde iki yola bölünür. d.c. ve alçak-frekanslı sinyaller modülatöre bir alçak-geçiren filtre üzerinden gönderilir. Bu modüle edilmiş sinyal (şimdi bir a.c. sinyalidir) daha sonra bir a.c. yükselteç vasıtasıyla yükseltilir. Yükleme işlemi takiben sinyal demodüle edilir, filtrelenir ve esas yükseltece iletilir. Böylece d.c. ve alçak-frekanslı sinyaller, ideal olarak d.c. kaydırmaya sahip olmayan (mevcut tek kaydırma sinyalinin ideal olmayan modülasyonu ve demodülasyonu sebebiyledir) bir a.c. yükselteç ile yükseltilir. Eğer kıyıcı kademenin efektif kazancı A_{chop} ve esas yükseltecin kaydırması v_{osm} ise, bu durumda toplam yükselteç çıkışına göre yükseltecin efektif kaydırması v_{osm}/A_{chop} olarak verilir. Bunun nedeni ise d.c. sinyaller esas yükseltece uygulanmadan önce bu sinyallere A_{chop} un bir d.c. kaydırmaz kazancının verilmesidir. Tipik olarak bu tip yükselteçler 15-50 μV arasında bir kaydırma gerilimine ve 0,1-10 $\mu V/K$ arasındada bir sıcaklık katsayısına sahiptirler. Ayrıca uzun dönem kararlılığı 2 $\mu V/ay$, 5 $\mu V/yıl$ 'dir. Bu yükselteçler normalde açık-çevrim frekans tepkisindeki değişikliklerin etkilerini ortadan kaldırmak için ağır toplam geri besleme (heavy overall feedback) ile birlikte kullanılır.

Komütasyonlu otomatik-sıfırlamalı yükselteç; aynı althk üzerine yerleştirilmiş iki adet işlemsel kuvvetlendiriciden oluşmaktadır (Intersil, 1979). Yükselteç bir iki durumlu cihaz olup, bu iki durum Şekil 4.17(b)'de gösterilmektedir. Durum 1'de işlemsel kuvvetlendirici 1, kapasitör C_1 ters-çevirmeyen çıkışı ile seri olacak şekilde aktif yükselteç olarak kullanılır. C_2 üzerinde saklanması için anahtarlanır. Belirli bir süre sonra (tipik olarak 3 ms) bu iki yükseltecin rolleri değişir. Yükselteç 1 üzerindeki kaydırma şimdi ölçülür ve yükselteç 2 üzerindeki kaydırmada, kapasitör C_2 'yi ters-çevirmeyen çıkışı ile seri olacak şekilde yerleştirmek suretiyle ortadan kaldırılır. Durum 1'e geri komütasyon 3 ms daha sonra meydana gelir. CAZ yükselteçler tipik olarak 2 μV 'lık bir başlangıç kaydırma gerilimine, 0,05 $\mu V/K$ 'lık bir sıcaklık katsayısına ve 0,2 mV/yıl'lık bir kaydırma zaman değişikliğine sahip olabilirler. CAZ yükselteçleri komütasyon frekansında gürültü zıplamaları üretirler, bu nedenle çalışma frekansını komütasyon frekansının onda birine sınırlamak gereklidir.



(a)



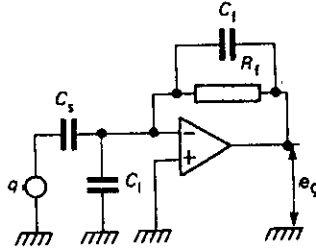
(b)

Şekil 4.17(a) Kıyıcı dengelenmiş yükselteç; (b) Komütasyonlu otomatik sınırlamalı yükselteçler.

4.2.5 Yük ve Akım Yükselteçleri

Akselerometrelerde, basınç dönüştürücülerinde ve yük hücrelerinde kullanılan piezoelektrik kristaller yük çıkışları (charge outputs) üretirler. Şekil 4.18'de gösterilen bir yük yükseltici, yükü bir gerilime çevirmek amacıyla kullanılır. Yükseltecin ters çevirmeyen girişi bir görünen toprak olarak davranır ve bu yüzden kristali yükselece bağlayan kablonun kapasitansının şöntleme etkisi, kablo boyunca herhangi bir gerilim düşüşü olmadığı için ortadan kaldırılır. Büyük direnç R_f , yükselteç için d.c. geri besleme ve kutuplama akımı için de bir yol sağlar. Yük yükseltecinin avantajları; hassasiyetinin ve alçak-

frekans kesiminin kristal yerine geri besleme elemanları tarafından kontrol edilmesidir. Tipik olarak bir yük yükseltici için C_f ve R_f söylendikleri sıraya göre 10 pF-100 pF ve 10^{11} - 10^{14} Ω arasındaki değerlere sahip olacaklardır. Bu tip geri besleme elemanlarını kullanarak tüm pratik amaçlar için d.c.'ye kadar olan bir tepkiye sahip yük yükselteçleri üretmek mümkündür.



$$\frac{e_{\text{Ç}}(s)}{q(s)} = - \frac{sR_f}{1 + sR_f C_f}$$

Eğer $s C_f R_f \geq 1$

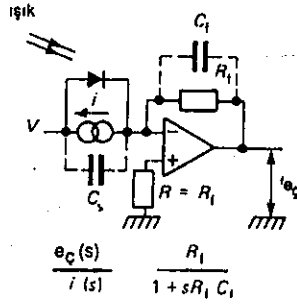
$$\frac{e_{\text{Ç}}(s)}{q(s)} = - \frac{1}{C_f}$$

R_f d.c.stabilizasyonu için büyük direnç
 C_s kaynak kapasitansı
 C_f Tel kapasitansı

Şekil 4.18 Yük yükseltici.

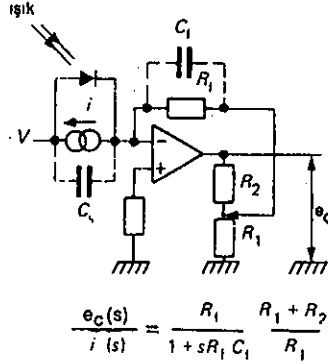
Örneğin; bir foto diyodun çıkışının akım-gerilim çevirimi Şekil 4.19(a)'da gösterilen bir akım veya transempedans yükseltici görünen top-rağna bağlı olduğu için, kısa-devre koşulları altında saptanır. Yükseltecin hassasiyeti R_f ile verilmektedir. C_f stabilize koşulları için gereklidir ve çevirimin band genişliğini sınırlar. Büyük R_f değerleri ile FET işlemsel kuvvetlendiricileri kullanarak, 10^{-12} A'den daha düşük akımları ölçmek mümkündür. Kaydırma gerilimi ve kutuplama akımı hataları sınırlanabileceği için, ölçümün doğruluğu kutuplama akımı sıcaklık sürüklenmesi ile sınırlanır. FET'li yükselteçler için bu sürüklenme sıcaklıkta ve gürültüde her 10 K artış için iki kat artar.

Büyük geri besleme dirençlerine olan ihtiyaç Şekil 4.19(b)'de gösterildiği gibi çıkış bölücü devre kullanmak suretiyle ortadan kaldırılır. R_f için gerekli değerdeki bir azalma yükselteç çevrim kazancındaki bir azalma ve kaydırma ve gürültü kazancındaki bir artış pahasına gerçekleştirilir.



C_s kaynak kapasitansı
 C_f stabilize için eklenir.

(a)



(b)

Şekil 4.19(a) Akım (transempedans) yükselteci; (b) Düşük-değerli geri besleme dirençlerini kullanan bir akım yükselteci.

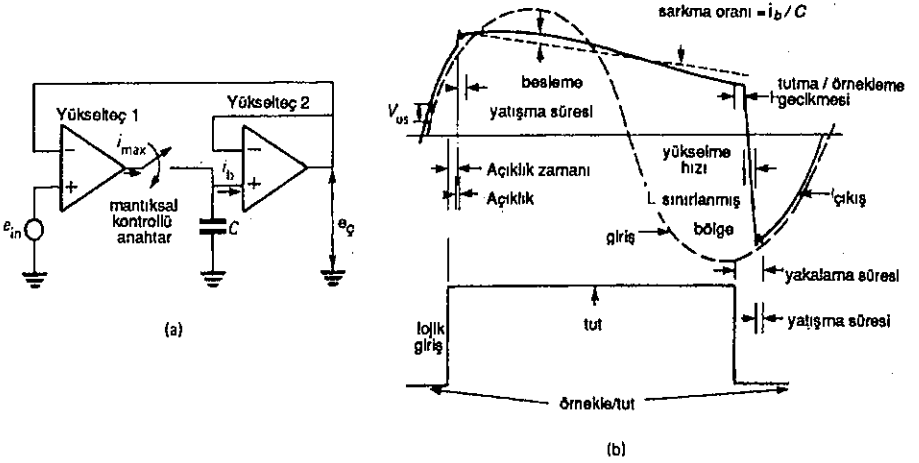
4.2.6 Örnek ve Tut Yükseltici

Bu izleme ve tutma yükselteçleri olarak bilinen örnek ve tut (S ve H) yükselteçleri bir analog-sayısal çeviricinin girişini çevirim işleminin olduğu süre boyunca sabit tutmak amacıyla kullanılırlar. Bu özellikle; analog sinyal hızlı bir şekilde değiştiği, sinyal çok sayıda seviyelere nicemlendiği veya yüksek bir çevirim yayılmasının mevcut olduğu sistemlerde gereklidir. Bu tip bir yükselteç iki adet moda sahip olup bunlar; çıkışın girişi izlediği örnek ve yazı izle modu ve tut komutunun verildiği andaki girişin sahip olacağı değerde değerlerin korunduğu tutma modudur. Genelde TTL seviyelerindeki mantıksal sinyaller herhangi bir zamanda yükselticinin hangi moda olacağını belirler.

Bu tip bir yükselticinin şematik diyagramı Şekil 4.20(a)'da gösterilmektedir. Örnek ve izle modunda; kapasitör C, yükselteç 1 tarafından girişi izleyebilecek bir hızda yüklenir veya boşaltılır. İzleme hareketi yükselteç etrafında uygulanan ağır toplam geri besleme vasıtasıyla sağlanır. Tutma modunda ise kapasitör yükselteç 1'den yalıtılır ve bu yüzden yükünü muhafaza eder. Kapasitör sadece bir izleyici gibi davranan yükselteç 2'nin giriş kutuplama akımı ile boşaltılır. Örnek ve izleme modunda; kapasitör ideal olarak küçük olmalıdır. Çünkü kapasitör üzerindeki maksimum gerilim değişim oranı, (dV_c/dt) , i_{max}/C 'ye sınırlanmış olup, burada i_{max} yükselteç 1'in sağlayabileceği maksimum çıkış akımıdır. Bu nedenle hızlı izleme için kapasitör C küçük olmalıdır. Tutma modunda ise kapasitör C, sarkma oranı (droop rate) i_b/C ile verildiği için büyük olmalıdır. Burada i_b yükselteç 2 tarafından çekilen kutuplama akımıdır. Bu yüzden, birbiriyle uyuşmayan bu iki koşul arasında bir uzlaşmanın bulunması gereklidir. Kapasitör; dielektrik absorpsiyon etkilerinin küçük ve bu sebeple "sürünme" yüzünden oluşan hataların minimum bir seviyede tutulabildiği polistren veya teflon gibi bir malzemeden yapılmalıdır.

Şekil 4.20(b) S ve H yükselticinin bazı spesifikasyonlarını göstermekte olup, bu spesifikasyonlar cihaz durumunu değiştirdiği zaman önemlidir. Açıklık zamanı, tut komutu sinyalinin uygulandığı zaman ile kapasitörün yükselteç 1'den yalıtıldığı zaman arasındaki gecikmedir. Bu gecikmeyi hassas zamanlama devreleri için hesaba katmak mümkündür. Aynı zamanda aralık zamanı ile birlikte düşünülen bir rasgele belirsizlik veya seçirme mevcuttur. Tipik olarak açıklık zamanı cihaza bağlı olarak 6-150 ns arasında değişmektedir. Yüksek-hızlı cihazlar 20 ps kadar düşük bir seçirmeye sahip olabilir. Örnek-tut geçişlerinin sönmesi için gerekli yazışma süresinden sonra tut modundaki sinyalin giriş sinyaline göre bir kaydırmaya sahip olduğu bulunur. Bunun başlıca nedeni; tutma kapasitörüne gönderilen anahtarlama sinyalinin kapasitif kuplajlanmasının neden olduğu yük transferi veya bir kaydırma basamaktır. Bu kaydırma, sistem tepki zamanı pahasına bir büyük tutma kapasitörü kullanarak azaltılabilir veya doğru polaritedeki bir sinyali ka-

pasitif olarak tutma yükseltcine kuplajlayarak iptal edilebilir. Tutma modundaki sinyal yukarıda belirtilen nedenler yüzünden zayıflayacaktır ve bu kapasitörün özel bir değerinde $\mu V/\mu s$ veya $mV/\mu s$ cinsinden ifade edilir. Tutma modu esnasında, giriş sinyalinin çıkış sinyaline kapasitif olarak beslenmesi açık anahtar üzerinde meydana gelecektir. Bu genellikle belirli bir seviye ve frekanstaki bir sinyal için dB cinsinden bir reddetme olarak ölçülür. Yakalama süresi örnekle komutu verildikten sonra çıkışın bir spesifik hata bandı içinde final değerine ulaşması için geçen süredir. Hassas örnekle ve tut yükselticileri için yakalama süresi, tipik olarak 10 V'luk bir basamak için $\pm \%0,01$ 'lik bir doğruluk elde etmek amacıyla gerekli olan süre olarak tanımlanabilir. Anahtarlama gecikmesi, yükselme süresi ve yatışma süresi bu süreye dahildir. Yakalama süresi kullanılan tutma yükseltcinin büyüklüğüne bağlıdır. Yüksek hızlı S ve H yükselteçleri 250 ns seviyesinde yakalama sürelerine sahiptirler.

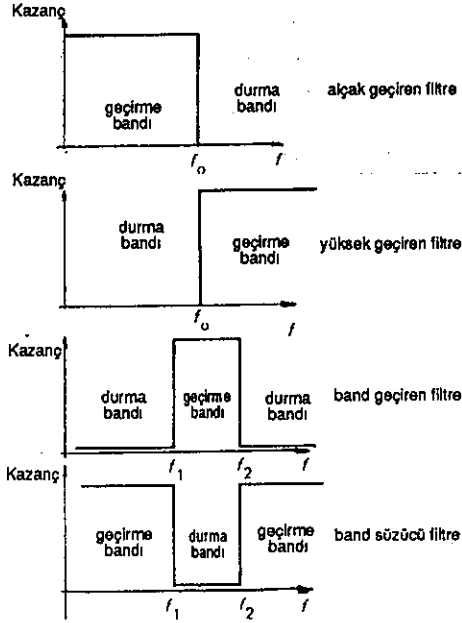


Şekil 4.20 (a) Bir örnekle ve tut yükseltcinin şematik diyagramı; (b) bir örnekle ve tut yükseltcinin spesifikasyonları.

4.2.7 Filtreleme

Filtreleme, enstrümantasyon sistemlerindeki sinyal uyumlamasında tercihli olarak rasgele gürültü ve hat frekans girişimi ile istenmeyen periyodik sinyalleri azaltmak suretiyle sinyal/gürültü oranını iyileştirmek için kullanılır. Dört çeşit filtre mevcut olup bunlar; alçak-geçiren, yüksek-geçiren, band-geçiren ve band-süzücü filtreler'dir. Şekil 4.21 bu filtrelerin ideal formlarını göstermektedir. Pratikte, süzücü ve geçirme bandları arasında sınırsız

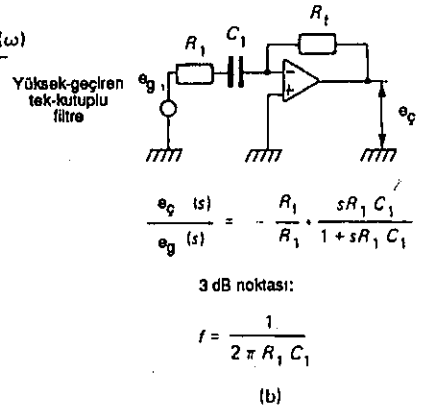
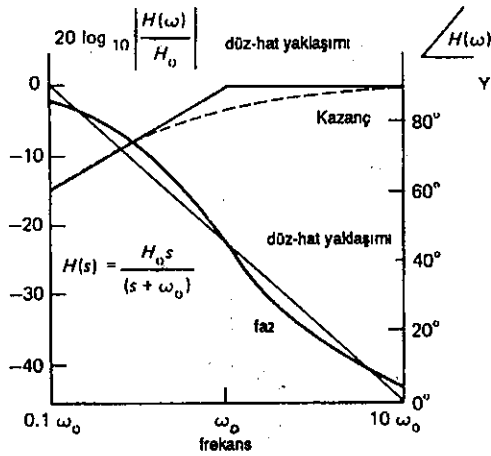
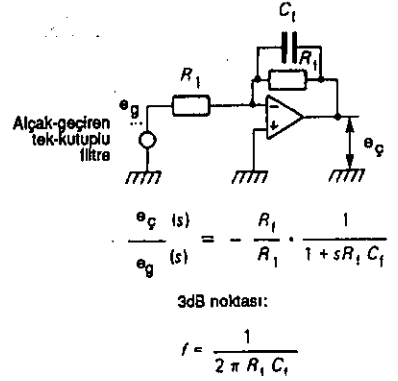
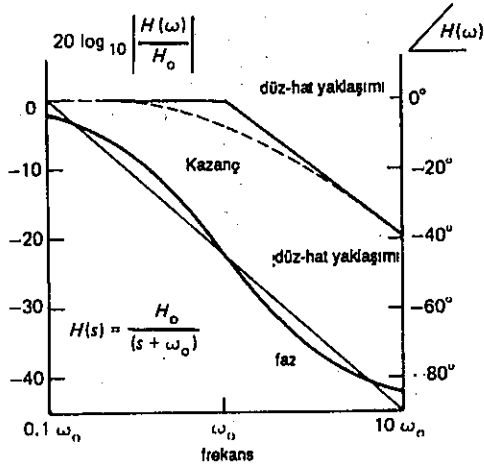
keskin geçişlere sahip olmak mümkün değildir. Bu nedenle filtre tasarım problemi bir yaklaşım problemi haline gelir.



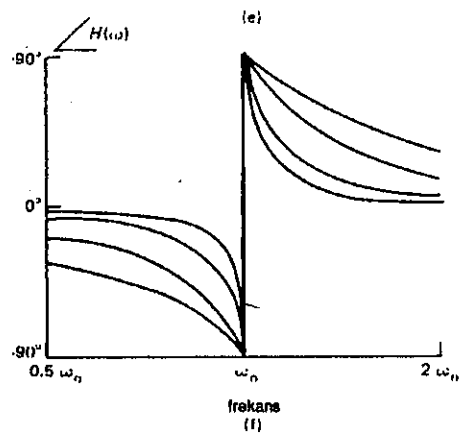
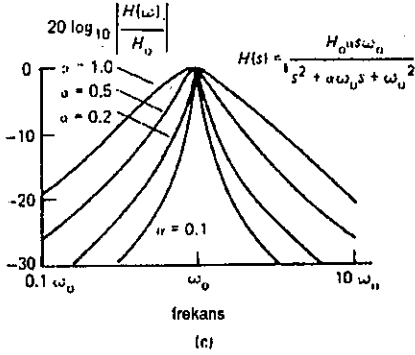
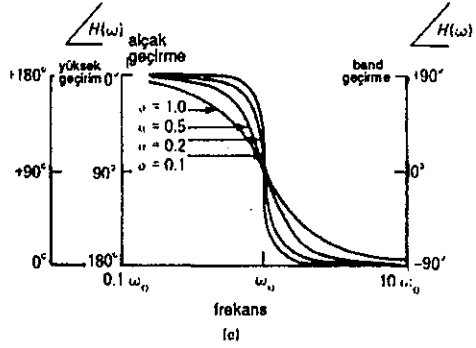
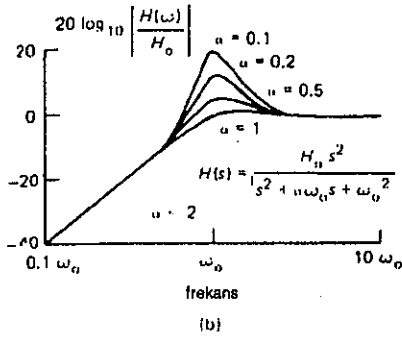
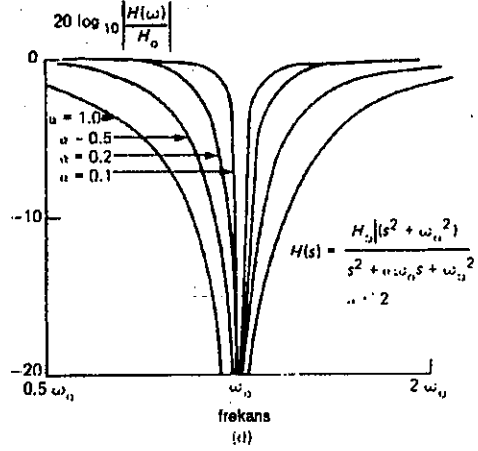
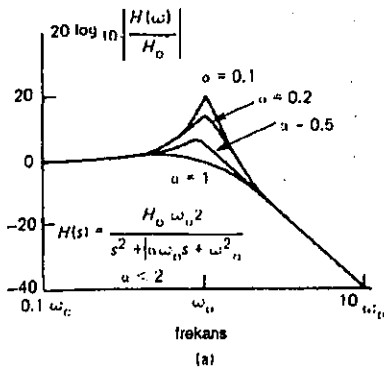
Şekil 4.21 İdeal filtreler.

En basit alçak-geçiren ve yüksek-geçiren filtreler tek-kutuplu filtreler olup, bu filtrelerin transfer fonksiyonları ve genlikleri ve faz karakteristikleri Şekil 4.22(a)'da gösterilmektedir. Bu tip filtreler bir tek gerçek kutupa sahiptirler. Şekil 4.22(b) işlemsel kuvvetlendiriciler kullanan bu filtrelerin gerçekleştirilmesini göstermektedir.

Şekil 4.23, kompleks eşlenik kutup çiftleri ile birlikte iki-kutuplu filtreleri kullanan dört filtre tipinin transfer fonksiyonlarını ve genlik ve faz karakteristiklerini göstermektedir. Kompleks eşlenik kutup çiftlerine sahip aktif filtrelerin üretimde, işlemsel kuvvetlendiriciler yaygın olarak kullanılır. Bu tip filtreler için geniş bir aralıkta olmak üzere tasarım teknikleri mevcuttur.

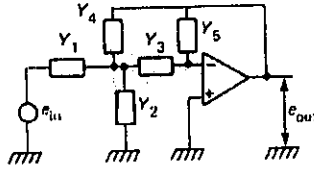


Şekil 4.22 (a) Tek kutuplu (a) Alçak-geçiren ve (b) Yüksek-geçiren filtreler; (b) İşlemsel kuvvetlendiricileri kullanan tek-kutuplu alçak-geçiren ve yüksek-geçiren filtrelerin gerçekleştirilmesi.



Şekil 4.23 Filtrelerin genlik ve faz ilişkileri. (a) Alçak-geçiren, (b) Yüksek-geçiren, (c) band-geçiren ve (d) band durdurucu filtreler (bu filtreler iki adet kompleks eşlenik kutup kullanırlar) (e) (a), (b) ve (c)'ye karşılık gelen faz ilişkileri; (f) (d)'ye karşılık gelen faz ilişkileri.

Şekil 4.24; çoklu geri besleme, gerilim-kontrollü gerilim kaynağı ve durum değişkenli devreler iki-kutuplu kompleks eşlenik filtrelerin gerçekleştirilmelerini (realizations) göstermektedir. Tobey et.al. (1971), Bowron ve Stephenson (1979) bu tip filtrelerin tasarlanması için ayrıntılı tasarım prosedürlerini vermektedir.

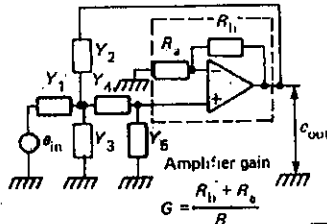


$$\frac{e_{out}(s)}{e_{in}(s)} = \frac{-Y_1 Y_3}{Y_5 (Y_1 - Y_2 + Y_3 + Y_4) + Y_3 Y_4}$$

Y_1, Y_2, Y_3, Y_4, Y_5 dirençlerin ve kapasitansların admitanlarını temsil etmektedirler

(a)

	Eleman				
	1	2	3	4	5
alçak geçiren	R	C	R	R	C
yüksek geçiren	C	R	C	C	R
band geçiren	R	R	C	C	R



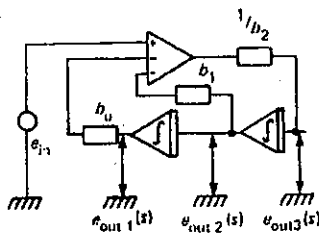
$$\frac{e_{out}(s)}{e_{in}(s)} = \frac{G Y_1 Y_4}{Y_5 (Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4 (Y_1 + Y_2 (1-G) + Y_3))}$$

Y_1, Y_2, Y_3, Y_4, Y_5 dirençlerin ve kapasitansların admitanlarını temsil etmektedirler

G ters çevirmeyen yükselticinin kazancıdır.

(b)

	Eleman				
	1	2	3	4	5
alçak geçiren	R	C	-	R	C
yüksek geçiren	C	R		C	R
band geçiren	R	R	-	C	R



alçak-geçiren filtre:

$$\frac{e_{out1}(s)}{e_{in}(s)} = \frac{1}{b_0 + b_1 s + b_2 s^2}$$

band-geçiren filtre:

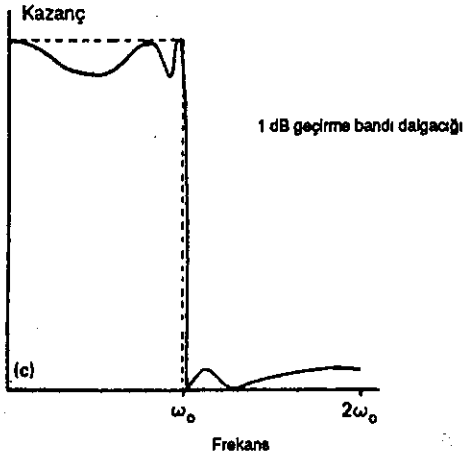
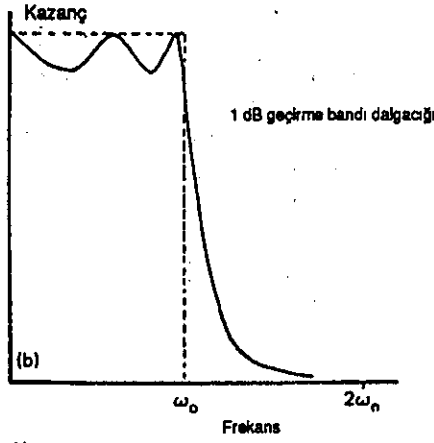
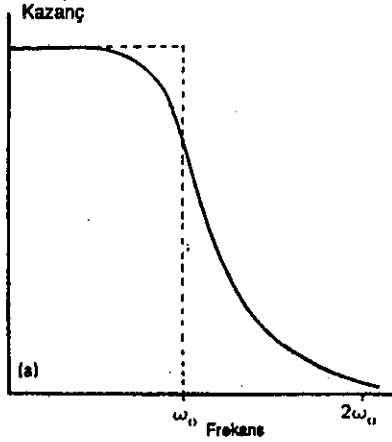
$$\frac{e_{out2}(s)}{e_{in}(s)} = \frac{s}{b_0 + b_1 s + b_2 s^2}$$

yüksek geçiren filtre:

$$\frac{e_{out3}(s)}{e_{in}(s)} = \frac{s^2}{b_0 + b_1 s + b_2 s^2}$$

(c)

Şekil 4.24 İşlemsel kuvvetlendiricileri kullanarak iki kutuplu kompleks eşlenik filtrelerin gerçekleştirilmesi. (a) Çoklu geri besleme devresi. (b) Gerilim kontrollü gerilim kaynağı gerçekleştirilmesi. (c) 'State-space' gerçekleştirilmesi.



Şekil 4.25 Beşinci-derece. Alçak-geçiren filtreye; (a) Butterworth, (b) Chebyshev ve (c) Eliptik yaklaşımları.

Bir filtre genel olarak iki polinomun oranı olan transfer fonksiyonu $G(s)$ ile ifade edilebilir:

$$G(s) = \frac{K \prod_{i=1}^m (s - z_i)}{\prod_{j=1}^n (s - p_j)} \quad (4.26)$$

Filtrenin gerçekleştirilebilir olması için bu eşitlikte $n \geq m$ olmalıdır.

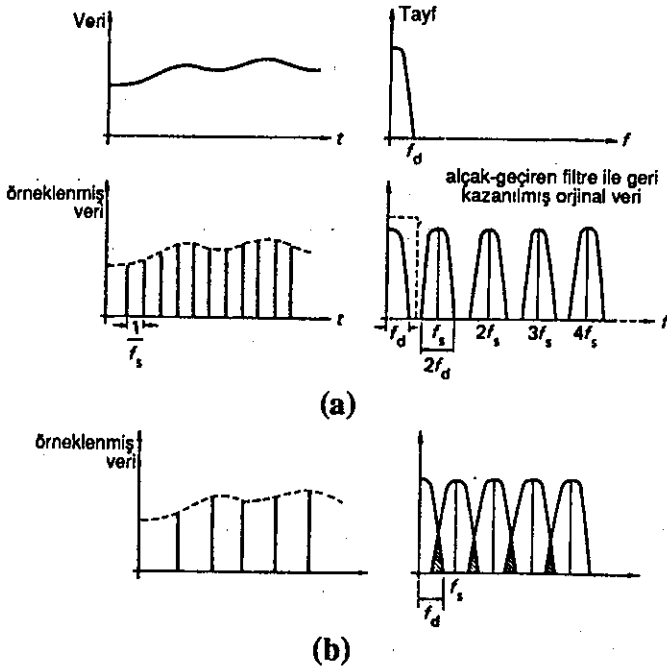
Z_i transfer fonksiyonunun sıfırları ve p_j ise transfer fonksiyonunun kutuplarıdır. Transfer fonksiyonunun kutuplarının sayısı filtrenin derecesi olarak adlandırılır ve kutup sayısı arttıkça geçirme ve durma bandları arasındaki geçiş daha da keskinleşir. Filtre tasarımındaki problem herhangi bir kritere göre kutupların yerlerini seçmektir. Şekil 4.25 alçak-geçiren filtrelere yapılan üç adet yaklaşımın genlik karakteristiklerini göstermektedir. Bunlar; bir maksimum düz tepkiye sahip Butterworth filtreleri, geçirme bandında dalgacığa sahip Chebyshev filtreleri ve hem geçirme bandı, hemde durma bandında dalgacığa izin veren eliptik filtrelerdir. Genlik düşünceleri esasına dayanan bu tip yaklaşımlara ilave olarak, Thomson yaklaşımı gibi maksimum olarak bir gecikme karakteristiği sağlayan alternatif filtre gerçekleştirmeleri mevcuttur. Thomson yaklaşımı üzerine kurulu filtreler sayısal iletim tiplerindeki kutupları yerleştirmek için kullanılan dönüştürme teknikleri ile birlikte yukarıda verilen tüm yaklaşımları kullanarak alçak-geçiren filtrelerde kutupların yerleştirilmesinde yararlanılan yöntemleri vermektedirler. Ayrıca Tobey et al. (1971) onuncu dereceye kadar alçak-geçiren Butterworth, Bessel ve Chebyshev filtrelerinin kutup tablolarını vermektedir.

İkinci dereceden daha yüksek filtreler, bir seri aktif filtreyi kademeli olarak düzenleyerek elde edilebilirler. İşlemsel kuvvetlendiriciler ideal olarak bu tip uygulamalar için uygundur. Çünkü bu tip yükselteçlerin alçak çıkış empedansları filtrelerin az bir miktarda etkileşim ile kademeli olarak yerleştirilmesine imkan tanır.

4.2.7.1. Shannon Örnekleme Teoremi ve Çakışma Önleyici Filtreler

Veri-iletim sistemleri; sıklıkla dönüştürücü sisteminde elde veriyi örnekleyip, daha sonra örneklenmiş formdaki bu veriyi ileterek veri-iletim ortamının diğer ucunda orjinal veriyi yeniden elde eden sistemlerdir. Verinin örneklenmesi prosesi Şekil 4.26(a)'da gösterildiği gibi spektrumunu değiştirir.

Örjinal veri bir maksimum frekans içeriğine(f_d) sahipse, bu durumda ve-
 nin örneklerden geri elde edilebilmesi için en düşük örnekleme hızının ne
 olduğu sorusu ortaya çıkar. Bu soruya cevap Shannon örnekleme teoremi ile
 verilmektedir. Bu teoreme göre; f_a 'ye kadar frekanslara sahip bir band-sınırlı
 sinyal için, verinin örneklenmiş formdan yeniden elde edilebilecek bir biçim-
 de örneklenmesi için en az $2f_d$ 'lık bir frekans ile bu örneklemenin gerçekleştiri-
 mesi gereklidir. Bu $2f_d$ değeri bir teorik sınırdır ve genel bir kural olarak; sin-
 yallerin ilgili maksimum frekansın en az on katı bir frekans ile örneklenmesi
 gereklidir. Şekil 4.26(b) Shannon örnekleme teoremine uyulmadığında
 ortaya çıkan durumu göstermektedir. Görülebileceği üzere, örneklenmiş veri
 üzerine bir alçak-geçiren filtrenin uygulanması ile verinin yeniden eski hali-
 ne elde edilmesi artık mümkün olmasına izin verilmesi sonucunda ortaya
 çıkan bu etki çakışma (aliasing) olarak adlandırılır. Bu etki genellikle, sinyalin
 örneklenmesinden önce alçak-geçiren çakışmayı önleyici filtrelerin kulla-
 nılmasıyla önlenir. Bu filtrelerin kenar frekansları örnekleme oranına göre
 seçilir.

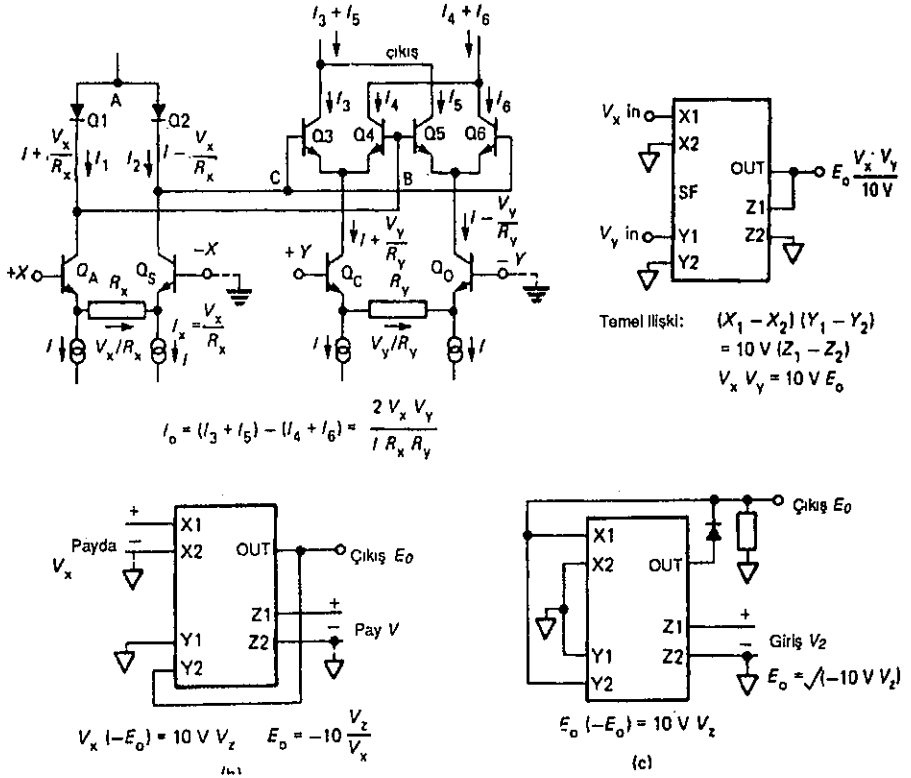


Şekil 4.26 (a) Örneklenmiş verinin spektrumu; (b) Örneklenmiş verideki çakışma hataları.

4.2.8 Doğrusal Olmayan Analog Sinyal İşleme

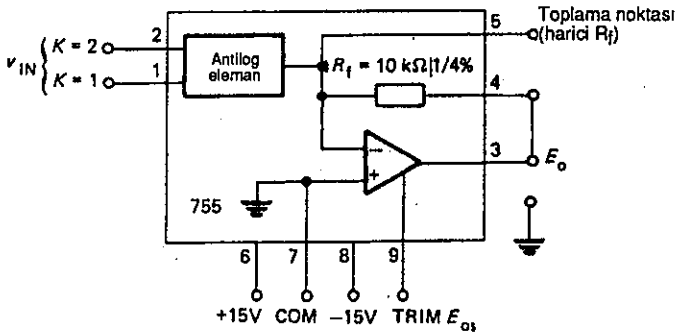
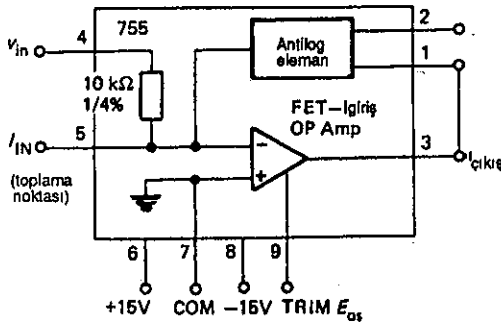
Doğrusal olmayan sinyal işleme artan bir oranda sayısal yollarla sağlanmasına rağmen, Şekil 4.27 ve 4.28'de gösterilen işlemin analog sinyallere uygulanabilmesini sağlayan entegre devreler mevcuttur.

Şekil 4.27(a) bir dört-kuadrant çoğaltıcı devrenin (multiplier circuit) şematik diyagramını göstermektedir. Dört-kuadrant cihazlar her iki girişinde pozitif veya negatif polaritiye sahip olmasına müsaade ederler. Çoğaltıcı, çoğaltılacak olan iki giriş gerilimini akımlara çevirir ve iki giriş akımının ürününün bir frekans akımına oranı olan bir çıkış akımı üretirler. Bu tip çoğaltıcılar tipik olarak %0,5 FSD seviyesinde çoğaltma hataları verirler ve 10 MHz üzerindeki frekanslarda çalışırlar. Ayrıca kazanç kontrol elemanları olarak ve güç ölçümlerinde modülatör ve demodülatör olarak kullanılabilirler.



Şekil 4.27(a) Analog çoğaltıcı; (b) Analog bölücü, (c) Analog karekök alıcı.

Çarpıcı aynı zamanda Şekil 4.27(b) ve Şekil 4.27(c)'de gösterildiği gibi bölme ve karekök alma içinde kullanılabilir. Bölücü, çarpıcıyı bir geribesleme konfigürasyonu içinde kullanılır. Bölme işlemi, sabit veya değişken kazanç elemanlarının elde edilmesini ve "oransal" ölçümlerin yapılmasını mümkün kılar. Sadece tek polariteli girişlere müsaade eden bir tek-quadrantlı cihaz olan karekök alıcı vektör; genliği ve r.m.s. hesaplamalarında, ayrıca diferansiyel basınç cihazlarının esasına göre çalışan akış ölçerlerden alınan çıkışların doğrusallaştırılmasında kullanılabilirler.



Şekil 4.28 (a) Logaritmik yükselteç, (b) Antilogaritmik yükselteç.

Ayrıca logaritmik ve antilogaritmik yükseltme sağlayan entegre devrelerde mevcuttur. Bu devreler genelde Şekil 4.28(a) ve Şekil 4.28(b)'de gösterildiği gibi bir işlemsel kuvvetlendirici ve eksponansiyel geçiş iletkenliği elemanından oluşmaktadır. Bu eleman genellikle bir transistör "emitter-base"ekleminin üstel akım-gerilim ilişkisini kullanarak sağlanır. Logaritmik işlem için, element işlemsel kuvvetlendiricinin geri besleme çevrimi içine uygulanır. Antilogaritmik işlemde ise; giriş gerilimi doğrudan antilogaritmik elemanın girişine uygulanır ve bu uygulanan gerilimin üstü ile orantılı olan bir akım üretir. Bu akım daha sonra geri besleme direnci vasıtasıyla işlemsel kuvvetlendiricinin çıkışında bir gerilime çevrilir. Bir altı- onluk logaritmik çevirim aralığı ve %1,0'lık tipik bir logaritmik uygunluk hatasına sahip logaritmik-antilogaritmik yükselteçler mevcuttur. Logaritmik yükseltme, sinyal sıkıştırma ve bir üstel çıkış karakteristiği ile dönüştürücüleri doğrusallaştırmak amacıyla kullanılır. Diğer yandan antilogaritmik yükseltme ise; bir logaritmik çıkış karakteristiği ile dönüştürücüleri doğrusallaştırmak ve sıkıştırılmış verinin genişletilmesinde kullanılır.

4.3. Sayısal-Analog Çevirim

Ondalık sayılar ikili formda 1 veya 0 değerlerini alabilen bitlerin bir serisi olarak ifade edilebilir. Bu nedenle 191 sayısı Şekil 4.29(a)'da gösterildiği gibi bir sekiz-bitlik ikili sayı olarak saklanabilir ve genel olarak bir ondalık sayı, N ikili formda aşağıdaki eşitlikle ifade edilebilir:

$$N = \sum_{n=0}^{M-1} a_n 2^n \quad (4.27)$$

Bu eşitlikte; M sayıyı ifade etmek için kullanılan bitlerin sayısını göstermekte, a ve n sabitleri ise 1 veya 0 değerlerini almaktadır.

Bir sayısal sayının bir analog gerilime (v_{out}) çevirimi işlemi bir gerilimin üretilmesini gerektirmekte olup bu gerilim;

$$v_{out} = \frac{v_{ref}}{k} \sum_{n=0}^{M-1} a_n \cdot 2^n \quad (4.28)$$

Bu eşitlikte ise; v_{ref} sayısal-analog çeviricinin (DAC) referans gerilimi ve k bir ölçekleme katsayısıdır. Böylece bir çıkış gerilimi bir seri ağırlıklı gerilimin bir-birine eklenmesiyle elde edilir.

Şekil 4.29(b) bir ağırlıklı merdiven devresi (ladder network) kullanan bir gerilim anahtarlayıcı DAC'yi göstermektedir. Bu cihazdan elde edilen çıkış

aşağıdaki eşitlikle verilmektedir.

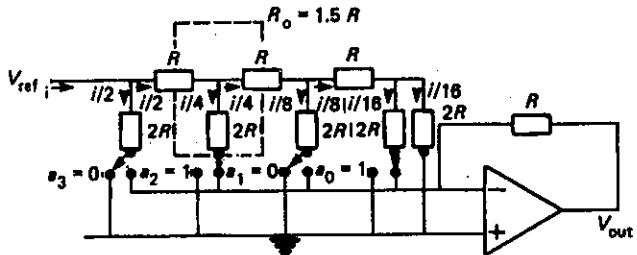
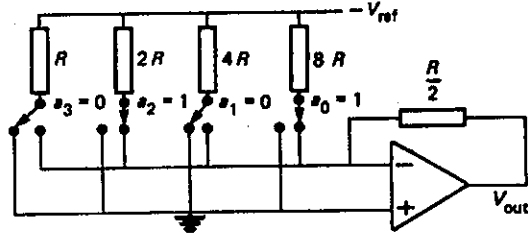
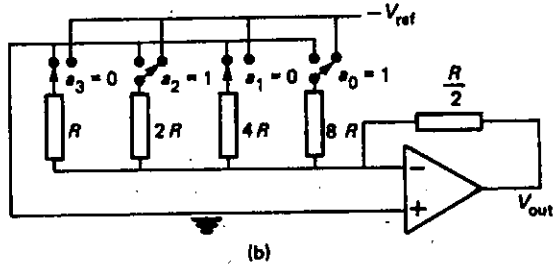
$$V_{out} = V_{ref} \sum_{n=0}^{M-1} a_n \cdot 2^{(n-M)} \quad (4.29)$$

Bu tip bir cihazın geçici tepkisi; büyük oranda parazitli kapasitansların yüklenmesi ve boşaltılmasına bağlı olup, gerilim anahtarlama yerine akım anahtarlama kullanarak iyileştirilebilir. Bu şekil 4.29(c)'de gösterilmektedir. Akım anahtarlama; tüm anahtar noktalarının potansiyelleri özel bir elemanın bir 1 veya bir 0'ı ifade edip etmediğine bakmaksızın korunur. Ağırlıklı merdiven tekniğinin bir büyük dezavantajı; gerekli olan direnç değerlerinin yayılımıdır. Bir 8-bitlik DAC için bile direnç değerlerinde 256:1 oranında bir yayılım mevcuttur ve DAC'deki bitlerin sayısı arttıkça problemde devamlı olarak kötüleşir. Kusursuz bir şekilde birbirleriyle uyumlu ve değerlerdeki böylesine geniş bir yayılımı izleyebilen sıcaklık katsayılarına sahip birseri direnç üretmek zordur. Şekil 4.29(d) bu probleme uygulanacak olan R-2R merdiven çözümünü göstermektedir. Noktalı çizgiler içinde gösterilmiş olan devrenin karakteristik empedansı 1,5R ise bu durumda gösterilen düğümlerde akım eşit olarak bölünmüş olacaktır. Böylece R-2R merdiven tekniği, çeviricideki bitlerin sayısına bakmaksızın 2:1'lik bir direnç değerlerinin yayılımı ile birlikte istenen ağırlıklandırmaları sağlar. Bu teknik en fazla ticari olarak mevcut DAC'lerin esasını oluşturmaktadır. Dirençli bölücü tekniklerinden ziyade MOS üretim tekniklerini kullanan tamamiyle entegre DAC'ler için uygun kapasitif bölücü tekniklerini kullanan sayısal-analog çevirme mevcuttur.

Referans geriliminin (V_{ref}) sabit olmayıp değiştirilebildiği DAC'ler mevcut olup, bu nedenle çıkış V_{ref} 'in ayarlanması sayesinde ölçeklenebilir. Bu sayısal girişin bir analog değer ile çarpılmasını sağlar. Bu tip cihazlar "çoğaltma DAC'leri olarak adlandırılırlar. Bir doğrusal olmayan transfer karakteristiğine sahip DAC'ler, geniş bir dinamik aralığa sahip analog sinyalinin etkili bir şekilde gösterimini sağlamak için sinyal sıkıştırma/genişletme sistemlerinde kullanılırlar. Precision Monolithic DAC-76 gibi cihazlar; bir işaret +7 bitlik formatta bir işaret +12 bitlik DAC'ye eşit 72 dB'lik bir dinamik aralık temin ederler. Bu tip bir DAC'i bir analog-sayısal çeviricide bir geri besleme konfigürasyonunda kullanıldığı zaman, sinyalin logaritmik çevirimini gerçekleştirirler.

En önemli bit (MSB)	a_7	a_6	a_5	a_4	a_3	a_2	a_1	a_0	en az önemli bit (LSB)
Ağırlıklar	2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0	
Ondalık 191	1	0	1	1	1	1	1	1	

$$191 = 1 \cdot 2^7 + 0 \cdot 2^6 + 1 \cdot 2^5 + 1 \cdot 2^4 + 1 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0$$



Şekil 4.29(a) Bir sayısal sayının ikili gösterimi, (b) Gerilim-anahtarlayıcı DAC, (c) Akım-anahtarlayıcı DAC, (d) R-2R merdiven devre.

4.3.1 DAC'lerin Doğruluğu

DAC'lere uygulanan her sayısal kodun bir tek analog çıkışa sebebiyet vermesi gerekli olduğundan dolayı, sayısal kod için teorik olarak saptanmış olan analog çıkış ile gerçek analog çıkış arasında hata cinsinden bir DAC doğruluğu tayin etmek mümkündür. Hata; kazanç veya kalibrasyon hataları, sıfır kaydırma hataları ve doğrusal olmama durumu hataları gibi faktörler sebebiyle meydana gelmektedir. Üreticiler tarafından iki tür doğruluk belirtilmekte olup bunlar; mutlak doğruluk ve bağıl doğruluktur. Mutlak doğruluk; DAC'nin çıkışının sayısal kod için olan teorik değerden sapmasının bir ölçüsüdür. Bağıl doğruluk ise; tam-ölçek aralığı kalibre edildikten sonraki teorik değerden olan sapmadır. Bu doğrulukların her ikisinde tam ölçü aralığının yüzdesi veya milyonda biri (p. p. m.) olarak veya en az önemli bitin (LSB) kesirleri olarak ifade edilir.

Bir DAC'nin bu ideal transfer karakteristiği analog değerlerin bir serisi olmalıdır. Bu analog değerlerden herbiri bir sayısal değere karşılık gelmektedir. İdeal transfer karakteristiği Şekil 4.30(a)'da gösterildiği gibi çizildiği zaman bir doğru verir. Kazanç veya kalibrasyon hatasının anlamı; analog çıkış ile sayısal giriş arasındaki transfer karakteristiğinin eğimi doğru olan eğimi vermeyecektir. Sıfır hata, sıfıra karşılık gelen sayısal kodun sıfır çıkışa sebebiyet vermeyeceği bir etkiye sahip olacaktır. Bu hatalar Şekil 4.30 (b)'de gösterilmektedir.

Bir DAC'den elde edilen gerçek çıkış Şekil 4.30(a)'da gösterildiği şekilde çizildiğinde bir transfer karakteristiğine sahip olup, kazanç ve sıfır hataları ortadan kaldırıldığı zaman bir doğru olmayacaktır. İntegral ve diferansiyel olmak üzere iki doğrusallık ölçüsü mevcuttur. Bunlar Şekil 4.30 (c) ve 4.30 (d)'de gösterilmektedir. İntegral doğrusallık bir noktadaki analog çıkış ile bir düz çizgi transfer karakteristiği arasındaki sapmadır. Düz çizgi birkaç yolla seçilebilir. Bu düz çizgi sadece transfer karakteristiğinin uç noktalarını birleştiren veya hattan olan maksimum ve negatif sapmaları dengeleyecek bir şekilde elde edilmiş olan bir hatır. Şekil 4.30 (c)'de gösterildiği gibi, bu hattı dikkatli bir şekilde seçmek suretiyle integral doğrusallık spesifikasyonunu geliştirmek mümkündür. İntegral doğrusallık tam ölçek aralığının bir yüzdesi veya p.p.m. olarak veya 1 LSB'nin kesirleri cinsinden ifade edilir.

İdeal olarak; sayısal giriş 1 LSB değiştiğinde, analog çıkış da değişikliğin meydana geldiği sayısal giriş ölçeği üzerinde nerede olursa olsun 1 LSB'ye eşit bir gerilim kadar değişmelidir. Diferansiyel doğrusallık; sayısal giriş 1 LSB değiştiği zaman 1 LSB'ye eşit teorik analog çıkış geriliminden çıkışta meydana gelen değişiklik sapmasıdır. Bu tür doğrusal olmama durumu genellikle 1 LSB'nin kesirleri olarak ifade edilir. Sayısal giriş arttığında analog çıkışın artmasının veya sabit kalmasını sağlamak için, diferansiyel doğrusal olmama durumunun 1 LSB'den daha az olması gereklidir. Bir DAC'nin diferansiyel

doğrusal olmama durumu 1 LSB'den daha düşük olduğu zaman, DAC'nin tekdüze olduğu söylenir. Tek düzelik (monotonicity) özellikle bir DAC bir analog-sayısal çeviricide kullanıldığında önemli olmaktadır. Çünkü tekdüze olmama durumu (non-monotonicity) analog-sayısal çevirimde kayıp kodlara sebebiyet vermektedir. Bu ayrıca kontrol çevrimi içinde tekdüze olmama durumunun sinyallerin 180 derecelik faz kaymasına neden olduğu kontrol uygulamalarında da önemlidir ve bu nedenle kararlılık problemlerine neden olabilir.

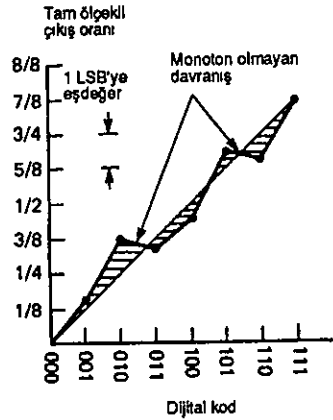
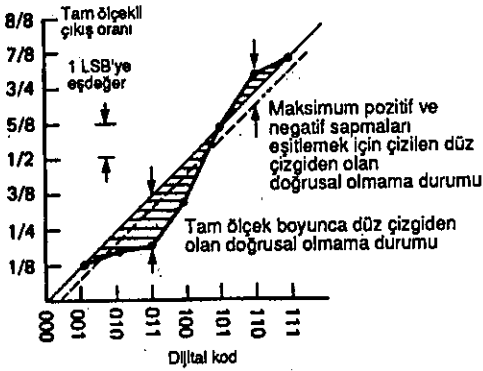
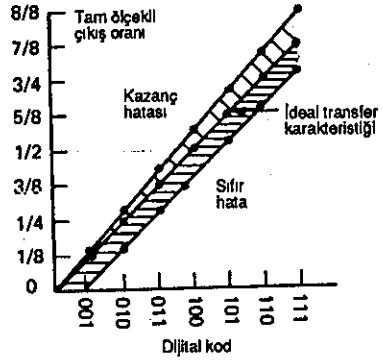
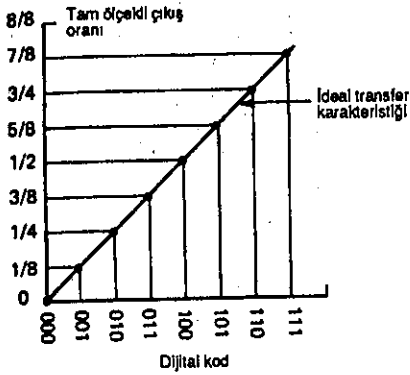
DAC'ler başlıca çevirdikleri bitlerin sayısı, doğruluk, çevirimin doğrusalılığı ve tipik olarak DAC'nin yatışma süresi ile ölçülen çevirim süresi ile ifade edilirler. Bu süre bir istenen veri değişikliğini takiben cihazın çıkışının sonuç değerinin belirli bir oranına kadar yükselmesi (genelde $\pm 1/2$ LSB) ve bu değerde kalması için gerekli olan süredir. Tanımlanan tam ölçekli değişiklikler; 1 en önemli bit (MSB) ve asıl eldede 1 en az önemli bit (LSB)'dir.

Tablo 4.4 DAC spesifikasyonları

Bit sayısı	8
Bağıl doğruluk	FS'nin $\pm 0,1\%$
Tekdüzelik	Garanti edilmiş
Yatışma süresi	250 ns
V_{ref}	-16,5 ile +5,5V arasında
Çıkış akımı	2 mA FS
Kazancın sıcaklık katsayısı	20 p.p.m./K
CMOS veya TTL uyumlu	

Bir DAC'den elde edilen çıkış; gerilim veya akım ayrıca tek kutuplu veya çift kutuplu olabilir.

Üretici spesifikasyonları; dahili veya harici, sabit veya değişken, tek kutuplu veya çift kutuplu olabilen referans girişi; DAC'nin sayısal girişinin veri seviyeleri ve kodlama, DAC'ye uygulanan kontrol sinyallerinin zamanlaması, yüklenmesi, algılanması ve seviyesi; güç kaynağı gereksinimleri; çıkış gürültüsü; kaydırma; kazanç, doğrusalılık ve kaydırmanın sıcaklık katsayıları gibi parametreleri de vermektedirler. Bu spesifikasyonlar hakkında daha fazla ayrıntılı bilgi için Analog Cihazlar (1984) adlı kaynağa başvurulmalıdır. Tablo 4.4 bir orta- hızlı 8-bitlik DAC için tipik spesifikasyonları vermektedir.



Şekil 4.30 (a) DAC için ideal transfer karakteristiği; (b) bir DAC'de kazanç ve sıfır hata; (c) integral doğrusal olmama durumu; (d) diferansiyel doğrusal olmama durumu.

4.4 Analog-Sayısal Çevirim

Analog- sayısal çeviriciler (ADC'ler), genliği sürekli olarak değişebilen bir analog sinyali bir ayrık sayıdaki seviyeye sahip bir sayısal şekle çevirirler. Seviyelerin sayısı çevirim işleminde kullanılan bitlerin sayısı ile tayin edilir ve bu çevirmenin ayırma gücünü belirler. n sayıda bite sahip olan bir ikili kod için, 2^n kadar seviye mevcuttur. Sayısal gösterim ayrık olduğu için, bir seri analog değerler mevcut olup, bu değerlerin hepsi aynı sayısal gösterime sahiptir. Bu nedenle $\pm 1/2$ LSB'lik analog- sayısal çevirmede bir nicemleme belirsizliği vardır. Bu belirsizlik çevirim işleminin kendisinde meydana gelebilen diğer hatalara ilavedir. Analog- sayısal çevirim için kullanılan yöntemler dört genel kısma ayrılmakta olup bunlar; gerilim- zaman çevirim, gerilim- frekans çevirim, DAC'leri kullanan geri besleme yöntemleri ve eşzamanlı kıyaslama teknikleridir (Owens, 1983; Arbel, 1980; Sheingold, 1977).

4.4.1 Gerilim-Zaman Çevirimi

Bu tekniklerin hepsi gerilim ölçümünü karşılık gelen bir zaman ölçümüne çevirmek amacıyla bir metot kullanmaktadır. Mevcut yöntemler olarak; gerilim darbe- genişliği çevirim, tek eğimli çevirim (bazen tek rampalı olarak adlandırılır) ve çift eğimli çevirim (çift rampalı çevirme olarak da bilinir) verilebilir. Şekil 4.31 (a)'da gösterilen gerilim-darbe genişliği çevirici, darbe genişliği giriş gerilimi ile orantılı olan bir darbe üretmek amacıyla bir gerilim kontrollü tek kararlı (monostable) kullanır. Bu darbenin genişliği daha sonra bir referans saati vasıtasıyla ölçülür. Böylece, sayaç çevirim işleminin sonunda analog girişe karşılık gelen bir ikili sayıya sahip olur.

Şekil 4.31 (b) ve 4.31 (c) birbirinden farklı iki adet tek rampalı çeviriciyi göstermektedir. Şekil 4.31 (b)'deki çeviricide, ölçülecek gerilim karşılaştırıcının referans terminaline uygulanır. Ölçülen süre rampanın 0 V'dan giriş gerilimine (v_{in}) kadar yükselmesi için gerekli olan süredir. Başlama darbesi saat kapısını yetkilendirir ve karşılaştırıcının çıkışında elde edilen durdurma darbesi saat kapısını yetkisiz kılar. Bu zaman referans saatini kullanarak ölçülür. Şekil 4.31 (c)'deki çeviricideki ölçülecek giriş gerilimi bir kondansatörde depolanır ve ölçülecek zaman sabit akım kaynağı kullanıldığında kondansatörü boşaltmak için gerekli süredir.

Şekil. 4.31 (d)'de gösterilen çifte rampalı çevirim tekniği hat frekansı sinyalini reddetme avantajına sahiptir. Bu tekniği kullanan çeviricinin çalışma sistemi aşağıdaki gibidir.

Giriş gerilimi, sabit bir süre için elektronik olarak bütünleyicinin (integratör) girişine anahtarlanır. Bu süre sonunda bütünleyici çıkışı $-v_{in} t_1/RC$ olacaktır. Daha sonra referans gerilimi $-v_{ref}$ bütünleyiciye uygulanır ve bunu takiben bütünleyici çıkışının tekrar sıfıra düşmesi için geçen zaman ölçülür.

Böylece:

$$\frac{v_{in} \cdot t_1}{RC} = \frac{v_{ref} \cdot t_1}{RC} \quad (4.30)$$

Buradan:

$$t_2 = \frac{v_{in}}{v_{ref}} \cdot t_1 \quad (4.31)$$

Eğer bir t_1 , periyodu t_c olan bir saatin sabit bir sayması (n_1) ise ve t_2 aynı saatle n_2 sayma için ölçülmüş ise bu durumda:

$$n_2 = \frac{v_{in}}{v_{ref}} \cdot n_1 \quad (4.32)$$

Bütünleyicinin R ve C komponentleri ve ayrıca referans saatinin frekansı ADC'nin tanımlayıcı eşitliğinde yoktur. Eşitlikteki tek değişken referans gerilimidir. Kaydırma geriliminin karşılaştırıcı üzerindeki etkisi, bu gerilimin değeri çevrim boyunca sabit kaldığı ve herhangi bir histeresiz göstermediği sürece minimum bir seviyede tutulacaktır. Dört eğimli bütünleyicileri kullanan tekniğin modifikasyonları mevcut olup, bu modifikasyonlar anahtar kaçak akımı, kaydırma gerilimi ve kutuplama akımının etkilerini ikinci dereceden etkilere azaltırlar (Analog Cihazlar, 1984). Bütünleyicinin doğrusal olma durumunun sebebiyet verdiği hatalar çift rampalı teknikleri kullanan çevirimi beş ondalığa sınırlar.

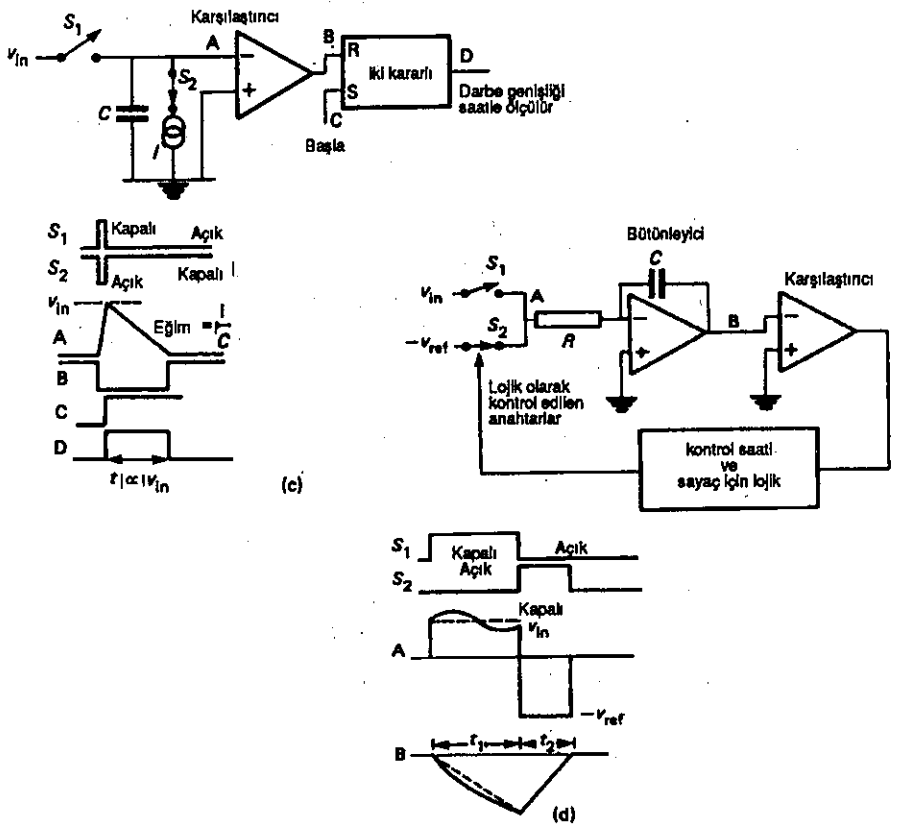
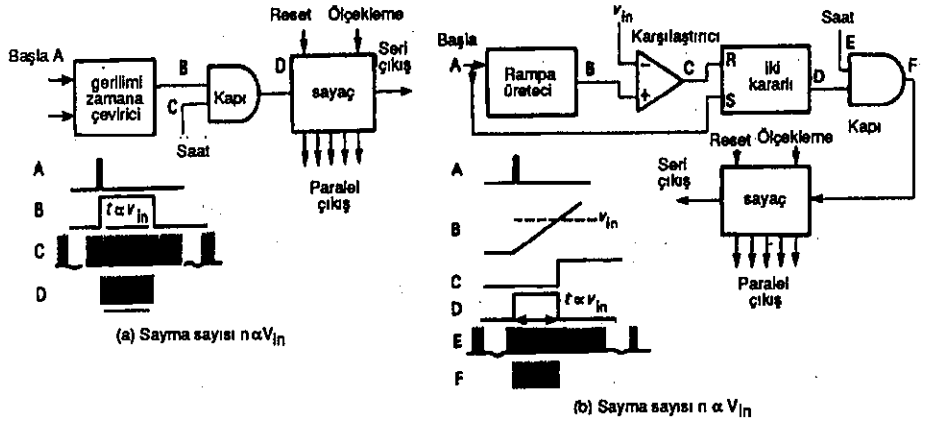
Hat frekansının reddetmesi aşağıdaki gibi gerçekleştirilir. Eğer giriş bir a.c. girişim sinyalinin üzerine çakıştığı bir d.c. sinyal ise:

$$v_{in} = v_{d.c.} + v_{a.c.} \sin(\omega t + \phi) \quad (4.33)$$

Bu eşitlikte ϕ , integral alma işleminin başlangıcındaki girişim sinyali fazını ifade etmektedir. Bu durumda t_1 süresinin sonunda, bütünleyicinin çıkışındaki değer V_{out} aşağıdaki eşitlikle verilebilir:

$$v_{out} = -\frac{v_{d.c.} t_1}{RC} - \frac{1}{RC} \int_0^{t_1} v_{a.c.} \sin(\omega t + \phi) \cdot dt \quad (4.34)$$

Eğer t_1 süresi hat frekansının süresine eşitlenirse, bu süre zarfında hat frekansı sinyalinin integrali veya herhangi harmoniği Şekil 4.31 (d)'de gösterildiği gibi sıfır olacaktır.



Şekil 4.31 (a) Gerilim- darbe genişliği çevirici; (b) ve (c) tek- rampalı çevirici; (d) çift- rampalı çevirici.

Başka bir frekansta diğer frekansta bir ϕ değeri bulmak mümkün olup, bu değerde girişim sinyali bir hataya sebebiyet vermez. Ayrıca hatanın maksimum olacağı bir ϕ_{\max} değeri de bulmak mümkündür. ϕ_{\max} değeri:

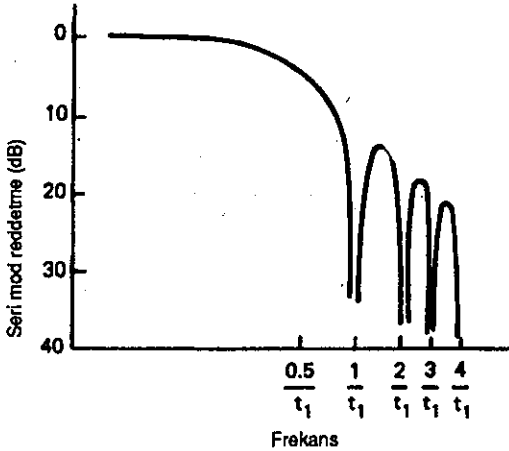
$$\tan \phi_{\max} = \frac{\sin \omega t_1}{(1 - \cos \omega t_1)} \quad (4.35)$$

ADC'nin seri mod reddetmesi (SMR), sinüs dalgasının neden olduğu maksimum hatanın sinüs dalgasının tepe büyüklüğüne oranı olarak verilir. SMR genelde desibel cinsinden ifade edilir ve aşağıdaki eşitlikle verilebilir:

$$\text{Seri mod reddetme (SMR)} = -20 \log_{10} \frac{\omega t_1}{\cos \phi_{\max} - \cos (\omega t_1 + \phi_{\max})} \quad (4.36)$$

Bir ADC'nin SMR'sinin diyagramı Şekil 4.32'de verilmektedir. Görülebileceği üzere, ideal olarak çift eğimli ADC, n/t_1 ($n= 1, 2, 3, \dots$) ile verilen herhangi bir frekans için sonsuz SMR sağlar. Pratik olarak, bu tip bir ADC'nin üretebileceği reddetme miktarı doğrusal olmayan etkiler sebebiyle sınırlanır. Çünkü t_1 periyodu sadece bir sınırlı doğruluğa tanımlanabilir ve ayrıca reddedilecek sinyalin frekansı değişebilir. Bununla birlikte bu tip bir teknik kolaylıkla 40 dB'lik bir hat frekans reddetmesi sağlayabilir.

Bu teknik bir düşük hızlı çevirme gerektiği durumlarda yaygın olarak kullanılır. Entegre edici yapısı nedeniyle bu teknik hızlı bir şekilde değişen veya çoğullanmış sinyaller için uygun değildir. Ticari olarak entegre formda mevcuttur ve çoğu sayısal voltmetrelerin esasını oluşturmaktadır.



Şekil 4.32 Bir çift rampalı çevirici için seri mod reddetmesi.

4.4.2. Gerilim-Frekans Çevirimi

Bu tür teknikler, giriş gerilimini doğrusal olarak giriş gerilimi ile alakalı bir frekansa çeviren bir devre kullanır. Analog sinyal sayısal eşdeğerine sabit bir süre boyunca frekans sinyalini kapılamak suretiyle çevrilir. Frekans iletimi sıklıkla bir analog veri iletim yöntemi olarak kullanılır. Gerilim- frekans çeviriminin basit bir Şekil 4.33 (a)'da gösterilmektedir. Bütünleyici çıkışının 0'dan v_{ref} 'e ulaşması için geçen süre için giriş sinyalinin integrali alınır. Bu süre aşağıdaki eşitlikle verilebilir:

$$t = \frac{RCv_{ref}}{v_{in}} \quad (4.37)$$

Eğer kapasitörün boşalma süresi az ise, bu durumda çeviricinin tekrarlama frekansı:

$$f = \frac{v_{in}}{RCv_{ref}} \quad (4.38)$$

Çevirim işleminin doğruluğu, bir geri besleme konfigürasyonunda bir gerilim- frekans çevirici ile birlikte frekans- gerilim çevirici kullanmak suretiyle artırılabilir (Owens, 1983).

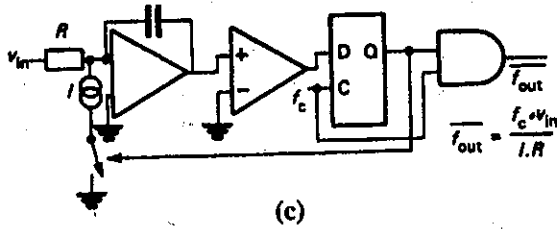
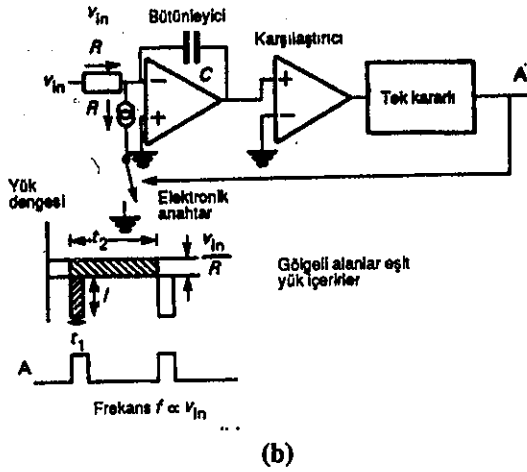
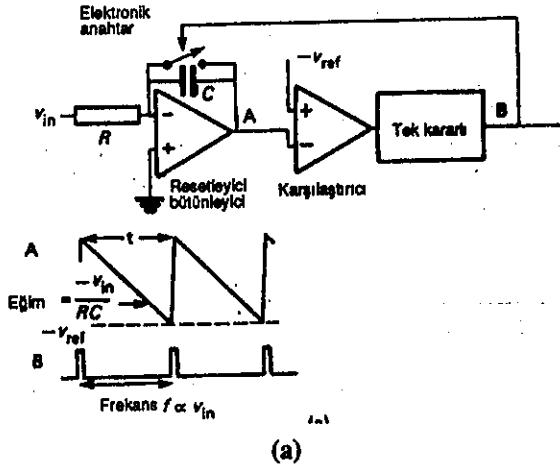
Şekil 4.33 (b) bir yük denge çeviriciyi göstermekte olup, bu çeviricide bütünleyicinin çıkışı periyodik olarak sabit bir yük içeren bir akım darbesi şeklindeki bir yükü üzerine enjekte etmek suretiyle ayarlanır. Böylece çalışmanın bir çevriminde v_{in}/R akımı tarafından geri besleme kapasitörüne sağlanan yük, akım darbesi tarafından sağlanan yükü tamamen dengeler.

$$It_1 = \frac{v_{in}t_2}{R} \quad (4.39)$$

ve

$$f = \frac{1}{t_2} = \frac{v_{in}}{R.I.t_1} \quad (4.40)$$

Delta- sigma modülasyonu (Steele, 1975), gerilim- frekans çeviriminin bir şekli olup, sıklıkla söz iletiminde kullanılır. Bu Şekil 4.33 (c)'de gösterilmektedir.



Şekil 4.33 Gerilim- frekans çevirici; (b) yük denge çevirici; (c) delta- sigma modülasyonu.

4.4.3 DAC'leri Kullanan Geri Besleme Yöntemleri

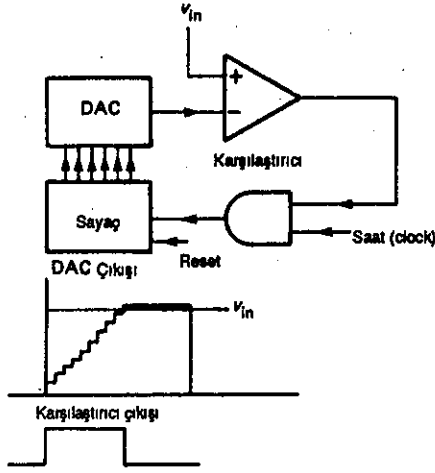
Geri besleme teknikleri bir DAC'nin sayısal girişini ölçülecek giriş gerilimine karşı gelen en yakın analog çıkışı elde edecek şekilde bir sayısal giriş bulmak için ayarlar.

Şekil 4.34 (a)'da gösterilen rampa veya kademeli üreteçde, DAC'nin girişini ayarlamak için bir sayaç kullanılır. Başlangıçta, sayısal giriş sıfıra ayarlanır. Bu yüzden DAC'nin analog çıkışı sıfırdır. Daha sonra sayaç saat tarafından artırılır. DAC'ye olan giriş artırıldıkça DAC'nin analog çıkışı da değer olarak artar. Bu artış DAC'nin çıkışı giriş gerilimini geçene kadar devam eder. Karşılaştırıcı çıkışındaki anahtar açılır ve başka saat darbelerinin sayaca gelmesini engeller. Şimdi sayaç analog girişin sayısal bir eşdeğerini içermektedir. Bu çevirici için çevirim hızı giriş sinyalinin seviyesine bağlıdır. Yavaş bir şekilde değişen sinyallerin çevrilme hızı bir ilave donanımın ve ayrıca bu tür sinyalleri izleyecek olan bir izleme ADC'si üretmek için bir yukarı- aşağı sayacın kullanılması ile artırılabilir.

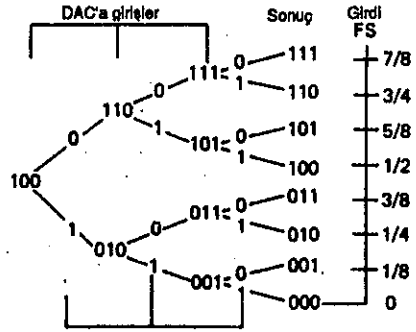
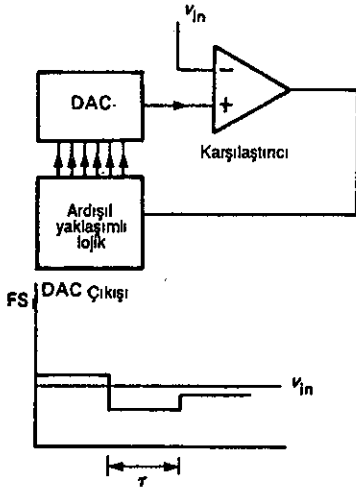
Şekil 4.34 (b)'de gösterilen ardışıl yaklaşım tekniği, problem için bir karar ağacı yaklaşımı kullanır. Çevirmenin ilk çevrimi üzerindeki kontrol devresi DAC'nin MSB'sini 1'e ve diğer kalan tüm bitleride 0'a ayarlar. Karşılaştırıcının çıkışı incelenir. Eğer çıkış 1 ise bu analog girişin DAC'nin çıkışından daha büyük olduğunu ifade etmekte olup, bu durumda DAC'nin MSB'si 1 değerinde korunur. Aksi takdirde 0'a değiştirilir. Daha sonraki çevrim ise bir sonraki en anlamlı bitin 1 veya 0 olup olmadığını saptar. Bu proses daha sonra DAC'nin her biti için tekrarlanır. Ardışıl yaklaşım analog- sayısal çevirim tekniğinin çevirme süresi sinyal seviyesi dikkate alınmaksızın belli bir DAC için tespit edilir ve $n\tau$ 'ya eşittir. Burada n bitlerin sayısı ve τ ise bir tek biti saptamak için geçen çevrim süresini ifade etmektedir. Standart DAC'ler ve karşılaştırıcılar ile birlikte orta- hızlı DAC'ler üretmek amacıyla kullanabilen entegre devreli ardışıl yaklaşımli yongalar mevcuttur.

4.4.4. Eş zamanlı Karşılaştırma

Yüksek hızlı çevirim için ardışıl yaklaşım tekniği genelde yeterli derecede hızlı bir teknik değildir. Bu problemle özellikle video sinyallerinin sayısallaştırılması işleminde karşılaşılmaktadır. Bu nedenle eş zamanlı karşılaştırma teknikleri gerekmektedir. Bu tip çeviriciler, çevirim işlemi bir çevirimde meydana geldiğinden dolayı 'hızlı çevirici' olarak adlandırılırlar. Şekil 4.35 bir hızlı çeviricinin şematik diyagramını göstermektedir. Sayısal kodların herbirine karşılık gelen analog değerler eşzamanlı bir biçimde giriş ile karşılaştırılır. Bir n - bitlik çevirim için, 2^{n-1} kadar karşılaştırıcı gereklidir. Daha sonra lojik, karşılaştırıcıların çıkışını inceler ve girişe karşılık gelen sayısal kodu üretir. Alt sıralama (subranging) vasıtasıyla bir n -bitlik çevirimde gerekli karşılaştırıcıların sayısını azaltmak mümkündür.



(a)

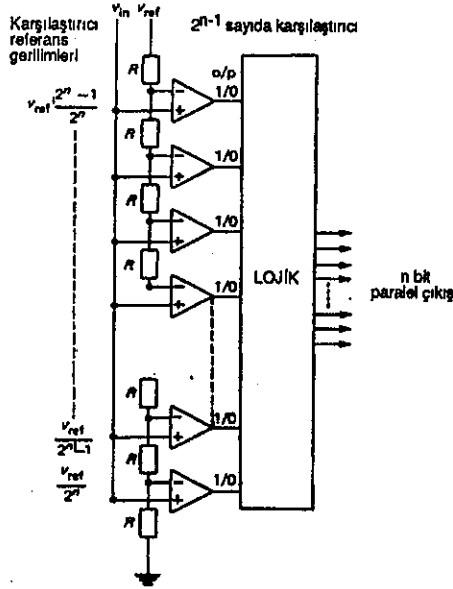


Karşılaştırıcı çıkışlar
Eğer $V_{in} > \text{DAC'ın çıkışı}$ ise karşılaştırıcı çıkışlar sıfırdır.

(b)

Şekil 4.34 (a) Rampa veya kademeli üretici; (b) Ardışıl yaklaşımli çevirici.

Çevirim işleminin ilk kademesinde, analog sinyal bir dizi karşılaştırıcı kullanılarak sayısallaştırılır. Bu değer daha sonra bir mandal (latch) içine saklanır ve bir yüksek hızlı DAC'ye beslenir. Bu DAC'den elde edilen çıkış orijinal analog çıkıştan çıkarılır ve bu fark veya kalıntı aynı çeviricileri kullanarak yükseltilir ve yeniden sayısallaştırılır. İki sayısallaştırılmış değeri birleştirmek suretiyle analog girişe takabül eden bir n bitlik sayısal rakam üretmek mümkündür.



Şekil 4.35 Hızlı çevirici.

4.4.5 ADC Spesifikasyonları

En yaygın olarak karşılaşılan ADC'ler; çift eğimli, ardışıl yaklaşım ve hızlı çeviriciler'dir. Bu cihazlar; ayırma gücü, doğruluk, çevirme işleminin doğrusallığı çevirim süresi ve oranı en önemli performans spesifikasyonları olmak üzere analog, sayısal ve kontrol bölümlerine göre tanımlanabilirler.

ADC'nin analog bölümü genellikle müsaade edilebilir analog giriş sinyali aralığı beraberinde kaynak empedansı cinsinden belirtilir. ADC'ler tek kutuplu girişleri kabul edebilirler.

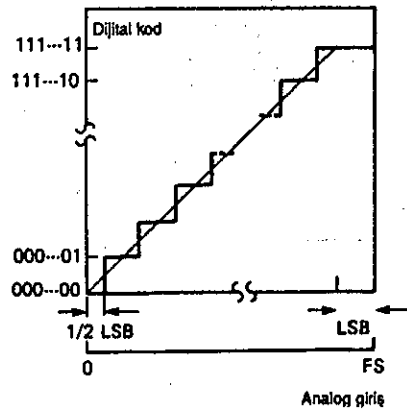
Sayısal bölüm kullanılan teknoloji, çıkış kodlama ve format ile ifade edilir. Sayısal çıkış TTL, CMOS veya ECL teknolojisini kullanabilir. Tek kutuplu girişler ikili kodlama ile gösterilebilirler. Pozitif ve negatif değerlerin her ikisinde sahip olabilen çift kutuplu girişler ise kaydırma ikili kodlama, ikiye tümle kodlama (birçok bilgisayarda negatif sayıları göstermek için kullanılan teknik), işaret ve büyüklük kodlama gibi bir dizi kodlama ile ifade edilebilir. Sayısal voltmetreler için kullanılan ADC'ler sıklıkla işaret ve büyüklük kodlama ile birlikte BCD kodlamayı kullanırlar. Şekil 4.36 kaydırma ikili kodlamayı kullanan bir çift kutuplu ve tek kutuplu ADC'nin transfer karakteristiklerini göstermektedir.

Çıkışın formatlanması ADC'yi diğer teçhizat ile arabağlamak açısından önemlidir. En yaygın formatlar paralel, dizisel ve bayt dizisel'dir. Bayt dizisel format özellikle 12 bitlik ADC'nin çıkışını 8 bitlik mikro bilgisayara nakletmenin gerekli olabileceği mikro işlemci uyumlu ADC'lerde kullanılır. Bu tip bir durumda, veriler seri olarak iki bayt, sayısal gösterimin daha anlamlı bitlerini içeren bir yüksek düzenli bayt ve sayısal gösterimi tamamlamak için kalan bitleri içeren bir alçak düzenli bayt halinde transfer edilir. Mikro işlemci uygulamaları için, çeviricinin sayısal çıkışının gerekli yalıtımı sağlamak için üç durumlu olması gereklidir.

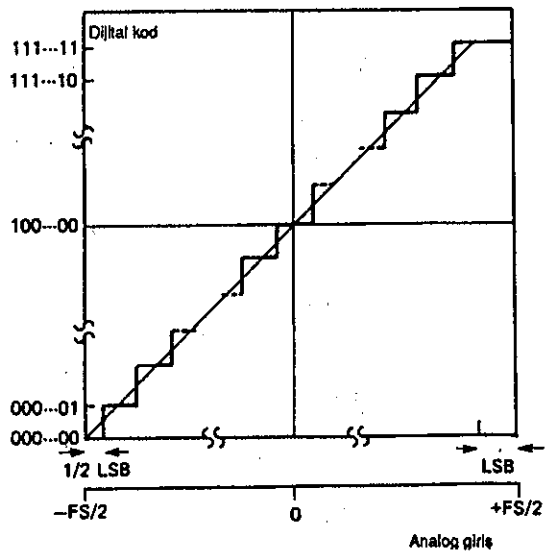
Kontrol bölümü tipik olarak; çevrimi başlatmak, yüksek dereceli bayt çıkışa vermek, alçak dereceli bayt çıkışa vermek gibi fonksiyonlar için ADC tarafından gerekli olan sinyaller ve çevirim işleminin sonunu göstermek için ADC'nin verdiği kontrol sinyalleri ile ifade edilir.

Bir ADC'nin sağlamış olduğu ayırma gücü çevirim işlemindeki bitlerin sayısı ile saptanır.

ADC'nin doğruluğu mutlak ve bağıl doğrulukları ile ölçülür. Mutlak hata belirli bir kod üretmek için gerekli olan gerçek ve belirtilmiş değerler arasındaki farktır. Bir analog değerler aralığı belirli bir kod üreteceği için, analog değer bir orta-aralık değeri olarak belirtilir. Bu hata, gürültü ile birlikte kazanç, sıfır ve doğrusal olmama hataları sebebiyledir. Bağıl doğruluk ise bir kere tam ölçek aralığı ayarlandığı zaman oluşan hatadır.



(a)



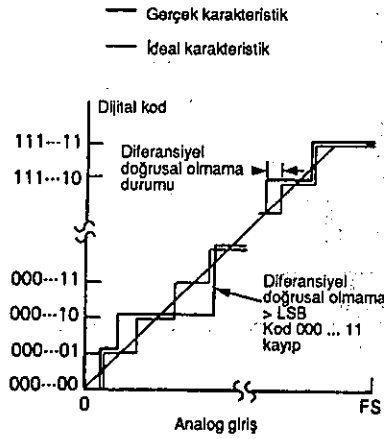
(b)

Şekil 4.36 (a) Tek kutuplu ve (b) çift kutuplu ADC'ler.

Çeviricinin doğrusallığı diferansiyel ve integral doğrusal olmama durumu ile ölçülür. Şekil 4.37'de gösterildiği gibi diferansiyel doğrusal olmama durumu, 1 LSB'ye eşit olan aralıktan bir belirli kod üretmek için analog giriş değerleri aralığındaki farkı ölçer. ADC'deki 1 LSB'den daha büyük bir doğrusal olmama durumu, bir kaçırılmış kod anlamına gelmektedir. Bu özellikle monoton olmayan bir DAC, bir ADC üretmek amacıyla bir geri besleme ağı içinde kullanıldığında meydana gelir. Eğer bir ADC herhangi bir kaçırılmış koda sahip olmadığı şeklinde tanımlanır, bu durumda diferansiyel doğrusal olmama durumu 1 LSB'den daha azdır. Çift eğimli ADC'ler kaçırılmış kodlar göstermezler. Bununla birlikte, bu tip ADC'ler çevirici karakteristiğinin toplam şekli ile ilgili integral doğrusal olmama durumu göstereceklerdir.

Bir ADC'nin çevirim süresi bir bütün ölçümün yapılabilmesi için gerekli olan süredir. Birçok ADC için çevirim oranı, çevirim süresinin tersidir. Bununla birlikte, yüksek hızlı çeviricilerde boru hattı işlemi (pipelining) bir çevrimin, önceki tamamlanmadan başlamasına imkan verebilir. Bu nedenle çevirim oranı, çevirim zamanından saptanan oranı aşabilir.

Bir ADC için verilen diğer spesifikasyonlar; kazanç, doğrusallık ve kaydırma sıcaklık katsayılarıdır. Tablo 4.5 yaygın olarak kullanılan üç ayrı çeviricinin tipik özelliklerini karşılaştırmaktadır.



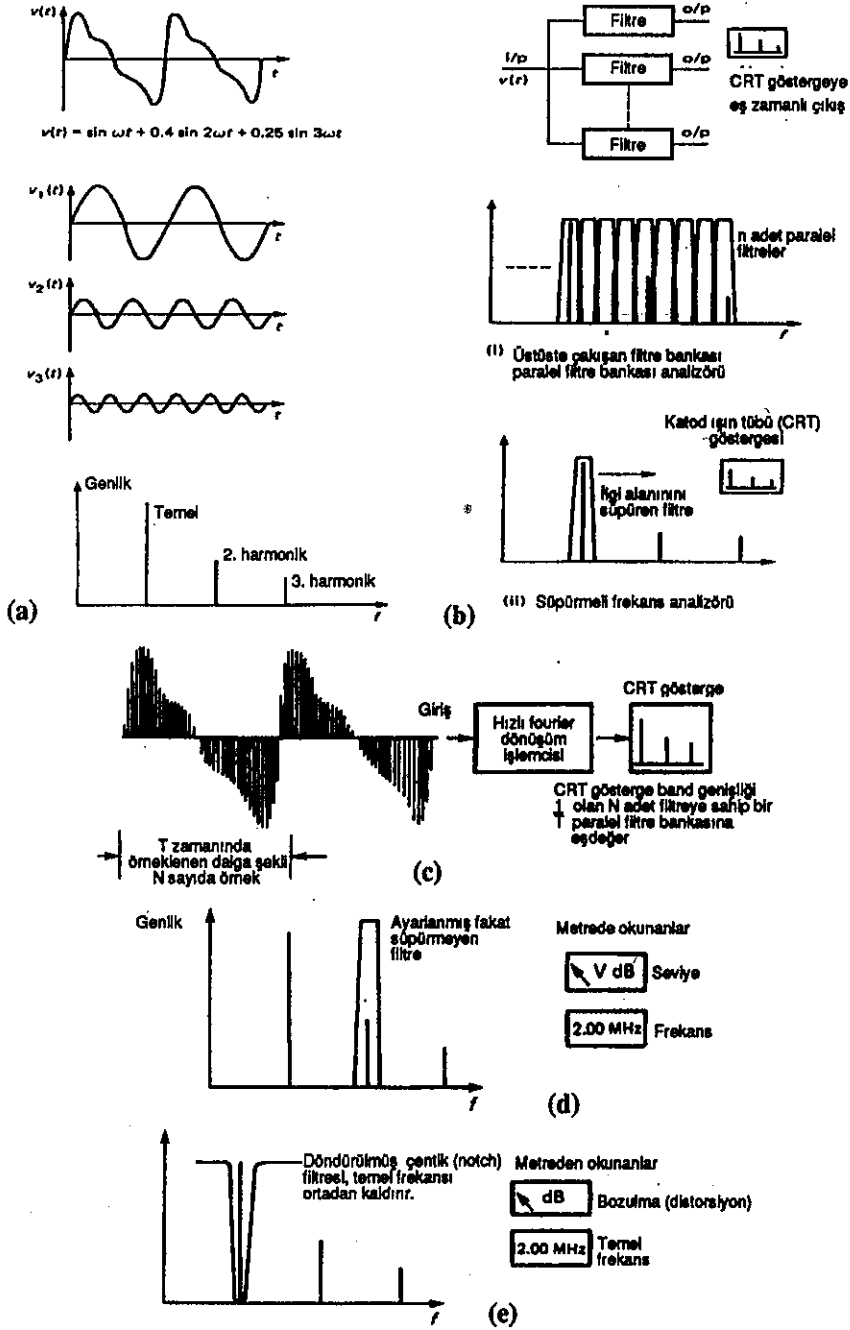
Şekil 4.37 ADC için diferansiyel doğrusal olmama durumu.

Tablo 4.5 üç farklı ADC'nin spesifikasyonları

Cihaz	AD571J	ICL7109	AD5010KD
Kullanılan teknik	Ardışıl yaklaşım	Çift rampalı	Hızlı çevirici
Bit sayısı	10	12	6
Doğrusallık	Diferansiyel doğrusal olmama durumu ≤ 1 LSB	Düz çizgi uydurmaya göre doğrusal olmama durumu ≤ 1 LSB	Doğrusallık hatası $\pm 1/4$ LSB
Analog giriş aralıkları	Tek kutuplu 0V- +10V Çift kutuplu -5 ile + 5V	+6.2 V'dan - 9 V'a kadar	$\pm 2,5$ V
Çıkış kodlama	Tek kutuplu: pozitif gerçek ikili Çift kutuplu: pozitif gerçek kaydırma ikili	12 bitlik ikili + polarite ve aralık üstü bitler	6 ikili + aralık üstü bit
Format	Paralel çıkış	İki- bayt paralel çıkış UART uyumlu	Paralel çıkış
Dijital girişler/çıkışlar	TTL/CMOS	TTL/CMOS	ECL
Çevirim süresi/oranı	25 μ s	30 çevirim/s	10 ns

4.5. Spektrum Analiz Cihazları ve İlgili Donanım

Frekans bölgesindeki sinyal analizi yaygın bir şekilde mekanik sistemlerin test edilmesinde, ayrıca elektronik ve telekomünikasyonda kullanılmaktadır. Mekanik sistemlerde sinyal analizi; mekanik yapıların titreşim modlarını analiz etmek ve ayrıca mekanik dengesizlik veya aşınmış yataklar veya dişliler sebebiyle dönen mekanik parçalarda oluşan titreşimleri araştırmak amacıyla uygun titreşimli dönüştürücülerle kullanılır.



Şekil 4.38 (a) Giriş dalga şekli; (b) spektrum analiz cihazı; (c) sayısal Fourier analiz cihazı; (d) dalga analiz cihazı; (e) distorsiyon analiz cihazı.

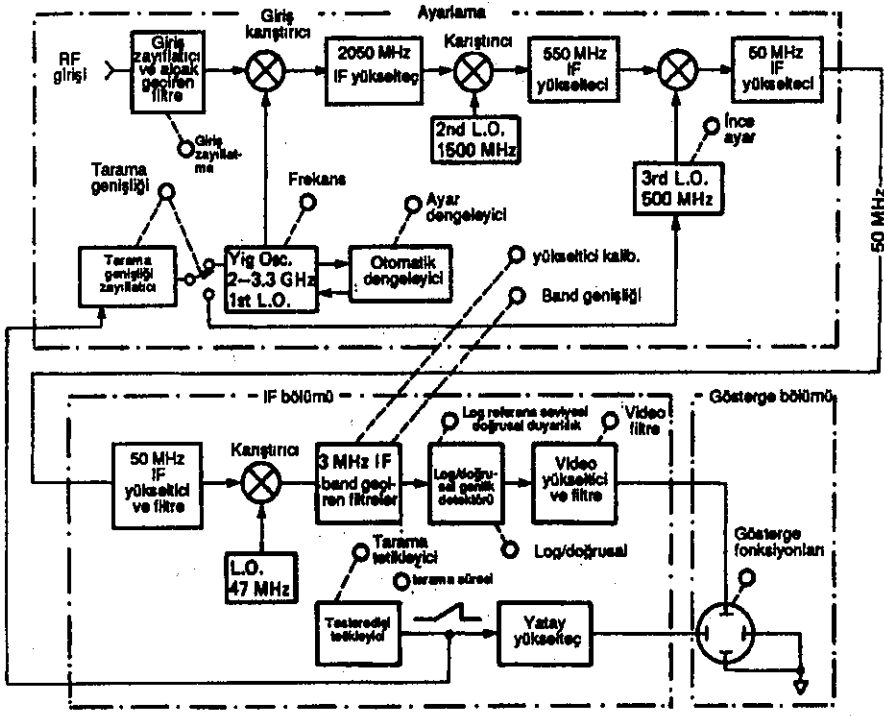
Elektronikte ve telemünikasyonda ise; frekans bölgesi analizi hem rastgele, hemde periyodik sinyallere uygulanır. Sinyal analiz cihazları, frekans kararlılığının ve sinyal kaynaklarının tayfsal saflık ölçümlerini gerçekleştirebilirler. Bu cihazlar bir izleme frekans üretici veya beyaz veya sözde-rastgele gürültü kaynağı ile beraber kullanıldıkları zaman, yükselteçlerin, filtrelerin veya diğer şebekelerin frekans tepkilerini ölçmek için uygundur. Alıcı verici ve iletişim sistemlerinin işlemsel karakteristikleri; bir taşıyıcı dalganın tayfsal saflığı, genlik veya frekans modüle edilmiş dalganın tayfsal güç dağılımı, sinyal distorsiyonu ve sistem sinyal- gürültü oranları gibi parametrelerin ölçülmesi ile değerlendirilebilir.

Bu tür bir analiz; spektrum analiz cihazları, sayısal Fourier analiz cihazları, dalga analiz cihazları ve distorsiyon analiz cihazları ile gerçekleştirilir. Şekil 4.38 bu farklı cihazların zaman tepkisi üç frekans elemanından ($v_1(t)$, $v_2(t)$ ve $v_3(t)$) oluşan bir rasgele olmayan dalga şeklinin farklı frekans parametrelerini nasıl ölçtüklerini göstermektedir.

4.5.1 Spektrum Analiz Cihazları

Bu cihazlar belli bir frekans bandı üzerinde frekans spektrumu gösterimi sağlarlar. Spektrum analiz cihazları bir paralel filtre bank'ı veya bir tarama frekans tekniği kullanırlar. Paralel filtre bank analiz cihazında; frekans aralığı, merkezi frekansları ve band genişlikleri üst üste gelecek şekilde seçilmiş olan bir dizi filtre tarafından örtülür. Tipik olarak, bir ses analiz cihazı bu tip 32 tane filtreye sahip olup, herbiri bir oktavın üçte birini örtmektedir. Geniş bant-sınırlı ayırma gücü analizi için (özellikle r.f. veya mikrodalga sinyallerinin), tercih edilen ölçüm yöntemi, tarama frekans tekniğidir. Bu tür analiz cihazlarında; bir dar bantlı filtre, gösterimin gerekli olduğu aralıkta süpürülen bir frekansın etrafında merkezlenir. Belirli bir frekansta, o band içindeki sinyalin mutlak değeri ölçülür. Spektrum analiz cihazının tarama frekansı yönü genellikle giriş sinyalini bir lokal tarama frekansı osilatörü ile birlikte frekans karıştırma (heterodyning) suretiyle gerçekleştirilir. Karıştırıcı kademesinin çıkışı üzerindeki bir alçak geçiren filtre dar bantlı filtrenin genişliğini tespit eder. Aynı zamanda lokal osilatörün frekansıda bu filtrenin merkez frekansını sağlar. Uzun süre sinyali üzerinde tutan bir CRT veya sayısal gösterge kullanarak, tarama frekans osilatörü gerekli aralığı taradığında frekans spektrumunu göstermek mümkündür. Şekil 4.39, 1,25 GHz'e kadar olan sinyallerin analizi için uygun bu tip bir analiz cihazının şematik diyagramını göstermektedir. Tarama frekansı; istenen aralığa bağlı olarak (100 kHz- 1,25 GHz arasında olabilir) 2- 3,3 GHz'lik lokal osilatör veya 500 MHz'lik lokal osilatörü tarayarak sağlanır. Filtrenin band genişliği, 3 MHz'lik i.f. yükseltecin çıkışında 3 MHz civarında merkezlenmiş alçak geçiren filtreler vasıtasıyla saptanır. Bu band genişliği 100 Hz- 300 kHz arasında değişebilir.

Tipik olarak tarama frekans analiz cihazları; 5Hz- 220 GHz aralığındaki sinyallerle ve -140 ile +30 dBm aralığındaki güç seviyeleriyle çalışabilirler. Dar bantlı filtrenin band genişliği spektrumun ölçüleceği frekans aralığı ile değişmekte olup, bu band genişliği 1 Hz- 3 MHz arasındadır.



Şekil 4.39 Tarama frekans analiz cihazı.

4.5.2 Fourier Analiz Cihazları

Sayısal analiz cihazları analog dalga şeklini bir T zaman periyodunda N adet örnekleme (sample) çevirirler. $\Delta f = 1/T$ eşitliği ile verilen bir band genişliğine sahip N tane filtreden eşzamanlı bir biçimde çıkış elde etmeye olan eşdeğer kesikli spektral tepkisi $S_x(k\Delta f)$; $k=1, 2, \dots, N$, sinyalin örneklenmiş versiyonuna bir ayrık Fourier dönüşümü (DFT) uygulayarak elde edilir. Bu nedenle spektral tepkisi aşağıdaki eşitlikle verilir:

$$S_x(k\Delta f) = \frac{T}{N} \sum_{n=1}^N x(n\Delta t) \exp\left(-j \frac{2\pi kn}{N}\right); k=1, 2, \dots, N \quad (4.41)$$

$S_x(k\Delta f)$ kompleks bir büyüklük olup, tüm örneklemler üzerinde $x(n\Delta t)$ çalışmak suretiyle ($n=1, 2, \dots, N$) bir kompleks faktör $\exp[-j(2\pi kn/N)]$ ile elde edilir. Kesikli ters dönüşüm aşağıdaki eşitlikle verilir;

$$x(n\Delta t) = \frac{N}{T} \sum_{k=1}^N S_x(k\Delta f) \exp\left(j \frac{2\pi kn}{N}\right); n=1, 2, \dots, N \quad (4.42)$$

$S_x(k\Delta f)$; $k=1, 2, \dots, N$ bir kompleks büyüklük olduğu için, DFT spektrumundaki belirli bir noktada genlik ve faz bilgisi temin eder.

Kesikli dönüşümler genellikle hızlı Fourier dönüşümü (FFT) ile gerçekleştirilir (Cooley ve Tukey, 1965). FFT; özellikle N, 2'nin katlarına sınırlandırıldığından dolayı için (örneğin; 1024) bir sayısal bilgisayarda gerçekleştirme için uygundur.

Şekil 4.40 bir FFT algoritma kullanan HP 5420 sayısal Sinyal Analiz Cihazı'nın blok diyagramını göstermektedir. Bu cihazın giriş kısmı iki benzer kanaldan oluşmaktadır. Her kanalda sinyal giriş yükseltici tarafından uyumlandıktan sonra iki çakışma önleyici filtrenin biri içinden geçer (bknz. Bölüm 4.2.7.1). Bu filtrelerin kesim frekansı örnekleme frekanslarından hangisinin kullanılacağına göre seçilir. 30 KHz'lik filtre 102,4 kHz'lik bir örnekleme oranı ve 300 kHz'lik filtrede 1024 MHz'lik bir örnekleme oranı ile kullanılır. Sinyal daha sonra bir 12-bitlik ADC kullanılarak bir sayısal forma çevrilir. İzleyen çoğaltıcı ve sayısal filtre, analiz cihazının spektrumun analiz cihazının band genişliği içinde d. c.'den bir üst frekansa kadar gösterildiği bir temel band modunda veya bir dar frekans bandında analiz cihazının tam ayırma gücünün odaklanmasına müsaade eden bir band seçilebilir modda kullanılmasına izin verir. Analiz cihazının işleme kısmı ise giriş sinyali üzerinde FFT işleme sağlar.

Bir kanal için bu bir zaman bölgesi sinyalinin doğrusal spektrumunun ($S_x(f)$) gerçek ve hayali veya büyüklük ve faz elemanlarını temin eder:

$$S_x(f) = F(x(t)) \quad (4.43)$$

Bu eşitlikte $F(x(t))$, $x(t)$ 'nin Fourier dönüşümüdür. Faz bilgisi içermeyen özspektrum $G_{xx}(f)$, $S_x(f)$ 'den aşağıdaki eşitlik ile elde edilir:

$$G_{xx}(f) = S_x(f) \cdot S_x(f)^* \quad (4.44)$$

Bu eşitlikte $S_x(f)^*$, 1 Hz'lik bir band genişliğine normalize edilmiş $S_x(f)$. $G_{xx}(f)$ 'nin kompleks eşleneğini göstermekte olup bu, güç tayfsal yoğunluk (PSD)'dir. f frekansı etrafında merkezlenmiş olan 1 Hz'lik bir band genişliğindeki gücü gösterir.

Sinyal $x(t)$ 'nin zaman bölgesi karakteristiklerine göre; sinyalin tanımlanan özilişki (otokorelasyon) fonksiyonu aşağıdaki eşitlikte verilmekte olup;

$$R_{xx}(\tau) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T x(t) \cdot x(t+\tau) dt \quad (4.45)$$

bu eşitlik özilişki fonksiyonunun $G_{xx}(f)$ 'nin Fourier dönüşümünün tersi olduğu gerçeğini kullanarak elde edilir. Diğer bir deyişle:

$$R_{xx}(\tau) = F^{-1}(G_{xx}(f)) \quad (4.46)$$

ve bu nedenle;

$$R_{xx}(\tau) = F^{-1}(S_x(f) \cdot S_x(f)^*) \quad (4.47)$$

Ters dönüşüm denklem (4.42)'yi kullanarak elde edilir.

İki sinyalin birleşik özellikleri iki sinyalin kullanılması ile sağlanır. İki sinyalin $x(t)$ ve $y(t)$ çapraz güç spektrumu aşağıda verilen eşitlikle hesaplanabilir:

$$G_{yx}(f) = S_y(f) \cdot S_x(f)^* \quad (4.48)$$

Bu eşitlikte; $S_y(f)$, $y(t)$ 'nin doğrusal spektrumu ve $S_x(f)^*$, $x(t)$ 'nin kompleks eşlenik doğrusal spektrumdur.

Eğer $x(t)$ bir sisteme olan girişi ve $y(t)$ 'de sistemin çıkışını gösterirse, bu durumda hem genlik, hemde faz bilgisini içeren sistemin transfer fonksiyonu $H(f)$:

$$H(f) = \frac{\overline{G_{yx}(f)}}{G_{xx}(f)} \quad (4.49)$$

Bu eşitlikte çizgiler zaman- ortalamalı değerleri göstermektedir. Bu tür ölçümler için kullanılan giriş sinyali sıklıkla dahili rastgele gürültü üreticidir. Eşvrelilik (coherence) aşağıdaki eşitlikle verilmektedir.

$$\gamma^2 = \frac{G_{yx}(f) \cdot G_{yx}(f)^*}{G_{xx}(f) \cdot G_{yy}(f)}; \quad 0 \leq \gamma^2 \leq 1 \quad (4.50)$$

Bu eşitlik bir sisteme olan giriş ve sistemin çıkışı arasındaki nedensellik derecesini ölçmektedir. Eğer $\gamma < 1$ ise; bu sistem çıkışının, sistem girişine ilave olarak kaynaklar veya sistemin doğrusal olmama durumundan kaynaklandığını göstermektedir.

İki sinyal ($x(t)$ ve $y(t)$) arasındaki çapraz- korelasyon fonksiyonu ise:

$$R_{xy}(\tau) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T y(t) \cdot x(t + \tau) dt \quad (4.51)$$

Bu fonksiyon aynı zamanda analiz cihazı içinde, zaman bölgesindeki çapraz- ilişki fonksiyonu ile frekans bölgesindeki çapraz- tayfsal yoğunluğu arasında mevcut ilişki vasıtasıyla da saptanabilir. Yani;

$$R_{xy}(\tau) = F^{-1}(S_y(f) \cdot S_x(f)^*) \quad (4.52)$$

HP 5420 Sinyal Analiz cihazı; 0,8 Hz- 25,5 KHz aralığında bir band genişliği ile bir temel bantta veya 0,008 Hz- 25,5 kHz aralığındaki band genişlikleri ile frekans spektrumunun merkez frekansı 0,016 Hz- 25,5 kHz aralığında ayarlanabilen bir geçirme bandında çalışır. Giriş yükselteçleri $\pm 0,1$ V ve ± 10 V arasında değişen tam ölçek girişlere sahiptir.

Frekans analiz tekniklerinin mühendislikte uygulanması hakkında daha fazla bilgi için Bendat ve Piersol (1980) tarafından yapılan çalışmalara başvurulmalıdır. Hewlett Packard tarafından yayınlanan ve ayrıca Referanslar kısmında bahsedilen spektrum analizi konusundaki notlar, spektrum analiz donanımından en iyi sonuçları elde etmek için konuya ve tekniklere mükemmel bir giriş sağlamaktadır.

4.5.3 Dalga ve Distorsiyon Analiz Cihazları

Dalga analiz cihazları (aynı zamanda frekans seçici voltmetreler, taşıyıcı frekans voltmetreler veya seçici seviye metreler olarak da adlandırılırlar) bir frekans aralığında ayarlanabilen bir sonlu band genişlik pencere filtre sağlarlar. Frekans aralığı tarandığı zaman, analiz cihazı merkez frekansının bir

ktedir. Bu
iltü üretce

(4.

nedense
irışine ila
an kayna

yonu ise

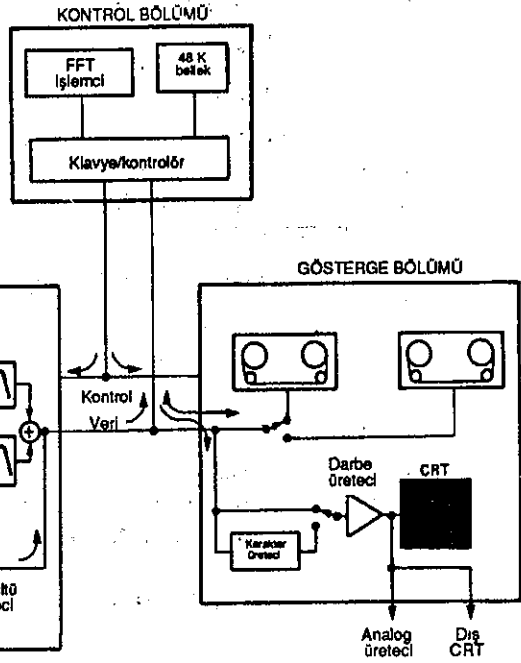
(4.51)

i çapraz
arasında

nd ge-
nişlik-
şında
10 V

laha
vu-
slar
aliz
m-

1



Şekil 4.40 Sayısal sinyal analiz cihazı.

görsel ifadesini ve ayrıca o frekanstaki genliğini verir. Bu tür analiz cihazları; bir kompleks frekans sinyalinin bir tek elemanın genlik ölçümleri ve iyi tanımlanmış bir band genişliğinde enerji ölçümü sağlamak amacıyla kullanılırlar. Şekil 4.38 (d) v(t) dalga şeklindeki $v_2(t)$ bileşeninin genliğini ölçen dalga analiz cihazını göstermektedir. Dalga analiz cihazları tipik olarak; 15 Hz'den 32 MHz'in üzerine kadar olan bir aralıkta, 3 Hz- 3,1 kHz arasındaki bir seçmeli band ile birlikte, 0,1 μ M- 300 V'luk bir mutlak dinamik aralığa sahip sinyaller üzerinde çalışırlar.

Distorsiyon analiz cihazları ayarlandıkları merkezi frekans civarında band reddetme sağlarlar ve spektrumun geri kalan kısmındaki enerjiyi ölçerler. Bu cihazlar toplam harmonik distorsiyonu (THD) ölçmek için kullanılır. THD aşağıdaki eşitlikle verilmektedir:

$$THD = \frac{\sqrt{[\sum (\text{harmonik genlik})^2]}}{\text{Temel genlik}} \quad (4.53)$$

İlk olarak, toplam spektrumdaki enerji ölçülür. Daha sonra bir dar- bantlı filtre uygulanır ve harmoniklerdeki ve gürültüdeki enerjinin ölçümü gerçekleştirilir. Böylece THD:

$$THD = \frac{\sqrt{(\sum (\text{harmonikler})^2 + (\text{gürültü}^2))}}{\sqrt{(\text{temel})^2 + (\text{harmonikler})^2 + (\text{gürültü})^2}} \quad (4.54)$$

%10'un altındaki harmonik içerik için, bu yaklaşım orijinal tanım ile verilen değer in %0,5'i içinde olacaktır.

Distorsiyon analiz cihazları 5 Hz'den 600 KHz'e kadar olan bir frekans aralığını kapsar ve %0,0018 (-95 dB) kadar düşük distorsiyonu ölçebilir.

4.6 Kilitlenen Yükselteç ve Faza Duyarlı Algılama

Kilitlenen yükselteçler gürültü mevcut olduğunda bir uyumlu sinyalin geri kazanılması için bir teknik temin ederler. Bu cihazlar, yüksek-Q band geçiren filtrelerin üretimi ile beraber düşünülen sürüklenme olayı olmaksızın oldukça yüksek miktarda bir sinyal- gürültü oranı iyileşmesi sağlarlar. Kilitlenen yükselteçlerin oldukça geniş bir aralıkta bulunan uygulamalarına kapasitif ve endüktif dönüştürücülerden, radyometri, nükleer manyetik rezonans ve fringe pozisyon monitörlerinden sinyal işleme örnek olarak verilebilir. (Blair ve Sydenham, 1975)

Kilitlenen yükselteçteki merkezi eleman faza duyarlı algılayıcı (PSD) olup, bu algılayıcının çalışması Şekil 4.41'de gösterilmektedir. PSD kazanç +1 ve -1'e sahip olan iki kanaldan oluşmaktadır. Sinyal bu iki kanal arasında eşzamanlı bir şekilde anahtarlanır. Anahtarlama dalga şekli Fourier serileri ile gösterilebilir:

$$v_s(t) = \frac{4}{\pi} \left[\sin \omega t + \frac{1}{3} \sin 3\omega t + \frac{1}{5} \sin 5\omega t + \dots \right] \quad (4.55)$$

Eğer giriş sinyali ise

$$v_{in}(t) = v \sin(\omega t + \phi) \quad (4.56)$$

Bu durumda çıkış sinyali

$$v_{out}(t) = v_{in}(t) \cdot v_s(t) \quad (4.57)$$

ifadesinden

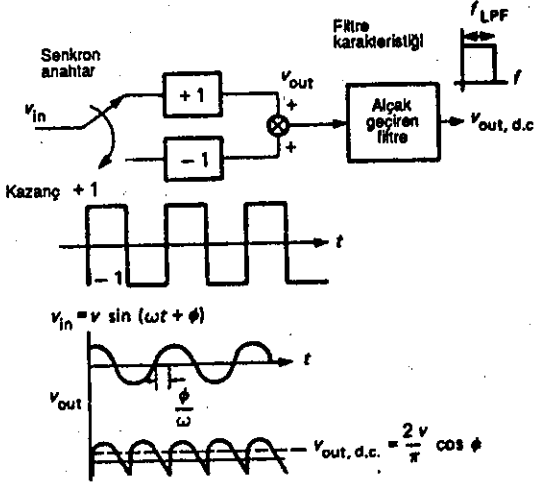
$$v_{out}(t) = \frac{4v}{\pi} \sin(\omega t + \phi) \left[\sin \omega t + \frac{1}{3} \sin 3\omega t + \frac{1}{5} \sin 5\omega t \dots \right] \quad (4.58)$$

ve bu nedenle:

$$v_{out}(t) = 2v \left[\cos \phi - \frac{2}{3} \cos(2\omega t + \phi) + \dots \right] \quad (4.59)$$

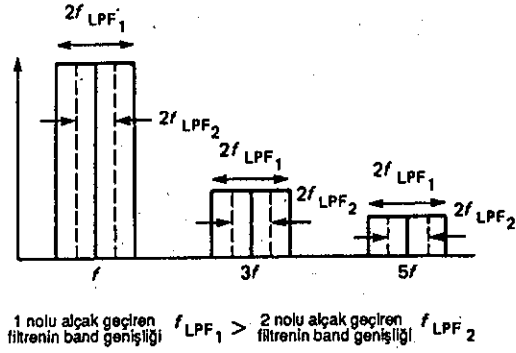
PSD'nin çıkışı üzerindeki alçak geçiren filtre f_{LPP} 'ye d.c. için bir geçirme bandı sağlar ve giriş frekansının harmoniklerinde çıkışları zayıflatır. Bu nedenle filtrenin d.c. çıkışı aşağıdaki eşitlikle verilir:

$$v_{out}(t) \text{ d.c.} = \frac{2v}{\pi} \cdot \cos \phi \quad (4.60)$$



Şekil 4.41 Faza duyarlı algılayıcı.

Anahtarlama dalga şeklinin temelinden farklı frekanslarda giriş sinyalleri için, PSD'nin tepkisi Şekil 4.42'de verilmekte olup, burada alçak geçiren filtrenin etkisi gösterilmektedir. PSD, anahtarlama dalga şeklinin temel ve tek harmonikleri civarında merkezlenmiş frekans bandlarındaki sinyallere tepki gösterir. Frekansları anahtarlama dalga şeklinin harmonik bileşenlerine karşılık gelen sinyaller d.c. sinyallere sebebiyet verecektir. Harmonik frekanslar civarında merkezlenmiş frekans bandları içindeki sinyaller ise, frekansları o frekans bandı içindeki anahtarlama dalga şeklinin harmoniği ile giriş sinyali arasındaki bir vuru'ya karşılık gelen a.c. çıkış sinyallerine neden olur. Bu bandların herbirindeki genlik tepkisi, harmoniğin sayısı olarak azalır. Alçak geçiren filtrenin band genişliğini azaltmak suretiyle, giriş sinyalinin dar-band filtrelenmesini gerçekleştirmek mümkündür.

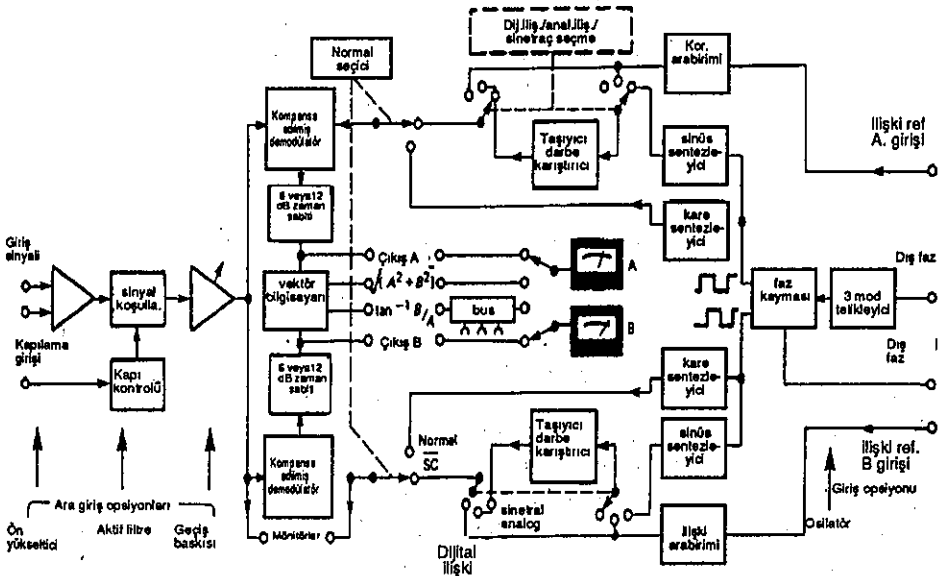


Şekil 4.42 PSD'nin frekans tepkisi

Şekil 4.43 Brookdeal Ortholoc SC 9505 iki kanallı kilitlenen yükseltecin blok diyagramını göstermektedir. Kilitlenen yükselteç; d.c yükseltme, filtreleme ve bir vektör bilgisayarı tarafından desteklenen iki tane faza duyarlı algılayıcı, bir referans kanalı ve bir değişken kazanç a.c. yükseltecinden oluşur. Giriş yükselteci, tek uçlu diferansiyel girişler veya akım girişi sağlar. Bu yükselteçler, 10 nV- 500 mV arasında tam ölçek çıkış veya 10^{-14} A kadar düşük bir akım hassasiyeti için bir giriş hassasiyeti temin edebilirler. a. c. yükselteç, sinyalin doğru seviyesinin PSD'lere yüksek geçiren ve alçak geçiren filtreleme ile birlikte verilmesi amacıyla değişken kazanç sağlar. Referans kanalı iki PSD için geniş bir aralıktaki giriş sinyal tipleri ve seviyelerinden iki adet dikey referans dalga şekilleri üretir. Referans kanalının içinde bir faz kaydırıcı bulunur. Bu faz kaydırıcı, bu iki sinyalin fazının giriş sinyaline göre ayarlanabilmesine

müsaade eder. Kilitlenen yükselteç farklı çalışma modlarına sahiptir. Bu modlar PSD'den önceki a. c. kazancı ile PSD'den sonraki d. c. kazancı arasındaki kazanç dağılımını ayarlar.

HI- STAB modunda d.c. kazanç minimum seviyeye düşürülür ve bu tip bir modda cihaz en iyi taban çizgisi kararlılığına sahiptir. HI- RES modunda ise, d. c. kazancı maksimum değerine anahtarlanır. Bu nedenle PSD maksimum aşırı yük kabiliyetine sahip olup, bu özellik kilitlenen yükseltecin sinyali bir yüksek seviyeli gürültüden çıkarmasına imkan sağlar. Kilitlenen yükseltecin çıkışı; gelen sinyalin iki tane olan dikey elemanlarının (A ve B) büyüklüklerini veya vektör bilgisayarı kullanmak suretiyle genliğini $\sqrt{A^2 + B^2}$ veya fazını ($\phi = \tan^{-1}(B/A)$) göstermek için anahtarlanabilir. Referans kanalını işaret-boşluk oranı sinyali tarafından saptanan bir değişken işaret/ boşluk oranlı kare dalga ile anahtarlamak suretiyle kilitlenen yükselteç bir SINETRAC modda kullanılabilir. Bu modda tepki sadece temel'e veya bir analog veya sayısal bağlilaştırıcıya'dır. Brookdeal Ortholoc; 0,2 Hz-200 kHz'lik bir frekans aralığına, 10000 x tam ölçeklik tam-ölçek çıkışı için bir maksimum geniş band eşvrelili olmayan giriş gerilimine ve 160 dB'ye kadar bir girişin dinamik aralığına sahiptir.



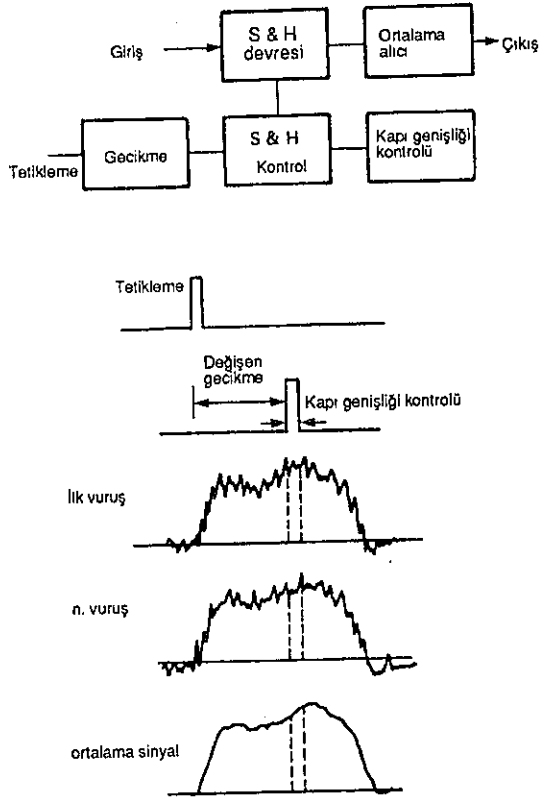
Şekil 4.43 İki kanallı kilitlenen yükselteçler.

Kilitlenen yükselteçlerin tasarımı ve uygulamaları hakkında daha fazla bilgi için Meade (1983 a, b) tarafından yapılan iki çalışmaya başvurulmalıdır.

4.7 Ortalama Değer Alan Sayısal Devreler (Box -Car Integrators)

Sinir sistemindeki sinyallerin ölçümünde olduğu gibi bir harici uyarıcının yaratmış olduğu bir sonuç olarak ortaya çıkan veya bir harici tetikleyici sinyale zaman referanslanabilen gürültü yenilemeli sinyallerin ortalamasının alınmasında ortalama değer alan sayısal devre gürültü sinyallerinin ortalamasının alınması ve böylece sinyal- gürültü oranının geliştirilmesi için bir yöntem temin eder.

Bir ortalama değer alan sayısal devrenin çalışması Şekil 4.44'de gösterilmektedir. Sistem, ortalaması alınacak olan sinyale zaman referanslanan bir te-



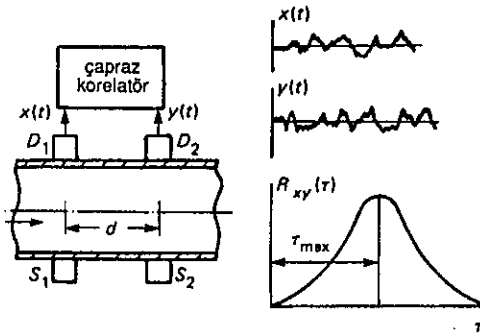
Şekil 4.44 Ortalama Değer Alan Sayısal Devre.

tikleyici sinyal kullanır. Sınır sistemlerinde bu sinyal, uygulanan uyarıcı olabilir. Değişken gecikme tepki sinyalinin belli bir kısmının seçilmesine imkan tanır. Örnekle ve tut devresi kısa bir açıklık süresi için açılır ve örnekle ve tut devresinin kapı genişliği içindeki sinyal saklanır. Sinyalin yenilenmesi, tetiklemeye (trigger) göre aynı zamanda sinyalin bir kısmının seçilmesini sağlar. Sistem daha sonra dalga şeklinin bu kısmındaki sinyalin ortalamasını alır. Yenilemelerin sayısı arttıkça, ortalaması alınmış sinyalin sinyal-gürültü oranı daha iyi hale gelir. Bu gelişme yenilemelerin sayısının kökü ile orantılıdır. Bir dizi sinyal yenilemelerinde her bölümün birkaç kez ortalamasının alınmasını sağlamak amacıyla dahili seçilmiş bir kapı genişliğiyle dalga şeklinin tümünü tarayan otomatik sistemler mevcuttur.

4.8 Korelatörler

İlişki teknikleri; kontrol ve enstrümantasyonda sistem tanımlama, sinyal geri kazanma ve nakil gecikmelerinin ölçümü (örneğin; iki bileşenli akışların ölçümünde, çelik kesme ve kâğıt kesme hız ölçümünde) için kullanılır. Bu tip uygulamaların ayrıntıları Lange (1967) ve Beck (1983)'de bulunabilir.

İlişki tekniklerinin akış hızı ölçümlerine uygulanması Şekil 4.45'de gösterilmektedir. Bu teknikler; proses içindeki bir noktada bir rastgele düzensizliğin ölçülmesi ve daha sonra bu düzensizliğin ikinci bir ölçüm noktasına geçmesi için geçen süreye bağlıdır. Geçiş süresi, bu düzensizlik sonucu üretilen sinyali çapraz ilişki tekniğine tabi tutmak suretiyle tahmin edilebilir. Bu sinyal; optik, ultrasonik, termal veya empedans ölçüm teknikleri ile saptanabilir.



Şekil 4.45 Çapraz ilişki tekniğini kullanarak akış hızının ölçümü.

İki sinyalin çapraz ilişki aşağıdaki eşitlikle verilmektedir:

$$R_{xy}(\tau) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T x(t-\tau) \cdot y(t) dt \quad (4.61)$$

$R_{xy}(\tau)$, geçiş zamanına karşılık gelen bir τ_{\max} zamanında bir maksimum değere sahiptir. Eğer iki ölçüm istasyonunun aralığı d ise, bu durumda nakil hızı:

$$v = \frac{d}{\tau_{\max}} \quad (4.62)$$

Bölüm 4.5'de gösterildiği gibi, iki sinyal arasındaki çapraz ilişki fonksiyonu bu sinyallerin çapraz- güç spektrumları üzerinde bir Fourier dönüşümü gerçekleştirerek elde edilebilir. Çapraz ilişki fonksiyonunun hesaplaması aşağıdaki gibi doğrudan sayısal hesaplama ile yapılabilir:

$$R_{xy}(n, \Delta t) = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N x(k-n, \Delta t) \cdot y(k, \Delta t) \quad (4.63)$$

Bununla birlikte; veriyi birçok sayıdaki bitlere kuantalamak, x sinyalinin gerekli gecikmeli versiyonunu sağlamak ve çapraz ilişki fonksiyonunun sayısal hesaplaması pahalı teknikleri gerektirmektedir. Problem; sinyali sadece iki seviyeye kuantalayarak (sinyalin pozitif veya negatif olmasına bağlı) veya iki sinyalin sıfır kesmelerini ilişkilendirerek VLSI teknolojisini veya mikro işlemci esası sistemleri kullanmak suretiyle biraz basitleştirilebilir ve sonuca ulaştırılabilir. Bu tip yaklaşımlara örnekler Jordan (1979), Henry (1979) ve Keech (1982) tarafından verilmiştir.

Sinyali iki seviyeye kuantalamak 'eşlik biti kuantalama' olarak bilinir ve bu tip bir tertipte korelasyon fonksiyonunun tahmini:

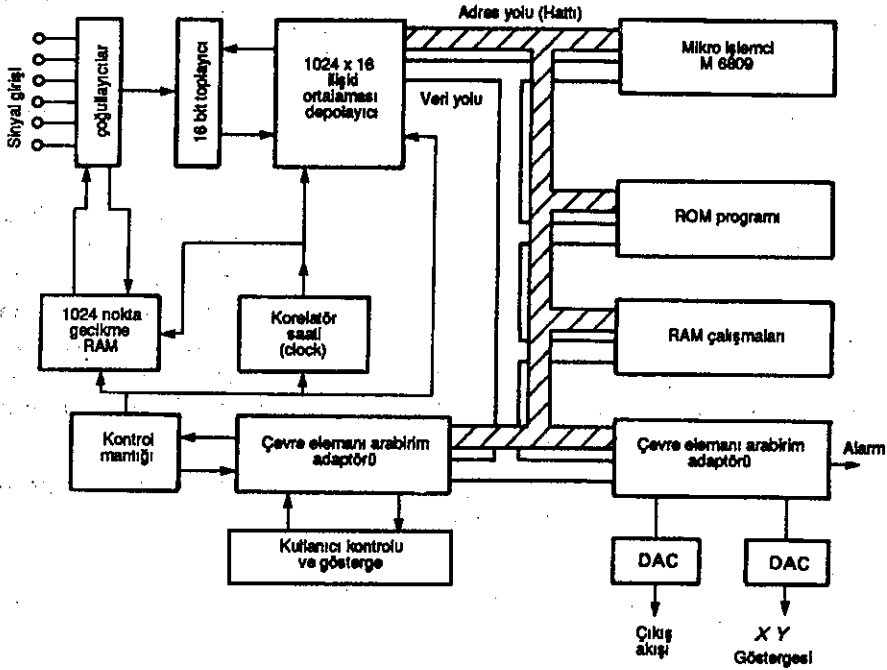
$$R_{xyp}(n, \Delta t) = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \text{sgn}[x(k-n, \Delta t)] \text{sgn}[y(k, \Delta t)] \quad (4.64)$$

ile verilir.

Böylece çarpma mantıksal dışlayıcı ve VEYA bit temsili $\text{sgn } x((k-n) \Delta t)$ ile bit temsili $\text{sgn } y(k \Delta t)$ arasına azaltılır.

Şekil 4.46, iki bileşenli akış ölçümü için tasarlanmış olan ticari bir eşlik biti korelatörün blok diyagramını göstermektedir. Korelatör; 100, 200 veya 400 μs 'lik örnekleme aralıkları için sırasıyla 256-, 512- veya 1024- nokta ilişki

fonksiyonu sağlar. 1024 x 16 bit ile gösterilebilen ilişki fonksiyonu bir tel-bağlantılı mantık devresi (hard-wired logic) vasıtasıyla sağlanır. İlişki fonksiyonu üzerindeki hesaplama; geçici koşullar altında cihazın performansını arttırmak için ilişki fonksiyonunun uyarlamalı filtrelemesini sağlayan, ilişki fonksiyonunun tepe değerini tahmin eden ve sıfır akışı, şok dalgaları, yoğun basınç dalgaları ve salınan akış elemanları gibi koşulları algılayarak sonuçların doğruluğunu temin eden mikro işlemci ile gerçekleştirilir.

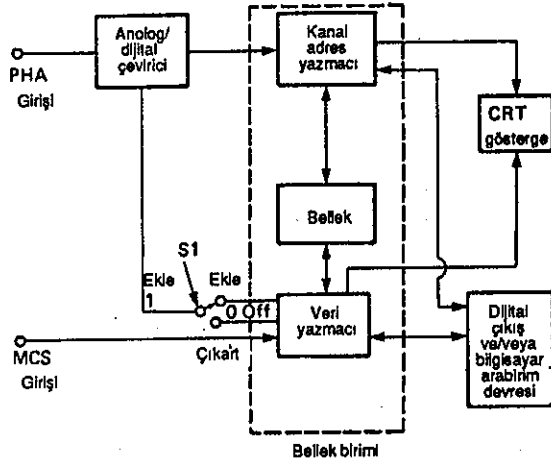


Şekil 4.46 Eşlik biti korelatör (Kent Industrial Measurement'den alınmıştır).

4.9. Çok Kanallı Analiz Cihazları

Çok kanallı analiz cihazları (MCA'lar) rastgele sinyallerin istatistiksel özelliklerini ölçmek amacıyla kullanılırlar. Bu cihazlar; α , β ve γ taneciklerinin veya x- ışınlarının enerjilerinin analizlerinde, olaylar arasındaki zaman aralıkları ölçümlerinde veya belirli bir olayın ardışıl zaman aralıklarında meydana geliş sayısı hakkında sayım bilgisi elde etmek için kullanılabilirler. Çok kanallı analiz cihazları yaygın bir şekilde nükleer, kimyasal tıbbi ve malzeme analizinde kullanılır.

MCA; darbe yükseklik analizi (PHA) modu ve çok kanallı ölçekleme (MCS) modu olarak bilinen iki modda çalışır. Bu modlar Şekil 4.47'de gösterilmektedir.



Şekil 4.47 Çok kanallı analiz cihazları.

PHA modunda; MCA bir seri giriş darbesinin genlik frekans dağılımını ölçer. MCA kanallar olarak bahsedilen bir seri adreslenebilir bellek konumlarından oluşmaktadır. Başlangıçta, tüm bellek konumlarının içerikleri sıfırdır. ADC giriş sinyalinin genliğini bir sayısal forma çevirir. Bu daha sonra belleği adreslemek için kullanılır. Bellek konumunda bu adrese karşılık gelen değer veri yazmacının içine yüklenir. 1'in bir sayıyı veri yazmacının içeriklerine eklenir.

Bu işlemi takiben veriler daha önce geldikleri bellek konumuna geri döndürülürler. İşleme süresinin sonunda her kanal veya bellek konumundaki sayım değeri, o kanalın adresine karşılık gelen genliklere sahip işlenmiş darbelerin toplam sayısına eşittir.

MCS modunda ise kanallar bir sıra sayaç olarak davranırlar. Bu durumda her kanal önceden atanmış bir aynı yerde kalma süresi (dwell time) için olayları sayar. Bu önceden saptanmış bekleme süresinden sonra, sayma işlemi otomatik olarak bir sonraki kanala aktarılır. Böylece MCS, her kanal bir sıralı zaman fasılasını temsil edecek şekilde bir sayma hızı verisi histogramu sağlar.

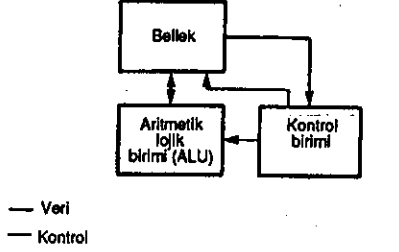
4.10. Bilgisayar Sistemleri

Günümüzde çoğu sinyal işleme, işleme için kullanılan geniş bir aralıktaki hesaplama sistemleri ile birlikte bir sayısal bilgisayar kullanmak suretiyle gerçekleştirilmektedir. Kullanılan sayısal bilgisayarlar boyut olarak, gömülü tek-yonga mikro işlemci esaslı sistemlerinden büyük ana bilgisayarlara kadar olan bir aralıktadır. Burada sadece konu hakkında genel bilgi verilmektedir. Sayısal bilgisayar sistemleri ve uygulamaları hakkında daha fazla bilgi veren birçok kitap bulunmaktadır, örnek olarak; genel sistem için Bartree (1981), Lewin (1980) ve Boyce (1977), enstrümantasyon ve kontrolde minibilgisayar sistemleri ve uygulamaları için Paker (1980) ve mikrobilgisayar sistemleri ve uygulamaları için Aspinall (1980) ve Barney (1985) verilebilir.

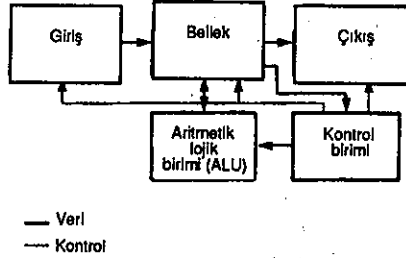
Bir sayısal bilgisayar sisteminin spesifikasyonunda iki esas düşünce bulunmaktadır: bunlar donanım (hardware) ve yazılım (software)'dir. Sistemin donanımı; bilgisayarı oluşturan elektronik, elektrik ve mekanik cihazların bütünü ve belirli bir sistemin bağlandığı çevresel cihazlardır. Yazılım ise; sistemin görevlerini gerçekleştirebilmesi için gerekli kayıtlı programlardır. Yazılım sabit değildir ve belirli sınırlamalar içinde (bunlardan bazıları programların yazıldığı belirli bir dil vasıtasıyla ve diğerlerinde bilgisayarın donanımı ile uygulanır) bilgisayarın gerçekleştirebileceği görevleri değiştirmek mümkündür. Operatöre bu görevleri değiştirebilme kabiliyetini veren sayısal bilgisayarın kayıtlı program yönüdür. Bu kabiliyet, bu tip bir sisteme esneklik ve güç verir. Sayısal bilgisayarın donanım yönleri Bölüm 4.10.4; ve yazılım ise Bölüm 4.10.3'de anlatılmaktadır. Bölüm 4.10.4; içinde bilgisayar olan, bir mikrobilgisayar esaslı bir kontrol ve veri kaydedici alt sisteminde ve bir mini bilgisayarın ana makine olarak görev yaptığı bir ölçüm ve kontrol işlemcisinde kullanım için uygun olan bir tek yonga mikro bilgisayar sistemi örneklerini vermektedir.

4.10.1 Donanım

Geniş bir aralıkta olmak üzere sayısal bilgisayar sistemleri mevcut olmasına rağmen, sistemlerin çoğu bütün yapısı Şekil 4.48(b)'de gösterilen bilgisayar sistemlerinde mimarisi Şekil 4.48(a)'da gösterilen merkezi işleme ünitelerini (CPU'lar) kullanırlar.



(a)

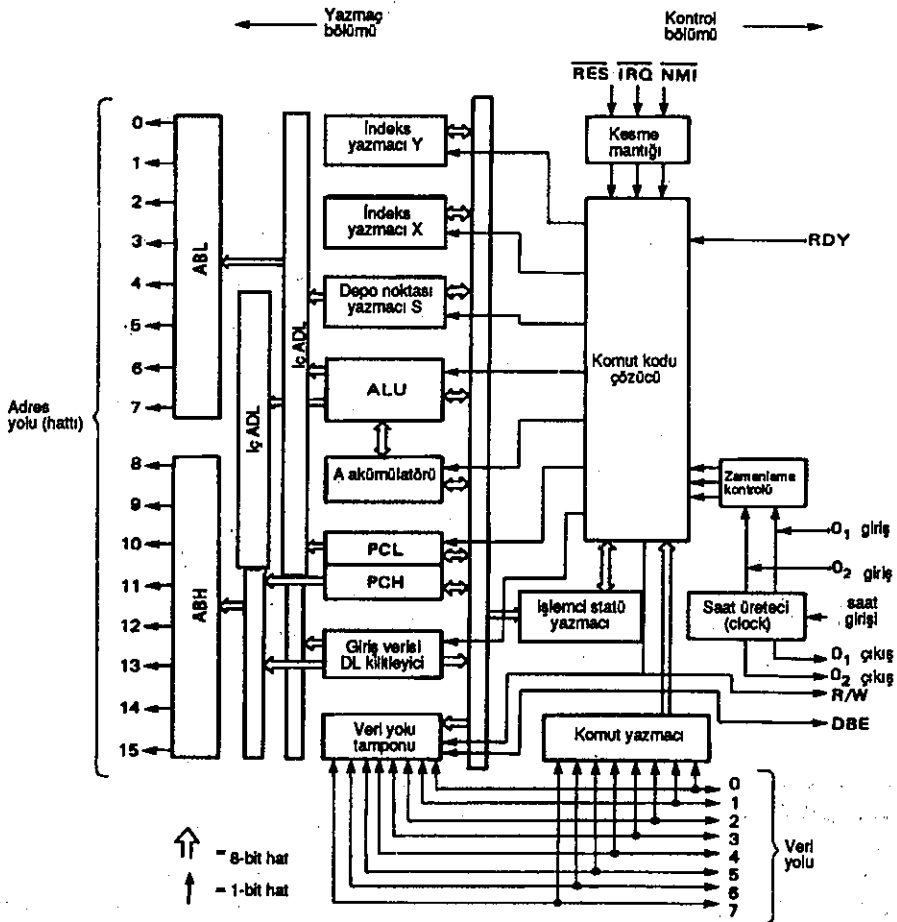


(b)

Şekil 4.48 (a) Merkezi işleme ünitesi; (b) Bütün bilgisayar sisteminin şematik diyagramı.

Sayısal bilgisayar sistemi; bir CPU, hafıza ve çevresel aygıtlara giriş/çıkış'tan oluşmaktadır. CPU üç üniteden meydana gelmekte olup bunlar; aritmetik/mantık birimi (ALU), kontrol ünitesi ve dahili yazmaç'tır. ALU; toplama, çıkarma ve muhtemelen çarpma ve bölme gibi aritmetik işlemleri ve bellekten alınan veriler üzerinde mantıksal işlemleri gerçekleştirir. Kontrol ünitesi; bellekte saklanmış olan getirme, kod çözme ve yürütme komutları ve ayrıca giriş-çıkış için gerekli olan zamanlama ve sinyalleri üretir. Aslında bu ünite tüm sistemin doğru bir şekilde çalışması için dahili ve harici kontrol sin-

yallerini sağlar. Rockwell 6502 (iç mimarisi Şekil 4.49'da gösterilmektedir) gibi bir mikro işlemcide, aritmetik/mantık ünitesi ve kontrol ünitesi bir tek geniş ölçekli entegre (LSI) devreden meydana gelmiştir. (6502 Apple, BBC Acorn ve Commodore PET mikrobilgisayarlarında kullanılır) Genellikle mikro bilgisayarlar CPU'ları için metal oksit yarı iletken (MOS) teknolojisini kullanırlar. Diğer yandan mini bilgisayarlar ve ana bilgisayarlar; TTL, entegre enjeksiyon mantık (I²L) veya emütör kuplalanmış mantık (ECL) gibi daha hızlı iki kutuplu teknolojileri kullanarak üretilen CPU'lara sahiptirler.



Şekil 4.49 6502 mikro işlemcinin iç mimarisi.

4.10.1.1 Bellek

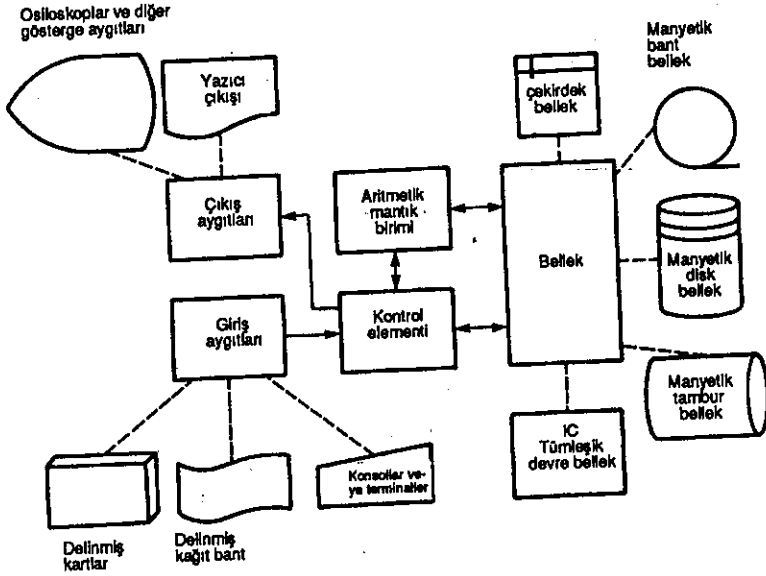
Bellek veya saklama ortamı bir seri saklama yerlerinden (storage locations) meydana gelmekte olup, bu yerler bilgisayarın yürüttüğü programı ve üzerinde çalışan verileri, ayrıca tüm bu işlemlerin sonuçlarını içermektedir. Her bir saklama yeri bir tek adrese atanarak tanımlanır. Bu adreslerin herbirindeki komutlar ve veriler bir ikili sayının bitleri olarak saklanırlar. Bilgisayarın sözcük uzunluğu bilgisayarın işleyebileceği ikili bitlerin en büyük mümkün toplamıdır ve bir mikro bilgisayarda bu tipik olarak 8 veya 16 bit'tir. Daha büyük makinelerde, sözcük uzunluğu 16, 24, 32 veya hatta 64 bit olabilir. Büyük makinelerdeki kelimeler sıklıkla 'baytlar' olarak adlandırılan küçük ünitelere bölünür. Tipik olarak bir bayt 8 bit'ten oluşacaktır.

Farklı bellek sistemlerini birbirinden ayırmaya yarayan bir takım özellikler mevcuttur. Bellek ile birlikte düşünülen karakteristik süre belleğin erişim süresi olup, saklama ortamı içindeki belirli bir yere yazma veya bu yerden okuma işlemini gerçekleştirmek için gerekli süredir. Erişim süresi iki bileşene sahiptir. Bunlar; saklama ortamı içindeki istenen kelimeyi adreslemek ve yerleştirmek için gerekli süre ve saklama elemanı için anahtarlama veya çalışma süresidir. Rastgele erişimli bellek (RAM); kelimelerin sadece bir çevrimsel esas üzerinde mevcut olduğu ve ayrıca erişim süresinin çevrim süresinin yarısı olduğu bir çevrimsel belleğin aksine, tüm kelimelerin eşit olarak erişilebilir olduğu bir bellektir. Bir bilgisayar sisteminin ana belleği genellikle yarı iletken LSI dizileri şeklindeki RAM'dan meydana gelmektedir.

Bellek; uçucu, uçmaz veya sürekli olabilir. Belleğin uçucu olması durumunda, içeriği bir güç arızasında kaybedilecektir. Eğer belleğin okunması içeriğini tahrip ederse, bu durumda bellek 'bozucu', aksi durumda da 'bozucu olmayan' olarak adlandırılır. Statik bellekler herhangi bir güç arızası meydana gelmediği sürece sahip oldukları bilgiyi korurlar. Diğer yandan dinamik belleklerin mevcut bilgilerini korumaları için sürekli olarak tazelenmesi gereklidir. Eğer bellekten sadece okuma mümkün olup, içine yazma işlemi mümkün olmuyorsa, bu tip bir bellek yalnız okunur bellek (ROM) olarak adlandırılır. Bu bellek sıklıkla kalıcı program saklama için kullanılır. EPROM, elektriksel olarak programlanabilir ROM, elektriksel olarak programlanabilen, ancak normal çalışma koşulları altında ROM gibi davranan bir bellektir. Veriler ultraviyole ışık uygulanarak silinebilir. EAPROM, PROM'un bir alternatif formu olup, EA 'elektriksel olarak değiştirilebilir' anlamındadır. EPROM ve EAPROM; programın ROM'ye işlenmeden önce değiştirilmesinin gerekli olabileceği geliştirme durumlarında program saklama için kullanılır. Tablo 4.6 bilgisayar sistemlerinde kullanılan farklı saklama ortamlarının karakteristiklerini karşılaştırılmaktadır.

4.10.1.2 Çevresel Aygıtlar

Şekil 4.50'de gösterilen komple bir bilgisayar sistemi bir dizi çevresel aygıtlarla birlikte bir CPU'dan meydana gelmektedir (Wilkinson ve Horrocks, 1980).



Şekil 4.50 Bilgisayar sistemi ve çevresel aygıtları.

Giriş aygıtları Bir bilgisayar giriş terminalinin en yaygın formu VDU'dur. VDU, alfa sayısal veya grafik gösterim sağlayabilen bir katot ışını tüpü (CRT) ile birlikte bir alfa sayısal klavyeden oluşmaktadır. Klavyeden elde edilen alfa sayısal giriş genellikle bir 7-bitlik ASCII koduna çevrilir ve VDU ile bilgisayar arasındaki iki yönlü veri iletişimi 75-9600 bit/s arasındaki bir bit hızında iki asenkron seri hatlar vasıtasıyla yapılır. VDU karakterlerin iletişim için kolaylıkları, karakter veya satırları araya sokmak veya silmek için düzenleme kolaylıkları ile birlikte satırlar veya sayfalar temin eder. Birçok VDU şimdi, bir kaset veya flopi disk şeklinde bir lokal yedek bellek ve bir mikro işlemci gibi akıllı terminallere sahiptir. Bu aygıtlar bazı görevleri yerine getirmek için programlanabilirler, ayrıca bir BASIC yorumlayıcı, dosyaları yaratmak, silmek ve düzenlemek için yardımcı programlar ve iletişim paketleri gibi kolaylıklar sağlayabilirler.

Teletype'lar bir klavye ve bir yazıcıya sahip olup, bu nedenle basılı kopya sağlayabilirler. Fakat bu yolla sadece alfasayısal çıktılar elde edilebilir. Ayrıca bu aygıtlar bir kağıt şerit deliği ve okuyucuya sahiptir. Kağıt şerit girişi ge-

nellikle 7-bit ASCII kodlama ile birlikte bir 8-delikli şerit ile olup, sekizinci bit bir eşlik denetimi olarak kullanılır. Şeritin okunması 500 karakter/s (c/s)'ı kadar olabilen hızlarda fotoelektrik algılama vasıtasıyla gerçekleştirilir. Şeride delik açan cihaz genel olarak 300 c/s hızda çalışabilir.

Daha büyük olan anabilgisayarlar (mainframe) keza kart okuyucuları/delgiler kullanmak suretiyle giriş sağlarlar. Bu cihazlar için veriler genellikle her karakter bir 12-bitlik Hollerith kodu kullanacak şekilde 80 karakter/kart olarak formatlanır. Bu kartlar optik teknikler kullanılarak okunur. Kart okuyucuları 100-2000 kart/dk arasındaki hızlarda okuma ve 100-300 kart/dk arasında hızlarda da delme işlemlerini gerçekleştirebilirler. Bilgisayar sistemlerine veri girişlerinin yeni şekilleri ışık kalemleri, grafik tabletleri ve ses girişi gibi teknikleri kullanmaktadır.

Çıkış aygıtları VDU'lar veya tele şeritler veya ışık yayan diyotlar (LED'ler), sıvı kristalli göstergeler (LCD'ler) ve plazma göstergeleri kullanan görsel gösterim teknikleri vasıtasıyla sağlanan çıkışlara ilave olarak, bilgisayar sistemleri seri ve satır yazıcıları ve sayısal çizicileri de kullanırlar. Alfa sayısal çıkış için seri yazıcılar bir papatya çarkı yazıcı veya bir nokta matris yazıcı gibi baskı kafalarını kullanırlar. Ayrıca bu tür yazıcılar grafik halinde basılı kopya elde etmek için programlanabilirler. Tipik olarak bu yazıcılar, 80 karakter/satır olmak üzere 200 c/s'e kadar hızlarda yazım sağlayabilirler.

Satır yazıcılar, büyük miktarda basılı malzemenin çıkış için gerekli olduğu uygulamalarda kullanılırlar. Bu yazıcılar; vuruşlu tambur veya nokta yazım, elektriğe karşı hassas kağıt, elektrostatik veya elektrofotografik yazım veya lazer yazım gibi teknikleri kullanmakta olup, 2000 satır/dk'ya kadar hızlarda yazım gerçekleştirebilirler.

Sayısal çiziciler ise, bilgisayardan elde edilen grafik veya alfa sayısal formdaki verilerin basılı kopyasını sağlamak için kullanılırlar. Bu tür çiziciler; düz-yataklık çiziciler veya tambur çiziciler olmak üzere iki çeşit olup, 0,05 mm kadar küçük bir adım büyüklüğüne sahiptirler. Ayrıca 10 000 adım/s'e kadar hızlarda çizim sağlayabilirler. Gösterim ve kayıt cihazları Bölüm 6'da verilmektedir.

Analog ve sayısal arabirimler Ölçüm ve kontrol uygulamalarında, giriş ve çıkış çevresel cihazları keza analog ve sayısal arabirim ünitelerini de içermektedir. Analog giriş arabirim tipik olarak sinyal uyumlaması ve bir tek ADC'ye çoğullanmış örnekle ve tut yükselteçleri ile birlikte birkaç analog kanal temin eder. Analog çıkış arabirimi ise; çıkışı bir seri örnekle ve tut yükseltecine bağlanmış bir tek DAC veya bir dizi DAC olabilir. Bir sayısal arabirime olan giriş TTL seviyelerinde veya yüksek gerilimlerde olabilir. Sayısal çıkış; TTL devreyi, lambaları, röleleri sürmek için veya a.c. gücünün anahtarlanmasını sağlamak amacıyla gerekli olabilir. Sıklıkla analog ve sayısal arabirimler, bilgisayar ile dış dünya arasında ayırma yükselteçleri veya optik kuplajlar kullanmak suretiyle elektriksel yalıtım sağlarlar.

Kütle veri saklama Çevresel yedekleme bellek, düşük hızda kütle saklama temin eder. Geleneksel olarak, bu manyetik şerit veya disk sistemleri ile sağlanmıştır. Diğer taraftan, manyetik kabarcıklı bellek ve optik bellekler gibi kütle saklama işleminin yeni formları ortaya çıkmaya başlamıştır. Manyetik yüzey saklama kullanan sayısal bilgi saklama yöntemlerinden Lewin, 1980'de bahsedilmektedir.

Manyetik teyp saklama sistemleri, ana bilgisayarlarda kullanılan büyük teyp sistemlerinden ses kaset sistemlerine kadar olan bir aralıkta bulunurlar. Anabilgisayarlarda kullanılan şerit sistemleri 1250 kбайt/s transfer hızları ve 12500 bit/inç (bpi)'i kadar kayıt yoğunlukları ile birlikte 350 Mбайt'a kadar bellek sağlayabilirler. Başlıca mikro işlemci sistemleri ile kullanılan standart ses kaset kayıt cihazları ise, bir 90 dakikalık kaset üzerine 800 bpi'lik tipik bir kayıt yoğunluğu ve 150 байt/s'lik transfer hızlarında, 1 Mбайt'a kadar bellek saklama temin edilebilirler. Manyetik şerit saklama sistemlerine erişim seri olup, hem büyük şerit sistemlerinde, hem de kaset sistemlerinde ortalama erişim süreleri dakika mertebesindedir.

'Sert' ve 'yumuşak' diskler olarak bilinen iki çeşit manyetik disk mevcuttur. Sert diskler alüminyumdan yapılmış ve üzerleri demir oksit ile kaplanmıştır. Küçük ve orta büyüklükteki bilgisayar sistemlerinde yaygın olan Winchester disk sürücüler, bir yüksek saklama yoğunluğu ve veri-okuma hızına sahip bir sert disk şeklindedir. Bir 8 inç'lik Winchester sürücünün kapasitesi 10-50 Mбайt arasındadır. Bu tip sistemler tipik olarak 500 iz/inç (tipi) ve 800 kбайt/s'lik veri transfer hızı ile birlikte 6000 bpi'lik bir yoğunluğa sahiptir. Bu tür bir sistem için ortalama erişim süresi 40-50 ms arasındadır.

Yumuşak veya 'flopi' diskler, bir demir oksit kaplama ile birlikte Mylar'dan üretildiklerinden dolayı bu isimlerle adlandırılırlar. Flopi diskler 8 inç, 5,25 inç ve 3,5 inç boyutlarında mevcuttur. 5,25 inçlik diskler yaygın bir şekilde mikrobilgisayar sistemleri ile kullanılıp minidisk olarak adlandırılırlar. Bu boyuttaki diskler 250 байt/s'e kadar veri transfer hızları ile birlikte 800 kбайt'lık veri saklama temin edebilirler. Bu flopi disk sistemindeki ortalama erişim süresi 100-400 ms arasındadır.

4.10.2. Yazılım

4.10.2.1. Makine Kodu

Veriler ve komutlar CPU'nun belleği içine ikili sayılar halinde saklanırlar. CPU'nun kontrol ünitesi içinde bir kod çözme ünitesi mevcuttur. Bu ünite kelimeleri bellekten sıra ile alır ve veri veya komut olup olmadıklarına göre bu kelimeleri çözer. Eğer kelimeler komut ise, bu durumda kod çözme ünitesi o işlemin yürütülebilmesi için sistemin diğer kısmına gerekli kontrol sinyallerini sağlar. Belleğin bu seviyesinde, komutlar CPU tarafından yürütülebilecek bir şekilde saklanırlar. Dilin bu en temel seviyesi 'makine ko-

du' olarak adlandırılır. Makine kodunda program yazarken, makine kodu komutlarının ikili veya onaltılık biçimde olduğunu hatırlama, atlama veya döngü komutlarının gideceği adresleri hatırlama ve programı değiştirirken bu komutların izlerini tutma konusunda zorluklar mevcut olabilir. Bu yüzden anımsatıcı çeviriciler tasarlanmış olup, bu çeviriciler de her makine kodu komutu ADD, SUB ve INX gibi bir kısaltmaya sahiptir. Ayrıca saklama ortamı yerleri etiketler ile tanımlanır. Tablo 4.7 6502 mikro işlemci sistemi için makine kodu komutlarını ve kısaltma komutlarını listelemektedir. Bu tip çeviriciler makine kodunda programlama problemlerini azaltırlar. Bunun nedeni ise; çeviricinin atlama, döngü ve dallanma komutlarının gönderileceği adreslerdeki gerekli değişiklikler ile otomatik olarak ilgilenmesidir. Bununla birlikte, çevirici dili komutları ile makine kodu komutları arasında hâlâ karşılıklı bir eşleme mevcuttur ve bu nedenle bu tip bir dil düşük seviyeli dil (LLL) olarak adlandırılır.

Tablo 4.6 Bellek sistemlerinin karakteristikleri

Saklama cihazı	Erinim süresi ve tipi	Kapasite	Kayıt yoğunluğu	Veri hızı	Fiziksel Karakteristikler	Ana uygulama
Manyetik tambur	8,5 - 17 ms çevrimsel erinim	200 k - 200 Mbit	1600 BPI	2 - 8 Mbit/s	Kalıcı saklama	Yedekleme saklama
Manyetik disk	25 - 70 ms çevrimsel erinim	800 k - 500 Mbit	1000 - 6000 BPI	800 k - 8 Mbit/s	Kalıcı saklama; çift disk sabit veya hareketli kafalar	Yedekleme ve dosya saklama
Flopi disk	100 - 400 ms çevrimsel erinim	2 - 5 Mbit	3000 BPI	250 kbit/s	Kalıcı saklama emek disk	Diğer saklamadan uzuz çekili; tapabilir; paketler
Manyetik teyp	Birkaç dakika seri erinim	30 - 800 Mbit	1600 - 6250 BPI	10 ⁷ bit/s	Kalıcı saklama	Kütle saklama; çevrim için (on-line) ve arşivlik
Kaset teyp	50 - 500 s seri erinim	1 - 5 Mbit	800 BPI	8 - 20 kbit/s	Kalıcı saklama	Uzuz yitilecek kapasiteli saklama; tapabilir; paketler
Manyetik kartuş	10 - 50 s seri erinim	20 - 22 Mbit	1600 BPI	18 - 160 kbit/s	Kalıcı saklama	Uzuz yitilecek kapasiteli saklama; tapabilir; paketler
Manyetik çekirdek	250 - 750 ns (çevrim süreleri 650 ns - 1 µs) rasgele erinim	4k - 1 Mbayt	—	—	Korunmuş; silinemez; silinemez; silinemez	Ana saklama ve yedekleme saklama uzatma
Yarı iletken	45 - 60 ns (çevrim süreleri 650 ns - 1 µs rasgele erinim)	256 - 1 kbit	—	—	Uçucu	Yazmaçlar, silinmezler, tamponlar, push-down saklama ortamları; Cep saklama ortamları
İki kutuplu RAM	50 - 100 ns (çevrim süreleri rasgele erinim)	1 - 4 kbayt	—	—	Uçucu	Cep saklama ortamları; Tampon saklama ortamları
CMOS RAM	500-600 ns rasgele erinim	1 - 4 kbayt	—	—	Uçucu	Cep saklama ortamları; Tampon saklama ortamları
PMOS/NMOS RAM	150 - 400 ns (çevrim süreleri rasgele erinim)	1 - 4 kbayt	—	—	Uçucu	Cep saklama ortamları; Tampon saklama ortamları
MOS/İki kutuplu ROM/PROM	55 - 500 ns seri erinim	1 - 64 kbayt	—	—	Kalıcı / uçucu	Sabit-okunur bellek. Mikro-program kontrol saklama ortamları, kontrol programları, başyuru tablosu
CCD	50 - 500 ns seri erinim	4 - 64 kbit	—	—	Uçucu	Yedekleme saklama
Manyetik kabarcıklar	Birkaç milisaniye seri erinim	16 k - 64 kbit	—	100 - 300 kbit/s	Uçucu	Yedekleme saklama
						Kütle bellek.

Tablo 4.7 6502 Mikro işlemci için makine kodu komutları ve kısaltmaları

ADC	Bellegi akümülatöre elde ile birlikte ekle.	JSR	Dönüş adresini koruyarak yeni konuma atla
AND	Bellegi akümülatöre VE ile ekle.	LDA	Akümlatörü hafıza ile yükle
ASL	Sola bir bit kaydır (Bellek veya Akümülatör)	LDX	İndeks X'i hafıza ile yükle
BCC	Elde sıfır ise dallan	LDY	İndeks Y'yi hafıza ile yükle
BCS	Elde bir ise dallan	LSR	Sağa bir bit kaydır (Bellek veya Akümülatör)
BEQ	Sonuç sıfır ise dallan	NOP	İşlem yok
BIT	Bellekte veya Akümülatörde test bitleri	ORA	Akümlatör ile VEYA bellek
BMI	Sonuç negatif ise dallan	PHA	Akümlatörü yığına ittir
BNE	Sonuç sıfırdan farklı ise dallan	PHP	İşlemci durumunu yığına ittir
BPL	Sonuç pozitif ise dallan	PLA	Akümlatörü yığından çek
BRK	Programı kes	PLP	İşlemci durumunu yığından çek
BVC	Taşma sıfırsa dallan	ROL	Sola bir bit döndür (Bellek veya Akümülatör)
BVS	Taşma bir ise dallan	ROR	Sağa bir bit döndür (Bellek veya Akümülatör)
CLC	Elde bayrağı temizle	RTI	Kesmeden geri dön
CLD	Onluk modu temizle	RTS	Altyordamdan geri dön
CLI	Kesmeyi yetkisiz kılma bitini temizle	SBC	Akümlatörden bellek ile birlikte ödünç almayı çıkar.
CLV	Taşma bayrağını temizle	SEC	Elde bayrağını set et
CMP	Bellek ve Akümülatörü karşılaştır	SED	Onluk modu set et
CPX	Bellek ve İndeks X'i karşılaştır	SEI	Kesmeyi yetkisiz kılma bayrağını set et
CPY	Bellek ve İndeks Y'i karşılaştır	STA	Akümlatörü bellekte sakla
DEC	Hafızayı bir azalt	STX	İndeks X'i bellekte sakla
DEX	İndeks X'i bir azalt	STY	İndeks Y'yi bellekte sakla
DEY	İndeks Y'yi bir azalt	TAX	Akümlatörü İndeks X'e transfer et
EOR	Akümlatör ile "Mutlak-Veya" Bellek	TAY	Akümlatörü İndeks Y'ye transfer et
INC	Hafızayı bir artır	TXS	Yığın İşaretçisini İndeks X'e transfer et
INX	İndeks X'i bir artır	TXA	İndeks X'i Akümülatöre transfer et
INY	İndeks Y'yi bir artır	TXS	İndeks X'i yığın İşaretçisine transfer et
JMP	Yeni konuma atla	TYA	İndeks Y'yi Akümülatöre transfer et.

4.10.2.2 Yüksek Seviyeli Diller

İngilizceye benzeyen ve matematiksel notasyon kullanan yüksek seviyeli diller (HLL'ler) üzerinde çalıştığı bilgisayarın dahili çalışmalarının programlayıcı yönünde herhangi bir bilgi gerektirmezler. Sadece HLL'nın sözdizimi ve anlamlarının bilinmesi gereklidir. HLL'ler program geliştirmede ekonomiklik ve rahatlık açısından kullanılırlar. Ancak bu bütünlük (compactness) ve programlamanın verimliliği pahasına gerçekleştirilir. HLL'lerin derleyicileri ve yorumlayıcıları HLL'nın her deyimi için bir dizi makine kodu komutları üretirler. Derlenmiş diller (compiled languages) ile yorumlanmış diller (interpreted languages) arasındaki fark; bir derlenmiş dilde kaynak kodu bir ikili koda derlenir ve çalışma zamanında yürütülen, bu koddur. Diğer yandan; bir yorumlanmış dilde, çalışma zamanında HLL'nın her komutu yorumlanır ve yürütülür. Sonuç olarak, yorumlanmış diller genel olarak derlenmiş dillere kıyasla yürütme işleminde daha yavaştırılar.

Mikrobilgisayar sistemlerinde; HLL'ler, bir geliştirme özel programı (bu durumda derlenmiş kod mikrobilgisayar üzerine kurulur) veya ROM içinde yerleşik veya disk üzerinde mevcut, o özel dil için kendine ait derleyiciye sahip olan bir sistem dili olarak kullanılır.

Günümüzde, gerçek zamanlı enstrümantasyon ve kontrol uygulamalarında kullanılan mikro ve mini bilgisayarlarda çalışmak için uygun olan birçok sayıda HLL mevcuttur. Bu HLL'ler Bibbero ve Stern (1982) tarafından yazılmış olan kitapta detaylı olarak karşılaştırılmaktadırlar.

BASIC (Beginners All Purpose Symbolic Instruction Code) bir çok sayıda mikro ve minibilgisayarlarda bulunabilmesine rağmen, gerçek zamanlı uygulamalar için zayıf bir dildir. Genel olarak bir yorumlanmış dil şeklinde gerçekleştirilir ve bu yüzden yavaştır. Bu dil dahilî olarak yapısal değildir ve bu nedenle koşut zamanlı iş programlama zordur. Ayrıca giriş-çıkış rutinleri kullanışsızdır.

Derlenmiş bir dil olan FORTRAN (FORMula TRANslation), BASIC'e kıyasla daha fazla gelişmiş giriş-çıkış rutinlerine sahiptir. Ancak, bu dilin geniş derleyicisi disk belleği gerektirir. Gerçek zamanlı FORTRAN (RTF) yaygın olarak kontrol ve askeri uygulamalarda kullanılmaktadır. Ayrıca bir FORTRAN programdan derlenmiş amaç programının bir mikrobilgisayar üzerinde ROM veya PROM'a yerleştirilmesine imkan veren çapraz derleyiciler mevcuttur.

CORAL, ALGOL 60 (ALGORithmic Language) esaslı olup, endüstriyel olarak online (çevrimiçi) sistemler için yaygın bir biçimde kullanılmaktadır. CORAL, programların belli bir sayıda derlenmiş segmentler olarak yazılabilmesine izin veren ortak bir haberçilik olanağı sağlar. Bu derlenmiş segmentlerden herbiri, bir kontrol rutini tarafından çağrıldığı zaman kendilerine ait belirtilmiş fonksiyonlarını yerine getirirler. Bu yüzden esnek programlama mümkün olur. Bu dilin avantaj sağladığı hususlardan birisi; sabit ve kayan noktalı değişkenlere müsaade etmesi ve diğeri ise bellekte veri saklama yönte-

midir.

'Dolaylı kodlama' olarak bilinen bir tekniği kullanan FORTH, BASIC'e kıyasla önemli oranda daha hızlıdır ve proses kontrol gibi çok görevli işlemler için uygundur. Tipik bir FORTH derleyicisi 6 k'lık bir bellek gerektirir. Çoğu diğer yüksek seviyeli dillere göre daha düşük program bellek gereksinimine sahiptir.

C-CODE büyük bir derleyici gerektirir. Diğer yandan bir verimli makine kodu programına kıyasla tipik olarak sadece %10-30 daha fazla bellek alanına ihtiyaç gösteren bir derlenmiş amaç program üreten bir dildir. Bu dil yaygın bir şekilde mikro bilgisayarlar makine kodu programları için yüksek seviyeli geliştirme dili olarak kullanılır. Uygun çapraz derleyiciler C-CODE programlarının bir belirli mikro bilgisayar sistemine hedeflenmesine imkan verir.

ALGOL'un türevidir olan PASCAL; çoğu kompleks gerçek zamanlı uygulama programları için koşut zamanlı program desteği sağlayabilen, bir blok yapısına sahip bir yapısal dildir. P-CODE, PASCAL ve makine kodu arasındaki bir ara yorumlanmış dildir. Bu nedenle PASCAL; P-CODE'una derleyerek ve bir küçük yerleşik yorumlayıcı ile yorumlayarak, veya işlemcinin makine koduna çapraz derleyerek gerçekleştirilebilir.

4.10.2.3 İşletim Sistemi

Bilgisayarın tüm işlemini kontrol eden program işletim sistemi (OS), yürütücü veya monitör olarak bilinir. Enstrümantasyon ve kontrol sistemlerinde, işletim sistemi dış dünyaya ayak uydurabilecek bir gerçek zamanlı işletim sistemi olmalıdır. Dış dünyadaki olaylar seviyeleri değiştirmek amacıyla sinyallere veya kapatmak için temaslara sebebiyet vermek suretiyle bilgisayara kesme sinyalleri üretirler. Dış dünyada meydana gelebilecek olaylar için; izlenen değişkenlerden birisinin müsaade edilen aralığının dışına taşması veya VDU veya teletype üzerinden sisteme giriş için bir gereksinimin olması örnek olarak verilebilir. Kesme sinyalinin alınmasında; mevcut komut yürütüldükten sonra, yürütülen komutların sırası dış olaya cevap verebilmek amacıyla geçici olarak durdurulur. Bu işlem genellikle bir kesme hizmet yordamı vasıtasıyla gerçekleştirilir. Hizmet yordamı yürütüldüğü zaman, kontrol kesilmiş programa geri dönecektir. Büyük sistemlerde, en yüksek önceliğe sahip zaman kritik dış olaylarla birlikte bir dizi kesme önceliği mevcut olabilir. Kesme hizmet yordamı; yükseltilmiş kesme seviyesini saptamalı ve birden fazla kesmenin varlığında en yüksek öncelik seviyesine sahip olan kesmeye tepki göstermelidir.

İşletim sistemi kesmelerin işleme de dahil olmak üzere farklı giriş/çıkış aktivitelerinin tesbit edilmesini ve ayrıca kontrolünü yapar. Bunlara ilave olarak giriş-çıkış organizasyonu, saklama tahsis etme, operatör ile iletişim, kesme kontrol, sıra kontrol ve görüntü sağlamayı içerir. İşletim sisteminin tasarımı tüm bilgisayar sisteminin etkili bir şekilde çalışması için önemlidir.

4.10.3 Sayısal Bilgisayarlar ile Gerçekleştirilebilen Tipik İşler

İçinde bilgisayar olan sistemleri kullanan cihazlarda mikrobilgisayarın mevcudiyeti, mikrobilgisayarın sistemi içindeki programlara erişemeyecek ve bu nedenle bu programları değiştiremeyecek olan kullanıcıya aşık olabilir. Bu tip sistemlerde, program genellikle makine kodunda yazılır ve ROM veya PROM içine saklanır.

İçinde bilgisayar olan bir sistemin gerçekleştirebileceği işler genellikle bireysel uygulamaya bağlıdır. Fakat aşağıda sayılanları da içerebilir:

1. Bütün sistemin mantık veya sıra kontrolü için ayrı sayısal devrenin değiştirilmesi.
2. Ölçkleme, doğrusallaştırma ve filtreleme gibi özel hesaplama olanaklarının sağlanması.
3. Otomatik sıfırlama, otomatik sıralama ve kendiliğinden kalibrasyon olanaklarının sağlanması ile geliştirilmiş sistem performansı.
4. Bütün sistemin ve kendilerinin çalışmasının otomatik olarak tespiti.
5. Klavyeler, ekranlar ve yazıcılarda dahil olmak üzere kullanıcı arabiriminin kontrolü.
6. Diğer sistemler ve bilgisayarlarla iletişim.

Enstrümantasyon ve kontrol için kullanılacak olan genel amaçlı bilgisayar sistemleri mikro veya mini bilgisayarlara dayanmaktadır ve bir HLL'de programlanırlar. Bu yüzden kullanıcı sistemin yerine getirdiği işleri değiştirebilir.

Bu tip sistemler tarafından gerçekleştirilebilen işler oldukça fazladır (Sanderson, 1976; Paker, 1980). Bu işlerden bazıları aşağıda verilmektedir:

1. Cihazlardan veya proseslerden alarm sinyallerinin sağlanması ile birlikte bilgi toplama ve analog ve sayısal sinyalleri kaydetme.
2. Kayıt veya gösterim için veri azaltma.
3. Kaydedilmiş veriler üzerinde kullanıcı kontrolü altında istatistiksel analiz, sayısal analiz, spektral analiz veya ilişki ölçümleri sağlamak için hesaplama olanakları.
4. Başlatma ve acil kapama işlemleri için yığın ve sürekli proseslerin sıra kontrolü.
5. Analog üç-durumlu kontrol cihazlarının bilgisayardaki yazılım tarafından sağlanan ayrı üç-durumlu kontrol cihazları ile yenilendiği doğrudan sayısal kontrol (DDC).

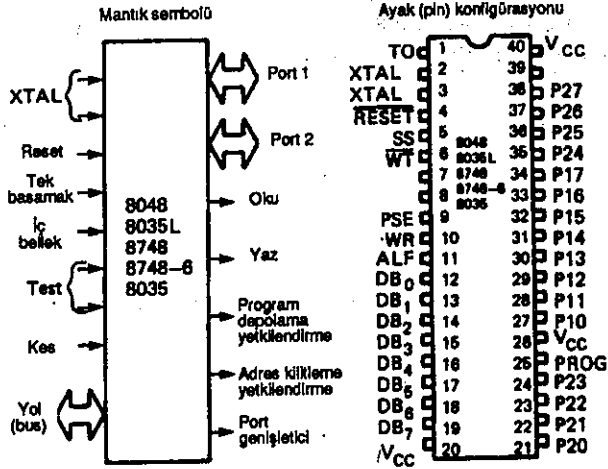
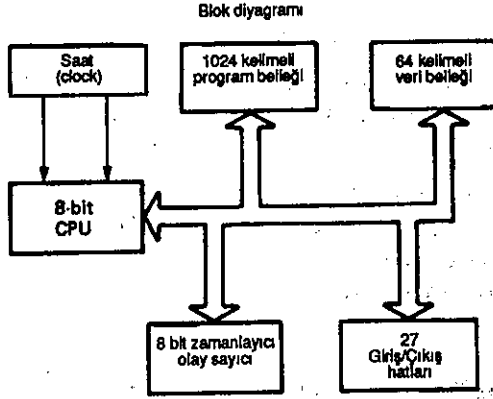
6. Geleneksel analog kontrol cihazlarının ayar noktalarının bilgisayar sistemi tarafından izlenip ayarlandığı denetleyici kontrol.
7. Sistem işletim parametrelerinin optimizasyonu.
8. Sistem ile bir denetleyici ana bilgisayar veya bir dağıtık bilgisayar sistemindeki sistemler arası iletişimler arasında olabilen veri iletişiminin kontrolü.

Sinyal analizinin teorik esası için Papoulis (1977)'e başvurulmalıdır. Owens (1983) sayısal işleme tekniklerinin uygulamaları üzerinde büyük bir bibliyografya sağlamaktadır. Sayısal kontrol sistemleri ise Kuo (1980) tarafından yazılmış olan kitapta anlatılmaktadır.

4.10.4 İçinde Bilgisayar Bulunan Bir Sistemde Kullanım İçin Bir Tek Yongalı Mikrobilgisayar

Bir bilgisayar sistemi, program ve veri saklama ve giriş-çıkış için hafıza, bir kontrol ünitesi ve bir ALU'dan oluşmaktadır.

Tek yongalı LSI devrelerini kullanan bu tip bir dizi sistem mevcuttur. Şekil 4.51 Intel 8048 tek yongalı mikro bilgisayarın blok diyagramını, mantık sembollerini ve bacak konfigürasyonunu göstermektedir. Ayrıca Tablo 4.8 bir 40-bacaklı çift in-line entegre devre (Intel, 1980) olarak paketlenen bu cihazın anahtar tasarım parametrelerini vermektedir.



Şekil 4.51 8048 tek yongalı mikrobilgisayarın blok diyagramı, mantık sembolü ve ayak konfigürasyonu.

Tablo 4.8 8085 tek yongalı mikrobilgisayarın spesifikasyonları

8-bit CPU, ROM, RAM, I/O tek paket çinde.
Değiştirilebilir ROM ve EPROM versiyonları
Tek 5V kaynak
2,5 μ s ve 5,0 μ s çevrim versiyonları:
tüm komutlar 1 veya 2 çevrimli
90 üzerindeki komutlar: %70 tek baytlık
1k x 8 ROM/EPROM
64 x 8 RAM
27 I/O Hattı
Aralık zamanlayıcı/olay sayacı
Kolaylıkla genişletilebilir bellek ve I/O
8080/8085 seri çevreseller ile uyumlu
Tek seviyeli kesme

8048 bir N kanal MOS prosesi kullanılarak üretilir ve 1K x 8 bit ROM bellek, 64 x 8 bit RAM bellek, 27 giriş-çıkış satırları ve bir 8 bit zamanlayıcı/sayaç içerir. 8048, fabrikada programlanmış maske ROM kullanan yüksek hacimli üretimde kullanım içindir. Bu tip sistemlerin geliştirilmesi, ROM yerine EPROM kullanan 8748'i veya harici ROM veya RAM ile birlikte kullanılabilen 8035'i kullanmak suretiyle gerçekleştirilir. 8748 ve 8035, 8048 ile karşılıklı olarak bacakları uyumludur. Mikro işlemcilerin bu ailesi bir kontrol cihazı veya bir aritmetik işlemci olarak verimli işlem için tasarlanmıştır. Analog sinyaller, 8048'in giriş kapılarından birine bağdaştırılan bir ADC kullanılarak işlenebilir. Alternatif olarak, 8022 gibi tek yongalı mikro bilgisayarlar bir yerleşik (onboard) 8 bitlik ADC sağlarlar.

4.10.4.1. Bir Mikro İşlemci Esaslı Ölçüm ve Kontrol Alt sistemleri

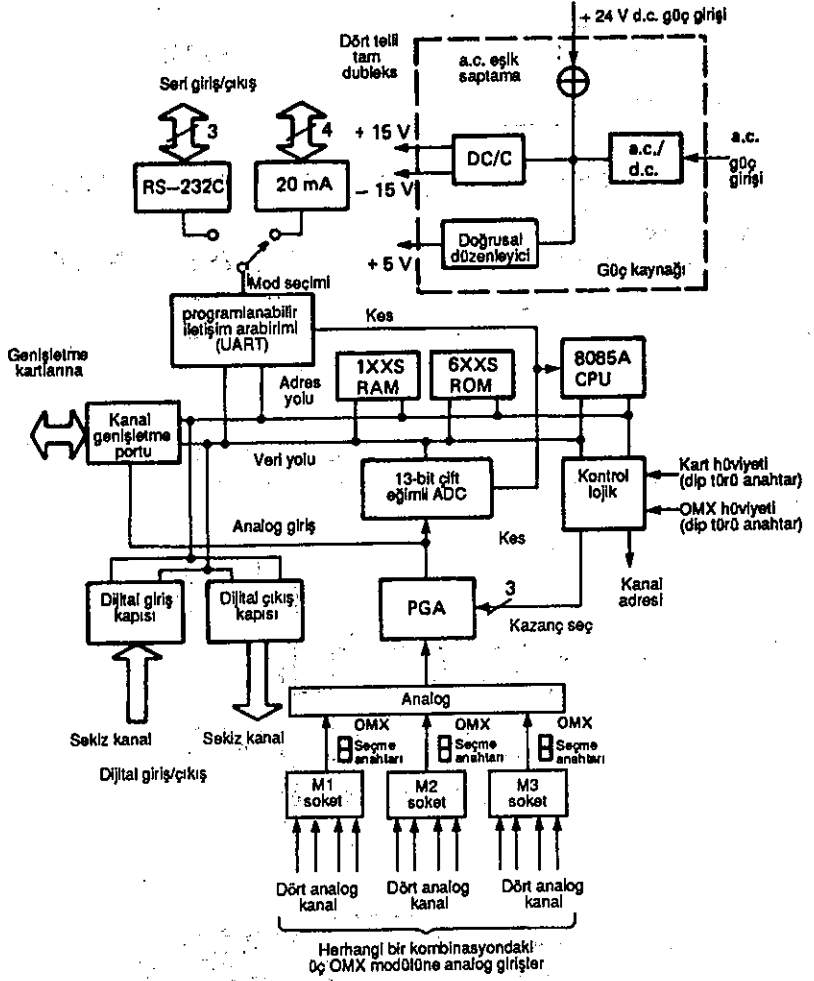
Analog cihazlar (Analog Cihazlar, 1984) tarafından üretilen μ MAC-4000, bir Intel 8085 mikro bilgisayar esaslı bir modüler ölçüm ve kontrol sistemidir. μ MAC-4000, bir RS-232-C veya 20 mA seri iletişim portuna sahip herhangi bir ana bilgisayar ile birlikte çalıştırılabilmesi için tasarlanır.

Bu modüler sistemin temel yapı bloğu Şekil 4.52 de gösterilen μ MAC-4000 ana kartıdır. Bu ana kart; ± 1000 V'luk bir ortak mod gerilim kabiliyeti ve 160 dB'lik bir ortak mod reddetme oranına sahip dört, sekiz veya oniki tane analog giriş kanalı sağlar. Analog-sayısal çevirimi bir 13 bitlik ADC vasıtasıyla gerçekleştirilir. Tablo 4.9 'da verilen analog giriş değişkenlerine olanak sağlayan bir dizi standart sinyal işleme modülleri mevcuttur. Sayısal girişin sekiz kanalı ± 300 V'a kadar yalıtım sağlar ve doğrudan TTL sin-

yalleri veya kontak kapanmaları ile uyumludur. Sayısal çıkışın sekiz kanalı ise TTL seviyeleri ile uyumludur.

Bir topak (cluster), bir μ MAC-4000 ana kart ve maksimum altı tane olmak üzere genişletici kartlardan oluşacak şekilde inşa edilebilir. Genişleme kartları; μ MAC-4000'nin sahip olduğu aynı analog ve sayısal kabiliyete sahip ve onun bağımlı birimi olan μ MAC-4010, gerilim veya akım çıkışı ile birlikte bir sekiz kanallı, 12 bit DAC kabiliyeti temin eden μ MAC-4030, 2500V a.c. optik yalıtım ile yüksek seviyeli a.c. veya d.c. sinyallere bağdaştırmak için uygun bir 16 kanal sayısal giriş-çıkış altsistemi olan μ MAC-4020 ve 32 tane sayısal giriş kanalı ve 32 tane sayısal çıkış kanalı sağlayan μ MAC-4040 olabilir. Bir topak; maksimum 48 tane analog giriş kanalı, 32 tane analog çıkış kanalı, 136 tane sayısal giriş kanalı ve 136 tane sayısal çıkış kanalı temin edebilir. Sistemi; şekil 4.53' de gösterildiği gibi maksimum sekiz topak olmak üzere birden çok bağlantıya izin veren bir bağlantıya sahip olmak suretiyle genişletmek mümkündür. Bu konfigürasyonda; sistem maksimum 384 tane analog giriş, 256 tane analog çıkış, 1088 sayısal giriş ve 1088 sayısal çıkışa sahip olabilir.

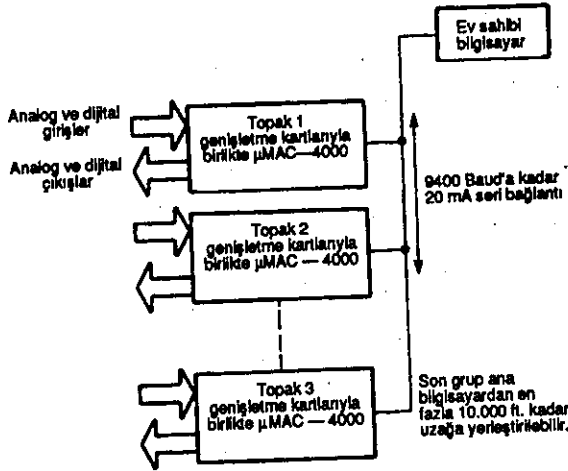
μ MAC-4000 giriş verisini ölçekler, doğrusallaştırır ve mühendislik birimlerine çevirir. Ayrıca analog girişleri saniyede onbeş veya otuz kere tarrar ve sonuçları RAM içine saklar. Altsistem ile ana bilgisayar arasındaki iletişim, 10000 ft'e kadar mesafelerde 110-9600 Baud arasındaki iletişim hızlarına imkan tanıyan bir tam dubleks UART vasıtasıyladır. Güçlü bir komut seti μ MAC-4000'in bellenimi (firmware) içinde mevcut olup alt sistem ile ana bilgisayar arasında basit iletişime izin verir. Tablo 4.10 sistemle kullanılabilen T ve C protokolleri ile birlikte bu komutların örneklerini vermektedir.



Şekil 4.52: µMAC-4000 sisteminin ana kartı.

Tablo 4.9 μ MAC-4000 sistemi için giriş değişkenleri

Giriş	Ayrırma gücü	Doğruluk
Termokupllar J,K,T,S tipi	0,1 K	$\pm 1,3$ K
RTD'ler 100 Ω platin	0,05 K	$\pm 0,3$ K
Katı hal sıcaklık algılayıcıları AD590 veya AC2626	0,1 K	$\pm 0,2$ K
Deformasyon göstergeli dönüştürücüler		
± 30 mV, ± 100 mV aralıklar	Aralığın %0,025'i	Aralığın \pm %0,01'i
Düşük seviyeli d.c. gerilimleri ± 25 mV, ± 50 mV, ± 100 mV	6 μ V	FS'nın \pm %0,005'i
Yüksek seviye d.c. gerilimleri ± 1 V, ± 5 V, ± 10 V	250 μ V	FS'nın \pm %0,1'i
D.C. Akımları 0'dan ± 1 mA'e, 0'dan ± 20 mA'e, 4-20 mA	Aralığın %0,031'i	Aralığın \pm %0,025'i



Şekil 4.53 μ MAC-4000 sisteminin toprak konfigürasyonu.

Tablo 4.10 μ MAC-4000 komutları ve protokolleri

KOMUT SETİ

Komut	Fonksiyon
CHANNEL n	Kanala n veri iletim
SCANn, m	Kanal m içinden n veri iletim
SET p.b.	Port b'nin sayısal çıkışını ayarla
LIMITn, LL, HL	Kanal n'nin 'HI' ve 'LOW' limitlerini ayarla
SCACn, v	Kanal n'yi analog değer v'ye ayarla

Protokoller

İki seri protokol μ MAC-4000 ile kullanılabilir. 'T' protokolü benzeşim, hata ayıklama, sistem kalibrasyonu ve elle kontrolün gerekli olduğu CRT ve TTY terminalleri ile birlikte kullanım için tasarlanmıştır. 'İngilizce' komutlar bu protokol ile kullanılır. 'C' protokolü, geniş bir aralıktaki ana sistemlere iletişim verimliliği, güvenilirlik ve uyarlanabilirliğinin gerektiği bilgisayarlar ve kontrol cihazları ile birlikte kullanım için tasarlanmıştır.

'T' Protokol Komutu

SCAN 0,2

Bu komut μ MAC'tan en son veriyi kanal 2'den kanal 0'a iletimini ister.

'T' Protokol Cevabı

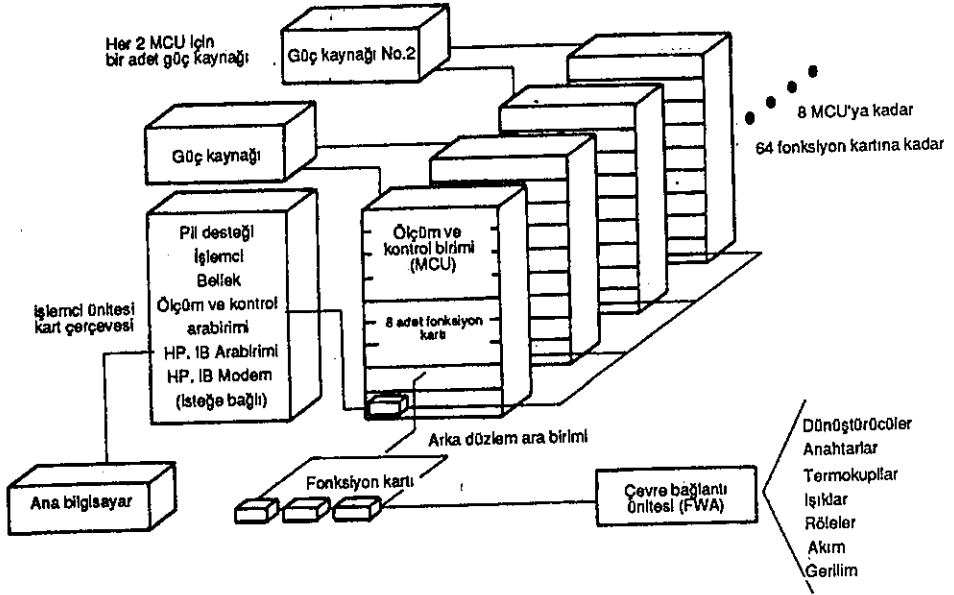
CH0 = +0025,4 CH1 = +0653,5 CH2 = +0085,2

Eğer termokupullar bu kanallara bağlanırsa, veriler °C ve °F cinsinden olacaktır.

4.10.4.2 Bir Minibilgisayar İçindeki Ölçüm ve Kontrol İşlemcisi

Daha kuvvetli bir bilgi toplama ve kontrol sistemi komponentleri Şekil 4.54'te gösterilen HP 2250 (Hewlett Packard, 1983) gibi bir sistem ile sağlanır. HP 2250 ısmarlama işletim sistemi ile birlikte zekasını yerleşik HP 1000 bilgisayardan almaktadır. Sistem iki bölümden oluşmakta olup bunlar; işlemci ünite ve ölçüm ve kontrol ünitesi (MCU)'dur. İşlemci ünite 5 tane karttan meydana gelmekte olup bu kartlar; pil yedekleme, ROM/RAM, CPU, Ölçüm ve Kontrol Arabirimi (MCI) ve HP-IB Arabirimidir. Pil Yedekleme kartı, bir güç arızası durumunda maksimum 30 dakikaya kadar belleği besler. Bellek kartı; bellek içindeki HP 2250 için işletim sistemine HP 2250 programlarını tutmak için Okuma/yazma belleğini içerir. Sistem 28 kbaytlık kullanıcı belleğine sahiptir. CPU kartı bir HP 1000 L seri bilgisayar kullanır. Ölçüm ve Kontrol Arabirimi (MCI) MCU'nun kontrolünü

sağlar. MCI, CPU bellekten denetim sözcüklerini alır ve sinyallerin MCU'ya çıkışını sağlar. Veriler MCU'ya yazılır veya MCI kartı vasıtasıyla MCU'dan geriye getirilir.



Şekil 4.54 HP 2250 ölçüm ve kontrol işlemcisinin komponentleri.

İşlemci ünitesindeki beşinci kart HP-IB arabirim kartıdır. Bu kart HP 2250 ile ana bilgisayar arasında iletişim hattı temin etmekte olup, ana bilgisayar tipik olarak HP 1000 veya HP 200 serisi bilgisayarlardan birisidir. Kart HP 2250 ile ana bilgisayar arasında 20 m'ye kadar olabilen mesafelerde iletişime izin verir. Aradaki uzaklık HP-IB genişleticiler ve fiber-optik kablolar kullanmak suretiyle 1000 m'ye kadar artırılabilir.

MCU, sekiz adet fonksiyon kartının içine yerleştirilebildiği bir kafestir. Her HP 2250 sistemi sekiz taneye kadar MCU'ya sahip olabilir. Tablo 4.11 sistem için temin edilen analog ve sayısal fonksiyon kartlarını göstermektedir. Her fonksiyon kartı; gelen ve çıkan a.c. ve d.c. sinyalleri filtreleyen, zayıflatan ve yalıtım sinyal uyumlama modülleri için yuvalara sahip olup, bu modüller kartların elektriksel olarak en gürültülü ortamlarda çalışabilmesini sağlar. Kırkiki tane farklı sinyal uyumlama modülü mevcuttur. Sistem, 1920'ye kadar analog noktaları ve 2048'e kadar sayısal noktaları izleyebilir. ADC 50000 ölçüm/s'lik bir hızda bir 14 bit çevirim sağlar.

HP 2250; MCL/50 olarak adlandırılan bir ölçüm ve kontrol dili kullanmakta olup, bu dil FORTRAN ve BASIC'de bulunan özelliklerle birlikte tüm analog ve sayısal fonksiyon kartlarının yüksek seviyeli programlanması için kullanıcıya 100'ün üzerinde komut sağlar. Bu MCL/50 komutları ana bilgisayar üzerinde FORTRAN veya BASIC'de yazılmış uygulama programlarında kullanılabilirler. HP 2250'ye gönderilen tüm MCL/50 komutları HP-IB arabirim kartından geçer ve ROM/RAM kartı içine yerleştirilir. Daha sonra CPU kartı bu komutları derler ve yürütür, sonuçları da ana bilgisayara geri gönderir. Ayrıca HP 2250 belleğinde örneklenmiş verileri lokal olarak saklayabilir ve ana bilgisayara başvurmaksızın bu veriler üzerinde çalışır.

HP 2250 bir yerleşik HP 1000 L serisi bilgisayara sahip olduğu için, HP 1000 FORTRAN veya çevirici dilinde yazılmış olan alt yordamları uzaktan yüklemek mümkündür. Bu sisteme esneklik ve güç sağlar, ayrıca HP 2250'nin temin ettiği kolaylıkların MCL/50 dilinin sağlamış olduğu yeteneklerin ötesine geçmesine imkan verir.

Otomasyon yazılım paketi HP 1000 ana bilgisayar için mevcut olup şu programları içermektedir: Uygun olarak ana bilgisayardan HP 2250'ye uzaktan yüklemek için FORTRAN veya çevirici dilinde yazılmış olan dosyaları formatlayan Harici Altyordam Yükleme Yordamı LINKR, yüksek örnekleme hızlarında büyük miktarda veri toplanmasına imkan veren sürekli veri toplama (CDA) yazılımı ve programlacının HP 2250 ile bir etkileşimli diyaloga sahip olabilmesini sağlayan ölçüm ve kontrol dili uygulayıcısı (MCX).

Tablo 4.11: HP 2250 sistemi için analog ve sayısal fonksiyon kartları

Analog fonksiyon kartları			
Fonksiyon kartı	Kanal Sayısı	Ayırma Güçleri	Kartın Amacı
Yüksek hızlı analog giriş (HP 25501)	16	156 μ V max \pm 10 V	Analog giriş sinyalinin sayısal gösterimine çevirir.
Yüksek seviyeli FET çoğullayıcı (HP 25502)	32	156 μ V max \pm 10 V	HP 25501 ADC'yi 32 giriş kanalı kadar genişletir.
Alçak seviyeli FET çoğullayıcı (HP 25503)	32	1,56 μ V max. \pm 10 V	HP 25501 ADC'yi 32 giriş kanalı kadar genişletir ve kazanç sağlar.
Röle çoğullayıcı (HP 25504)	16	1,56 μ V max. \pm 100 V	HP 25501 ADC'yi 16 giriş kanalı kadar genişletir, kazanç ve elektriksel yalıtım sağlar.
Gerilim/akım çıkış (HP 25510)	4	5 mV veya 5 μ A max. \pm 10,24 V veya 20 V'da 20 mA	Analog gerilim ve akım çıkışı sağlar.
Sayısal fonksiyon kartları			
Fonksiyon kartı	Kanal sayısı	Kartın Amacı	
Sayısal giriş (HP 25511)	32	Gerekli sinyal uyumlama modülleri (SCM'ler) vasıtasıyla a.c. veya d.c. sinyalleri (10-120V d.c., 0-230V a.c.) izlemek için sayısal girişler sağlamak. Girişler tek tek veya toplu olarak izlenebilir ve geçişler üzerinde kesmeler üretebilir.	
Sayaç girişi (HP 25512)	4	Bağımsız olarak programlanabilir sayaçlar temin eder. Bu sayaçlar periyotları, zaman aralıklarını ve frekansları toplar, yukarıya veya aşağıya sayar ve ölçerler. Kesimler, taşıma veya sayma işleminin tamamlanması üzerine üretilebilir.	
Sayısal çıkış (HP 25513)	32	Gerekli sinyal uyumlama modülleri (SCM'ler) vasıtasıyla 300 mA'de 60 V'a (peak) kadar a.c. ve d.c. yüklerinin kat-hal anahtarlama ve 800 mA'de de 120 V.a.c.'ye kadar sıfır gerilim anahtarlama sağlar. Çıkışlar tek tek veya iki 16-bit alanlar olarak programlanabilir.	
Röle çıkışı (HP 25515)	16	Yüksek-akım yüklerinin (30 V d.c.'de 2A'e veya 125V a.c.'de 3A'e kadar) anahtarlama sağlar. SCM'ler röleleri korumak ve gürültüyü önlemek için geçişleri bastırır. 16 tane kanal tek tek veya toplu bir biçimde programlanabilir.	
Çıkış darbesi (HP 25515)	4	Adım motorları (Stepper motors) kontrol için programlanabilir frekans, genişlik ve ivmelenme sayısal darbeleri sağlar. Bu kartlar üzerindeki sınır anahtar girişleri darbe dizilerini iptal etmek amacıyla programlanabilir.	
Sayısal çoklu fonksiyon (HP 25516)	16 giriş, 16 çıkış	Bağımsız olarak programlanabilen sayısal girişler ve çıkışlar, sayma ve kesme kabiliyetleri sağlar. SCM'ler, dönüştürücüleri, cihazları ve anahtarları izleme ve kontrol için geniş bir aralıkta arabirim temin eder.	

CDA yazılımı bir Geçmiş Mod veya Normal Mod'da çalışır. Geçmiş Mod'da; HP 2250 verileri örnekler ve bu örneklenmiş verileri lokal olarak belleğinde saklar. Bu modda mevcut saklama yaklaşık olarak 6500 okumaya sınırlıdır. Normal mod'da ise; yazılım verilerin doğrudan ana bilgisayara gönderilmesine neden olur. Veriler burada bilgisayarın hafızasında veya yüksek-hızlı, yüksek-kapasiteli disk sürücülerinde saklanır.

MCX yazılım programlayıcıya FORTRAN veya BASIC programlar yazmaya mecbur kalmaksızın MCL/50 yazılım ile gerçekleştirilebilen görevleri test etme imkanı verir. Bu yazılım; durum bilgisinin bildirilmesi için hazırlık, kullanıcı alt yordamlarının uzaktan yüklenmesi, tamponlara veya değişkenlere erişim HP 2250 sağlanması ve sözdizim, çalışma zamanı ve iletişim hatalarının bildirilmesini içerir.

5. UZAKTAN ÖLÇÜM (TELEMETRİ)

M. L. SANDERSON

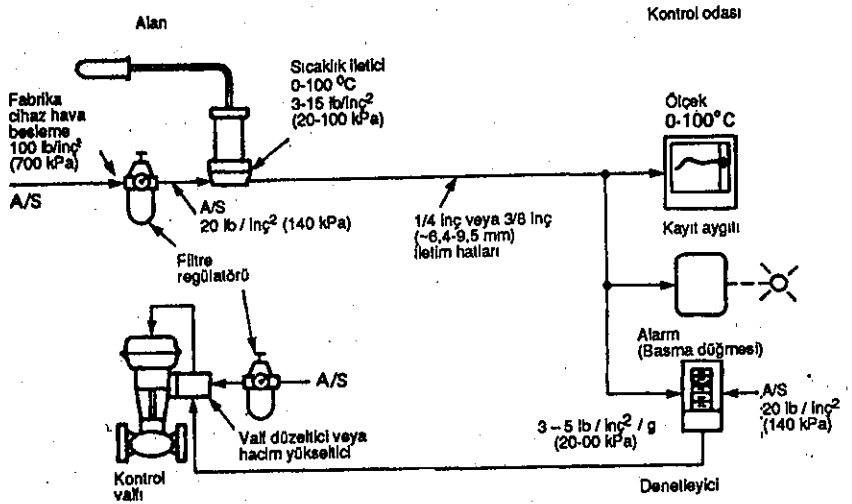
5.1 Giriş

Enstrümantasyonda, iki coğrafi bölge arasında veri veya bilgi iletmek için sıklıkla uzaktan ölçüm işlemine ihtiyaç duyulur. Merkezi kontrollü veri kaydı, sinyal işleme veya dağınık veri kaydı veya kontrol alt sistemlerini kullanan büyük ölçekli sistemlerde uygulanacak olan kontrol işlemlerini mümkün kılabilme için iletim gerekli olabilmektedir. Bir kimyasal tesis veya elektrik santralinde, bu altsistemler geniş bir alana yayılmış durumda bulunabilir. Ayrıca, uzaktan ölçüm bir uzay taşıtı, uydu veya okyanusun ortasındaki insansız bir şamandıra gibi uzak veya erişilmez bir konumda bulunan sistemler için de gerekli olabilir. Ayrıca bir elektrik makinasının döner kısımlarından kontak halkaları olmaksızın bilgi iletimi için uzaktan ölçümden işleminden yararlanır. Uzaktan ölçüm hassas sinyal işleme ve kaydetme tekniklerini kullanarak cihazlar fiziksel olarak tehlikeli ve saldırgan ortamlardan uzakta tutulabilir ve daha yakından izlenen ve kontrol edilen koşullar altında çalıştırılabilirler.

Uzaktan ölçüm, geleneksel olarak pnömatik veya elektriksel iletim ile sağlanmaktadır. Şekil 5.1'de görülen pnömatik iletim proses enstrümantasyon ve kontrol için yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu tür bir iletimde ölçülen büyüklük (basınç, seviye, sıcaklık v.b.) bir pnömatik basınca, standart sinyal aralıkları 20-100 kPa gösterge basıncı (3 -15 lb/in²/g) ve 20-180 kPa gösterge basıncı (3-27 lb/in²/g) olacak şekilde dönüştürülür. Basıncın alt limit değeri cihaz için bir canlı sıfır temin ederek bu sayede hat kopmalarının saptanmasını sağlar. Ayrıca cihaz kalibrasyon ve kontrollerini kolaylaştırır ve iyi bir dinamik tepki temin eder. Bu dinamik tepki sistem atmosferik basınca açıldığı zaman 20 kPa 'lık yeterli bir itici basıncın hala sistemde bulunmasından kaynaklanmaktadır. Pnömatik sinyaller 300 m' ye kadar olan uzun mesafeler boyunca bir pnömatik gösterge, kayıt aygıtı veya denetleyiciye 6,35 mm veya 9,5 mm dış çaplı plastik veya metal borular vasıtasıyla aktarılabilirler. Kontrol amaçları için kullanılan dönüş sinyalleri kontrol elemanından aktarılır. İletim mesafesi tepki hızı tarafından sınırlanmaktadır. Tepki hızının dört katına çıkmasıyla tepki mesafesi iki katına çıkar. Genel olarak pnömatik enstrümantasyon Bölüm 7'de daha ayrıntılı olarak anlatılmaktadır.

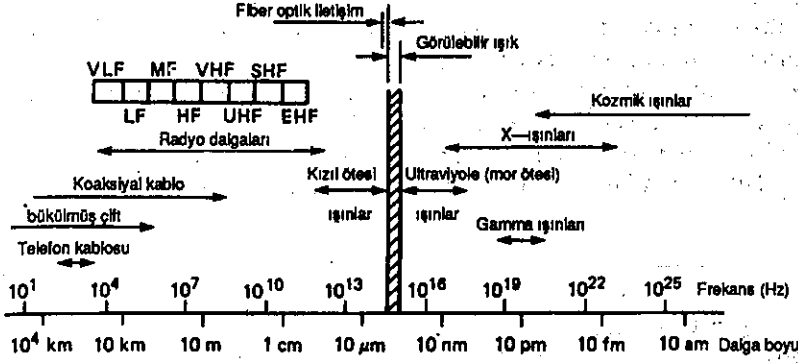
Pnömatik cihazlar yapı itibariyle emniyetli olup bu nedenle tehlikeli ortamlarda kullanılabilirler. Bu tip sistemler elektrik kesilmelerine karşı koruma sağladıklarından hava depolama veya türbinli kompresörleri kullanan sistemler, bu kesilmeler esnasında ölçüm ve kontrollerine devam edebilir. Ayrıca pnömatik sinyaller pnömatik olarak kontrol valfleri ile doğrudan bağlanabilir. Bu yüzden, bu sinyaller veri kaydediciler ile birlikte kullanılmalarının

zor olmasından etkilenmelerine rağmen elektrikli uzaktan ölçüm sistemlerinin gerektirdiği elektrik/pnömatik dönüştürücülere ihtiyaç duymazlar. Pnömatik iletim sistemleri kuru ve ayarlı bir hava beslemesine ihtiyaç gösterir. Sıfırın altındaki sıcaklıklarda boru tesisatı içinde yoğunlaşan nem veya küçük katı parçacıklar pnömatik cihazlar içindeki dar geçişleri tıkeyabilir ve sonuçta cihazın hassasiyetinin azalmasına, hatta cihazın bozulmasına sebebiyet verebilir. Pnömatik iletim ve enstrümantasyon hakkında daha fazla ayrıntı Bentley (1983) ve Warnock (1985) de bulunabilir.



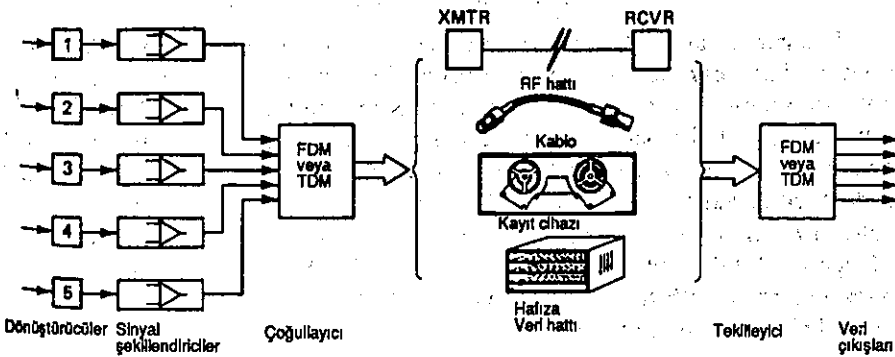
Şekil 5.1 Pnömatik iletim.

Enstrümantasyonda artan bir oranda kullanılan uzaktan ölçüm elektrik, radyo frekans mikrodalga veya optik fiber tekniklerinden istifade etmektedir. Kullanılan iletişim kanallarına; iki noktayı birbirine fiziksel olarak bağlayan bir bükülmüş çift, koaksiyel kablo veya telefon hattı halinde olabilen iki veya daha fazla iletkeni kullanan iletim hatları; bir r.f. veya mikrodalga taşıyıcının modülasyonu vasıtasıyla verilerin iletimine imkan veren radyo frekans (r.f.) veya mikro dalga hatları ve verilerin bir fiber optik kablo boyunca bir ışık modülasyonu olarak iletildiği optik hatlar örnek olarak verilebilir. Sayılan tüm bu tekniklerden her biri Şekil 5.2 'de verilen elektromanyetik spektrum üzerindeki belirli bir bölgeyi kullanır.



Şekil 5.2 Elektromanyetik spektrum.

Şekil 5.3 ise bütün bir uzaktan ölçüm sistemini göstermektedir. Yükseltme ve filtreleme formundaki sinyal şekillendirme farklı dönüştürücülerden elde edilen çıkışları normalleştirir ve bu çıkışların band genişliklerini iletişim kanallarındaki mevcut band genişliklerine sınırlar. İletim sistemleri, analog veya sayısal veri iletimini sağlamak amacıyla gerilim, akım, konum, darbe veya frekans tekniklerini kullanabilir. Analog sinyallerin gerilim, akım veya konum olarak doğrudan iletimini iki veya daha fazla telden oluşmuş bir formdaki fiziksel bir bağlantıyı gerektirir ve telefon ağı üzerinden gerçekleştirilemez. Darbe ve frekans uzaktan ölçümü; doğrudan hatlar, telefon, radyo frekans,



Şekil 5.3 Uzaktan ölçüm sistemi.

mikrodalga ve optik hatlar üzerinden iletim için kullanılabilir. Bir zaman ve frekans prensibine dayanan çoğullama işlemi aynı kanal üzerinden birden fazla sinyalin iletilmesini sağlar. Darbe uzaktan ölçüm tekniğinde ve darbenin amplitüdü (genliği), süresi veya konumu olarak veya sayısal bit formunda kodlanır. İletim ise, bir temel band sinyali veya bir taşıyıcı dalga genliği, frekansı veya faz modülasyonu olabilir.

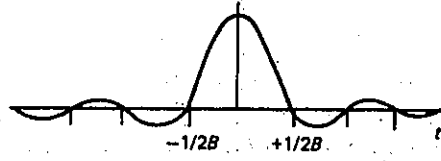
Sayısal sinyallerin iletiminde bir kanalın bilgi kapasitesi mevcut bant genişliği, güç seviyesi ve kanaldaki gürültü ile sınırlıdır. Shannon-Hartley teoreminde B Hz bant genişliğine sahip bir kanal için bilgi kapasitesi C [bit (bps)] ve toplanır Gauss bant-sınırlı beyaz gürültü (white noise) aşağıda eşitlikte verilmektedir:

$$C = B \cdot \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right)$$

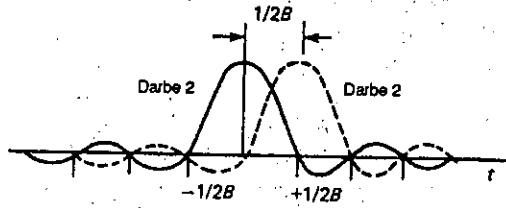
Bu eşitlikte; S kanalın çıkışındaki ortalama sinyal gücünü ve N ise yine kanalın çıkışındaki gürültü gücünü ifade etmektedir.

Bu kapasite (C) verilerin belirli bir kanal üzerinden güvenli bir şekilde iletilbileceği üst limiti ifade eder. Genel olarak, kanal yukarıda verilen teoremin gerektirdiği ideal kazanç ve faz özelliklerine sahip olmadığı ve ayrıca ideal koşullara yaklaşmak için gerekli olan kodlama ve kod çözme düzenlemeler gerçekleştirilmeyen pratik bir uygulama olmadığı için, kanalın kapasitesi teoreminin oldukça altında bulunmaktadır.

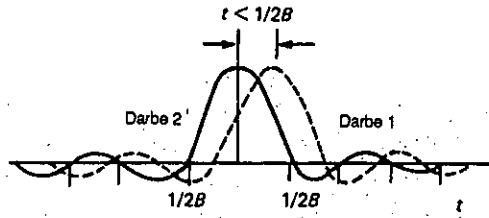
Kanal bant genişliğindeki bu sınırlamalar keza sayısal veri iletiminde de bit hızı sınırlamalarına sebebiyet vermektedir. Bunun nedeni ise, kanalın bir sayısal sinyale olan tepkisinin bir sonraki sayısal sinyale olan tepkisi ile kışkırtıldığı simgelerarası girişim (ISI) olarak adlandırılan olaydır. Sınırlı bir B bant genişliğine sahip bir kanalın tepkisi Şekil 5.4. (a)'da gösterilmektedir. Tepki $1/2 B$ aralıklarla sıfırlara sahiptir. Bu nedenle $1/2 B$ daha sonra kanaldan üzerinden iletilen ikinci bir impuls için ilk impulstan kaynaklanan bir ISI olacaktır. Bu Şekil 5.4 (b)'de gösterilmektedir. ISI olayının meydana geldiği kanal için maksimum veri hızı $2 B$ bps'dir. Bu ise Nyquist hızı olarak bilinir. Şekil 5.4 (c) ise Nyquist hızının üzerindeki bir hızda veri iletiminin etkisini göstermektedir.



(a)



(b)



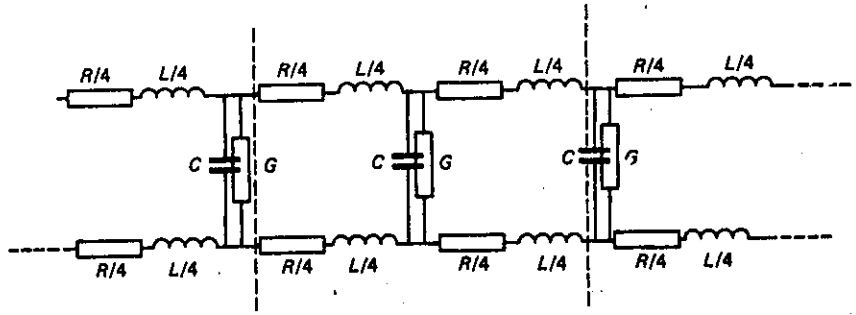
(c)

Şekil 5.4 (a) Bir band sınırlı kanalın impuls tepkisi;
 (b) $1/2 B$ aralıklarla geciktirilen impuls tepkileri;
 (c) $1/2 B$ 'den daha düşük aralıklarla geciktirilen impuls tepkileri.

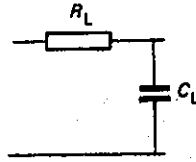
5.2 İletişim Kanalları

5.2.1 İletim Hatları

İletim hatları elektromanyetik dalgaları sevk etmek için kullanılır ve enstrümantasyonda bu hatlar genelde bir bükülmüş çift, koaksiyel kablo veya telefon hattı şeklindedir. Bu tip hatların dirençleri cinsinden birincil sabitleri kaçak iletkenlik, endüktans ve kapasitansları Şekil 5.5 'de gösterildiği gibi dağıtılmıştır. Genelde 100 kHz'in altında olan düşük frekanslarda, orta uzunluktaki bir hat Şekil 5.6 'da gösterilen devre ile temsil edilebilir. Burada R_L telin direnci ve C_L ise hattın toplu kapasitansıdır. Hat bu nedenle bir alçak-geçiren filtre olarak davranır. Frekans tepkisi hattı düzenli olarak toplu endüktanslar ile yüklemek suretiyle artırılabilir.



Şekil 5.5 Bir iletim hattının birincil sabitleri (taksim edilmiş şekilde).



Şekil 5.6 Bir iletim hattı için alçak-frekans toplu devre yaklaşımı.

İletim hatları üç adet ikincil sabit ile tanımlanırlar. Bu sabitler karakteristik empedans, Z_0 ; hattın birim uzunluğu başına sönümlenme, α (birimi genelde, dB/birim uzunluk); ve faz kayması, β (birimi genelde, radyan/birim uzunluk)'dır. Z_0 , α ve β sabitleri ile birincil hat sabitleri arasındaki ilişki aşağıdaki eşitliklerle verilmektedir.

$$Z_0 = \sqrt{\frac{R + j\omega L}{G + j\omega C}} \cdot \Omega$$

$$\alpha = 8,68 \cdot \left[0,5 \left(\left\{ (R^2 + \omega^2 L^2)(G^2 + \omega^2 C^2) \right\}^{\frac{1}{2}} + (RG - \omega^2 LC) \right) \right]^{\frac{1}{2}} \text{ dB/birim uzunluk}$$

$$\beta = \left[0,5 \left(\left\{ (R^2 + \omega^2 L^2)(G^2 + \omega^2 C^2) \right\}^{\frac{1}{2}} - (RG - \omega^2 LC) \right) \right]^{\frac{1}{2}} \text{ radyan/birim uzunluk}$$

Bu eşitliklerde;

R: birim uzunluk başına direnç;

G: birim uzunluk başına kaçak iletkenlik;

C: birim uzunluk başına kapasitans;

L: birim uzunluk başına endüktans.

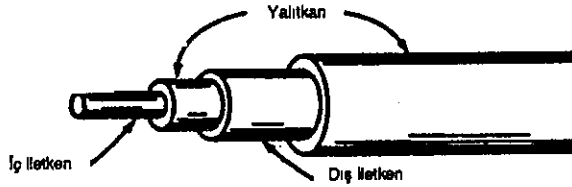
Eğer yansıma veya sinyal yankısının önüne geçmek isteniyorsa, iletim hatlarını karakteristik empedansları ile birlikte sonlandırmak gereklidir. Z_T empedans ile sonlandırılan, Z_0 karakteristik empedanstaki bir hat için yansımanın büyüklüğü yansıma katsayısı ρ ile ölçülür. Yansıma katsayısı aşağıdaki eşitlikle verilmektedir:

$$\rho = \frac{Z_T - Z_0}{Z_T + Z_0}$$

Bükülmüş çiftler adlarından da anlaşılacağı üzere yalıtılmış iki iletkenin bükülmesiyle elde edilir. İletkenler genelde bakır ve alüminyum'dur. Yalıtım malzemesi olarak da sıklıkla plastik tercih edilir. İki iletkenin bu şekilde bükülmesi, endüktif olarak bileşik girişimin etkisini azaltır. Bir 22 gauge bakır bükülmüş çiftin birincil sabitlerinin tipik değerleri; $R = 100 \text{ s } \Omega/\text{km}$, $L = 1 \text{ mH/km}$, $G = 10^{-5} \text{ S/km}$ ve $C = 0,0 \text{ } \mu\text{F/km}$ olarak verilebilir. Yüksek frekanslarda hattın karakteristik empedansı yaklaşık olarak $140 \text{ } \Omega$ 'dır. Bir bükülmüş çiftin zayıflaması için tipik değerler ise; 100 kHz'de 3,4 dB/km,

1 mHz'de 14 dB/km ve 10 MHz'de de 39 dB/km 'dir. Yaklaşık 1 MHz 'de bükülmüş çiftlerin kullanımı için yüksek-frekans sınırlaması; sönümlenmenin bir sonucu olarak değil de bir kablo içinde bitişik durumda olan bükülmüş çiftlerin arasındaki kapasitif kuplajın sebebiyet verdiği karışma (crosstalk) olayından kaynaklanmaktadır.

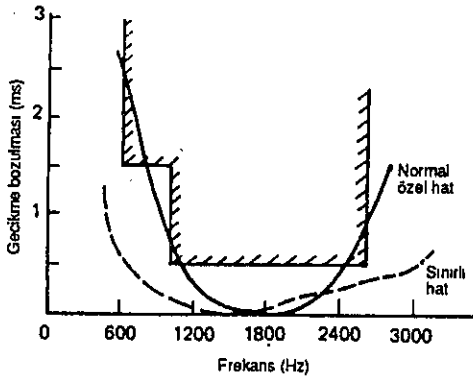
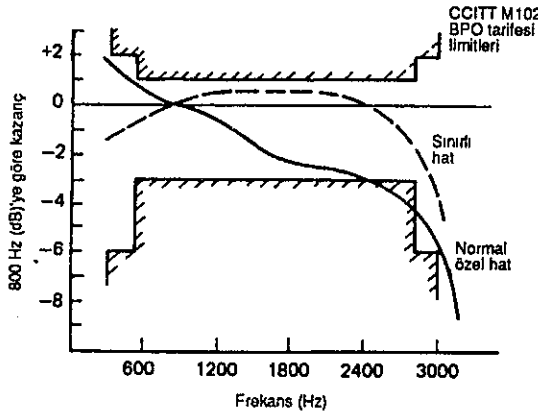
Yüksek frekanslarda veri iletimi için kullanılan koaksiyel kablolar bir politen veya hava yalıtkanı tarafından sarılmış bir merkezi çekirdek iletken-den meydana gelir. Bu tür kabloların yapısı şekil 5.7'de verilmektedir. Dıştaki iletken, yalıtkan etrafında bir katı veya örme bir muhafaza şeklindedir. Yalıtkanın hava olduğu durumda ise, merkezi çekirdek hat boyunca üniform olarak politen bir ara elamanı üzerine yerleştirilir. Dıştaki iletken ise genelde bir yalıtkan kaplama ile örtülüdür. Koaksiyel kabloda yüksek frekanslarda meydana gelen kayıp "cidar etkisi" olayından kaynaklanmakta olup bu etki yüzünden merkez çekirdekteki akım yüzeyden akmaya zorlanır, bu şekilde iletkenin direnci artar. Bu tür kablolar 50 ila 75 Ω arasında değişen bir karakteristik empedans değerine sahiptir. Çapı 0,61 cm olan bir koaksiyel kabloun zayıflaması genelde 100 MHz'de 8 dB/100 m, 1 GHz'de ise 25 dB/100 m 'dir.



Şekil 5.7 Koaksiyel kablo.

Şehirlerarası telefon kabloları demet halindeki bükülmüş iletken çiftlerinden oluşurlar. İletkenler kağıt veya polietilen ile yalıtılmış olup iletkenlerin bükülmüş olması bitişik iletken çiftler arasındaki karışma olayını azaltmaktadır. Bir bükülmüş kablo demeti plastik bir kılıf içine yerleştirilir ve tüm kablo mekanik mukavemeti arttırmak amacıyla kendisi de bir plastik kılıf içinde olan şerit veya çelik tel ile sarılır. Akustik frekanslarda kablonun empedansı; kapasitansı ve direnci tarafından kontrol edilir. Bu ise farklı frekanslardaki sinyaller kablo boyunca aynı hızda iletilmediklerinden dolayı frekans bağımlı bir zayıflamaya ve ayrıca faz gecikme bozulmasına sebebiyet verir. Bu nedenle bir kablo boyunca ilerleyen bir darbe sönümlenmiş (ses ve analog iletişimde öneme sahip) ve aynı zamanda faz bozulmasına uğramış (sayısal sinyal iletişimde önemli) bir sinyale neden olur. Faz gecikme bozulmasının derecesi grup gecikmesi $dB/d\omega$ ile ölçülür. Telefon kablolarının band genişliği, hat

boyunca sinyali arttırmak için kullanılan yineleyici istasyonlardaki alternatif akım yükseltme vasıtasıyla düşük frekanslara sınırlanır. Yükleme ise hattın yüksek-frekans genlik tepkisini geliştirmek için kullanılır. Bu, hattın sönümleme karakteristiklerini düzeltmek için bileşik endüktanslar şeklini alır. Bu endüktanslar hattı önemli bir oranda faz gecikme bozulması ile terkeder, ayrıca yüksek frekanslarda hat zayıflamasına neden olur. Telefon hatlarının kullanılabilir frekans bandı 300 Hz ile 3 kHz arasındadır. Şekil 5.8 tipik bir özel olarak kiralanmış hat ve ayrıca denkleştirme veya uyumlamanın uygulandığı bir hat için 800 Hz'ye göre tipik genlik ve faz veya grup gecikme distorsiyonlarını göstermektedir.

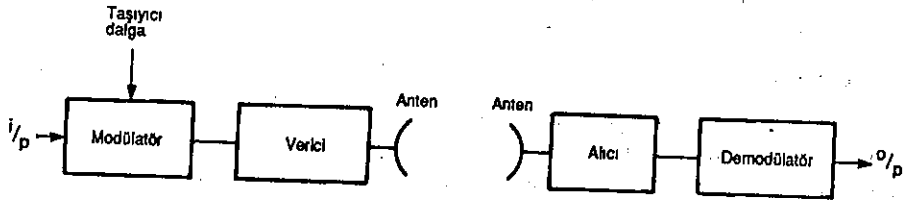


Şekil 5.8 Telefon hatlarındaki kazanç ve gecikme bozulması.

Sayısal bilgileri güvenilir bir şekilde iletmek için kullanılan iletim teç-
 zatı; 30 dB kadar yüksek bir iletim kaybı, frekansa bağı olarak değişen bir il-
 tim kaybının neden olduğu sınırlı bir band genişliği, frekans ile birlikte gr-
 gecikme değişimi, empedans uyumsuzluğu, karma karışmanın neden olduğu
 yankılar ve çevir darbeleri, donanımın açılıp kapanması veya şimşek çakma-
 ları gibi olayların sebebiyet verdiği Gauss veya impuls şeklindeki gürültüleri
 karşı koymak zorundadır. Görüldüğü gibi telefon hatlarının yapısı sayısal ve-
 rilerin iletiminde belirli problemlere sebebiyet vermektedir. Modem olarak b-
 linen aygıtlar (MODulators/DEMOModulators) telefon hatları üzerinden sayısal
 verileri iletmek için kullanılır. Bu aygıtlardan Bölüm 5.9.1 'de bahsedilecekti

5.2.2 Radyo frekans İletimi

Radyo frekans (r.f.) iletimi yaygın bir şekilde sivil ve askeri uzaktan öl-
 çümde kullanılmakta olup 3 Hz'den (çok düşük frekans (VLF) olarak bilinir,
 300 GHz'e (çok yüksek frekans (EHF) olarak bilinir) kadar olan frekanslarda
 gerçekleştirilir. Sinyal iletimi; görüş hattı ilerlemesi, toprak veya yüzey dalga
 kırınımı, iyonosfer katmanında olan yansıma veya ileri saçılma (Coates, 1982)
 vasıtasıyla gerçekleştirilir. Uzaktan ölçüm veya veri sinyallerinin iletimi ge-
 nellikle herhangi bir r.f. taşıyıcı dalganın genlik, faz veya frekans modülasyo-
 nu olarak kabul edilir. Bu modülasyon teknikleri bölüm 5.5'de anlatılmak-
 tadır. Radyo frekansı uzaktan ölçüm sisteminin elemanları ise Şekil 5.9'da
 gösterilmektedir.



Şekil 5.9 R.F uzaktan ölçüm sistemi.

Frekans bantlarının tahsisi Cenevre'de bulunan Uluslararası Tele-
 komünikasyon Birliği'nin Radyo Düzenleme Bölümü'ne göre yapılmaktadır.
 Bu düzenlemeler 1959 yılında kabul edilmiş ve 1979 yılında yeniden düzen-
 lenmiştir (HMSO, 1980). İngiltere'de Ticaret Bakanlığı'nın Radyo Düzenleme
 Bölümü radyo uzaktan ölçüm hattı kullanıcıları için cihazları onaylamakta ve

lisans belgeleri vermektedir. Genel maksatlı düşük-güç uzaktan ölçüm ve te-
lekontrol için kullanılacak dört adet band mevcuttur. Bu bandlar frekans
değerleri 0-185 kHz ve 240-315 kHz, 173,2-173,35 MHz ve 458,5-458,8 MHz
olan bandlardır. Yüksek güçlü özel nokta sistemleri için tahsis edilen frekans-
lar ise UHF bandında 450-470 MHz 'dir.

Tıbbî ve biyolojik uzaktan ölçüm için üç sınıf donanım mevcuttur. Sınıf I
düşük-güçlü, 300 kHz ile 30 MHz arasında çalışan aygıtları içermekte olup bu
tip aygıtlar tamamiyle bir hayvan veya insan vücudu içine yerleştirilir. Sınıf II
geniş-band donanımları olup 104,6-105 MHz band aralığında çalışırlar. Sınıf
III ise dar-band donanımlar olup çalışma frekans band aralığı sınıf II'nin band
aralığı ile aynıdır. R.f donanım için gerekli şartların detayları Referanslar
kısmında verilen ilgili kaynaklarda (HMSO, 1963, 1978, 1979) bulunabilir.

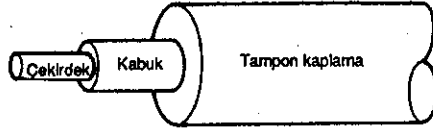
5.2.3 Fiber-Optik İletişim

Veri-iletişim sistemlerinden veri iletimi için fiber optiklerin kullanımına
doğru artan bir oranda yönelme mevcuttur. Bu tip sistemler için ayrıntılı ta-
sarımlar Keiser (1983), Wilson ve Hawkes (1983) ve Senior (1985)'de bu-
lunabilir Fiber-optik kablolar bir iletim ortamı olarak aşağıdaki avantajları
sağlar:

- (1) Fiber-optik kablolar elektromanyetik girişime karşı bağışlıktır.
- (2) Fiber-optik kablolar ile veri, bükülmüş çiftlere ve koaksiyel kablolarla
kıyasla çok daha yüksek frekanslarda ve daha düşük kayıplarla iletilebilir. Bu
nedenle bu tür kablolar, yineleyici istasyonlar arasında gerekli olan uzun me-
safelerde bir kablo boyunca birçok sinyali çoğullamak amacıyla kullanılır.
- (3) Tehlikeli bölgelerde çalışıldığı zaman fiber-optik kablolar daha iyi bir
emniyet sağlar.
- (4) Topraklama çerçevesi problemleri azdır.
- (5) Sinyal, fiber ile kaplama arasındaki ara yüzeyde oluşan toplam iç
yansımaya ile fiberin içinde tutulur. Bu nedenle fiber-optik hatlar yüksek bir
oranda veri güvenliği ve daha düşük fiberden fibere karışma temin ederler.
- (6) Fiber malzemesi bakır esaslı sistemlere kıyasla kimyasal olarak çok
daha düşük oranda zarara uğrarlar. Ayrıca sahip oldukları mekanik özellikler
nedeniyle eşdeğer bükülmüş çift veya koaksiyel kablolarla oranla daha az
bakım gerektirir.
- (7) Fiber-optik kablolar bakır sistemlerle mukayese edildiklerinde
ağırlık ve boyut hususlarında da avantajlara sahiptir.

5.2.3.1 Fiber Optikler

Şekil 5.10'da gösterilen bir fiber optiğin kısımları çekirdek malzeme, kabuk ve tampon kaplama'dır. Çekirdek malzemesi plastik veya camdır. Kabuk ise kırılma indisi çekirdek malzemesinin kırılma indisinden daha düşük olan bir malzemeden yapılmıştır. Çekirdek/kabuk ara yüzeyindeki toplam iç yansıma ışığın çekirdek içinde hareket etmesini sağlar. Plastik çekirdekli fiberler de plastik bir kabuğa sahiptir. Bu tip fiberler yüksek kayıplara sebebiyet verir, ancak kısa mesafelere iletim için yaygın olarak kullanılır. Bünyelerinde birçok oksiti içeren çok bileşenli camlar, tüm fiber optik türleri için kullanılmalarına rağmen düşük kayba sahip fiberler genelde saf silisyum oksitten yapılır. Düşük ve orta-kayıplı fiberlerde cam çekirdek bir cam veya plastik kabuk ile çevrilidir. Tampon kaplama elastik ve aşınma dirençli bir plastik malzeme olup fiberin mekanik mukavemetini arttırmaktadır. Buna ilaveten, fiberin mekanik olarak geometrik düzensizliklerden, distorsiyonlardan veya optik fiberler kablolar içine yerleştirildiği veya diğer benzeri yapılar tarafından desteklendiğinde dağılma kayıplarına neden olacak birbirine bitişik olan yüzeylerin pürüzlülüğünden yalıtılmasını temin eder.



Şekil 5.10 bir fiber optiğin yapısı.

Bir fiberin nümerik açıklığı (NA), ışığın fiber boyunca toplam iç yansıma vasıtasıyla yansıtılabilmesi için gerekli maksimum çekirdek açısının bir ölçüsüdür.

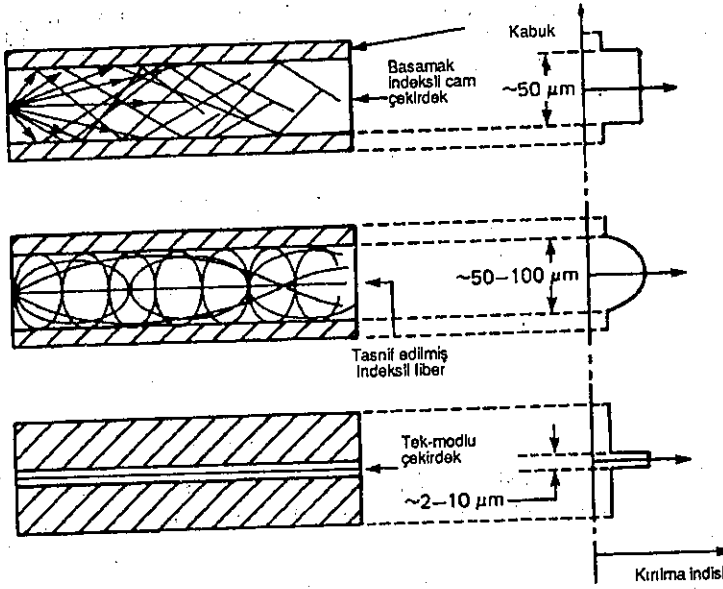
Snell kanununa göre:

$$NA = \sin\theta = \sqrt{\mu_1^2 - \mu_2^2}$$

Bu eşitlikte μ_1 çekirdek malzemesinin kırılma indisi, μ_2 ise kaplama malzemesinin kırılma indisini ifade etmektedir.

Fiber optiklerin NA değerleri 0,15-0,4 arasında bulunup bu değerler 16 ve 46 dereceler arasındaki toplam emme açılarına karşılık gelmektedir. Daha yüksek NA değerlerine sahip olan fiberler ise genellikle yüksek kayıplara ve düşük band genişliği kapasitelerine sahiptirler.

Işığın fiber boyunca yayılması Maxwell eşitliği ile verilmekte olup, bu eşitliğin çözümü 'fiberin modları' olarak adlandırılan bir dizi sınırlı elektromanyetik dalga vermektedir. Sadece belli bir fibere ait sınır koşulları uygulandığı zaman elde edilen ve Maxwell eşitliğinin çözümü ile saptanan bir dizi modlar, fiber boyunca ilerleyebilir. Şekil 5.11 üç farklı tip fiber boyunca ilerlemeyi göstermektedir. Çekirdek yarıçapı büyük olan çok-modlu fiberler ya Basamak-ineksli (Step-Index) ya da Tasnif edilmiş ineksli (Graded-Index) 'dir. Basamak ineksli çok-modlu fiberlerde çekirdek-kabuk arayüzeyinde kırılma indisi ani bir değişiklik gösterir. Tasnif edilmiş ineksli çok-modlu fiberlerde ise kırılma indisi çekirdek bölgesinde değişim gösterir. Tek-modlu fiberlerin çekirdek yarıçapı küçük olup ışık fiber içinde sadece bir hat boyunca ilerler.



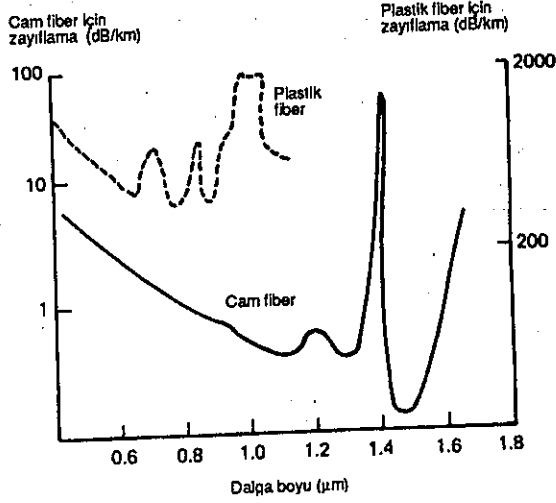
Şekil 5.11 Farklı fiber optiklerde ışığın ilerlemesi.

Çok-modlu fiber optiklerin çekirdek yarıçaplarının büyük olması fiber içine optik gücü sağlanması işlemini çok kolaylaştırır ve ayrıca benzeri fiberlerin birbirlerine bağlanmasını basit hale getirir. Çok-modlu fiber optiklerde bu

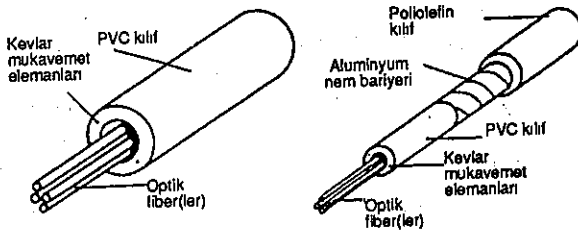
optik güç ışık-yayan diyotlar (LED'ler) vasıtasıyla sağlanır. Tek-mod'lu fiberlerde ise LED'lerin yerine lazer diyotlar gereklidir.

Çok mod'lu fiberlerde modlar arası saçılma fiberler içinde modlardan her birinin birbirlerinden çok az farklı hızlarda hareket etmeleri yüzündendir. Fiber içine gönderilen optik bir darbenin enerjisi mümkün olan modlar arasında paylaşılır, bu yüzden optik darbe fiber boyunca ilerledikçe dağılma darbeyi fiberin dış yüzeyine doğru yayar. Bu şekilde ışığın fiber içerisinde dağılması olayı band genişliğine bir sınırlama getirir. Bu MHz. km cinsinden belirtilir. Tasnif edilmiş indeksli fiberlerde, modlar arası dağılmanın etkisi basamak-indeksli fiberlere kıyasla daha azdır. Bunun sebebi ise; tasnif edilmiş indeksli fiberlerde tasnifleme çeşitli olası ışık ışınlarını nominal eşit gecikme yolları boyunca bükür. Tek-modlu fiberlerde modlar arası dağılma oluşmaz. Bu yüzden bu tür fiber optikler en yüksek kapasitedeki sistemler için kullanılır. Bir plastik kabuklu basamak indeksli fiberin band genişliği genel olarak 6-25 MHz. km arasındadır. Tasnif edilmiş indeksli, plastik kabuklu bir fiber için ise, bu değer 200-400 MHz. km aralığına kadar arttırılabilir. Tek modlu fiberlerin band genişliği ise tipik olarak 500-1500 MHz. km aralığında bulunmaktadır.

Bir fiber içindeki zayıflama dB/km olarak ölçülür ve optik enerjinin absorpsiyonu, saçılması ve yayınım kayıplarının bir sonucu olarak meydana gelir. Absorpsiyon, çekirdek malzemesindeki katkı atomlarının dışsal ve yine çekirdek malzemesindeki temel bileşenleri içsel absorpsiyonu ile oluşur. OH (su) iyonu özel bir öneme sahip bir katkı olup, düşük-kayıplı malzemeler için OH iyon konsantrasyonu 1 ppb (milyarda bir)'den daha düşük olmalıdır. Saçılma kayıpları malzeme yoğunluğunda veya kompozisyonundaki mikroskobik boyutta olan farklılıkların bir sonucu olarak meydana gelir. Bu tür kayıplar ayrıca üretim esnasında oluşan yapısal düzensizlikler ve hatalardan da kaynaklanırlar. Bir fiber optik her ne zaman belli bir yarıçaptaki bir bükülmeye maruz kalırsa ışınım kayıpları meydana gelir. Zayıflama optik dalga boyunun bir fonksiyonudur. Şekil 5.12 bir plastik ve tek-mod'lu cam fiberin zayıflama-dalga boyu karakteristiklerini göstermektedir. 0,8 μm 'de plastik fiberin zayıflaması 350 dB/km, cam fiberin zayıflaması da yaklaşık olarak 1 dB/km'dir. Cam fiberin 1,55 mm'deki zayıflaması ise 0,2 dB/km olarak verilmektedir. Şekil 5.13 hafif ve orta-hizmet optik kabloların yapısını göstermektedir.



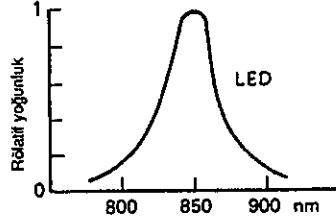
Şekil 5.12 Fiber optiklerin sönümleme karakteristikleri.



Şekil 5.13 Hafif -ve-orta-hizmet optik kablolar.

5.2.3.2 Kaynaklar ve Detektörler

Fiber optik iletiminde kullanılan kaynaklar LED'ler ve yarı iletken lazer diyotlar'dır. LED'ler fiber içine 0,1 ila 10 mW arasında bir güç sağlayabilir. Bu tip aygıtlar kızıl ötesine yakın kısımda genelde 0,8-1,0 μm arasında bir maksimum emisyon frekansına sahiptir. Şekil 5.14 bir LED kaynaktan elde edilen tipik bir tayfsal çıkışı göstermektedir. LED kaynaklar kullanıldığı zaman iletim hızlarındaki sınırlamalar genelde 2-10 ns arasında olan yükselme süreleri ve renk dağılımının bir sonucu olarak meydana gelir. Bu çekirdek malzemesinin kırılma indisi optik dalga boyu ile değiştiği için meydana gelir ve bu yüzden verilen bir modun çeşitli tayfsal elemanları farklı hızlarda hareket eder.



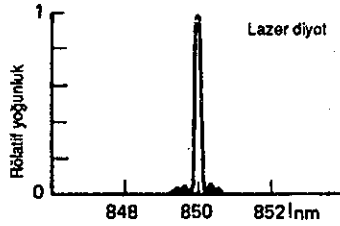
Şekil 5.14 Bir LED kaynaktan elde edilen tayfsal çıkış.

Yarı iletken lazer diyotlar ise özellikle hafif-hizmet çevrimleri için oldukça yüksek güç sağlar ve çıkışları genelde 1-100 mW arasındadır. Çünkü yarı iletken lazer diyotlar fibere daha etkili bir biçimde bağlanabilir ve böylece LED'lere kıyasla daha yüksek bir elektrikten optiğe verimi sağlar. 'Lazer' etkisinin anlamı; bu tür kaynakların LED'lere oranla genelde 2 nm veya daha dar bir tayfsal genişliğine sahip olduklarıdır. Bu Şekil 5.15'de verilmektedir. Bu yüzden renk dağılımı lazer diyotlarda daha azdır. Ayrıca lazer diyotların yükselme süreleri de daha yüksek olup değeri genelde 1 ns'dir.

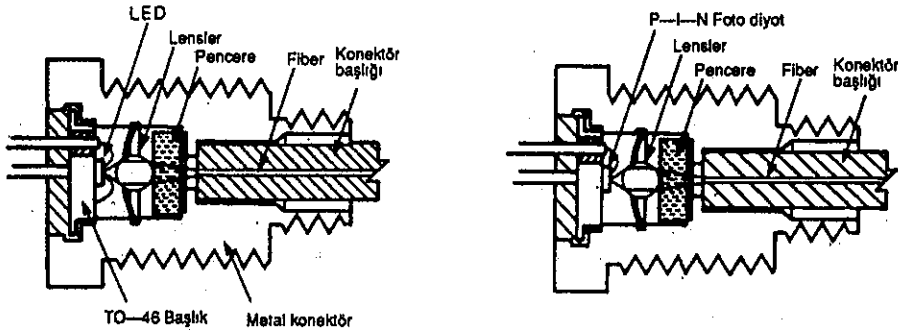
50 Mbps altındaki sayısal iletim için, LED'ler lazer diyotlarla mukayese edildiklerinde daha az kompleks bir sürücü devre gerektirirler. Ayrıca herhangi bir termal veya optik stabilizasyona ihtiyaç göstermezler.

p-i-n (p malzeme - intrinsik-n malzeme) ve çığ (avalanche) foto diyotları alıcıda optik sinyallerin saptanması için kullanılır. 0,8-0,9 μm aralığında bu tür aygıtların üretiminde kullanılan esas malzeme silisyum'dur. p-i-n diyot 0,8 μm 'de 0,65 A/W'lik tipik bir cevap verebilme hassasiyetine sahiptir. Çığ foto diyotları akım kazancı ve beraberinde daha yüksek detektör cevap verebilme hassasiyeti temin etmek amacıyla çığ etkisini kullanırlar. İlave gürültüye sebcbiyet vermesine rağmen çığ kazancı 100 olabilir. Foto detektör

ve alıcı sisteminin hassasiyeti; fotoelektronların üretiminin istatistik yapısının bir sonucu olarak ve ayrıca yığın ve karanlık yüzey akımları sebebiyle oluşan foto detektör gürültüsü, ayrıca detektör direnci ve yükselteçteki termal gürültü ile saptanır. p-i-n diyotlar için direnç ve yükseltecin termal gürültüsü ağır basmaktadır. Diğer yandan çıkış foto diyotları için etkili olan detektör gürültüsüdür. Şekil 5.16 fiber-optik sistemde kullanılan bir LED ve p-i-n diyotu göstermektedir.



Şekil 5.15 Bir lazer diyot kaynaktan elde edilen tayfsal çıkış.

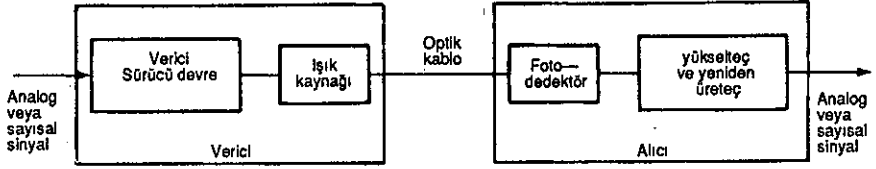


Şekil 5.16 Bir fiber optik sistemde kullanım için LED ve p-i-n diyot detektör.

5.2.3.3 Fiber-Optik İletişim Sistemleri

Şekil 5.17 bir fiber-optik iletişim sisteminin tamamını göstermektedir. Bu tip sistemlerin tasarımında; sistem ekleme kayıplarının (insertion loss) sis-

tem minimum verici çıkış akısı ve minimum alıcı giriş hassasiyetiyle çalıştırılabilir şekilde hesaplamak gereklidir. Kablonun kendisinde meydana gelen kayıplara ilave olarak diğer ekleme kayıpları verici ile kablo ve kablo ile alıcı arasındaki bağlantılarda; kabloları birleştiren bağlantılarda ve kabloların birbirlerine eklendiği noktalarda oluşur. Bu ara yüzlerdeki kayıplar yansımalar, fiber çapındaki farklılıklar, NA ve fiberlerin hizalanmasının bir sonucu olarak meydana gelir. Yöneltilmiş ölçü detektörleri ve yıldız konektörleri ekleme kayıplarını daha da artırır.



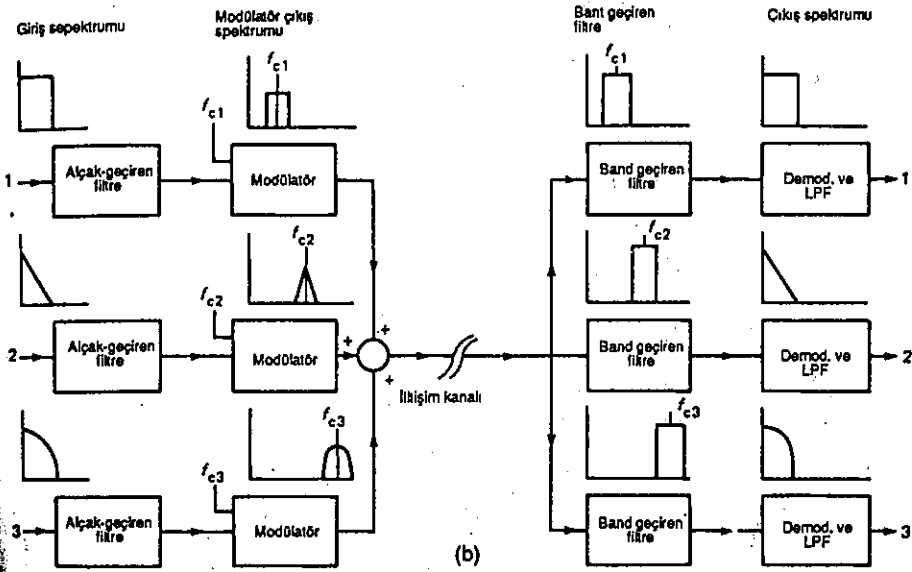
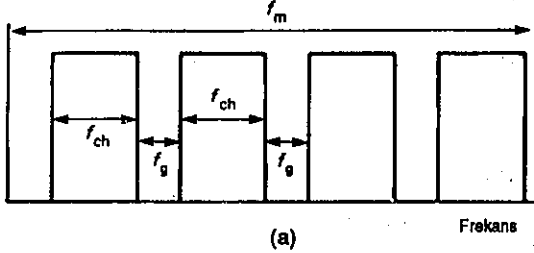
Şekil 5.17 Fiber-optik iletişim sistemi.

5.3 Sinyal Çoğullama

Aynı ortam üzerinden birçok sinyalin iletilebilmesi için sinyalleri çoğullamak gereklidir. İki çeşit sinyal çoğullama mevcut olup bunlar; sıklık-bölüşümlü çoğullama (FDM) ve zaman-bölüşümlü çoğullama (TDM)'dir. FDM iletim ortamının band genişliğini bir seri frekans bandlarına ayırır ve bu frekans bandlarından her birini sinyallerden birini taşımak üzere kullanır. TDM ise iletimi bir seri zaman aralığına böler ve belirli zaman aralıklarını genellikle değişimli bir düzende olacak şekilde bir sinyalin iletimi için tahsis eder.

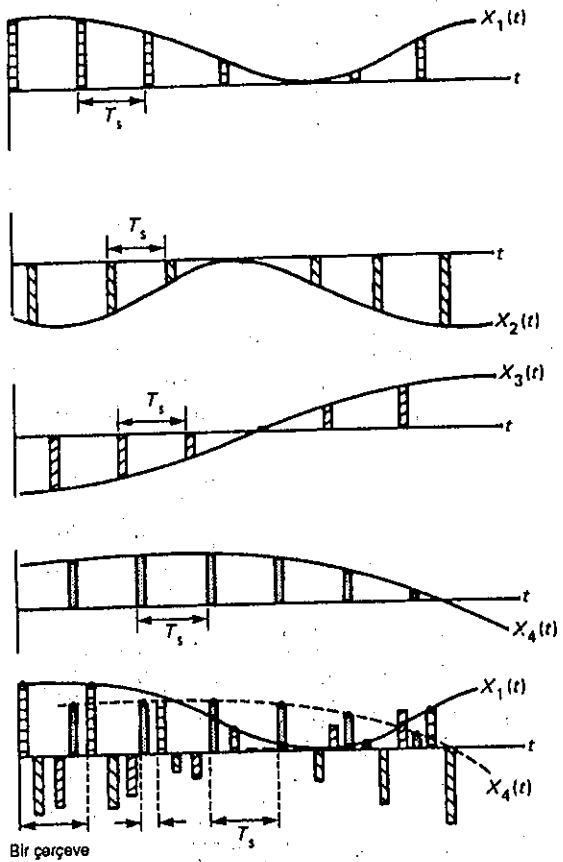
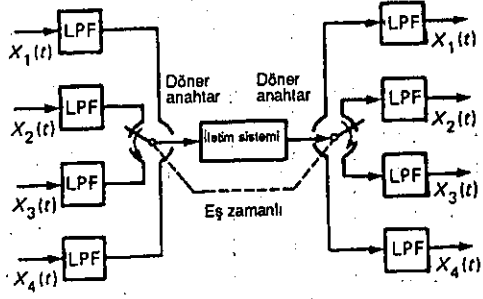
FDM'nin esası Şekil 5.18(a)'da görülmektedir. İletim ortamının band genişliği f_m , herbirinin band genişliği f_{ch} olan bir seri frekans bandlarına bölünür. Bu bandlardan herbiri bir sinyal taşır. Bu kanallar arasında band genişlikleri f_g olan ve 'koruma bandları' olarak adlandırılan frekans bandları bulunup bunlar bitişik durumdaki herhangi iki kanal arasında yeterli aralık ve minimum çaprazkarışma olmasını sağlamak amacıyla kullanılır. Şekil 5.18 (b) band genişlikleri sınırlanmış ve gösterilen tayfsal özelliklere sahip üç adet sinyalin iletimini göstermektedir. Modülatör girişlerindeki alçak-geçiren filtreler sinyallerin band genişliklerini sınırlamak amacıyla kullanılır. Bu sinyallerden her biri bir taşıyıcı modüle eder. Minimum band genişliği gerektiren bir modülasyon tercih sebebi olmasına rağmen herhangi bir taşıyıcı modülasyon şekli kullanılabilir. Şekil 5.18 (b) 'de gösterilen modülasyon genlik modülasyonu

nudur (Bölüm 5.5). Ayrı ayrı modüle edilmiş sinyaller daha sonra toplanır ve iletilir. Band-geçiren filtreler ise aldıkları sinyali koruma bandlarından itibaren sönmüleme sağlayarak kanallara ayırma için kullanılır. Daha sonra sinyaller demodüle edilir ve düzleştirilir.



Şekil 5.18 (a) Sıklık-bölüşümlü çoğullama; (b) FDM kullanarak üç adet sinyalin iletimi.

TDM şematik olarak Şekil 5.19'da gösterilmektedir. Burada çoğullayıcı, belirli bir süre içinde her bir sinyali sıra ile iletim kanalına bağlayan bir anahtar gibi davranır. Sinyalleri doğru bir sıra ile yeniden geri kazanmak için alıcıda bir toplayıcı (demultiplexer) kullanmak veya iletilmiş sinyalin kaynağını saptamak amacıyla sinyalin yapısında mevcut olan bazı özelliklere sahip olmak gereklidir. Eğer N sayıdaki sinyaller sürekli bir biçimde çoğullanırsa, bu sinyallerden her biri $1/N$ Hz lik bir hızda örneklenir. Bu yüzden, eğer Shannon Örnekleme teoremi ihlâl edilmeyecekse, sinyallerin band genişliği $1/2N$ Hz'lik bir frekansa sınırlanmalıdır.



Şekil 5.19 Zaman-bölüşümlü çoğullama.

Çoğullayıcı bir çok-giriş-tek çıkış anahtarı olarak davranır ve elektrik sinyalleri için bu mekanik veya elektronik anahtarlama vasıtasıyla gerçekleştirilebilir. Yüksek frekanslar için, elektronik çoğullama kullanılır. Elektronik çoğullama için CMOS veya BIFET teknolojilerine sahip entegre devreli çoğullayıcılar tercih edilir.

TDM devreler her kanal için ayrı modülatör, band-geçiren filtre ve demodülatör gerektiren FDM devrelere kıyasla çok daha kolay bir biçimde gerçekleştirilirler. TDM'de devrenin doğrusal olmayan kısımlarının sonucu bir etkileşim modülasyonunu ve harmonik distorsiyonu sınırlamak için, faz ve genlik doğrusal olmama durumları küçük tutulmalıdır. TDM geniş bir band sistemi kullanarak düşük kanal karışması sağlar. TDM sistemlerinde zamanlama titreşimi, darbe hassasiyeti ve eş zamanlama problemleri yüzünden yüksek iletim hızlarında hatalar meydana gelir. FDM ve TDM sistemleri hakkında daha fazla bilgi Johnson (1976) ve Shanmugan (1979)'da bulunabilir.

5.4 Darbe Kodlaması

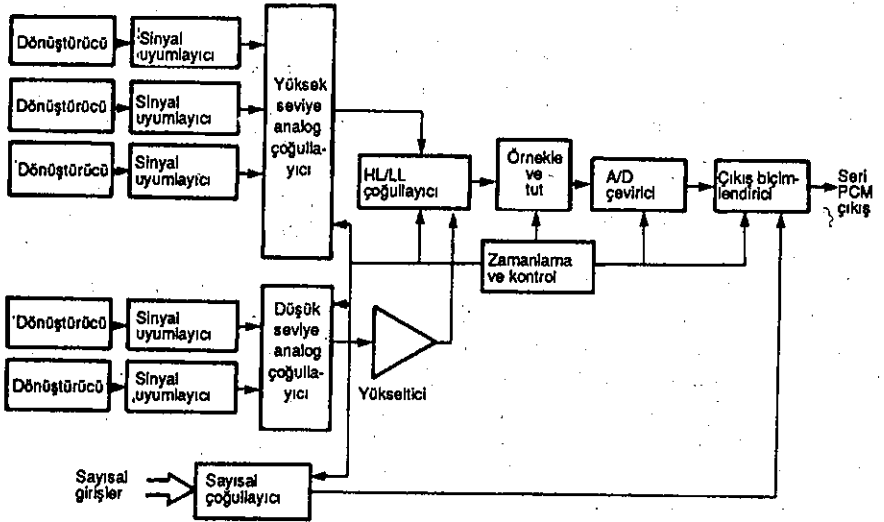
Darbe kod modülasyonu (PCM) enstrümantasyon sistemlerinde iletim için analog veri kodlamak amacıyla kullanılan en yaygın yöntemdir. PCM yönteminde, analog sinyal bir ADC vasıtasıyla örneklenir ve ikili forma dönüştürülür. Daha sonra bu veriler dizesel formda iletilirler. Bu Şekil 5.20'de gösterilmektedir. PCM vasıtasıyla bir sinyalin iletimi için gerekli band genişliği orjinal sinyalin band genişliğinin oldukça üzerindedir. Eğer band genişliği orjinal sinyali bir N -bit ikili koda kodlanırsa, PCM kodlanmış sinyali iletmek için gerekli minimum band genişliği $f_d \cdot N$ Hz'dir, diğer bir deyişle N 'nin orjinal sinyal band genişliği ile çarpımıdır.

PCM'nin çeşitli tipleri Şekil 5.21'de verilmektedir. Sıfıra dönüşsüz kod (NRZ-L) bir bilgisayara kolayca bağdaştırılabilen yaygın bir koddur. Sıfır işaretine dönmeyen (NRZ-M) ve sıfır boşluğa dönmeyen (NRZ-S) kodlarında ise seviye geçişleri bit değişikliklerini gösterir. Çift-faz seviyesinde (BIΦ - L) her periyodun ortasında bir bit geçişi meydana gelir. Bir geçiş merkezinin ortasında '0' seviyesine değişen '1' seviyesi ile, sıfır ise '1' seviyesine değişen '0' seviyesi ile temsil edilir. Çift fazlı işaret ve boşluk kodu (BIΦ - M) ve (BIΦ - S)'de her bit periyodunun başlangıcında bir seviye değişimi meydana gelir. BIΦ - M'de 'bir', bir orta-bit geçiş ile ifade edilir, 'sıfır' ise herhangi bir geçişe sahip değildir. BIΦ - S, BIΦ - M'nin tersidir. Gecikme modülasyon kodu DM-M ve DM-S orta-bit ve ayrıca her bit süresinin sonunda geçişlere sahiptir. DM-M'de 'bir' bit ortasındaki bir seviye değişimi ile gösterilir; bir 'sıfır' tarafından takip edilen 'sıfır' ilk sıfırdan sonraki bir seviye değişimiyle temsil edilir. Eğer bir 'birden' önce 'sıfır' gelirse seviye değişikliği oluşmaz. DM-S, DM-M'nin tersidir. Çift-faz kodları en azından her bit süresi için bir geçişe sahip olup bu eşzamanlama için kullanılabilir. Ancak bu tür kodlar NRZ-L kodlarının band genişliğinin iki

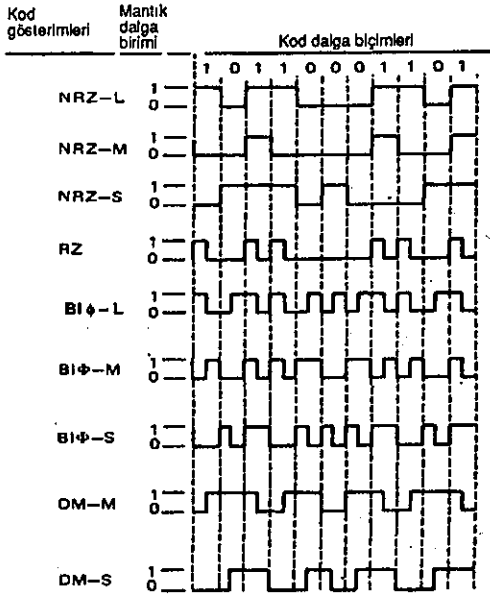
katı band genişliğini gerektirir. Gecikme modülasyon kodları en düşük band genişliğine sahip olan kodlardır, ancak daha fazla hata verirler. Buna ilaveten bu tür kodlar band genişliği sıkıştırması gerektiğinde veya yüksek sinyal-gürültü oranı beklendiğinde kullanılır.

Kodlama işleminin alternatif formları Şekil 5.22'de gösterilmektedir. Darbe genlik modülasyonunda (PAM), iletilen sinyalin genliği, yine iletilen sinyalin büyüklüğüyle orantılıdır. PAM analog ve sayısal sinyallerin iletimi için kullanılabilir. PAM iletimi için gerekli olan band genişliği, ISI (simgelerası girişim) daha belirgin olmasına rağmen, PCM için gerekli olan band genişliğinden daha düşüktür. Bir sayısal veri iletim yöntemi olarak PAM daha karmaşık kodlama düzenleri gerektirir. Bu tür karmaşık kodlama düzenlerinde fazla sayıdaki seviyeler arasında ayırım yapmak gereklidir.

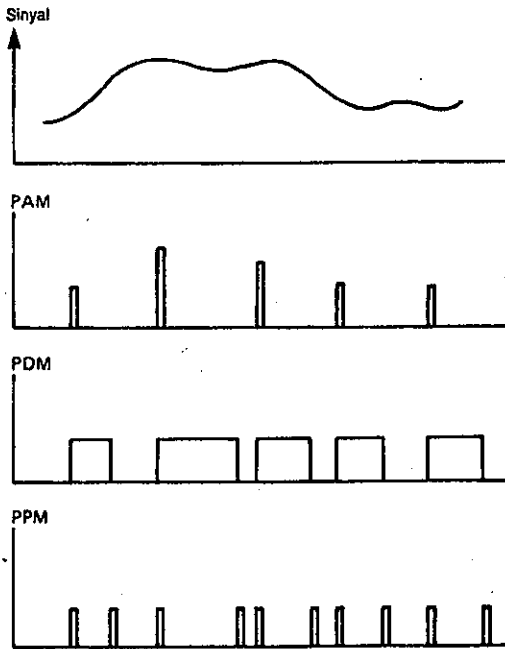
Kullanılabilen diğer kodlama şekillerinden birisi de darbe-genişlik modülasyonu (PWM) olup darbe-müddet modülasyonu (PDM) olarak da bilinir. Bu kodlama şekli, sabit yükseklik ve değişen genişlikli darbe kullanılır. Bilgi bu darbenin genişliği içindedir. Darbe konum modülasyonunda, darbelerin konumu PWM'deki darbenin genişliğine eşittir. Delta modülasyon ve sigma-delta modülasyonu darbe dizileri kullanır. Bu darbe dizilerinin frekansları sinyal değişim hızı veya sinyalin kendisinin genliği ile orantılıdır. Yukarıda bahsedilen sistemlerin iletim için gerekli olan band genişliği, sinyal/gürültü ve hata oranlarına göre analizleri ayrıntılarıyla birlikte Hartley ve arkadaşları (1967), Cattermole (1969), Steele (1975) ve Shanmugan (1979)'da bulunabilir.



Şekil 5.20 Darbe kod modülasyonu.



Şekil 5.21 Darbe kod modülasyon şekilleri.



Şekil 5.22 Diğer darbe kodlama şekilleri.

5.5. Taşıyıcı Dalga Modülasyonu

Modülasyon; iletilecek olan verinin frekans özelliklerinin iletim kanallarının frekans özelliklerini yakalaması, istenmeyen gürültü ve girişimin azaltılması ve sinyalin etkili yayınımını sağlamak amacıyla kullanılır. Tüm bu sayılanlar bir taşıyıcı frekans etrafında odaklanmış bazı frekans bandlarına veri frekansını ayarlayarak gerçekleştirilir. Modülasyon ayrıca spesifik amaçlar için frekans bandlarının tahsisine de imkân sağlar. Bu belirli amaçlara örnek olarak bazı frekans bandlarının radyo yayımı, telemetri v.b. gibi işlemler için ayrıldığı FDM veya r.f. iletim sistemleri verilebilir. Bunlara ilaveten modülasyon, sinyal işleme donanımının sınırlamalarının üstesinden gelmek amacıyla da kullanılır. Burada modülasyon ile sinyal frekansı, filtre veya yükselteç tasarımlarının biraz daha basit olduğu frekans bandlarına veya işlemi yapan aletlerin kabul edeceği bir frekans bandına kaydırılır. Modülasyonun kullanılabilmesi başka bir durum ise; Hartley-Shannon teoreminin gösterdiği sinyal-gürültü ilişkileri, karşı band genişliği temin etmektir.

Taşıyıcı-dalga modülasyonu genlik, frekans veya faz parametrelerinden birinin modülasyonunu kullanır. Tüm bu parametrelerin ayrı ayrı modülasyonları Şekil 5.23'de gösterilmektedir. Bu teknikler analog ve sayısal sinyallerinin iletimi için kullanılabilir.

Genlik modülasyonunda, taşıyıcı dalganın genliği iletilecek sinyalin genliği ile doğrusal olarak değişir. Eğer veri sinyali $d(t)$ bir sinüsoid $d(t) = \cos(2\pi f_d t)$ ile ifade edilirse genlik modülasyonda taşıyıcı dalga $c(t)$ aşağıdaki eşitlikle verilir:

$$c(t) = C (1 + m \cdot \cos 2\pi f_d t) \cos 2\pi f_c t$$

Bu eşitlikte C modüle edilmemiş dalganın genliği, f_c bu dalganın frekansı, m ise modülasyonun derinliğidir. m değeri 0 ile 1 arasında bir değer alır. $m = 1$ durumunda taşıyıcı dalganın % 100 modülasyona sahip olduğu söylenir. $c(t)$ için verilen yukarıdaki eşitlik yeniden düzenlenebilir:

$$c(t) = C \cdot \cos 2\pi f_c t + \frac{Cm}{2} [\cos 2\pi (f_c + f_d)t + \cos 2\pi (f_c - f_d)t]$$

Bu eşitlik göstermektedir ki iletilen sinyalin spektrumu taşıyıcı frekansında (f_c) ve toplam ($f_c + f_d$) ve fark frekanslarında ($f_c - f_d$) olmak üzere üç adet frekans elemanına sahiptir. Eğer sinyal, f_c 'ye kadar frekansları olan bir spektrumla temsil edilirse, iletilen spektrumun band genişliği f_d etrafında $2f_d$ 'dir. Bu nedenle, AM kullanarak veri iletmek için verinin band genişliğinin iki katı bir band genişliği gerekli olacaktır. Görülebileceği üzere, AM sinyal zarfı bilgiyi içerir ve böylece demodülasyon sadece sinyali doğrultup

rerek gerçekleştirilebilir.

AM'nin hem üst, hem de alt kenar bandları yeniden veri oluşturmak için yeterli miktarda genlik ve faz bilgisi içerir. Bu nedenle sistemin band genişliği gereksinimlerini azaltmak mümkün olmaktadır. Tek kenar-band modülasyonu (SSB) ve artık yan band modülasyonlarının (VSM) her ikisi de, doğrudan AM'nin band genişliklerinden daha küçük band genişliklerine sahip genlik modülasyonunu kullanarak veri iletir. SSB basit bir AM sisteminin band genişliğinin yarısı band genişliğine sahiptir; düşük-frekans tepkisi genelde zayıftır. VSM bir kenar bandını hemen hemen tamamen, diğerini ise çok az iletir. VSM, band genişliği gereksinimleri, düşük-frekans tepkisi ve artırılmış güç randımanı arasında en iyi uzlaşmayı sağladığı için yüksek hızda veri iletiminde oldukça sık kullanılır.

Frekans modülasyonunda aşağıdaki eşitlikte verilen taşıyıcı sinyal $c(t)$ 'yi göz önüne alın.

$$c(t) = C \cos(2\pi f_c t + \phi(t))$$

Bu sinyalin bir anlık frekansı ise aşağıdaki eşitlikte verilir:

$$f_1(t) = f_c + \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{d\phi}{dt}$$

Taşıyıcı frekansından sinyalin frekans sapması $\frac{1}{2\pi} \cdot \frac{d\phi}{dt}$ veri sinyaline

orantılı hale getirilir. Eğer veri sinyali dalga biçiminin bir tek sinüs eğrisi ile gösterilirse:

$$d(t) = \cos 2\pi f_d t$$

ve

$$\frac{d\phi(t)}{dt} = 2\pi k_f \cos 2\pi f_d t$$

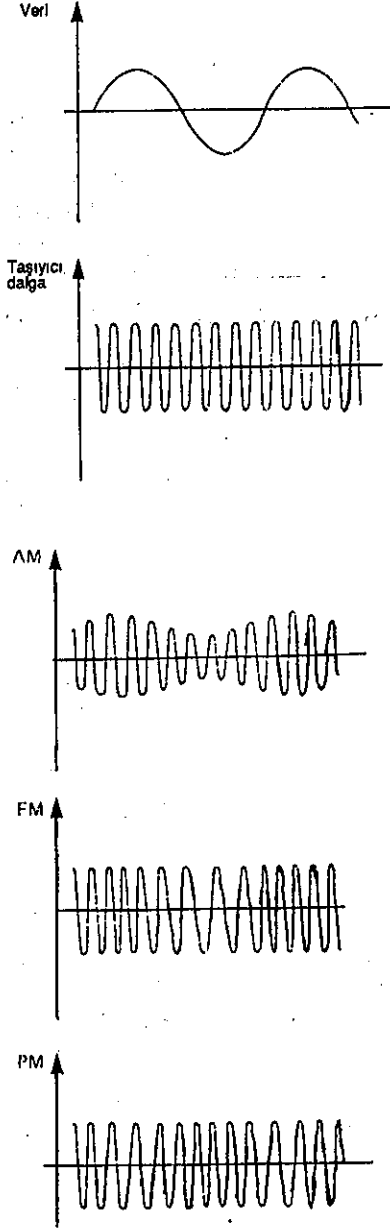
Burada k_f frekans sapma sabiti olup birimi Hz/V'dir. Böylece:

$$c(t) = C \cos\left(2\pi f_c t + 2\pi k_f \int_{-\infty}^t d(\tau) \cdot d\tau\right)$$

ve sıfır başlangıç faz sapmasının mevcut olduğunu farz ederek taşıyıcı dalga aşağıdaki eşitlik ile ifade edilebilir:

$$c(t) = C \cos(2\pi f_c t + \beta \sin 2\pi f_d t)$$

Bu eşitlikte β modülasyon faktörü olup veri tarafından üretilen maksimum faz sapmasını gösterir. $c(t)$ 'nin, $c(t) = C \sum_{n=-\infty}^{\infty} J_n(\beta) \cos(2\pi f_c + n2\pi f_d) t$



Şekil 5.23 Bir taşıyıcı dalganın genliği, frekansı ve faz modülasyonu.

şeklinde sonsuz sayıdaki $f \pm n f_d$, $n = 1, 2, 3, \dots$ frekans bileşenleri ile temsil edilebileceği göstermek mümkündür. Bu eşitlikte $J_n(\beta)$ β 'nin alacağı değerler için n ci dereceden birinci türden Bessel fonksiyonudur. Sinyal sonsuz sayıda frekans elemanlarını içerdiği için band genişliğinin sınırlanması sinyali bozacaktır. Bu durumda, kabul edilebilir bir sinyal bozulması ile veri iletimi için sistemin sahip olacağı uygun bant genişliğinin ne olacağı problemi ortaya çıkar. $\beta \ll 1$ için sadece J_0 ve J_1 önemlidir ve büyük β geniş band genişliği demektir. Eğer FM sinyal gücünün % 98 veya daha fazlası iletilirse bu durumda sinyal bozulması ihmal edilebileceği tecrübe sonucu bulunmuştur. Carson kuralına göre bir f_d frekansına kadar komponentleri olan bir spektruma sahip sinyalin FM iletimi için gerekli band genişliği $2(f_\Delta + f_d)$ ile verilir. Burada f_Δ maksimum frekans sapmasıdır. Dar-bandlı, küçük frekans sapmalarına haiz FM sistemler için istenen band genişliği AM sistemlerinininki ile aynıdır. Geniş-bandlı FM sistemleri ise $2 F_\Delta$ 'lik bir band genişliğine ihtiyaç gösterir. Frekans modülasyonu yaygın bir biçimde r.f. uzaktan ölçüm ve FDM'de kullanılır.

Faz modülasyonunda bir anlık faz sapması (ϕ) veri sinyali ile orantılı hale getirilir. Böylece:

$$\phi = k_p \cdot \cos 2\pi f_d t$$

ve taşıyıcı dalga $c(t)$ aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

$$c(t) = C \cos (2\pi f_c + \beta \cos 2\pi f_d t)$$

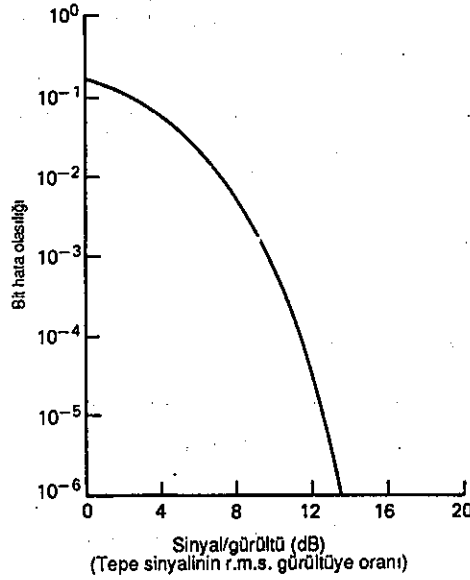
Burada β şimdilik k_p ye eşit alınmaktadır. Çeşitli modülasyon düzenleri ve içerikleri hakkında daha fazla ayrıntılı bilgi Shanmugan (1979) ve Coates'de bulunabilir.

5.6 Hata Saptama ve Düzeltme Kodları

Sayısal iletişim sistemlerindeki hatalar verilerin gürültü yüzünden bozulmasının bir sonucu olarak oluşur. Şekil 5.24 NRZ-L kodlama kullanan bir PCM iletim sistemi için sinyal/gürültü oranının bir fonksiyonu olarak bit hata olasılığını göstermektedir.

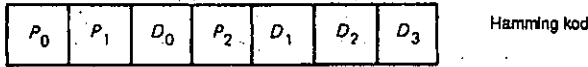
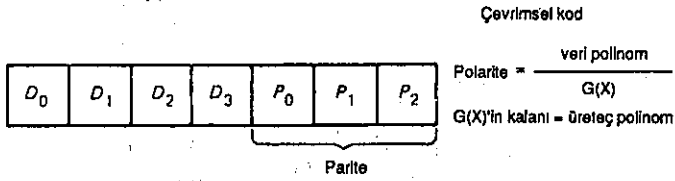
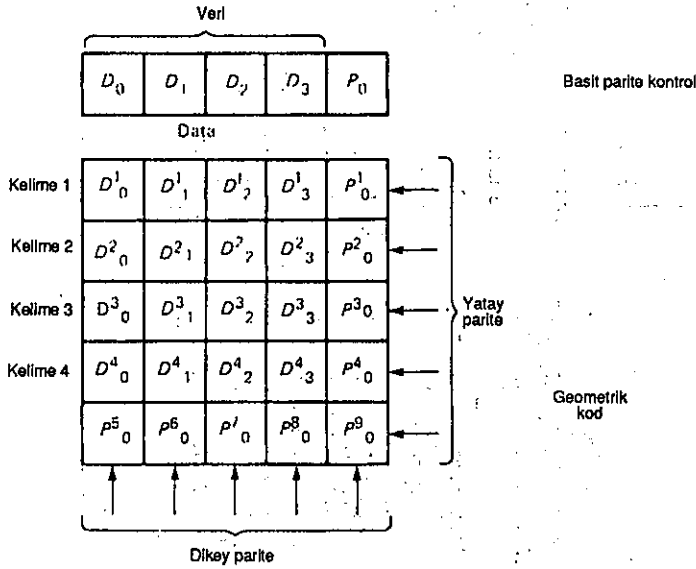
Veri iletimi esnasında bir hata oluşumunun ihtimalini azaltmak için bitler iletilen mesaja eklenir. Bu bitler iletilen veriye fazlalık eklerler ve iletilen mesajın sadece bir kısmı şimdi gerçek veri olduğu için, iletimin etkinliği azalır. İki tip hata kodlama mevcuttur. Bunlardan biri; ileri hata saptama ve düzeltme kodlama (FEC) olup bu tür kodlamada, iletilen mesaj hatalar sürekli bir biçimde hem saptanıp, hem de düzeltilecek bir biçimde kodlanır. Otomatik yineleme istekli kodlamada (ARQ) ise, eğer bir hata saptanırsa iletimin tekrarı için bir istek gönderilir. Veri-yayıma hızına göre FEC kodları AQR kodlarından

daha etkilidir. Bunun nedeni ise; AQR kodunda oluşan bir hata durumunda veri yeniden iletilmek zorundadır. Diğer yandan AQR kodunda hataları saptamak için gerekli olan donanım, bozulmuş mesajdan hataları düzeltmek için gerekli olan donanımdan biraz daha basittir. ARQ kodları enstrümantasyon sistemlerinde yaygın bir şekilde kullanılır.



Şekil 5.24 Bir NRZ-L kod kullanan PCM iletim için bit-hata olasılığı.

Parite-kontrol kodlama ARQ kodlamada kullanılan bir kodlama formu olup burada $(n-k)$ sayıda bit, verinin k sayıdaki bitlerine bir n -bitlik veri akışı elde etmek amacıyla eklenir. Kodlamanın en basit biçimi parite-bit kodlama olup bu kodlamada eklenen bitlerin sayısı bir'dir. Bu ilave bit, data akışındaki bir'lerin toplam sayısını tek ve çift yapmak için veri akışına eklenir. Alınan veriler parite için kontrol edilir. Bu kodlama şekli sadece tek sayıdaki bit hatalarını tespit eder. Daha kompleks kodlama şekillerine örnek olarak; Hamming kodları gibi doğrusal blok kodları, Bose-Chanhuri-Hocquenghen kodları gibi



$$P_0 = D_0 \oplus D_1 \oplus D_3$$

$$P_1 = D_0 \oplus D_2 \oplus D_3$$

$$P_2 = D_1 \oplus D_2 \oplus D_3$$

⊕ Modulo 2 aritmetiği

$$1 \oplus 1 = 0$$

$$1 \oplus 0 = 1$$

$$0 \oplus 0 = 0$$

Şekil 5.25 Hata-saptama kodlama.

çevrimsel kodlar ve geometrik kodlar verilebilir. Bu tip kodlar, iki veya daha fazla ardışıl bitlerin hatalı olduğu çoklu-patlama hataları saptamak amacıyla tasarlanabilir. Genel olarak parite bitlerinin sayısı arttıkça kodlama işlemi daha az etkili hale gelmektedir. Diğer yandan saptanabilecek rasgele hataların maksimum sayısı ve maksimum patlama uzunluğu da artmaktadır. Şekil 5.25 bu kodlama tekniklerinden bazılarını göstermektedir. Kodlama teknikleri hakkında daha fazla ayrıntılı bilgi Shanmugan (1979), Bowdell (1981) ve Coates (1982)'de bulunabilir.

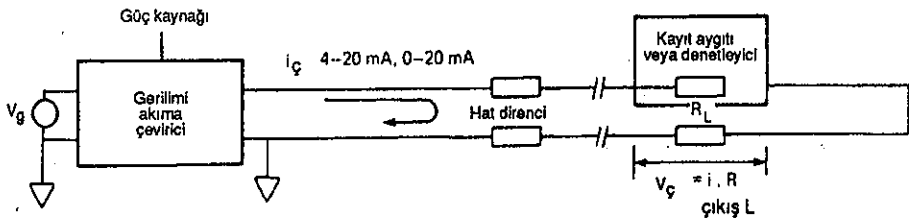
5.7 Doğrudan Analog Sinyal İletimi

Analog sinyaller nadir olarak iletim hatları üzerinden bir gerilim olarak iletilir. Bunun nedeni ise yöntemin seriler, endüktif ve kapasitif olarak kuplajlanmış toprak karışması sinyalleri ve hat direncinin sebebiyet verdiği hatalara maruz kalmasıdır. Analog sinyaller en yaygın olarak akım halinde iletilir.

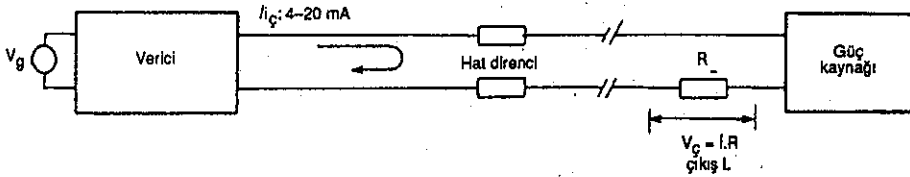
Akım iletimi Şekil 5.26'da gösterildiği gibi genelde 0-20 veya 4-20 mA 'de gerçekleştirilir. Analog sinyal vericide bir akıma dönüştürülür ve bu akım, sabit bir direnç üzerinde oluşan potansiyel farkını ölçerek veya akımı bir gösterici alet veya grafik kaydediciyi çalıştırmak için kullanarak alıcıda saptanır. Düşük frekanslarda sinyalin üzerinden iletilebildiği hattın uzunluğu başlıca, hat boyunca ve alıcı üzerindeki gerilim düşüşünü karşılamak için kullanılan vericideki gerilim tarafından sınırlandırılır. 24 V'luk bir gerilime sahip bir sistem birkaç kilometrelik mesafelere akım iletebilir. Bir akım iletim sistemindeki hata yüzdesi döngü direncinin (ohm) toplam hat yalıtım direncine (ohm) oranının 50 ile çarpılması ile hesaplanabilir. Akım iletim sistemlerin doğrluğu genelde $\pm \% 0,5$ 'dir.

0-20 mA yerine 4-20 mA kullanmanın avantajı ise; bir canlı sıfırın kullanılmasının cihaz veya hat hatalarının saptanmasına imkân tanınmasıdır. 4-20 mA sisteminde sıfır değeri 4 mA ile ve bozulma ise 0 mA değeri ile gösterilir. Bir 4-20 mA sistemini güç ve sinyalin aynı tel üzerinden iletildiği bir iki-telli iletim sistemi olarak kullanmak mümkündür. Bu sistem Şekil 5.27'de gösterilmektedir. 4 mA'lık cevap akımı uzaktaki enstrümantasyon ve vericiyi beslemek için kullanılır. 24 V' luk bir sürme ile uzaktaki istasyon için mevcut maksimum güç 96 mW'dur.. Burr-Brown XTR 100 gibi entegre-devreli aygıtlar iki-kablolu iletim için mevcuttur. Bu sistem 10 mV 'a kadar düşük bir giriş gerilimi için 4-20 mA'lık bir çıkış aralığı sağlayabilir. Ayrıca aynı sistem 600 m üzerindeki bir mesafeye 2 kHz'e kadar frekanslarda iletim temin edebilir. Akım iletimi umumî telefon sistemi üzerinden yapılamaz, çünkü bu tür iletim bir doğru akım (d.c.) iletim yoluna ihtiyaç göstermekte olup telefon sistemleri, yineleyici istasyonlarda alternatif akım (a.c.) yükselteçler kullanmaktadır.

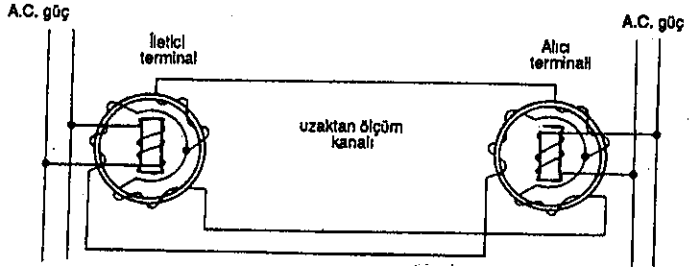
Pozisyon uzaktan ölçüm vericide mevcut olan konumsal bilgiyi alıcıda yeniden üretmek suretiyle bir analog değişken iletimi sağlar. Bu tür aygıtlar pozisyon uzaktan ölçüm sağlamak amacıyla dirençli veya endüktif elemanlı sınırlamalı teknikler kullanır. Şekil 5.28 bir endüktif 'senkro' göstermektedir. Vericiye uygulanan a.c. güç, üç statör sargısında e.m.f.s indükleyip bu e.m.f.s'nin büyüklüğü verici rotorunun pozisyonuna bağlı olarak değişmektedir. Eğer alıcının rotoru, verici rotoru ile aynı yönde olacak şekilde yerleştirilirse alıcının statör sargıları içinde indüklenen e.m.f.s. vericinin statör sargıları içinde indüklenen e.m.f.s ile aynı olacaktır. Bu yüzden ortada herhangi bir sonuç dolaşan akım mevcut değildir. Eğer alıcı rotoru verici roturu ile aynı yönde olacak şekilde pozisyonlandırılmazsa, statör sargıları içindeki dolaşan akımlar bir tork oluşturur ve bu tork alıcı rotorunu verici rotoru ile aynı yönde olacak şekilde hareket ettirir.



Şekil 5.26 4-20 mA'lık akım iletim sistemi.



Şekil 5.27 İki-telli iletim sistemi.



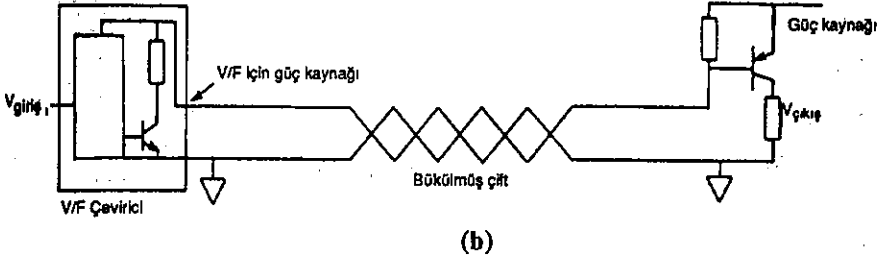
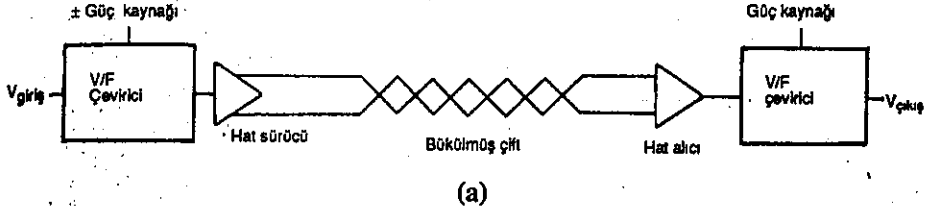
Şekil 5.28 Bir endüktif 'senkro' kullanarak pozisyon uzaktan ölçüm.

5.8 Frekans İletimi

Frekans olarak sinyal iletiminde genlik ve faz özellikleri açısından iletim hattının karakteristikleri daha az önem taşımaktadır. Alım esnasında, sinyal bir sayısal ölçüm temin etmek amacıyla sabit bir zaman süresince sayılabilir. Bu tip sistemlerin ayırma kabiliyeti alınan toplam sinyal sayısı içinde 1 sayım olacaktır. Bu nedenle, yüksek ayırma kabiliyeti için uzun bir zaman periyodunda sinyal saymak gereklidir. Bu yüzden, bu iletim yöntemi hızlı bir şekilde değişen ve çoğullanmış sinyaller için uygun değildir. Diğer taraftan toptan kontrol gibi örneğin, belirli bir süre içinde bir değişkenin toplam bir değerinin gerektiği uygulamalar için uygun bir iletim yöntemidir. Şekil 5.29 (a) bir frekans-iletim sistemini göstermektedir.

Frekans-iletim sistemleri ayrıca iki-telli iletim sistemlerinde de kullanılabilir. Bu sistem Şekil 5.29 (b)'de gösterilmekte olup bu sistemde bükülmüş tel çiftler uzaktaki aygıta hem güç, hem de akım modülasyonu biçiminde frekans sinyali taşırlar. Bu tip sistemlerin frekans aralığı, üzerinden sinyalin iletileceği kanalın band genişliği tarafından kontrol edilir. Ancak AD 458 Analog Aygıtlar gibi ticari olarak bulunabilen entegre devre $V - f$ çeviricileri bir 0-10 V d.c. sinyalini 0-10 kHz veya 0-100 kHz aralığındaki bir frekansa; maksimum $\pm 0,01$ 'lik bir FS çıkışının doğrusal olmama durumu, maksimum ± 5 ppm/K'lik bir sıcaklık katsayısı, ± 10 mV'luk maksimum bir giriş kaydırma gerilimi ve maksimum 30 $\mu V/K$ 'lik bir giriş kaydırma gerilimi sıcaklık katsayısı sağlayacak şekilde çevirir. Tepki zamanı iki çıkış darbesinin 2 μs ile toplamıdır. AD 453 Analog Aygıtları gibi düşük maliyeti $f - V$ çeviricileri 0 ile ± 12 V arasında değişen bir eşik gerilimi ile birlikte 0-100 kHz aralığında bir giriş frekansına sahiptir. Bu tip aygıtlar TTL ve CMOS'lardan elde edilen düşük-

seviyeli ve yüksek seviyeli sinyaller ile kullanılabilir. Çevirici 10 V'luk bir tam ölçü çıkışına ve ± 50 ppm'lik maksimum bir sıcaklık katsayısı ile birlikte FS'nin $\pm \% 0,008$ değerinden daha düşük bir doğrusal olmama durumuna sahiptir. Maksimum tepki zamanı ise 4 ms' dir.



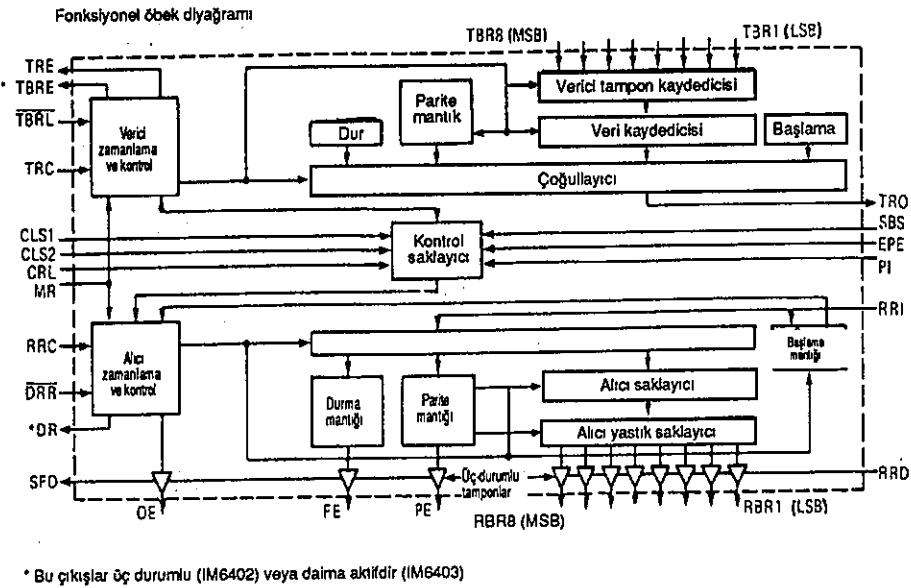
Şekil 5.29 Frekans-iletim sistemi; (b) iki-telli frekans iletim sistemi.

5.9 Sayısal Sinyal İletimi

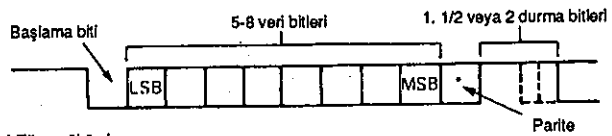
Sayısal sinyaller seri veya paralel iletişimi kullanmak suretiyle iletim hatları üzerinden iletilir. Uzun-mesafeli iletişim için seri iletişim tercih edilen yöntemdir. Seri iletişim eşzamanlı veya eşzamansız olabilir. Eşzamanlı iletişimde, veriler durdurma veya başlatma bilgisi olmaksızın sürekli bir akışa gönderilirler. Eşzamansız iletişim ise, verilerin başlatma ve durdurma bitleri ile çerçevelenmiş bireysel öbekler halinde iletildiği bir iletişim modunu kastetmektedir. Bitler ayrıca hata saptama amacıyla veri akışına da ilave edilirler. Evrensel eşzamansız alıcılı vericiler (UARTS) olarak bilinen entegre devreli aygıtlar; paralel verileri bir bükülmüş çift veya koaksiyel hat üzerinden iletim için uygun olan bir seri biçime çevirmek, seri biçimde veri almak ve parite-bit kontrol ile paralel formata yeniden dönüştürmek için uygun aygıtlardır. Bu tip bir aygıtın şematik diyagramı Şekil 5.30'da verilmektedir.

Bükülmüş-çift ve koaksiyel kabloların yüksek kapasitansları nedeniyle, üzerinden standart 74 seri TTL'nin sayısal sinyalleri iletebildiği hattın uzunluğu tipik olarak 2 Mbit/s 'de 3 m 'lik bir uzunluğa sınırlanır. Bu uzunluk, bir düşük-empedanslı sonlandırılmış hattı süren bir açık-toplayıcı TTL kullanılarak 15 m 'ye çıkarılabilir.

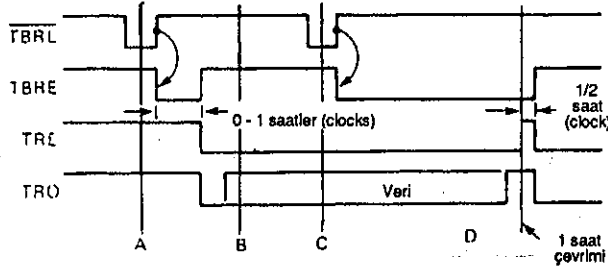
Sayısal sinyalleri uzun hatlar boyunca gönderilebilmek için özel-maksatlı hat sürücü ve alıcı devreler mevcuttur. Texas Instruments SN 75150/NS 75152, SN 75158/SN 75157 ve SN 75156/SN 75157 aygıtları gibi entegre devreli Sürücü/Alıcı kombinasyonları sırasıyla uluslararası EIA standartları RS-232C, RS-422A ve RS-423A'ya karşılık gelmektedirler (bknz. Bölüm 5.9.2).



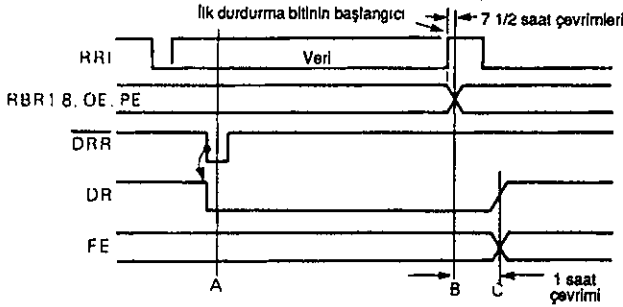
Şekil 5.30 (a) Evrensel eşzamansız alıcılı verici (UART).



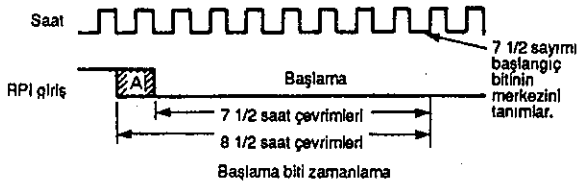
Şekil 5.30 (b) Seri veri formatı.



Şekil 5.30 (c) Verici zamanlama (ölçekli değil).



Şekil 5.30 (d) Alıcı zamanlama (ölçekli değil).



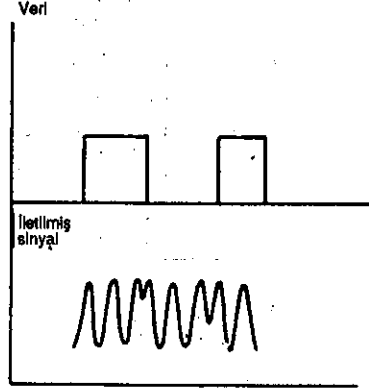
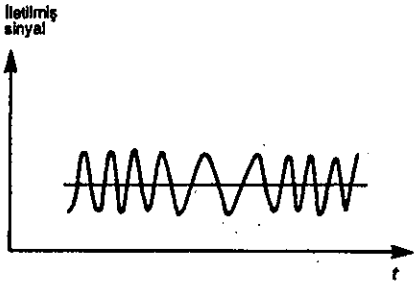
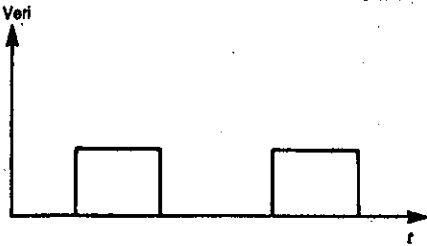
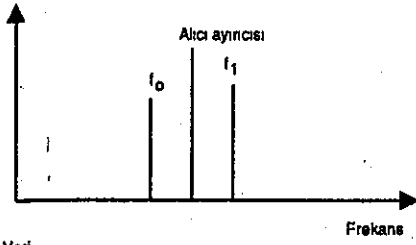
Şekil 5.30 (e) Başlama biti zamanlama (ölçekli değil).

5.9.1 Modemler

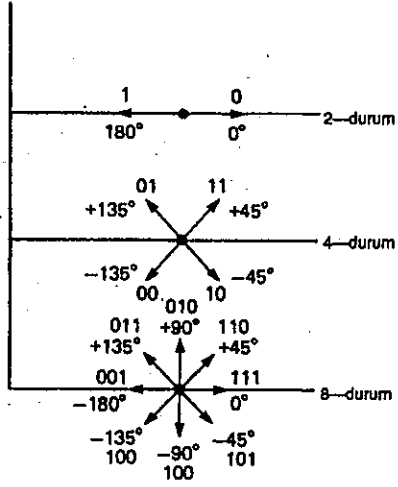
Umumî telefon hatlarının sınırlamalarını yenebilmek amacıyla sayısız sinyaller bu hatlar boyunca bir modem vasıtasıyla iletilirler. Modemler tarafından kullanılan iki modülasyon yöntemi frekans-kaydırmalı anahtarlam (FSK) ve faz-kaydırmalı anahtarlama (PSK)'dir. Genlik-modülasyon teknikleri, genlikteki basamak değişimlerine uygun olmayan hat tepkisi nedeniyle kullanılmazlar. Modemler bir telefon hattı boyunca iki yönde bilgi iletimi için kullanılabilir. Tam dubleks işlem, bilginin her iki yönde aynı anda iletilmesi olayıdır. Yarım dubleks işlemde de bilgi her iki yönde iletilir, ancak bu iletim bir anda sadece bir yönde olacak şekildedir. Tek yönlü (simplex) işlemde ise veri iletimi sadece bir yönde gerçekleşir.

FSK'nın prensibi Şekil 5.31'de gösterilmektedir. FSK, 1 ve 0'ı ifade etmesi için iki farklı frekans kullanır. FSK 1200 bit/s'e kadar olan veri iletim hızları için kullanılabilir. Alıcı, eşliği iki frekansın ortasına ayarlanmış bir frekans ayırıcısı kullanır. Tavsiye edilen frekans kaydırması modüle edici frekansın 0,66'sından daha düşük değildir. Bu nedenle 1200 bit/s 'de çalışan bir modem 1700 Hz 'lik bir merkezi frekansa ve 800 Hz 'lik bir frekans sapmasına sahiptir. Ayrıca burada sıfır (0) 1300 Hz 'lik, bir (1) ise 2100 Hz 'lik bir frekansla ifade edilir. 200 bit/s'lik bir iletim hızında, bir tam-çift yönlü sistem çalıştırma mümkündür. 600 ve 1200 bit/s 'lik hızlarda ise yarım dubleks sistem denetim için kontrol veya düşük-hızdaki dönüş verileri için bir düşük hızlı geri dönüş kanalı kullanılır.

2400 bit/s 'nin üzerindeki bit hızlarında, telefon hatlarının band genişliği ve grup gecikme özellikleri FSK kullanılarak veri iletimini imkânsız hale getirmektedir. Her sinyalin bir bilgi bitinden daha fazla bilgi içermesi gereklidir. Bu faz-kaydırmalı anahtarlama (PSK) olarak bilinen bir işlem ile gerçekleştirilebilir. Bu işlemde bir sabit-genlik taşıyıcının fazı değiştirilir. Şekil 5.3 (a) PSK işleminin prensibini, 5.32 (b) ise PSK'nın bilgi içeriğinin iki-, dört- ve sekiz-durum sistemleri kullanılarak nasıl arttırılacağını göstermektedir. Burada dikkat edilmesi gereken nokta; sinyal elemanlarının sayısının (bu Baud hızı olarak bilinir) veri iletim hızını bit/s cinsinden elde etmek amacıyla durum sayısı ile çarpılmasının gerekli olduğudur. Buna göre 1200 baud 'luk bir Baud hızında çalışan bir sekiz-durumlu PSK, 9600 bit/s 'lik bir hızda iletim sağlayabilir. Bu 9600 bit/sn hızdaki iletim telefon kabloları üzerinden gerçekleştirilebilen en hızlı iletim olup sürekli olarak kullanıcıya tahsis edilmiş olan özel hatlar için amaçlanmıştır. Daha yüksek veri iletim hızlarında, doğru işlem sağlamak ve ayrıca kendi içinde hata düzeltici kodlamaya sahip olmak için hatta uyarlamalı eşitleme uygulamak gereklidir. Modem işlemi için çeşitli düzenlerin ayrıntıları Coates (1982) ve Blackwell (1981)'de bulunabilir. Uluslararası Telefon ve Telgraf Danışma Komitesi (CCITT), telefon hatlarında değişik hızlarda çalışan modem işlem modları için tavsiyelerde bulunmuştur. Bu tavsiyeler V21, V23, V26, V27 ve V29 olarak sınıflandırılmışlardır (bkz Referanslar).



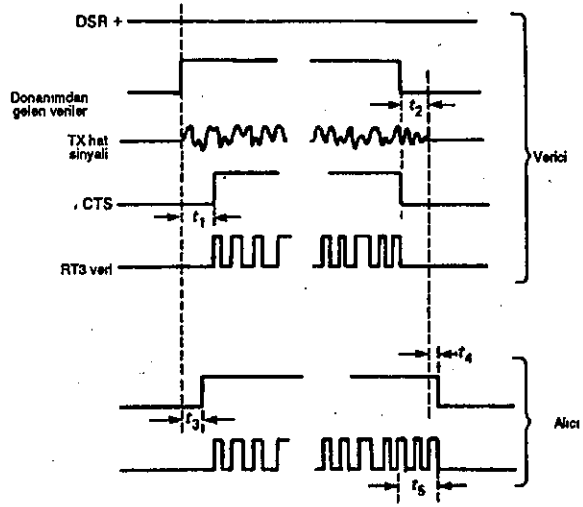
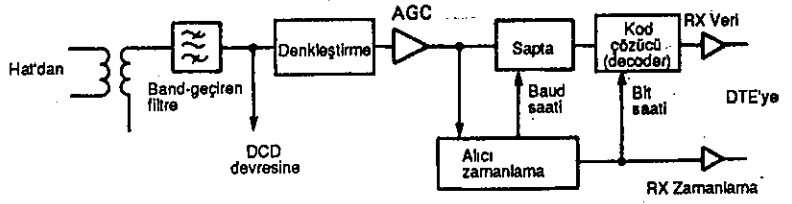
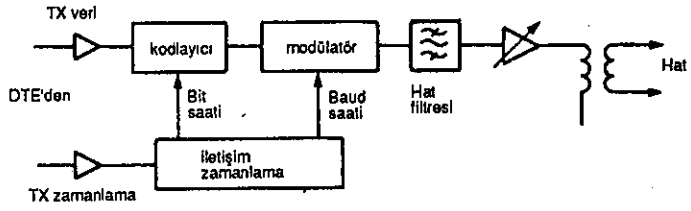
(a)



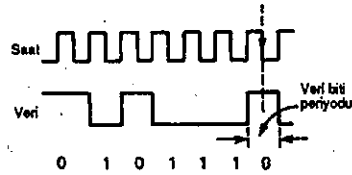
(b)

Şekil 5.31 Frekans-kaydırmalı anahtarlama.

Şekil 5.32 Faz-kaydırmalı anahtarlama olayının prensibi; (b) iki-, dört- ve sekiz -durum-kaydırmalı anahtarlama.



- t_1 = RTS/CTS gecikme
- t_2 = Taşıyıcı kapatma gecikmesi
- t_3 = DCD 'açma' gecikmesi
- t_4 = DCD 'kapama' gecikmesi
- t_5 = Geçersiz veri süresi



Şekil 5.33 Modem çalışma sistemi.

Şekil 5.33 tipik bir modemin operasyonunu ve elamanlarını göstermektedir. Veri kümesi hazır (DSR) sinyali modeme bağlı olan donanımın veri iletmeye hazır olduğunu gösterir. Daha sonra modem hat boyunca veri iletimine başlar. İletimin ilk bölümünde alıcı modem eşzamanlı hale getirilir. Bu işlem için yeterli zaman ayrıldıktan sonra, iletilen modem donanımına bir gönderme için "Temizle" (CTS) sinyali gönderir ve bunu takiben veriler gönderilir. Alıcı da iletim sinyalinin saptanması veri taşıyıcı saptandı (DCD) hattını yüksek seviyeye getirir ve daha sonra iletilen sinyal demodüle edilir.

5.9.2 Veri İletimi ve Arabirim Standartları

Donanım ara bağlantılarının yaratmış olduğu problemleri azaltmak amacıyla seri ve paralel iletim için çeşitli standartlar ortaya konulmuştur. Bir bilgisayar veya bir çevre-birim aleti parçası gibi veri terminal donanımı (DTE) ile bir modem gibi veri iletişim donanımı (DCE) arasındaki seri veri iletimi için genelde kullanılan standartlar; ABD'de Elektronik Endüstrileri Kurumu (EIA)'nın 1969 yılında çıkarmış olduğu RS-232C standardı ve daha yakın zamanlarda yine aynı kurumun RS-422 ve RS-423 standartlarında kapsayan RS-449 standardıdır.

RS-232C standardı; bir donanımın iki parçası arasında elektriksel topraklama, veri değişimi, kontrol ve saat veya zamanlama sinyalleri temin etmek amacıyla kullanılan bir 25-uçlu fiş ve soketin uçlarını isimlendirmek suretiyle bir elektromekanik arabirim tanımlar. Bu standart ayrıca her bir arabirim bağlantısı için uç tahsislerini vermekte olup görülebileceği üzere sadece 2 ve 3 nolu uçlar, veri iletimi için kullanılır. Sürücü için; mantıksal "1", -5 ve -15 V arasında bir çıkış voltajı, mantıksal sıfır ise +5 ve +15 V arasında bir çıkış voltajıdır. Alıcı ise; mantıksal 1'i < -3 V olan giriş gerilimleri için, mantıksal "0"i ise > 3 V olan giriş gerilimleri için saptayarak bu şekilde sisteme 2 V'luk bir minimum gürültü toleransı sağlar. Verinin maksimum iletim hızı 20000 bit/s olup arabağlantı kablosunun maksimum uzunluğu, alıcının 2500 pF'den daha yüksek bir değere sahip olmaması gereksinimi sebebiyle sınırlanır. Bu nedenle müsaade edilen kablo uzunluğu kablonun kapasitansının birim uzunluğuna oranına bağlıdır.

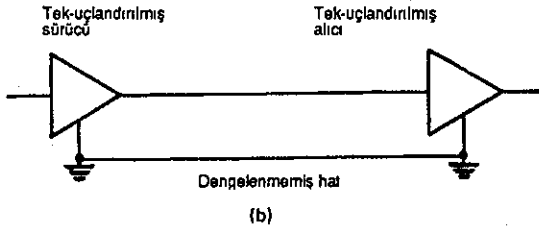
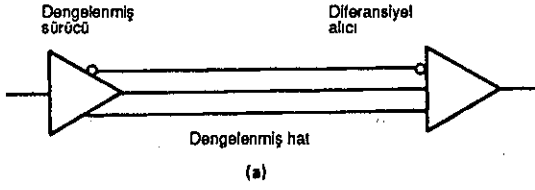
Daha yüksek veri-iletim hızları için kullanılan RS-449 arabirim standardı ise bir 37-uç arabirim uç isimlendirmelerine göre mekanik özellikleri tanımlamaktadır. Bu özellikler Tablo 5.2'de listelenmiştir. Arabirim elektriksel özellikleri diğer iki ilgili standart tarafından verilmektedir. Bu standartlar yukarıda da belirtildiği gibi RS-422 ve RS-423'dür. RS-422 standardı, saptama olayı bir diferansiyel alıcı tarafından gerçekleştirilecek şekilde, bir dengelenmiş diferansiyel sürücü vasıtasıyla iletişimi içermektedir. RS-423 standardı ise bir dengelenmemiş kablo üzerinde bir tek soketli sürücü yardımıyla iletişimi

tanımlamakta olup bu standartta saptama işlemi de bir diferansiyel alıcı ile gerçekleştirilmektedir. Bu iki sistem Şekil 5.34'de gösterilmektedir. Dengelenmiş RS-422 standardı için tavsiye edilen maksimum kablo uzunlukları 90 kbit/s'de 4000 ft, 1 Mbit/s'de 380 ft ve 10 Mbit/s'de 40 ft olarak verilir. Dengelenmemiş RS-423 standardı için ise bu uzunluklar; 900 bit/s'de 4000 ft, 10 kbit/s'de 380 ft ve 100 kbit/s'de 40 ft'dir.

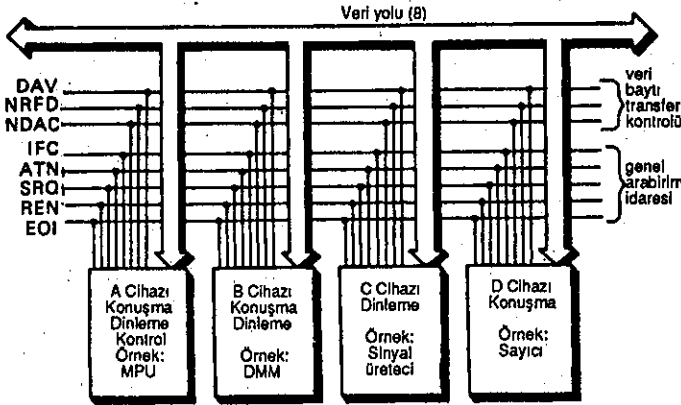
Bu arabirim standartları hakkında daha fazla ayrıntı EIA tarafından yayınlanmış olan standartlarda bulunabilir. Bu standartlar Referanslar bölümünde verilmektedir. Arabirimler konusu 5.ciltte de tartışılmaktadır.

Genelde HPIB veriyolu (Hewlett Packard Arabirim Veriyolu) olarak bahsedilen IEEE-488, bir denetleyici ile veriyolu üzerine bağlı olan cihazlar arasında bir iletişim protokolu ortaya koyan bir standarttır. Veriyolu üzerine bağlı olan cihazlar genelde sayısal voltmetreler, sinyal üreticiler, frekans ölçerler ve spektrum ve empedans analiz cihazlarıdır. Veriyolu maksimum 15'e kadar olmak üzere bu tip cihazların üzerine bağlanmasına imkân tanır. Veriyolu üzerindeki konuşur, dinler veya her ikisini yapan aygıtlar veya en az bir aygıt, kontrolü temin etmelidir. Bu kontrol işlemi genelde bir bilgisayar ile gerçekleştirilir. Veriyolu 15 adet hat kullanır. Bu hatlar için uç bağlantıları ise Tablo 5.3'de verilmektedir. Sinyal seviyeleri TTL ve denetleyici ile aygıt arasındaki kablo uzunluğu 2 m ile sınırlıdır. Veriyolu 1 MH'e kadar bir frekansta çalıştırılabilir. Tipik bir sistem için bağlantı diyagramı Şekil 5.35'de gösterilmektedir. Adresler, program ve ölçüm veri transferleri için sekiz hat kullanılmaktadır. Üç hat ise bir 'el sıkışma' ile veri transferinin kontrolü ve beş hatta genel arabirim yönetimi için ayrılmıştır.

CAMAC (Bilgisayarlı Otomatik Ölçüm ve Kontrol) çoğullanmış bir arabirim sistemi olup, bu sistem sadece bilgisayar sistemi ve çevre aygıtları arasında arabirimleri olarak davranan sistem modülleri arasındaki bağlantılar ve iletişim protokolünü tanımlamaz; aynı zamanda takılabilir modüllerin fiziksel boyutlarını da belirtir. Bu modüller genelde ADC'ler, DAC'ler, sayısal yastıklar, seri-paralel ve paralel-seri çeviriciler ve seviye değiştiriciler'dir. CAMAC sistemi her bir modülün arka kısmında olan 86-yollu bir soket üzerinde 24-bitlik bir paralel veriyolu sunmaktadır. Bu modüllerin 23 tanesi 'kafes' olarak adlandırılan tek bir ünite içine yerleştirilmiştir. Bu ünite ayrıca bir denetleyici (kontrolör) içerir. CAMAC sistemi aslında nükleer endüstri için ortaya konulmuş bir sistem olup şimdi özellikle büyük çoğullama oranının gerekli olduğu sistemler için uygundur. Adreslenen her modül 16'ya kadar alt adreslere sahip olabileceği için, maksimum 368 tane, çoğullanmış girişler / çıkışlar'a haiz olabilir. CAMAC sistemi hakkında daha fazla bilgi Referanslar kısmında verilen Barnes (1981) ve Avrupa Topluluğu Komisyonu tarafından yayınlanan CAMAC standartlarında bulunabilir.



Şekil 5.34 RS422 ve RS423 sürücü/alıcı sistemleri.



Şekil 5.35 IEEE-48 veri yolu sistemi.

S100 veriyolu (IEEE-696 arabirim (IEEE, 1981) olarak da bilinir) yol esaslı sistemler için tasarlanan bir arabirim standardı olup esasında ilk olarak bağdaştırıcı mikro bilgisayar sistemleri için hazırlanmıştır. Bu tip veriyolu hakkındaki ayrıntılar Referanslar kısmında bulunabilir.

Tablo 5.1 RS-232'ye göre uç atamaları

Uç No	Sinyal sembolü	Sinyal kısaltma	Sinyal Tanımı	Kategori
1	AA	-	Koruyucu toprak	Toprak
2	BA	TXD	İletilmiş veri	Veri
3	BB	RXD	Alınmış veri	veri
4	CA	RTS	Gönderme isteği	
	Kontrol			
5	CB	CTS	Göndermek için temizle	Kontrol
6	CC	DSR	Veri kümesi hazır	Kontrol
7	AB	-	Sinyal toprak	Toprak
8	CF	DCD	Alınmış hat sinyal detektör	Kontrol
9	-	-	-	Test için ayrılmış
10	-	-	-	Test için ayrılmış
11	-	-	-	Atanmamış
12	SCF	-	İkincil alınmış hat sinyal detektörü	Kontrol
13	SCB	-	İkincil göndermek için temizle	Kontrol
14	SBA	-	İkincil iletilmiş veri	Veri
15	DB	-	iletim sinyal eleman zamanlama	Zamanlama
16	SBB	-	İkincil alınmış veri	Veri
17	DD	-	Alınmış sinyal eleman zamanlama	Zamanlama
18	-	-	-	Atanmamış
19	SCA	-	İkincil göndermek için iste	Kontrol
20	CD	DTR	Veri terminal hazır	Kontrol
21	CG	-	Sinyal kalite detektörü	Kontrol
22	CE	-	Halka gösterge	Kontrol
23	CH/CI	-	Veri sinyal hız seçicisi	Kontrol
24	DA	-	iletim sinyal eleman zamanlama	Zamanlama
25	-	-	-	Atanmamış

Tablo 5.2 RS-449'a göre uç atamaları

Devre Tanımsatıcısı	Devre ismi	Devre Yönü	Devre tipi
SG	Sinyal toprak	-	Ortak
SC	Ortak gönder	DCE'ye	
RC	Ortak al	DCE'den	
IS	Terminal kullanımda	DCE'ye	Kontrol
IC	Gelen arama	DCE'den	
TR	Terminal hazır	DCE'ye	
DM	Veri modu	DCE'den	
SD	Veri gönder	DCE'ye	Birincil kanal verisi
RD	Veri al	DCE'den	
TT	Terminal zamanlama	DCE'ye	Birincil kanal zamanlama
ST	Gönderme zamanlama	DCE'den	
RT	Alma zamanlama	DCE'den	
RS	Göndermek için talep	DCE'ye	Birincil kanal kontrol
CS	Göndermek için temizle	DCE'den	
RR	Alıcı hazır	DCE'den	
SQ	Sinyal kalitesi	DCE'den	
NS	Yeni sinyal	DCE'ye	
SF	Frekans seç	DCE'ye	
SR	Sinyal hızı seçici	DCE'ye	
SI	Sinyal hız göstergesi	DCE'den	
SSD	İkincil gönderme verisi	DCE'ye	İkincil kanal verisi
SRD	İkincil alma verisi	DCE'den	
SRS	Göndermek için ikincil talep	DCE'ye	İkincil
SCS	Göndermek için ikincil temizle	DCE'den	Kanal
SRR	İkincil alıcı hazır	DCE'den	Kontrol
LL	Yerel geriçevrim	DCE'ye	Kontrol
RL	Uzak geriçevrim	DCE'ye	
TM	Test modu	DCE'den	
SS	Beklemeyi seç	DCE'ye	Kontrol
SB	Bekleme göstergesi	DCE'den	

Tablo 5.3 IEEE-488 arabirime göre uç atamaları

Uç no	İşlev	Uç no.	İşlev
1	DIO 1	13	DIO 5
2	DIO 2	14	DIO 6
3	DIO 3	15	DIO 7
4	DIO 4	16	DIO 8
5	EOI	17	REN
6	DAV	18	6 ile bükülmüş GND
7	NFRD	19	7 ile bükülmüş GND
8	NDAC	20	8 ile bükülmüş GND
9	IFC	21	9 ile bükülmüş GND
10	SRQ	22	10 ile bükülmüş GND
11	ATN	23	11 ile bükülmüş GND
12	Kalkan (toprağa)	24	Sinyal toprak

DIO = Veri giriş-çıkış
EDI = Son Veya tanımla
REN = Uzaktan yetkilendirme
DAV = Veri geçerli
NFRD = Veri için hazır değil
NDAC = Veri kabul edilmez
IFC = Arabirim temiz
SRQ = Bakım talebi
ATN = Dikkât
GND = Toprak

6. GÖSTERİM VE KAYIT

M. L. SANDERSON

6.1 Giriş

Gösterici aygıtlar (göstergeler) enstrümantasyon sistemlerinde bir proses veya sistem ile bir gözlemci (insan) arasında anlık, sürekli olmayan bilgi iletişimi sağlamak amacıyla kullanılır. Veriler, gözlemciye analog veya sayısal bir biçimde sunulabilir. Analog göstergeler iki ölçek değeri arasında bir okuma verdikleri zaman gözlemcinin bu okumanın ara değerini bulmasını gerekli kılar, bu ise, gözlemci açısından bir miktar kabiliyet gerektiren bir durumdur. Bununla beraber bu tip göstergeler; özellikle birçok kaynaktan alınan verilerin bir değerlendirilmesinin hızlı bir şekilde yapılması gerekli olduğu zaman sisteme veya prosese genel bir bakış ve eğilimlerin gösterimini sağlaması açısından kullanışlıdır. Sayısal biçimde sunulan veriler gözlemci açısından az bir beceri gerektirir. Ancak ölçülen miktarın değerinin herhangi bir şekilde yanlış okunması küçük bir hata yanında kolaylıkla büyük bir hataya da sebebiyet verebilir.

Sayısal göstergeler kullanarak bir proses veya sistem içindeki (örneğin; bir proses veya sistemin normal çalışma koşullarından sapması gibi), eğilimleri gözlemek ve bunları hızlı bir şekilde değerlendirmek çok daha zordur. Analog ve sayısal göstergeleri birarada bulunduran karma göstergeler her ikisinde avantajlarını birleştirir.

En basit göstergeler sabit bir ölçek üzerinde hareket eden bir ibre; sabit bir ibre etrafında hareketli bir ölçek veya yarısaydam bir şeritin bir ölçek üzerinde hareket ettiği bir çubuk-grafik'ten meydana gelmiştir. Bu aygıtlar oynar elemanın hareketini sağlamak için mekanik veya elektromekanik vasıtalar kullanır. Ayrıca göstergeler; ışık-yayan diyotlar (LED'ler), sıvı-kristalli göstergeler (LCD'ler), plazma göstergeler ve katot-ışını tüpleri (CRT'ler) gibi aydınlatıcı aygıtlar ile teçhiz edilebilirler. Bu çeşitli gösterim tekniklerinin mekanizmaları ve konfigürasyonları Tablo 6.1'de verilmektedir.

Kayıt ise; bilginin basılı kopyasının grafik veya alfasayısal bir biçimde elde edilmesini veya daha sonra değerlendirilmek, gösterilmek veya basılı kopya haline dönüştürülmek üzere bir format içine saklanmasını sağlar. Grafik formundaki bilginin basılı kopyası grafik kayıt cihazları ile elde edilir. x-t kayıt cihazları bir veya daha fazla değişken ile zaman arasındaki ilişkileri verebilirler. Diğer taraftan x-y kayıt cihazları ise sadece iki değişken arasındaki ilişkinin elde edilebilmesini sağlar. Bu kayıt cihazları yazıcı kafaları için genelde bir geri besleme formunda analog veya sayısal sürücü mekanizmalarına sahiptir. Basılı kopya değişik teknikler kullanılarak elde edilebilmekte olup bu tekniklere örnek olarak; normal kağıt üzerine mürekkep kalem veya vuruşlu

Tablo 6.1 Yaygın olarak kullanılan gösterim teknikleri

Gösterim tekniği	Mekanizma	Konfigürasyon
Göstergeler		
Hareketli ibre	Sabit bir ölçek üzerinde ibrenin mekanik/elektromekanik hareketi	Yatay/dikey, düz, kavisli, dairesel veya bölümlü ölçekler, kıl çizgi veya ok şeklindeki ibreler
Hareketli ölçek	Ölçeğin mekanik/elektromekanik hareketi. Gösterme kadranının sabit bir ibreye göre konumu ile sağlanır.	Hareketli ibre veya hareketli tamburlu göstergeler, sayısal tamburlu göstergeler
Bar grafik	Gösterme dikey veya yatay bir kolonun yüksekliği veya uzunluğu ile ifade edilir.	Mekanik olarak hareketi sağlanan şerit veya LED veya LCD elemanlı hareketli kolon
Aydınlatıcı göstergeler		
Işık-yayan diyotlar	Bir ileri-sürülmüş yarı iletken diyot içinde meydana gelen tekrar birleşme elektriksel ışıldaama (elektrolüminesans) çıkışı	Lambalar, çubuk-grafikler, 7-ve-16-bölümlü alfa sayısal göstergeler, nokta matris göstergeler olarak sınıflandırılmış kırmızı, sarı, yeşil renkli göstergeler
Sıvı kristalli göstergeler	Bir elektriksel alanın bir sıvı kristalli hücre üzerinde uygulanması sonucunda iletilmiş-yansımış ışığın yoğunluğunun modülasyonu	Yansıtıcı veya iletici göstergeler, çubuk-grafik göstergeler, 7-ve-16-bölümlü alfasayısal göstergeler, nokta matris göstergeler
Plazma göstergeler	Bir neon gazı boşalımının yaratmış olduğu katot parlaklığı	Nixie tüpleri, 7-bölümlü göstergeleri, plazma paneller
CRT göstergeler	Fosfor tarafından tarayıcı elektron demetinin enerjisinin ışığa dönüştürülmesi	Renksiz ve renkli tüpler, saklayıcı tüpler, analog, saklayıcı, örnekleme veya sayısallaştırıcı osiloskoplar VDU'lar, grafik göstergeler

yazım veya özel olarak hazırlanmış kâğıtlar üzerine termal, optik veya elektrikli yazım teknikleri verilebilir. Verilerin alfasayısal olarak kayıt işlemi ise; silindir, golf topu, papatyatekerlek veya nokta matris kafalar kullanan yazıcı vuruşlu yazım teknikleri veya mürekkep-jet, termal, elektrikli, elektrostatik, elektromanyetik veya lazer yazıcılar gibi vuruşsuz-yazım teknikleri ile gerçekleştirilebilir.

Daha sonra kullanılmak üzere saklanacak verilerin kaydı manyetik veya yarı iletken veri saklama sistemlerini kullanarak gerçekleştirilebilir. Manyetik bantlı kayıt cihazları analog veya sayısal verilerin saklanması için kullanılır. Geçici/dalga şekli kayıt cihazları (bu cihazlar aynı zamanda 'dalgaşekli sayısallaştırıcılar' olarak da adlandırılır) genelde bilgiyi yarı iletken hafızalar üzerine saklar. Veri kayıt sistemleri ise, disk veya bant üzerine manyetik saklama ve yarıiletken hafıza tekniklerini kullanabilir. Tablo 6.2 yaygın olarak kullanılan kayıt sistemlerinin tekniklerini ve konfigürasyonlarını vermektedir.

Bir enstrümantasyon sistemindeki bilginin gösterimi ve kaydedilmesi gözlemci ile izlenen sistem veya proses arasında bir insan/makina arabirimi (MMI) temin eder. Bilginin gözlemciye mümkün olduğunca açık ve kesin ve ayrıca kolayca değerlendirilebilecek bir biçimde verilmesi çok büyük önem arz etmektedir. Doğruluk, hassasiyet ve tepki verebilme hızı gibi cihazın performansı için gerekli standart kriterlere ilave olarak bilginin görünürlüğü, okunabilirliği ve organizasyonu ve sunuş biçimi gibi ergonomik faktörler de önemli unsurlardır.

6.2 Göstergeler

Hareketli-ibrelü göstergeler (Şekil 6.1) ibre dikey veya yatay olarak monte edilmiş sabit bir ölçek üzerinde hareket eder. Bu ölçek dikey veya kavisli olabilir. İbrenin hareketi basınç göstergelerinde olduğu gibi mekanik olarak veya hareketli bir bobin kullanmak suretiyle elektromekanik yollarla sağlanır. (Bu tip hareketlerin elde edilmesi hakkında ayrıntılı bilgi *Cihaz Teknolojisi*, 3. Cilt, Elektriksel ölçümler bölümünde bulunabilir). İbre bir bıçak kenarı şeklinde, saydam bir elemanın her iki kenarına bir hat çekilmiş biçimde veya sivri okucu şeklinde olabilir. İbreler, cihaz farklı açılardan bakılarak okunduğunda okuma hataları minimum olacak şekilde tasarlanırlar. Hassas bir çalışma için bu tür okuma hataları ibrenin arkasına bir ayna bağlanmak suretiyle engellenebilir. Ölçek üzerine ilave ibreler konabilir. Bu ilave ibreler önceden saptanmış bir noktanın veya alarm limitlerin değerlerini ölçek üzerinde göstermek amacıyla kullanılabilir.

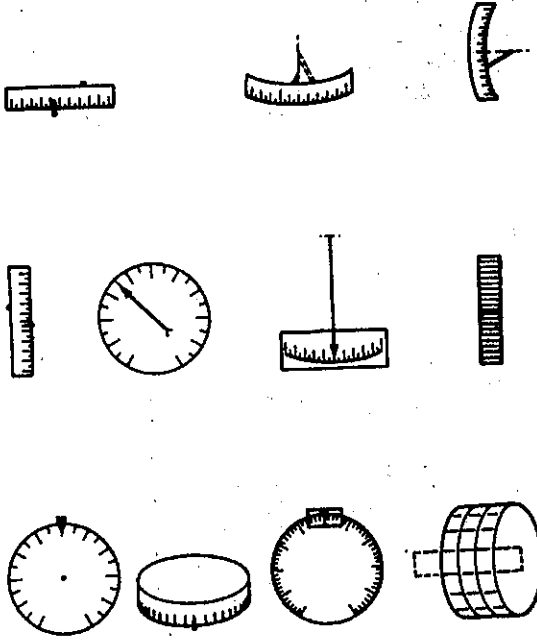
Bu tip cihazlar üzerindeki ibre ölçekleri, maksimum bir netlik verecek şekilde tasarlanmalıdır. BS 3693 standardı tavsiye edilen ölçek formatlarını vermektedir. Bu standarta göre; analog bir göstergenin ölçek taban uzunluğu

Tablo 6.2 Yaygın olarak kullanılan kayıt teknikleri

<i>Kayıt Sistemi</i>	<i>Teknik</i>	<i>Konfigürasyon</i>
Grafik kayıt cihazları	Mürekkepli kalemler, vuruşlu yazıcılar, termal, optik ve elektrikli yazım gibi teknikleri kullanarak verilerin grafik formlarda basılı bir kopyasının sağlanması	Tek/çok kanallı x-t şeritli ve dairesel kayıt cihazları, galvanometre kayıt cihazları, analog ve sayısal x-y kayıt cihazları, sayısal çiziciler
Yazıcılar	Vuruşlu veya vuruşsuz yazım tekniklerini kullanarak verinin alfasayısal biçimde kopyasının elde edilmesi	Silindirik, golf topu, papatya tekerlek veya nokta matris yazıcı kafalar kullanan dizisel vuruşlu yazıcılar. Tambur, zincir kayışı, salımlı çubuk, tarak ve iğne yazıcı kafalar kullanan satır yazıcılar. Termal, elektrikli, elektrostatik, manyetik mürekkep-jet, elektrofotografik ve lazer yazım tekniklerini kullanan vuruşsuz yazıcılar
Manyetik kayıt	Bilgi saklamak amacıyla bir altlık üzerindeki manyetik partiküllerin manyetizasyonunun kullanılması	Analog veya sayısal verilerin saklanabilmesi için doğrudan, frekans modülasyonu veya darbe kod modülasyonu tekniklerini kullanan manyetik bant kayıt cihazları. Bobinden bobine veya kasete kayıt cihazları. Sayısal verilerin saklanabilmesi için flopi veya kalıcı diskler
Geçici kayıt cihazları	Yüksek-hızdaki geçici dalgalarının saklanabilmesi için bir yarı iletken hafızanın kullanılması	Analog-sayısal dönüştürme tekniklerini kullanan tek/çok kanallı aygıtlar. Yarı iletken hafızaya aktarılmadan evvel verileri yakalamak için optik tarama tekniklerini kullanan yüksek-hızlı geçici kayıt cihazları
Veri kayıt cihazları	Cihazın ön panelinden programlanabilen fonksiyonlara sahip veri-elde etme sistemi	Sınırlı mantıksal veya matematiksel fonksiyonlara sahip, bir dizi analog veya sayısal girişler için sınıflandırılmış: LED- LCD, CRT kullanan dahili göstergeler. Nokta matris mürekkep veya termal veya elektrikli yazım teknikleri ile verilerin basılı kopyası. Bant veya manyetik saklama vasıtasıyla verilerin saklanması

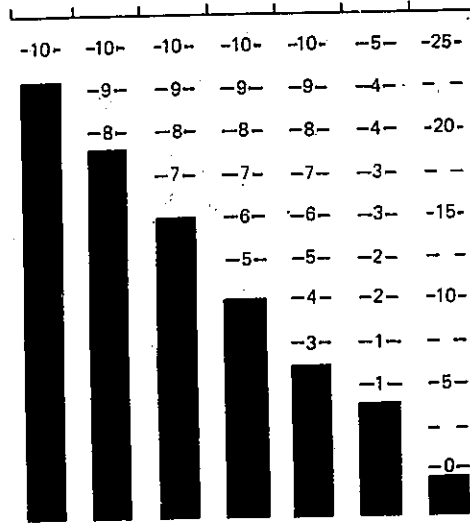
en az $0,07 D$ olup burada D bakış mesafesidir. $0,7$ m'lik bir mesafede minimum ölçek uzunluğu 49 mm olmalıdır. Bu $0,7$ m'lik mesafe gözüün uyumunun dinlenme durumunda olduğu mesafedir. Analog göstergelerin okunabilmesi için gözlemcinin okumalar arasında interpolasyon yapması gereklidir. Gözlemcilerin iki ölçek bölmesi arasındaki mesafeyi beş parçaya bölebildikleri tatbiki olarak gösterilmiştir. Bir ölçeğin $\% 1$ FSD içinde okunabilmesi için 20 ana bölüme ayrılması gereklidir. Elektromekanik göstergeler için doğruluk ise BS 89 tarafından $\pm \% 0,05$ FSD'den $\pm \% 5$ FSD'ye kadar olacak şekilde dokuz aralığa ayrılır. İnsan gözü 20 Hz'in üzerindeki değişiklikleri fazla izleyemediğinden görsel gösterimler için hızlı bir tepki gerekli değildir. Göstergeler genelde $1-2$ Hz'e kadar frekans tepkileri temin ederler.

Ölçeğin sabitlenmiş bir ibre etrafında hareket ettiği hareketli-ölçekli göstergeler ise uzun ölçek uzunluklarına sahip göstergelere imkân verir. Bu tip göstergeler de Şekil 6.1'de gösterilmektedir.



Şekil 6.1 Hareketli-ibrelili ve hareketli-ölçekli göstergeler.

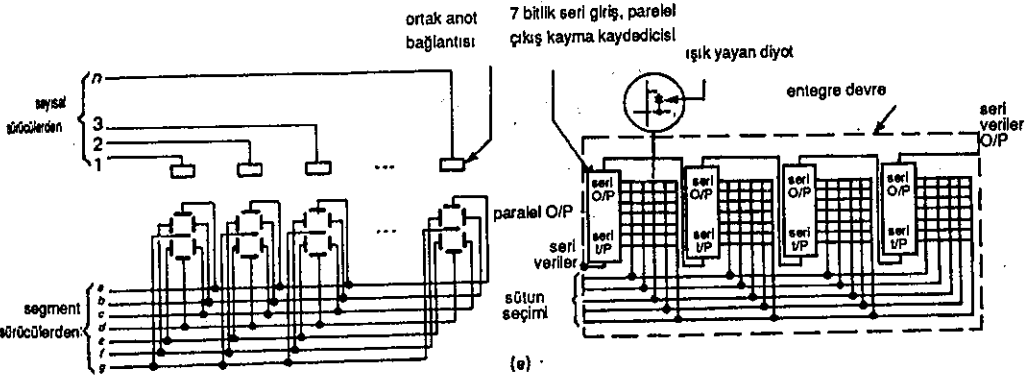
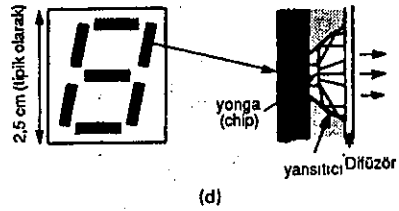
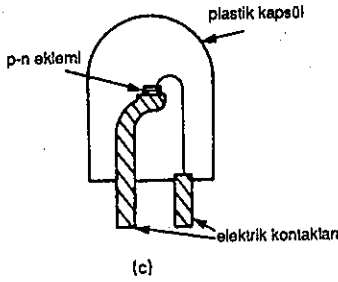
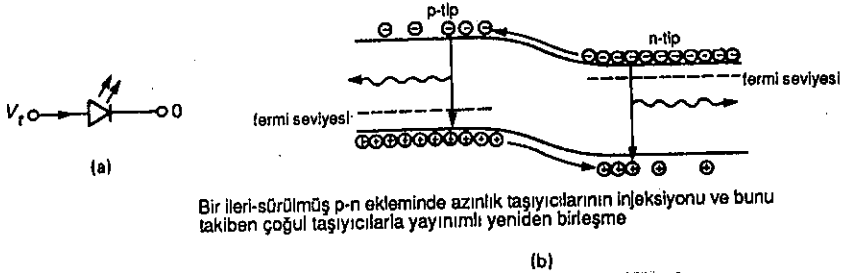
Bar grafik göstergelerde (Şekil 6.2); bir yarısaydam şerit, ölçek üzerinde hareket eder. Şeritin üst kısmı ölçülen miktarın değerini gösterir ve bu şerit genelde mekanik bir tel ile hareket ettirilir. Çeşitli şekillerde düzenlenmiş LED ve LCD'ler bar grafik göstergelerin yerine kullanılabilir.



Şekil 6.2 Bar-grafik göstergeler.

6.3 Işık-Yayan Diyotlar (LED'ler)

Şekil 6.3 (a) ve 6.3 (b)'de gösterilen bu aygıtlar tekrar birleşme (enjeksiyon) elektriksel ışıltama kullanır ve bir ileri-sürülmüş p-n ekleminden meydana gelir. Bu p-n eklemünde, eklem her iki tarafından gelen çoğul taşıyıcılar dahili potansiyel engelini aşarak diğer yandaki malzeme içine girer ve burada azınlık taşıyıcılar haline dönüşerek bölgesel azınlık taşıyıcı miktarını değiştirir. Sayısı artmış azınlık taşıyıcılar eklemden dışarı doğru uzaklaştıkça tekrar birleşme oluşur. Eğer tekrar-birleşme ışınım ile sonuçlanırsa elektriksel ışıltama meydana gelir. Yayınmış ışınımın dalga boyu malzemenin band genişliğinin tersi ile orantılıdır. Bu yüzden ışınımın görülebilen bölgede bulunması için band genişliğinin 1,8 eV'dan daha büyük olması gereklidir.



Şekil 6.3 Işık-yayan diyotlar.

$GaAs_{0,6}P_{0,4}$ (galyum arsenid fosfid) 650 nm 'de kırmızı ışık yayar. Bu bileşikteki fosfor oranını arttırmak ve ayrıca bileşiği azot ile aşlamak suretiyle yayınan ışığın dalga boyu azaltılabilir. $GaAs_{0,15}P_{0,85}N$ bir portakal renkli ışık kaynağı sağlar. $GaAs_{0,15}P_{0,85}N$ ise 589 nm 'de sarı ışık yayar. Azot ile aşlanmış galyum fosfid de 570 nm 'de yeşil ışık yayar. LED malzemelerin dahili kuantum verimleri yüksek olabilmesine rağmen, harici kuantum verimleri çok düşük olabilir. Bunun nedeni ise; malzemelerin yüksek bir kırılma indisini sahip olması ve bu yüzden yayınan ışınımın önemli bir bölümünün kritik açının üzerinde bir açıyla malzeme/hava arayüzüne çarpması ve tamamıyla içe doğru yansımasıdır. Bu olay Şekil 6.3 (c)'de de görüldüğü gibi diyotun genelde epoksi reçineden bir yarımküre şeklindeki kapak içine alınmasıyla önlenebilir. Yedi-bölmümlü bir gösterge içindeki bir LED elemanın konstrüksiyonu Şekil 6.3 (d)'de gösterilmektedir.

Yeşil renkte ışık yayan diyotların harici kuantum verimleri kırmızı ışık yayan diyotlara kıyasla biraz daha düşük olma eğilimi gösterir. Diğer yandan aynı çıkış gücü için, insan gözünün hassasiyetinden dolayı yeşil ışık yayan diyotlar daha yüksek bir ışıklı yoğunluğa sahiptir.

LED elemanlar için gerekli olan akım genelde 10-100 mA arasında değişmektedir. Kullanılan aygıtta bağlı olarak ileri diyot gerilim düşüşü 1,6-2,2 V arasındadır. LED'lerin çıkış ışık şiddetleri de birkaç milikandela'dan yüz milikandela üzerindeki bir değere kadar olabilir. Ayrıca görme açıları $\pm 60^\circ$ 'ye kadardır. Bir LED göstergenin beklenen kullanım ömrü yirmi yıl olup bu süre zamanında çıkış gücünde % 50'lik bir azalma görülebilir.

LED'ler; lambalar, yedi-ve onaltı bölümlü alfasayısal göstergeler ve nokta matris formatları (Şekil 6.3 (e)) halinde bulunabilirler. Alfasayısal göstergeler verilerin ASCII veya onaltılı kod formunda girilebilmesini sağlayan bir plaka üzerindeki kodlama mantığına sahiptir.

6.4 Sıvı Kristalli Göstergeler (LCD'ler)

Bu tür göstergeler, pasif olup bu yüzden kendilerinden ışınım yaymaz, ancak yansımış veya iletilmiş ışığın modülasyonuna bağlıdır. Sıvı kristalli göstergeler, sıvı kristaller olarak bilinen geniş bir sınıftaki organik malzemelerin optik özelliklerinden istifade eder. Sıvı kristaller çubuk şeklinde moleküllere sahip olup bu moleküller sıvı durumda bile birbirlerine ve ayrıca bir katı arayüzeye göre belirli yönlendirmelerde bulunabilir. LCD'ler genelde p-azoksiyanisole gibi yapılarında moleküllerinin uzun eksenleri boyunca hemen hemen birbirlerine paralel olacak şekilde düzenlendiği nematik sıvı kristalleri kullanır. Moleküllerin bu şekilde bir yönlendirmesi Şekil 6.4 (a)'da verilmektedir. Bu tür malzemeler yüksek oranda anizotropi gösterirler. Diğer bir deyişle

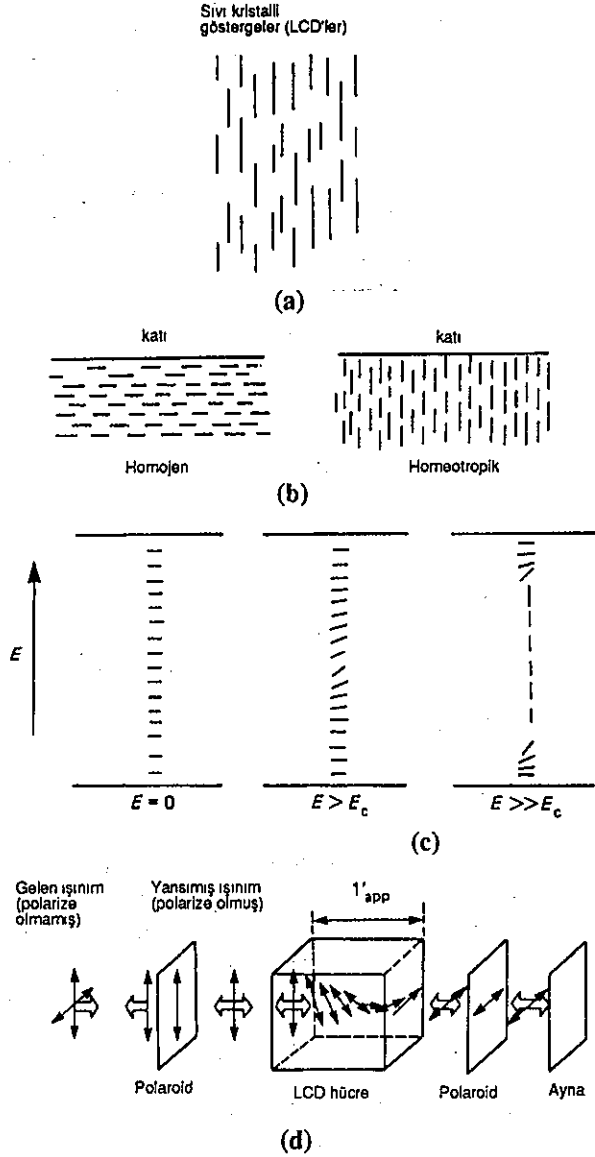
farklı yönlerde yine farklı optik ve diğer özelliklere sahiptir. Katı-sıvı arayüzünde kristalin düzeni Şekil 6.4 (b)'de görülebileceği gibi homojen (moleküller arayüzeye paralel olarak yönelmiş) veya homeotropik (moleküller dik olarak yönelmiş) olabilir. Eğer bir sıvı kristal bir elektrik alanı uygulanmaksızın iki plaka arasına yerleştirilip daha sonra bir elektrik alan uygulanırsa, bu durumda moleküller enerjilerini mümkün olduğunca azaltmak için bu alana göre yönlenecektir. Şekil 6.4. (c)'de gösterildiği gibi, E elektrik alan herhangi bir E_c kritik değerinden daha düşük ise moleküllerin oriyantasyonunda herhangi bir değişiklik meydana gelmez, ancak $E > E_c$ durumunda uzakta olan moleküller yeniden yönelir. Elektrik alan değerleri $E \gg E_c$ olduğunda ise moleküllerin büyük bir çoğunluğu yeniden yönlenecektir.

Tipik bir yansıtımlı LCD, bir bükülmüş nematik (nematic) hücreden oluşup bu hücrenin duvarları moleküller homojen bir düzende 90° dönmüş bir durumda olacak şekilde ayarlanmıştır (Şekil 6.4. (d)). Kristalin çift kırılma özelliğinden dolayı; girişte ilk yönelme doğrultusunda polarize olan ışık hücreyi 90° dönmüş olarak polarizasyona uğradığı doğrultuda terkedecektir. Kritik elektrik alan değerinin üzerinde bir elektrik alan uygulandığında (10 μm kalınlığındaki bir hücre için kritik gerilim genelde 3 V) moleküller uygulanan elektrik alan doğrultusunda yönelir. Daha sonra polarize ışık herhangi bir dönmeye maruz kalmaz. Eğer hücre herhangi bir elektrik alan uygulanmaksızın iki polaroid parça arasına yerleştirilirse, polarizörlerin her ikisi de ışığın içlerinden geçişine izin verir ve bu yüzden gelen ışık ayna tarafından yansıtılır ve gösterge parlak gözükür. Gerilimin uygulanması ile polarizörler çaprazlanır ve bu yüzden ışık yansıtılmaz ve gösterge karanlık gözükür. 150:1'lik kontrast oranları elde edilebilmektedir.

D.C. gerilimleri elektromekanik reaksiyonlar sebebiyle genelde LCD'lerde kullanılmaz. A.C. gerilimleri uygulanan gerilimin rms değerine karşılık gelen bir tepkiye sahip hücrede kullanılır. A.C.'nin frekansı 25 Hz-1 kHz aralığındadır. LCD göstergelerin güç tüketimi düşük olup 5 V için genelde 0,3-0,5 μA 'dır. Optik anahtarlama zamanı tipik olarak 100-150 ms 'dir. LCD göstergeler -10°C 'dan $+70^\circ\text{C}$ 'a kadar olan bir sıcaklık aralığında kullanılabilir.

Polarizasyon aygıtları hücreden yansıtılabilecek maksimum ışık miktarını sınırlar. Ayrıca görüş açısı da yaklaşık olarak $\pm 45^\circ$ 'ye sınırlanır. Görüş açısının değeri, polarizasyon doğrultusu uzun eksenine paralel olan ışığı absorblayan iki renkli boya ile birlikte kullanılan sıvı kristaller tercih edilerek iyileştirilebilir. Bu tür göstergeler, polarizasyon filtreleri gerektirmez ve $\pm 90^\circ$ 'lık bir görüş açısı sağladıkları iddia edilmektedir.

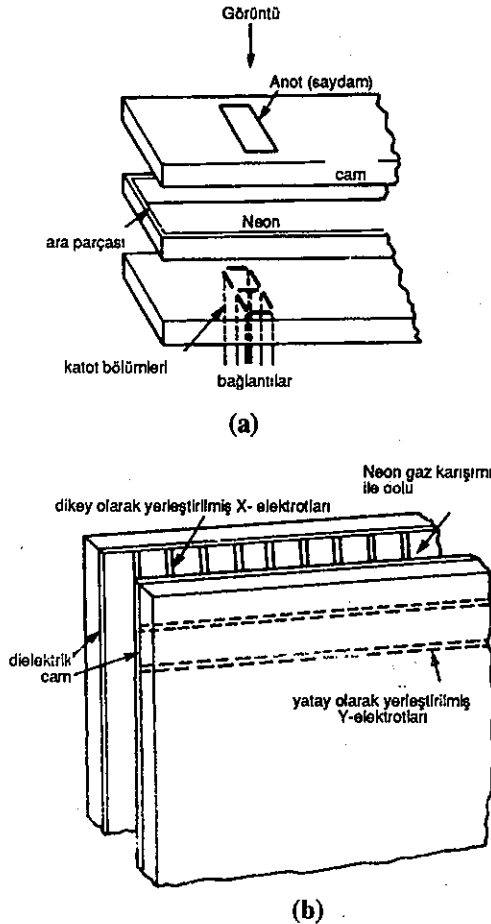
LCD 'ler; çubuk grafik, yedi-bölümlü, nokta matris ve alfasayısal gösterge paneli konfigürasyonlarında bulunabilir.



Şekil 6.4 Sıvı kristalli göstergeler. (a) Nematik kristallerin düzeni; (b) Sıvı kristal/katı arayüzeyindeki düzen; (c) bir sıvı kristal hücreye bir elektriksel alanın uygulanması; (d) Bükülmüş bir Nematik hücreye sahip yansıtıcı LCD.

6.5 Plâzma Göstergeler

Bir plâzma gösterge Şekil 6.5 (a)'dan görülebileceği gibi neon gazı ile doldurulmuş ve bu gaza göstergenin deşarj özelliklerini iyileştirmek amacıyla Argon, Kripton ve Civa ilaveleri yapılmış bir cam muhafaza ve bu muhafaza ya bağlanmış bir anot ve katottan oluşmuştur. Muhafaza içindeki gaz, anot ve katot arasına yaklaşık 180 V 'luk bir gerilim uygulamak suretiyle iyonize edilir. Gazın iyonizasyonu meydana geldiği zaman katot bölgesinde portakal/sarı renkte bir ışık parıldaması oluşur. İyonizasyon oluştuğundan sonra iyonizasyonu sürdürebilmek için gerekli gerilim yaklaşık 100 V 'a azaltılabilir.



Şekil 6.5 Plâzma gösterge (a) Yedi-bölümlü gösterge; (b) plâzma panel

İlk plâzma gösterge 'Nixie' tüpü olup bu göstergede 0-9 arasındaki rakamlardan her biri için ayrı bir katot mevcuttu. Günümüzde ise plâzma göstergeler Şekil 6.5 (a) ve 6.5 (b)'de de gösterildiği gibi yedi-bölmümlü göstergeler veya plâzma paneller halinde mevcuttur. Yedi-bölmümlü göstergeler her biri bölüm için ayrı bir katot kullanır. Plâzma panel ise, örneğin; 512 x 512 dikey ve yatay x ve y elektrotlarından oluşur. Bu özel x ve y elektrot çiftlerine gerilimler uygulamak suretiyle (x, y) olarak verilen noktadaki gerilimlerin toplamı iyonizasyon potansiyelini açacak şekilde) noktada bir parıldama elde edilecektir. Gösterge tüm elektrotlara parıldamayı sürdürecektir potansiyelle eşit sürekli a.c. gerilimleri uygulayarak çalıştırılır. İyonizasyon ise seçilmiş çiftlere darbeler göndererek sağlanır. Belirli bir noktadaki parıldama elektrotlara karşıfaz gerilimleri uygulanarak söndürülür.

Plâzma deşarj ile elde edilen gösterge, geniş bir görüş açısına sahiptir, geri aydınlatmaya ihtiyaç göstermez ve titreşmez. Tipik bir 50 mm'lik yedi-bölmümlü gösterge yaklaşık olarak 2 W 'luk bir güç tüketimine sahiptir.

6.6 Katot Işını Tüpleri (CRT'ler)

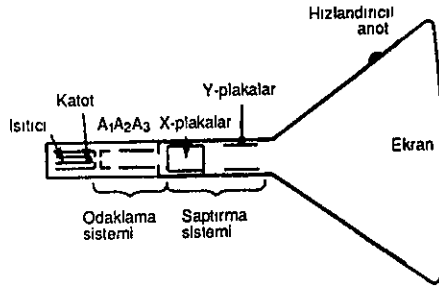
CRT'ler tekrarlı veya geçici dalga şekillerinin gösterimi için yaygın bir biçimde tercih edilen osiloskoplarda kullanılır. Katot ışını tüpleri ayrıca görsel gösterim üniteleri (VDU'lar) ve grafik gösterim ünitelerinin temelini teşkil eder. Bu tüplerde gösterim, elektron demetinin çarptığı noktada elektron demetinin enerjisinin fosfor tarafından ışığa dönüştürülmesi ile sağlanır.

Bir CRT havası boşaltılmış bir cam muhafaza olup içindeki hava basıncı 10^{-4} pascal'dan daha düşüktür (Şekil 6.6). Baryum, Stronsiyum ve Kalsiyum oksitlerle kaplı bir termiyonik nikel katot dolaylı olarak yaklaşık 1100°K 'e ısıtılır ve bu şekilde elektronlar neşretmesi sağlanır. Ekran yüzeyine çarpan elektronların sayısı ve buna bağlı olarak göstergenin parlaklık kontrolü katodu çevreleyen bir kontrol kafesi üzerine uygulanan potansiyel ile ayarlanır. Elektronların içinden geçebileceği küçüklikte bir deliğe sahip olan kontrol kafesi katoda göre 0-100 V arasında negatif bir potansiyelde tutulur. Elektron demeti önce genelde katoda göre 300 V'luk pozitif bir potansiyelde tutulan bir anottan (A_1) geçer, sonra odaklanır, hızlandırılır ve saptırılır.

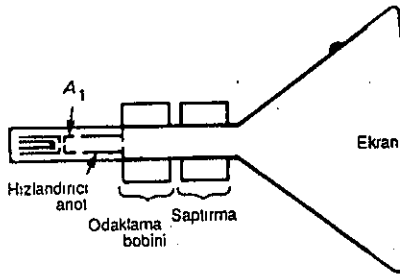
Elektron demetinin odaklanması ve saptırılması elektrostatik veya manyetik olarak gerçekleştirilebilir. Şekil 6.6 (a)'da gösterilen elektrostatik sistemde, merkezlerinde bir açıklık bulunan disk şeklindeki bölmelerden oluşmuş silindirik odaklama anodu (A_2) ilk anot (A_1) ile hızlandırıcı anot (A_3) arasında bulunup katoda göre 3-4 kV'luk bir potansiyelde tutulmaktadır. A_2 üzerindeki potansiyeli A_1 ve A_3 üzerindeki potansiyellere göre ayarlamak suretiyle elektron demeti elektronlar tüp eksenini boyunca hareket edecek şekilde odaklanır Manyetik bir odaklama sisteminde ise, tüp etrafındaki manyetik alan

bobinleri , elektronlar üzerinde bir kuvvet alanı yaratarak elektronların eksen etrafında helezonik olarak aynı zamanda içe doğru hareket etmelerini sağlar. Manyetik odaklama yöntemini kullanarak elektrostatik odaklamaya kıyasla daha küçük nokta çapı elde etmek mümkündür. Yatay ve dikey doğrultuda elektron demetinin sapması, ekran üzerindeki aydınlatılmış noktanın yerini kaydırır. Manyetik sapma, daha yüksek bir sapma kabiliyeti sağlar; bu yüzden CRT 'ler televizyon, alfasayısal ve grafik göstericiler için kullanılır. Manyetik saptırma, osiloskoplarda yaygın olarak kullanılan elektrostatik saptırma sistemine kıyasla daha yavaştır.

Elektron demetinin hızlandırılması, bir hızlandırıcı elektrotun (A_2) kullanılması (bu tip tüpler tek hızlandırıcı, tüpler olarak adlandırılır) veya CRT ekrana yakın bir yere yerleştirilmiş olan bir son-saptırıcı anot üzerine yüksek bir potansiyel 10-14 kV) uygulanması ile gerçekleştirilir. Son-saptırıcı hızlandırma (PDA) olarak bilinen bu teknik daha yüksek ışık çıkışı ve saptırma hassasiyetine sahip olan tüplerin elde edilmesini sağlar.



(a)



(b)

Şekil 6.6 Katot ışını tüpü. (a) Elektrostatik odaklama ve saptırma; (b) Elektromanyetik odaklama ve saptırma.

CRT'nin ön ekranı bir fosfor tabaka ile kaplıdır. Belli bir aralıkta fosforlar mevcut olup belirli bir durum için hangisinin kullanılacağı rengine, gerekli olan lüminesans verimine ve bozunum müddetine bağlı olarak saptanmaktadır. Tablo 6.3 yaygın bir biçimde kullanılan bazı fosforların özelliklerini vermektedir.

Tablo 6.3 Yaygın olarak kullanılan fosforların özellikleri (Tektronix'den alınmıştır).

Fosfor	Fluoresans parlaklık (%)	Nisbi ^a (Relative)	Nisbi ^b (Relative)	Bozunum	yanma direnci	Yorumlar
			fotoğrafik yazım hızı (%)			
P1	Sarı-yeşil	50	20	Orta	Orta	Çoğu uygulamalarda yerine P31 kullanılır
P4	Beyaz	50	40	Orta /kısa	Orta /yüksek	Televizyon göstergeler
P7	Mavi	35	75	Uzun	Orta	Uzun bozunum süreli, çift-tabakalı ekran
P11	Mavi	15	100	Orta /kısa	Orta	Fotoğrafik uygulamalar için
P31	Yeşil	100	50	Orta /kısa	Yüksek	Genel amaçlar için, en parlak fosfor

^a Standart bir göz filtresine sahip bir parlaklık sondası ve fotometre ile ölçülmüştür. Referans olarak P31 fosforlu 10 kV'lık alüminyumlaşmış ekran örnekleri.

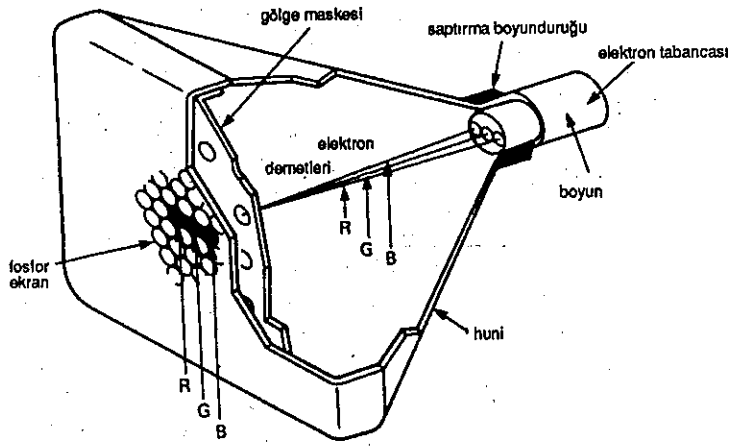
^b Referans olarak Polaroid 612 veya 106 film ile P11 10 kV'lık alüminyumlaşmış ekran örnekleri

6.6.1 Renkli Göstergeler

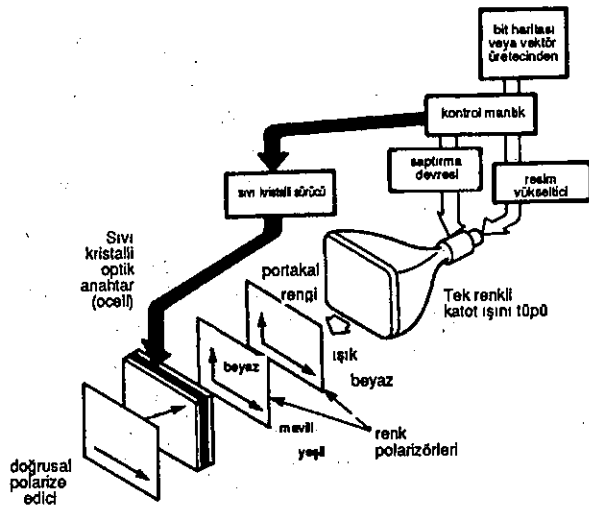
Renkli göstergeler, üçlü fosfor nokta gruplarını kullanan bir ekrana sahiptir. Bu üç noktanın her biri için fosfor malzemesi ana renklerden (kırmızı, yeşil, mavi) birini yayacak şekilde seçilir. Tüp, ekrana yakın bir şekilde yerleştirilmiş, içinde delikler olan bir metal ekrandan oluşmuş bir gölge maskesi ve üç adet elektron tabancasından meydana gelmiştir (Şekil 6.7 (a)). Tabancalar elektron demetleri gölge maskesinin yüzeyinde kesişecek şekilde pozisyonlandırılmışlardır. Elektron demetleri , gölge maskesinden geçtikten sonra birbirlerinden ayrılarak ekran yüzeyine çarpar. Bu çarpışma esnasında ekran üzerinde çarpma bölgesindeki fosforlardan sadece birine enerji verilir. Bir dizi rengin elde edilmesi işlemi, elektron demet akımlarının düzenlenmesi suretiyle üç ana rengin nisbi yoğunluklarının ayarlanması ile sağlanır. Renkli göstergelerin ayırma gücü genelde tek renkli göstergelerden daha düşüktür. Çünkü renkli göstergelerde kullanılan teknik, renk elde etmek için üç adet fosfora ihtiyaç göstermektedir. Ayrıca gölge maskesinin fosfor ekran ile pozisyonlarının ayarlanması da önemli bir noktadır. Tüp, girişime neden olan manyetik alanlara karşı hassastır.

Renkli bir gösterim elde etmenin diğer bir yolu elektron demetinin penetrasyonunun demetin sahip olduğu enerjiye bağlı olarak değiştiği gerçeğinden yararlanan penetrasyon fosforlarını kullanmaktır. Bir tanesi ışık yaymayan bir kaplama halinde olmak üzere iki fosfor kullanarak gösterimin rengini elektron demetinin enerjisini ayarlamak suretiyle değiştirmek mümkündür. Sabit renklere sahip statik göstericiler için bu teknik , iyi bir ayırma gücü kabiliyeti sağlar ve ayrıca bu tip göstericiler girişim yaratan manyetik alanlara karşı fazla bir hassasiyet göstermez.

Sıvı kristalli göstergeler iki ayrı emisyon pikine sahip bir fosfor kullanır (Şekil 6.7 (b)). Bu piklerden birisi portakal rengi, diğeri ise mavili-yeşil'dir. Renk polarizörleri CRT emisyonunun portakal ve mavili-yeşil elemanlarını dikey olarak polarizasyona uğratar ve sıvı kristalli hücre polarlanmış portakal ve mavili-yeşil bilgiyi doğrusal polarizörün iletim eksenine çevirir ve bu şekilde göstergenin rengi seçilir. Portakal ve mavili-yeşil bilginin döndürülmesi; ardışık olarak adreslenen CRT tarafından gösterilen bilgi ile eşzamanlı bir biçimde olacak şekilde gerçekleştirilir. Farklı renkli polarlama (kutuplama) filtreleri vasıtasıyla izlenen bilginin birbiri ardına gösterimleri insan gözü tarafından renkli görüntüler verecek şekilde bütünlenir. Bu ardışık teknik fosfor içinde mevcut iki temel rengin tüm karışımlarını elde etmek için kullanılabilir



(a)

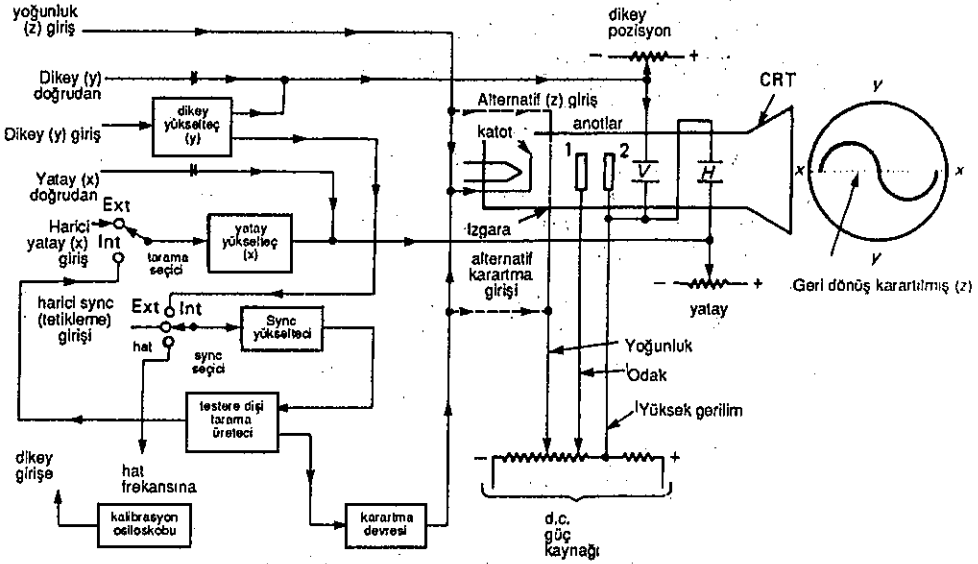


(b)

Şekil 6.7 Renkli göstergeler (a) gölge koruma renk tüpü, (b) Sıvı kristalli renkli göstergeler.

6.6.2 Osiloskoplar

Osiloskoplar kabaca analog, saklayıcı, örnekleme ve sayısallaştırıcı osiloskoplar olarak sınıflandırılabilir. Şekil 6.8 tipik bir analog osiloskopunun kısımlarını göstermektedir. Zamanın bir fonksiyonu olarak gözlemlenecek olan sinyaller osiloskopun dikey (Y) plakalarına tahsis edilir. Dikey sistemin giriş bölümü, 20 V/cm 'lik tipik bir saptırma hassasiyetine sahip olan osiloskopun saptırma plakasının sürme gereksinimleri için gerekli bu sinyallerin gerilim seviyelerini karşılamaktadır. Giriş bölümünün bağlantısı d.c veya a.c olabilir.



Şekil 6.8 Analog osiloskop.

Dikey sistemin önemli karakteristikleri olarak band genişliği ve hassasiyet sayılabilir. Band genişliği genel olarak, düşük frekanslardaki değeri ile kıyaslandığında genlikte 3 dB'den daha düşük bir kayıp değeri ile gösterilebilen en yüksek frekans ile ifade edilir. Bir osiloskobu bir basamak girişe yükselme süresi (T_r) ile band genişliği (B) arasındaki ilişki; $T_r = 0,35/B$ ile verilebilir. Bir dalga şeklinin yükselme zamanını % 2'den daha iyi bir hassasiyetle ölçmek için; osiloskobun yükselme zamanının, dalga şeklinin yükselme zamanının 0,2'sinden daha düşük olması gereklidir. Band genişlikleri 1 GHz'e kadar olabilen analog osiloskoplar mevcuttur.

Saptırma hassasiyeti mV/cm, mV/div veya $\mu V/cm$, $\mu V/div$ cinsinden ifade edilen bir osiloskobun doğru bir şekilde ölçebileceği en küçük sinyalin bir ölçüsüdür. Tipik olarak, dikey sistem için en yüksek hassasiyet değeri

10 $\mu\text{V}/\text{cm}$ 'dir. Yükselticinin kendisi veya alıcı tarafından üretilen gürültü seviyeleri geniş band ölçümlerinde daha yüksek olduğu için band genişliği ile hassasiyet arasında bir ödünleşim mevcuttur. Yüksek-hassasiyetli osiloskoplar orta yükseklikteki frekanslarda düşük-seviyeli sinyallerin gösterimini daha iyi hale getirmek amacıyla band genişliğini sınırlayıcı kontroller sağlayabilirler.

Mukayese amacıyla, birden fazla girişin aynı anda izlenmesi sıklıkla gerekli bir olaydır. Bu ise çift-iz veya çift-demet yöntemleri kullanılarak sağlanabilir. Çift-iz yönteminde demet iki giriş sinyali arasında anahtarlanır. Gösterenin karşılıklı taramaları iki sinyalden biri için kullanılabilir veya tek bir süpürmede gösterge iki sinyal arasında bölünebilir. Bölme işlemi 1 mHz'e kadar olan frekanslarda gerçekleştirilebilir. Bu iki yöntemin her ikisi de hızlı geçici ölçümler için sınırlamalara sahiptir. Bunun sebebi değişimli yöntemde bir geçici sinyal gösterilirken diğeri bir kanal üzerinde meydana gelebilir. Bölünmüş gösterenin bölünme hızı izlenebilecek sinyallerin frekans aralığını sınırlar.

Çift-demetli osiloskoplar ise birbirinden bağımsız iki elektron demeti ve ayrıca dikey saptırma sistemleri kullanır. Bu tip osiloskoplar iki sinyalin farklı tarama hızlarında gösterilebilmesi için ortak bir yatay sistem veya iki adet yatay sisteme sahiptir. Bir iki-demet sistemini bölme işlemi ile birlikte kullanmak suretiyle sekiz tane kadar olmak üzere girişe sahip sistemler elde etmek mümkündür.

Y girişleri üzerinde genelde sağlanan diğer fonksiyonlar; bir kanalın yerini değiştirmek veya iki giriş sinyalinin farkını alarak sonucu göstermek gibi kolaylıklardır. Bu ise her iki sinyal üzerinde bulunan, istenmeyen ortak mod sinyallerinin geri çevrilmesini sağlar.

Zamanın bir fonksiyonu olarak sinyallerin gösterilebilmesi için, yatay sistem osiloskobun X plakasına tepkiyi bastırmak için gerekli karartma dalga şekilleri ile beraber bir testere dişi gerilim temin eder. Gerekli olan tarama hızı izlenen dalga şekli ile saptanır. 200 ps/div kadar düşük tarama hızları elde edilebilir. Zaman ölçümlerinde tarama; tekrarlı bir gösterim sağlayacak şekilde sürekli veya yatay sistemin bir tek tarama sağlaması için uyarımı sonucu elde edilen bir tek görüntü olabilir. Tekrarlı modda kararlı bir görüntü sağlamak için görüntü dahili olarak dikey yükselteçten veya harici olarak sinyal tetikleme-yi kullanarak veya ölçülecek sinyali başlatarak eşzamanlı hale getirilir. Osiloskopların çoğu harici bir kaynaktan X plakalarını sürerek örneğin; bir Lissajous şekli gibi şekillerin gösterilebilmesi için yardımcı fonksiyonlara sahiptir.

Gecikmiş tarama, taramanın tetikleme işleminden belli bir zaman sonra başlamasını sağlar. Bu gecikmiş tarama fonksiyonu, dalga şeklinin bir bölümünün büyütülmesi amacıyla zaman tabanı (timebase) ile beraber kullanılabilir.

Tetikleme sistemi, kullanıcıya dahili tetikleme durumunda bir veya daha fazla sayıda giriş sinyalleri veya taramanın başlatılacağı harici tetikleme durumunda bir tetikleme sinyali üzerinde bir pozisyon tayin etme imkânı sağlar. Tetikleme seviye kontrollerinin sağlamış olduğu tipik kolaylıklar; otomatik (bu dalgaşeklinin ortalama seviyesinde tetikleme sağlar) ve tetikleme seviyesi ve yön kontrolü'dür. Bunun anlamı ise tetiklemenin pozitif giden sinyaller için belirli bir sinyal seviyesinde gerçekleşeceğidir.

6.6.3 Saklayıcı Osiloskoplar

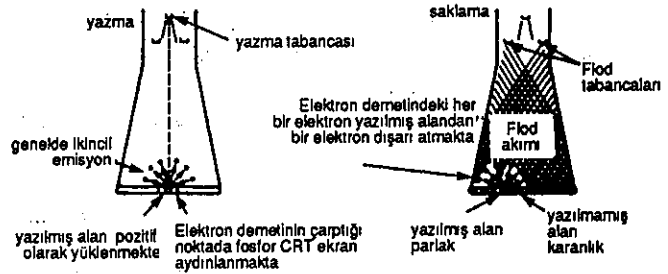
Saklayıcı osiloskoplar, çok yavaş veya çok hızlı ve geleneksel bir osiloskop için nadir olan sinyallerin gösterimi için kullanılır. Bu tip osiloskoplar ayrıca farklı zamanlarda meydana gelen olayları mukayese etmek amacıyla da tercih edilir.

Saklayıcı osiloskoplarda kullanılan teknikler; iki yönde kararlı, değişken üsteleyici saklama (variable persistence storage), hızlı transfer saklama veya hızlı transfer saklamanın iki yönde kararlı veya değişken persistans tekniğinin bir kombinasyonu olarak sayılabilir. Saklama kabiliyeti esasen yazma hızıyla tayin edilir. Yazma hızı ise genelde $\text{cm}/\mu\text{s}$ veya $\text{div}/\mu\text{s}$ cinsinden ifade edilir.

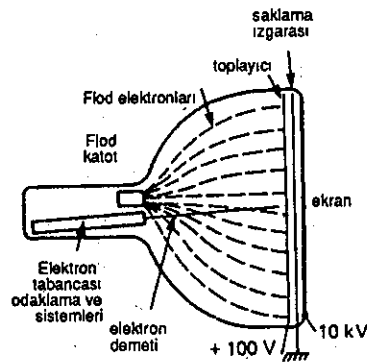
Bir iki yönde kararlı CRT'deki fosfor 'yazılmış' ve 'yazılmamış' olmak üzere iki durumda bulunabilir. Şekil 6.9 (a)'dan görülebileceği üzere yazım esnasında, üzerine yazılan fosforlu alanlarda fosfor pozitif olarak yüklenir. Flod tabanca elektronları, yazılmamış alana da çarpar, ancak hızları bu alanı aydınlatamayacak kadar yavaştır. Diğer yandan, yazılmış alanlarda pozitif yüklü fosfor, elektronları kendine doğru çeker ve bu elektronlara yeterli hız kazandırarak fosforun aydınlatılmış olarak kalmasını temin eder. Ayrıca bu sayede yazılmış alanın pozitif yüklü kalması için yeterli miktarda ikincil elektronları bu bölgeden uzaklaştırır. Bir iki yönde tüp, saklanmış verileri sadece bir yoğunluk seviyesinde gösterir. Bu tip tüplerin kontrastları diğer tekniklere kıyasla daha düşük olmasına rağmen parlaklık, uzun süreli (10 saat'e kadar) bir gösterim sağlar. İki yönde kararlı tüpler genelde $0,5 \text{ cm}/\mu\text{s}$ 'lik düşük bir yazma hızına sahiptir. Ekranın bir bölümünde verilerin saklandığı, diğer bölümünde ise yeni verilerin yazıldığı bölünmüş-ekran işlemi bir iki yönde kararlı CRT kullanmak suretiyle gerçekleştirilebilir.

Şekil 6.9 (c)'de gösterilen değişken üsteleyici CRT ekranı geleneksel bir CRT'nin ekranına benzer. Saklayıcı ekran bir dielektrik yalıtkan ile kaplı ince bir metal izgaradan oluşur. Bir toplayıcı ve bir iyon-itiçi ekran saklayıcı ekranın arka yüzeyine yerleştirilmiştir. Bir yazıcı tabanca kullanıldığı zaman elektronların yalıtkan üzerinden kaldırılması vasıtasıyla pozitif bir iz saklayıcı ekran üzerine yazılmış olur. Bu elektronlar ise toplayıcı ekran tarafından toplanır. Dielektrik yalıtkanın pozitif olarak yüklenmiş bölgeleri düşük

hızdaki elektronlara karşı saydamdır. Flod tabanca tüm ekranı düşük hızdaki elektronlar ile bombardıman eder. Bu elektronlar saklayıcı ekranın sadece saydam bölgelerine nüfuz edebilir. Bu şekilde saklayıcı ekran flod tabancası için bir şablon görevi yapar. Izgara üzerindeki yük, oluşturulan iz ile arka zemin arasındaki kontrastı değiştirerek ve ayrıca saklama dalga şekli ile arka zemin arasında yüksek bir kontrast sağlar. Bu yöntem dalga şekillerinin sadece tekrarlamalar arasındaki geçen süre kadar saklanabilmesini temin eder. Bu yüzden sürekli olarak güncellenen bir gösterimin elde edilebilmesine imkân tanır. Sistem tepkilerinde meydana gelen zaman değişimleri böylece gözlenebilir. Ayrıca, tüm izler için ortak olmayan gürültü veya seğirmeler saklanmayacağı veya gösterilmeyeceği için tekrarlı sinyallerin integresyonu sağlanabilir. Düşük tekrarlama hızlarına ve hızlı yükselme zamanlarına sahip olan sinyaller, ardışıl tekrarlamaların iz parlaklığı oluşturmasına müsade edilerek gösterilebilir. Değişken üstleyici saklama için yazma hızı, genelde $5 \text{ cm}/\mu\text{s}$ 'dir. Buna ilaveten saklama zamanı ise 30 s'dir.



(a)



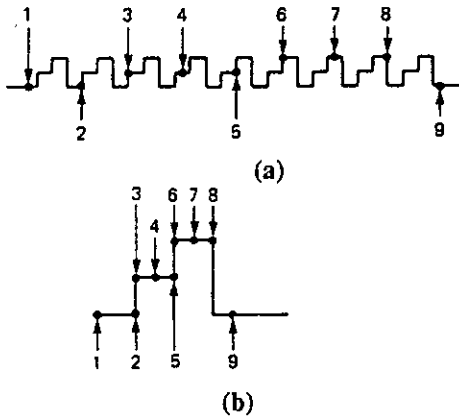
(b)

Şekil 6.9 Saklayıcı CRT'ler. (a) İki yönde kararlı; (b) Değişken üstleyici.

Hızlı aktarımlı saklama; hız için optimize edilmiş olan bir ara ızgara hedef kullanır. Bu hedef dalga şeklini tutar ve daha sonra uzun süre saklamak amacıyla optimize edilmiş olan diğer bir ızgaraya transfer eder. Bu teknik 5500 cm/ μ s'ye kadar yüksek bir yazma hızı sağlamaktadır. Transfer hedefinden saklama, iki yönde kararlı veya değişken üsteleyici vasıtasıyla yapılır. Hızlı değişkenli üsteleyici, hızlı iki yönde kararlı, değişken üsteleyici veya iki kararlı işlem ile saklama fonksiyonlarından herhangi birinin seçiminin kullanıcının isteğine bağlı olduğu osiloskoplar mevcuttur. Bu tür osiloskopların yazma hızları belirli bir aralıkta değişmekte olup saklama zamanı ile birlikte bu değerler; hızlı değişkenli üsteleyici fonksiyonu için 5500 cm/ μ s ve 30 s ve iki kararlı saklama fonksiyonu için ise, 0,2 cm/ μ s ve 30 dk arasında değişmektedir.

6.6.4 Örnekleme Osiloskopları

Analog osiloskoplarının üst frekans sınırı, tipik olarak 1 GHz'dir. Bu frekansın üzerinde olan tekrarlı sinyallerin gösterimi için örnekleme teknikleri kullanılır. Bu sayede frekans sınırı yaklaşık olarak 14 GHz'e kadar arttırılabilir. Şekil 6.10'dan görülebileceği üzere ardışıl dalga biçimlerinin farklı kısımlarından örnekler alınır. Dalga şeklinin örneklenmesi ardışık veya rasgele olabilir. Alınan örnekler zamana göre uzatılırlar, daha sonra nispeten düşük band genişliğine sahip yükselteçler tarafından yükseltir ve en son olarak da gösterilir. Elde edilen gösterim örneklenmiş dalga şekli ile aynıdır. Örnekleme osiloskopları genel olarak 20 ps/cm'den daha az eşdeğer bir zaman tabanında 30 ps'den daha kısa bir zamanda meydana gelen pik genlikteki 5 mV'den düşük olayları ayırt etme kabiliyetine sahiptir.



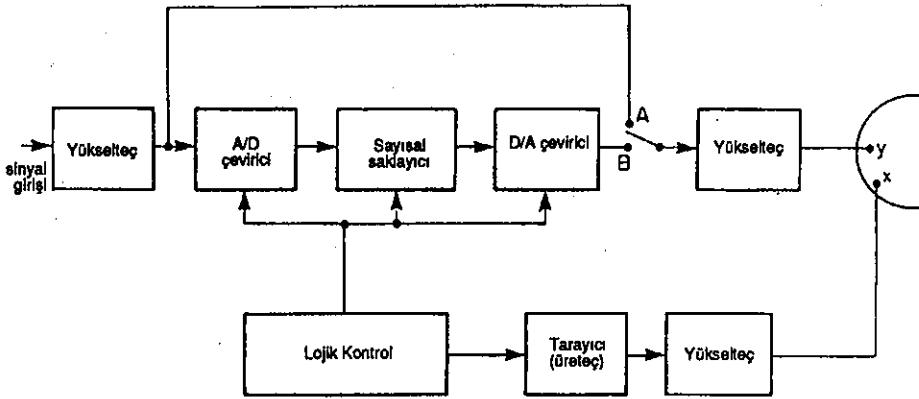
Şekil 6.10 Örnekleme osiloskopları.

6.6.5 Sayısallaştırıcı Osiloskoplar

Sayısallaştırıcı osiloskoplar tek bir veya düşük-tekrarlı sinyaller üzerindeki ölçümler için kullanılmada faydalıdır. Bu tip osiloskoplar sayısal saklama tekniklerini kullanarak temiz, canlı gösterimler sağlar. Elde edilebilir görüntülerde herhangi bir zayıflama veya flulaşma oluşmaz. Ayrıca verilerin sayısal hafızada saklandığı için saklama süresi sınırsızdır.

Şekil 6.11 bir sayısallaştırıcı osiloskobun elemanlarını göstermektedir. kanalı örneklenir, sayısal bir biçime çevrilir ve saklanır. Tipik bir sayısal laştırıcı osiloskop aynı anda iki kanalın da örneklenmesini sağlayarak 100 MHz'lik bir çift-kanallı saklama ve her kanal üzerinde bir $1 K \times 8$ bit saklama besleyecek şekilde 8-bit ADC temin edebilir. Numune alma hızı zaman tabanlı aralığına bağlıdır, ancak bu hız $5 s/div$ 'de 20 örnek/s'den, $1 \mu s/div$ 'de 100 M örnek /s' kadar olan bir aralıkta değişebilir. Mukayeseli veriler için sıklıkla ilave saklayıcılar sağlanır.

Bu modlar; saklanmış verilerin ve göstergenin tetiklenmiş tarama ile yenilendiği bir yenileme modunu, yeni verinin ekranın sağ tarafından giriş sağlayan ve veri ile göstergenin sürekli olarak yenilendiği yuvarlama modunu, verinin sürekli olarak yenilendiği fakat göstergenin tetiklemeden sonra yenilendiğinin hızlı yuvarlama modunu, tek bir tetikleme yakalamasını sağlayan tut ve bırak modunu, saklayıcının % 25, 75 veya 100'ünün ön tetikleme sinyaline tahsis edildiği ön tetikleme modunu ve göstergenin aniden dondurulduğu bir gösterge tutma modunu içerir.



Şekil 6.11 Sayısallaştırıcı osiloskop.

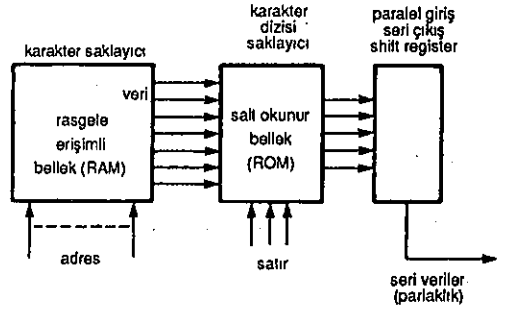
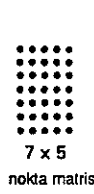
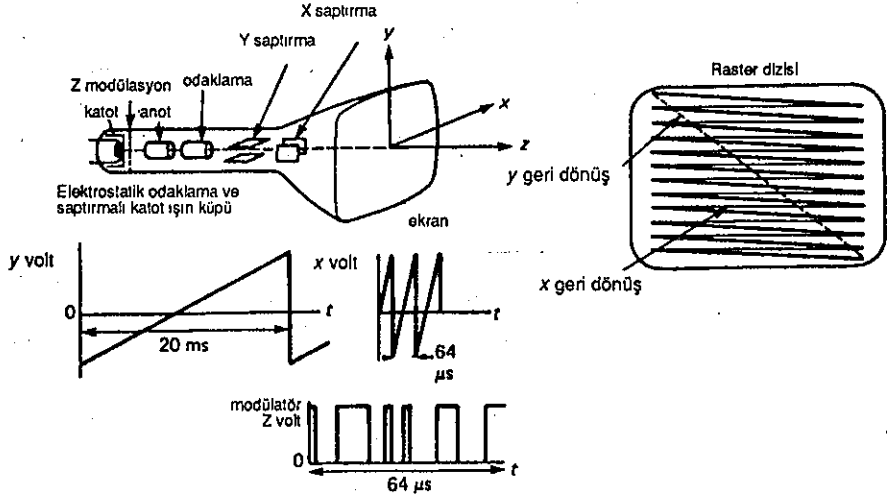
Bir bilgisayar sistemi ile iletişim genelde bir IEEE-488 arabirimi vasıtasıyla sağlanır. Bu arabirim bir harici denetleyiciye gönderilecek olan saklanmış veriler için yüklenilecek aygıtın programlanmasını sağlar. Ayrıca gerekli ise gösterim için aygıtın yeni veriler almasını temin eder. Sayısallaştırıcı osiloskoplar bir analog x-y çizici üzerinde saklanmış verilerin basılı kopyasını sağlamak içinde çıkış temin edilebilir.

6.6.6 Görsel Gösterim Üniteleri (VDU'lar)

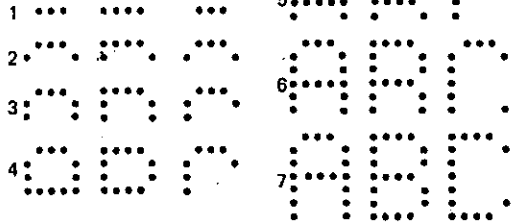
Bir klavye ve CRT göstergeden meydana gelen VDU; bir MMI olarak bilgisayar esaslı enstrümantasyon sistemlerinde yaygın bir biçimde kullanılmaktadır. Alfasayısal VDU göstergeler Şekil 6.12'de gösterilen yineli tarama tekniğini kullanırlar. Tipik bir VDU 80 karakterli 24 hatta sahiptir. Karakterler bir 7x5 nokta matristen meydana gelir. Bu nedenle tek bir metin satırı ve her karakter pozisyonu için yedi tane tarama hattı gerekli olmaktadır. Karakterler arasındaki boşluk bir noktaya eşit olup hatlar arasındaki boşluk ise bir veya iki yineli taramaya eşittir.

Elektron demeti ilk tarama hattını taradığında her bir karakter için sırasıyla nokta matrisin ilk sırası elde edilir. Bu ise elektron demeti şiddetini modüle etmek için kullanılır. İkinci yineli taramada ise nokta matris gösteriminin ikinci sırası taranır. Yedi adet yineli tarama metnin bir satırını oluşturur. Bu işlem 24 hattın herbiri ve saniyede 50 kerelik tipik bir hızda tekrarlanan toplam çevrim için tekrarlanır.

Ekran üzerinde gösterilecek olan karakterler karakter saklayıcı içine 7-bit ASCII kodu olarak saklanır. Bu karakter saklayıcı 7 bitlik 24x80 kelime olarak düzenlenmiştir. Karakter saklayıcısının 7-bitlik kelime çıkışı bir karakter paterni ROM adresler. ROM'ye ikinci bir giriş ise nokta matris paterninin hangi sırasının gerekli olduğunu saptar. Bu patern bir paralel çıkış olarak sağlanıp daha sonra CRT'nin parlaklık kontrolüne tatbik edilmek üzere dizisel forma dönüştürülür. Tek bir tarama için; karakter paterni ROM, hat üzerindeki 80 adet karaktere karşılık gelen ASCII kodları tarafından birbirini arkasına adreslenirken satır-seçme girişleri sabit kalır. Bir karakter sırası oluşturmak için ASCII kodlarının sırası aynı kalır, fakat ardışıl yineli taramalarda ise karakter paterninin (ROM) satır adresi değişir.



Karakterlerin ardışık bir biçimde oluşması.



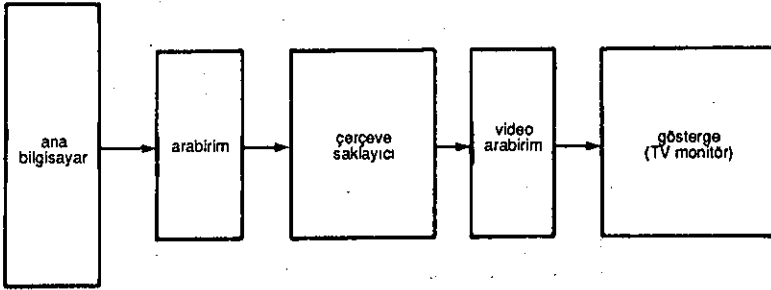
Şekil 6.12 Görsel gösterim ünitesi.

6.6.7 Grafik Göstergeler

Bir grafik raster taramalı gösterge; bir resim veya çerçevenin birçok sayıdaki tarama hattından oluştuğu bir göstergedir. Burada tarama hatlarının herbiri yine çok sayıda resim elemanlarına (pikseller) bölünmüş durumdadır. Standart televizyon resimleri 625 tane hatta sahip olup esasında bu resimler birbirine içine geçmiş ve herbiri 313-adet hat içeren iki çerçeveden meydana gelmişlerdir. 313-hatlık her bir çerçevenin her 20 ms'de taranmasıyla çizgi tarama hızı yaklaşık 60 μ s/hat olarak verilebilir.

Bir grafik raster taramalı gösterge Şekil 6.13'de gösterildiği gibi her pikseli rasgele erişim veya seri saklayıcı (çerçeve) içinde saklar. Bu tip sistemlerin saklama gereksinimleri genelde çok yüksek olabilir. Bir çift yoğunluklu (açma/kapama) gösterimine sahip her hat üzerinde 1024 piksel olacak şekilde bir gösterim için 625 hattın 512'sini kullanan bir sistem 512K bit'lik bir saklayıcıya gereksinim gösterir. Aynı ayırma gücünde, ancak sekiz seviyeli bir parlaklık veya sekiz renge sahip bir gösterici için ise, saklama ihtiyacı 1,5Mbit değerine kadar çıkabilir.

Az saklamaya ihtiyaç gösteren göstergeler mevcuttur. Tipik olarak bu göstergeler her biri 720 piksele haiz 360 hatlık bir ayırma gücüne sahip olan bir açma/kapama gösterici sağlarlar. Bu 16K x 16bitlik bir çerçeve saklayıcıyı gerektirir. Sınırlı grafikler ASCII kümesine ilave semboller ekleyen alfasayısal yineli-tarama göstericileri ile temin edilebilir. Bunlar daha sonra grafik veya resim üretmek için kullanılırlar.



Şekil 6.13 Bir grafik göstergenin elemanları.

6.7 Grafik Kayıt Cihazları

Bir proses veya sistemden elde edilen verilerin basılı kopyası bir x-t kayıt cihazı kullanmak suretiyle bir veya daha fazla değişken ve zaman arasındaki ilişkiler veya bir x-y kayıt cihazı kullanarak sadece iki değişken arasındaki ilişki olarak bir grafik formda gösterilebilir. x-t kayıt cihazları şeritli ve dairesel olmak üzere ikiye ayrılır. Şeritli kayıt cihazlarında veriler sürekli bir biçimde cihaza beslenen rulo halindeki grafik kâğıdı üzerinde kaydedilir. Dairesel kayıt cihazlarında ise, cihazın adından da anlaşılabilirceği gibi veriler dairesel bir grafik kâğıdı üzerine kaydedilir.

6.7.1 Şeritli Kayıt Cihazları

Şeritli kayıt cihazlarının bir çoğu, yazıcı kafanın kâğıt üzerindeki hareketinin istenen frekans aralığındaki giriş gerilimini izlemesini sağlamak için bir servo-geribesleme ayarlayıcı sistem kullanır. Yazıcı kafanın pozisyonu genelde bir potansiyometre sistemi ile ölçülür. Yazıcı kafanın alması istenen pozisyon ile gerçekteki pozisyonu arasındaki hata sinyali bir a.c veya d.c. yükselteç vasıtasıyla yükseltilir ve çıkış bir a.c. veya d.c. motorunu tahrik eder. Kafanın hareketi, motorun çıkışı ile kafa arasındaki mekanik bağlantı ile sağlanır. Grafik kâğıdının hareketi ise genelde bir kademeli motor vasıtasıyla temin edilir.

Kâğıt üzerinde verilerin kaydedilmesi için kullanılan yöntemler aşağıda verilmektedir:

(1) **Kalem ve mürekkep.** Geçmişte kalem için mürekkep yeniden doldurulabilir bir hazneden sağlanmaktaydı. Günümüzde ise atılabilir fiber-uçlu kalemler artan oranlarda kullanılmaktadır. Çok kanallı bir işlem maksimum altı tane olmak üzere birden fazla kalem kullanmak suretiyle gerçekleştirilebilir. Birden fazla kalem kullanmak suretiyle gerçekleştirilen, kâğıdın tüm genişliği boyunca kayıt işleminde kalemlerin karşı karşıya gelmeyecek şekilde tertip edilmesi mekanik zorlukların engellenmesi için gereklidir.

(2) **Vuruşlu yazım.** İlk vuruşlu yazım sistemlerinde 'mürekkep' işaretleme mekanizması ile kâğıt arasına yerleştirilmiş olan karbon bir şerit tarafından sağlanmaktaydı. Bu sistemde kâğıt üzerine yapılacak olan herhangi bir işaret işaretleme mekanizmasının kâğıt üzerine bastırılmasıyla gerçekleştirilmekteydi. Diğer yandan daha yeni metotlar aynı anda maksimum 20 değişkenden veri kaydetme imkânı sağlamaktadır. Bu, üzerinde sembollerin bulunduğu bir tekerlek vasıtasıyla gerçekleştirilir. Ayrıca semboller için gerekli olan mürekkep yine tekerlek üzerinde bulunan bir istampadan sağlanır. Tekereğin dönmeye başlamesi ile değişkenlerin her biri için kâğıt üzerine farklı semboller yazılabilir. Tekerelek kaydedilen değişkene bağlı olarak kâğıt boyunca hareket eder.

(3) Termal yazım. Bu tip sistemlerde ısıya karşı duyarlı olan kâğıtlar kullanılmakta olup, bu kâğıtlar üzerlerine ısı uygulanmasıyla renk değişimi olur. Termal yazım sistemleri bir elektrik akımı tarafından ısıtılan hareketli veya sabit bir yazım kafasına sahiptir. Bu kafa üzerinde birçok sayıda (100 mm genişliğindeki bir kâğıt için birkaç yüz taneye kadar) yazım elemanları mevcuttur. Giriş sinyalinin büyüklüğüne bağlı olarak belirli bir yazım elemanı seçilir. Çok kanallı işlem bu tip sistemler kullanarak gerçekleştirilebilir ve tarih ve zaman alfasayısal formda sağlanabilir.

(4) Optik yazım. Bu yazım tekniği yaygın olarak galvanometre sistemlerinde kullanılır (bknz. bölüm 6.7.3). Işık kaynağı olarak çevre aydınlığının istenmeyen etkilerini azaltmak için genelde ultraviyole (mor ötesi) kullanılır. Kullanılan fotoğrafik kâğıt ultraviyole ışığa karşı hassastır. Bu kâğıt özel kimyasallar kullanmaksızın gün ışığında ve suni ışık altında banyo edilebilir. Banyo sonucu elde edilen görüntünün uzun ömürlü olması için rötuşlanması gereklidir.

(5) Elektrikli yazım. Bu teknikte kullanılan grafik kâğıdı renkli bir boya (siyah, mavi, veya kırmızı) ve bunun üzerinede çok ince bir alüminyum tabaka ile kaplı bir kâğıttır. Kayıt işlemi alüminyum ile kaplı kâğıt yüzeyi üzerinde bir tungsten iğne vasıtasıyla sağlanır. Bu iğne üzerine yaklaşık 35 V'luk bir potansiyel uygulandığı zaman bir elektriksel deşarj meydana gelir. Bu elektriksel deşarj kâğıt üzerindeki ince alüminyum tabakasını kaldırarak alttaki boya tabakasını açığa çıkarır. Çok kanallı kayıt işleminde; farklı kanallar, farklı satır konfigürasyonlarının kullanılmasıyla birbirlerinden ayırılabilir (örneğin; dolu, çizgi veya noktali halde). Ayrıca alfasayısal bilgiler de bu sistemlerde kullanılabilir.

Bir şeritli kayıt cihazı için başlıca spesifikasyonlar aşağıda verilmektedir:

(1) Kanal sayısı. Numaralanmış bir yazım tekerleği kullanılarak otuz kadar kanal bir tek kayıt cihazı ile kontrol edilebilir. Çok kanallı kayıt cihazlarında, kanalların kaydı aynı anda veya zaman-bölüşümlü olarak gerçekleştirilebilir. Birçok kanallı kayıt cihazındaki kanallar renk veya hat işareti ile birbirlerinden ayrılabilir.

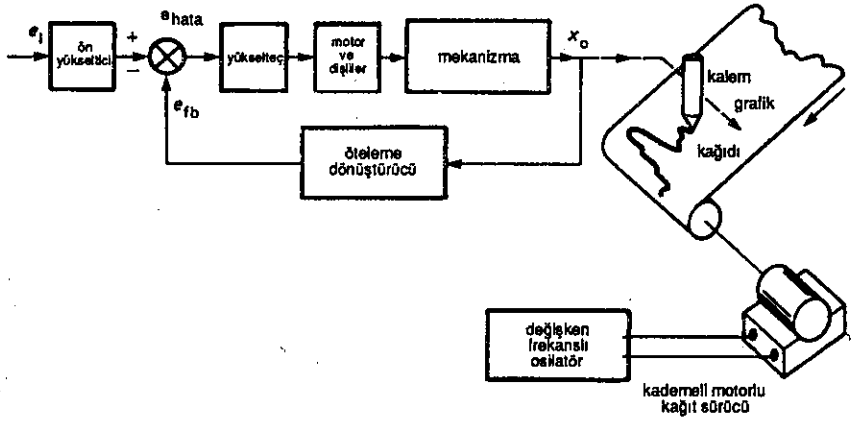
(2) Kâğıt genişliği. Bu 250 mm'ye kadar olabilir.

(3) Kayıt tekniği. Kayıt cihazı yukarıda anlatılan kayıt tekniklerinden herhangi birini kullanabilir.

(4) Giriş spesifikasyonları. Bu spesifikasyonlar giriş değişkeninin aralığına göre verilmekte olup bu giriş değişkenleri; gerilim, akım, veya bir termokupl'dan, RTD, pH elektrot, veya iletkenlik sondası olabilir. Tipik d.c. gerilim aralıkları 0,1 mV ile 100 V arasında değişmektedir. d.c. akım için ise bu

değerler 0,1mA ile 1A arasındadır. Kayıt cihazını tarafından sağlanan sınırların kaldırılması cihazın bastırma oranı (supression ratio) ile ifade edilmekte olup bu oran sınırların kaldırılabilirdiği aralıkların sayısını vermektedir. Kayıt cihazının girişindeki hat frekans sinyallerinin geri çevrilmesi cihazın ortak ve normal mod geri çevirme oranları ile ölçülür.

(5) Performans spesifikasyonları. Bu spesifikasyonlar; doğruluk, ölü kuşak, ayırma gücü, tepki zamanı ve kâğıt besleme hızı'dır. Tipik bir gerilim doğruluk spesifikasyonu; erim aralığının \pm % (0,3 + 0,1 x bastırma oranı) veya 0,20 mV değerlerinden büyük olanıdır. Ölü kuşak ve ayırma gücü genelde erim aralığının yüzdesi cinsinden ifade edilmekte olup değerleri sırasıyla tipik olarak \pm 0,1 ve \pm % 0,15 olarak verilmektedir. Şeritli kayıt cihazları yavaş değişen girişlerle (tüm ölçek boyunca hareket için < 1 Hz) kullanılacak şekilde tasarlanmıştır. Tepki zamanı, genellikle bir basamak yanıt zamanı olarak ifade edilip bu zaman sıklıkla kullanıcı tarafından 1-10 s arasında ayarlanabilir. Kâğıt hızı ise uygulamaya bağlı olarak mm/saat ve m/saat arasında değişmektedir.

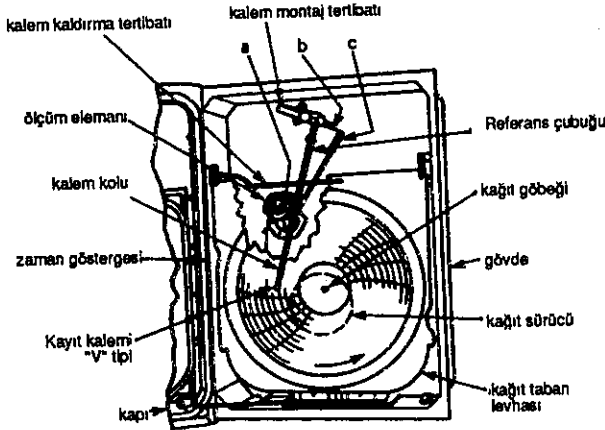


Şekil 6.14 Şeritli kayıt cihazı.

6.7.2 Dairesel Kayıt Cihazları

Şekil 6.15'de gösterilen bu tip kayıt cihazlarında genelde 12 inç çapında bir kâğıt kullanılır. Dairesel kayıt cihazları özellikle ölçülen miktarın elektriksel forma dönüşümünü sağlayacak olan bir dönüştürücüye ihtiyaç göstermeksizin birkaç mekanik algılayıcı vasıtasıyla doğrudan kumanda için uy-

gundur. Bu nederle bu kayıt cihazları bir dolu hazneli termometre sistemi kul-
lanan bir sıcaklık kayıt cihazı veya bir körük veya bordon borulu bir mutlak,
diferansiyel veya fazla basınç kayıt cihazı olarak konfigüre edilebilir. Tek bir
kâğıt üzerine dört değişken kaydedilebilir. Dairesel ölçeğin dönüşü bir yaylı
çalıştırma ile sağlanmakta olup, bu tip bir hareket mekanizması kayıt ci-
hazının herhangi bir güç kaynağının bulunmadığı ortamlarda kullanılabilme-
sini temin eder.



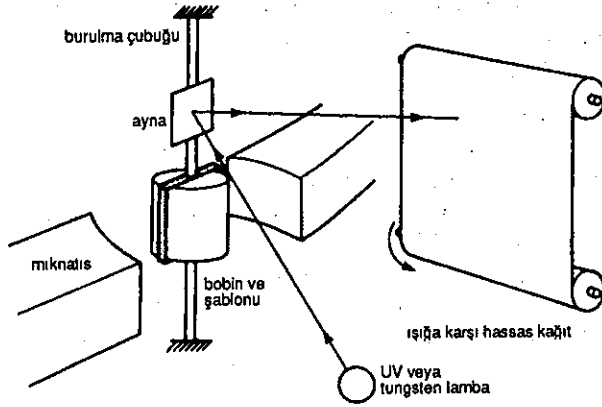
Şekil 6.15 Dairesel kayıt cihazı.

6.7.3 Galvanometre Kayıt Cihazları

Hareketli-bobinli gösterici cihazlarında kullanılan D' Arsonoval hareke-
ti Şekil 6.16'da görülebileceği gibi bir optik galvanometre kayıt cihazında da
hareket sağlayabilir. Bu tip kayıt cihazları, 20 kHz'in üzerinde bir band ge-
nişliğine sahip olabilir. Işık kaynağı olarakda bir ultraviyole veya tungsten
lâmba kullanılır. Işık demetinin hareketi galvanometrenin hareketine bağla-
nan küçük bir aynanın döndürülmesi ile sağlanır. Bu ışık demeti ışığa karşı
hassas kâğıt üzerindeki bir noktaya odaklanır. Kâğıt üzerinde izin elde edil-
mesi mekanik vasıtalar yardımıyla da sağlanabilir. Bir kayıt cihazı birçok gal-
vanometreye sahip olabilir ve yansıtılan ışık olduğu için üstüste bindirilmiş
izler 'zaman geciktirmesine (time staggering) ihtiyaç olmaksızın elde edilebi-
lir. Bireysel izlerin tanımlanması galvanometrelerin önünden geçen bir dizi

iğne vasıtasıyla sırasıyla her iz için sağlanan ışığın kesildiği ardışık iz kesilme yöntemiyle gerçekleştirilir. Ayrıca genlik ve zaman referans ızgaraları da bu cihazlar için temin edilebilir.

Düşük band genişliğine sahip yüksek-hassasiyetli cihazlardaki galvanometrelerin frekans tepkisi ile hassasiyeti arasında ödünleşimler mevcuttur. Üreticiler genelde farklı uygulamalar için farklı hassasiyet ve band genişliklerine sahip bir dizi takılabilir türde galvanometreler sağlamakta olup bu galvanometreler kolayca mıknatıs bloğundan sökülebilen yeni ile değiştirilebilirler. 300 mm genişliğindeki bir kâğıt sürücüsü üzerine maksimum 42 tane kağıtın kaydedilmesine imkân tanıyan galvanometre sistemleri mevcuttur. Kâğıt sürme hızı 5000 mm/s olabilir.



Şekil 6.16 Galvanometre kayıt cihazı.

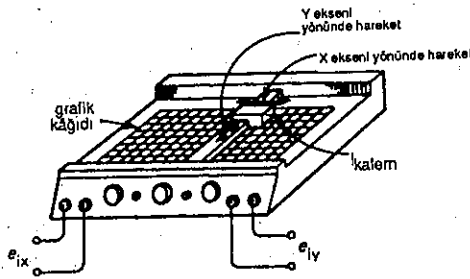
6.7.4 x-y Kayıt Cihazları

Bir analog x-y kayıt cihazında (Şekil 6.17) yazıcı kafanın hem x, hem de y yönündeki sapmaları servo geribesleme sistemleri ile kontrol edilir. Genelde A₃ veya A₄ boyutundaki kâğıt cihaz üzerinde elektrostatik çekim veya vakum vasıtasıyla tutulur. Bu tür kayıt cihazları bir veya iki kalemli olabilir. Ayrıca genelde mevcut hazır zaman ölçekleyiciler vasıtasıyla x-y kayıt cihazları x-t kayıt cihazları olarak kullanılabilir. Tipik bir x-y kayıt cihazı, \pm % 0,1'lik bir tam ölçü doğruluğu ve yine % 1'lik bir tam ölçü ölü kuşak ile birlikte 0,25 mV/cm arasında sürekli olarak değişen x ve y giriş aralıklarına sahiptir. Buna ilave olarak sıfır ofset ayarlamalar da bu cihazlarda mevcuttur. Tipik bir zaman ölçekleyici % 1'lik bir doğrulukla 0,25 ve 50 s/cm arasına ayarlanabilir.

x-y kayıt cihazlarının dinamik performansları dönme hızları ve süratlenmeleri ile ifade edilir. Çok yüksek bir hızda kayıt yapabilmek imkanı sağlanmakta olup bu tür bir cihazın dönme hızı 97 cm/s ve tepe süratlenme değeri ise 7620 cm/s^2 'dir. Ayrıca bu tip cihazlarda tarama başlatma ve ilk duruma getirme, kalemi kaldırma ve kâğıdı tutma gibi fonksiyonların uzaktan kumanda ile kontrolü sağlanabilir.

Sayısal x-y çiziciler ise servo geri besleme yerine bir açık döngülü kademeli motora sahiptir. Bu motor sayesinde sayısal x-y çiziciler geleneksel analog kayıt cihazlarının yerini almıştır. Bu tip çiziciler, daha iyi ölçüm ve grafik çizimi sağlar. Bir sayısal ölçüm çizim sisteminin sağlamış olduğu avantajlara örnek olarak bir dizi giriş kanalının aynı anda örneklenip saklanması; ön-tetikleme verilerinin gösterilebilme kabiliyetinin de dahil olduğu tetikleme modları; verilerin birden fazla kalem kullanılarak çizimi, tarih, zaman ve düzen ile ilgili bilgilerin kayıt ile birlikte verilebilmesi; eksenlerin ve diğer çizgilerin çizimi verilebilir. Bu tip cihazlarla iletişim IEEE - 488 veya RS - 232 arabirimleri vasıtasıyla sağlanabilir.

Sayısal veri girişlerinden basılı kopya elde etmek için grafik çiziciler mevcuttur. Uygun donanım ve yazılımın sağlanmasıyla bu cihazlar ile ızgaralar çizilebilir, çizelgeler yapılabılır, ayrıca farklı renkler ve çizgi tiplerinin kullanılmasıyla verilerin birbirinden ayırt edilebilmesi sağlanır. Bu cihazlar çizgi kaliteleri, çizim hızları ve kullandıkları kâğıt boyutları ile sınıflandırılırlar. Çiziciye yerleştirilen zekâ, sistem CPU'sunu diğer fonksiyonları yerine getirme mecburiyetinden kurtaracaktır. Çizici fonksiyonlarını kontrol etmek için kullanılacak olan bir çizilem dili ve ayrıca çizilem yazılım paketleri kullanıcının programlama görevlerini de basitleştirmektedir.



Şekil 6.17 x-y kayıt cihazı.

6.8 Manyetik Kayıt

Sonradan analiz edilecek veriler için kullanılan manyetik bant kayıt yönteminin avantajı verilerin bir kere kaydedilmesinden sonra hemen hemen sonsuz defa yeniden kullanılabilmesidir. Kayıt süresi birkaç dakika ile birkaç gün arasında değişebilir. Kaydedilmiş olan verilerin hızlı çevriminde hızlı ve farklı kayıt ve yeniden okuma hızları kullanılarak önce yavaşlatılıp daha sonra tekrar hızlandırılabilir. Çok kanallı kayıt, tanımlanacak olan bir veya daha fazla değişken arasında korelasyon temin edebilir.

Manyetik bant üzerine veri kaydetmek için kullanılan yöntemler, doğrudan kayıt, frekans modülasyonu (FM) ve darbe kod modülasyonu (PCM)'dur. Şekil 6.18 bir manyetik bant kayıt cihazının elemanlarını göstermektedir. Kayıt kafasındaki akımın doğrusal olarak kaydedilen sinyal tarafından modülasyonu kayıt boşluğundaki manyetik akıyı modüle eder. Bir asetat veya Mylar taban üzerindeki manyetik partiküllerden oluşan manyetik bant kayıt kafası üzerinden geçerek ilerledikçe, kayıt kafasının altında kalar manyetik partiküller boşluktaki akı ile orantılı bir sürekli mıknatıslanma durumuna geçer. Bu nedenle, giriş sinyali bant üzerindeki partiküllerin mıknatıslanmasının bir uzamsal değişimine çevrilir. Okuma kafası bu değişiklikleri manyetik devresinin manyetik direncindeki değişiklikler olarak kaydeder ve bu kafanın sargısı içinde bir gerilim indükler. Bu gerilim akımın değişim hızıyla orantılıdır. Okuma kafasının yükseltici, düz bir frekans karakteristiği sağlamak amacıyla sinyal toplar.

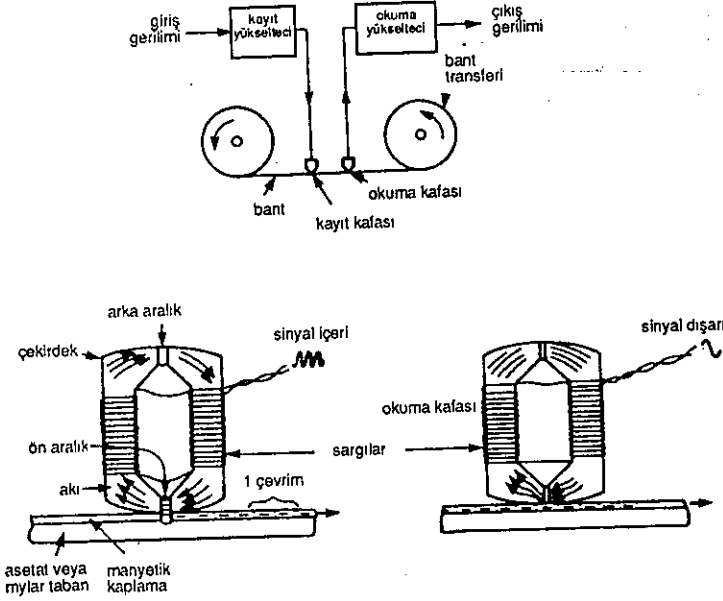
Okuma kafası akımın değişim hızı ile orantılı bir sinyal ürettiği için doğrudan kayıt yöntemi d.c.'ye kadar kullanılamaz. Alt sınır tipik olarak 100 Hz'dir. Üst frekans sınırı, mıknatıslanmadaki değişim okuma kafasındaki boşluktan daha küçük mesafelerde değişim gösterdiği zaman meydana gelir. Bu sonuçta doğrudan kayıt için yaklaşık olarak 2 MHz'lik bir üst limit değeri belirler.

FM kayıt sistemlerinde, taşıyıcı sinyal sıklıkla giriş sinyali ile modüle edilir (Frekans modülasyonu Bölüm 5'de açıklanmıştır). Merkezi frekans ise bant hızı ve kullanılan taşıyıcı frekansın \pm % 40'ına kadar olan frekans sapmalarına göre tespit edilir. FM sistemleri bir yüksek-frekans kayıt sınırı pahasına bir d.c. tepki sağlar.

PCM teknikleri (Bölüm 5'de açıklanmıştır) sayısal verilerin kaydedilmesi amacıyla sistemlerde kullanılırlar. Kullanılan kodlama Sıfıra Dönüşsüz seviye veya Gecikme Modülasyonu'dur.

Tipik bir taşınabilir enstrümantasyon bant kayıt cihazı 1/2 inç'lik bant kullanmak suretiyle maksimum 14 adet veri kanalına sahip olabilir. Doğrudan kayıt/okuma kullanarak bu tip bir sistem 100 Hz ile 300 kHz arasındaki bir frekans bandında sinyal kaydedebilir. Ayrıca bu sistemin giriş hassasiyeti

0,1-2,5 rms arasında ve sinyal-gürültü oranında 40 dB kadardır. Böyle bir sisteme sahip ile FM kayıt, d.c.'den 40 kHz'e kadar band genişliklerine sahiptir. FM kayıt için tipik bir giriş hassasiyeti 0,1-10 V rms olup sinyal/gürültü oranında 50 dB kadar olabilir. PCM kullanarak TTL veri kaydı ise bu tip bir sistem kullanılarak 480 kbit/s kadar yüksek veri transfer hızlarında gerçekleştirilebilir.



Şekil 6.18 Manyetik band kayıt cihazının elemanları.

6.9 Geçici/Dalgışekli Kayıt Cihazları

Bu cihazlar, oldukça düşük miktarlardaki verilerin yüksek hızlarda kayıt edilebilmesi için kullanılır. Örnekleme hızı, ayırma gücü, kanal sayısı ve hafıza büyüklüğü cinsinden genel amaçlı geçici kayıt cihazlarının spesifikasyonları sayısallaştırıcı osiloskopların spesifikasyonlarına benzer. Ayrıca bu tip cihazlar genelde ön-tetikleme veri yakalama olanakları ile teçhiz edilirler. Sinyalin bir silisyum-diyot hedef dizilimi üzerine yazıldığı tarama dönüştürme tekniklerini kullanan yüksek-hızlı geçici kayıt cihazları 512 noktalık kayıt uzunlukları ile birlikte 10" örnek/s (10 ps/nokta)'lık örnekleme hızları sağlayabilirler. Ayrıca bu cihazlar ile 500 MHz'e kadar band genişliklerine sahip tek atış sinyallerin kaydedilmesi mümkündür.

6.10 Veri Kaydediciler

Veri kaydetme cihazları kabaca, fonksiyonları ön panelden programlanan veri-elde etme sistemleri olarak tanımlanabilir. Bu cihazlar bir analog ve sayısal sinyal karışımından girişler alır ve girişler üzerinde sınırlı matematiksel ve mantıksal işlemler gerçekleştirir. Ayrıca bu verilerin yarı-iletken hafıza, manyetik bant veya disk sistemleri formunda saklanması mümkün kılabilir. Birçok veri kaydetme cihazları bir integral alfasayısal göstergesi ve yazıcıya sahiptir. Şekil 6.19 tipik bir veri kayıt sisteminin elemanlarını göstermektedir. Bu sistemler aşağıda verilen unsurlarla karakterize edilir:

(1) Kabul edilebilecek analog ve sayısal sinyallerin tipi ve yapısı. Analog girişler a.c. veya d.c. akım, d.c. akımı veya termokupullardan veya RTD'lerden olabilir.

(2) Mevcut taramanın modları ve tarama hızı. Bunlar tek-tarama, izleme, aralıklı tarama ve sürekli tarama'dır.

(3) Programlama yöntemi. Bu işlem ön panelde her fonksiyon başına bir düğme; bir yerleşik CRT ekran üzerinde kullanıcıya bilgi sağlayan ve monitörlerle çalıştırılan bir yaklaşım; veya BASIC gibi yüksek seviyeli bir dilin kullanılmasıyla gerçekleştirilebilir.

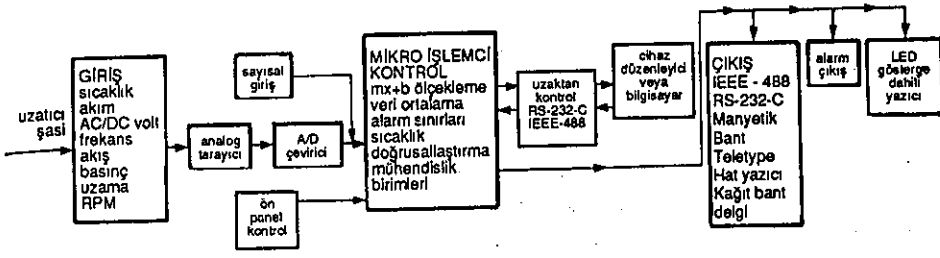
(4) Kayıt cihazının sağlamış olduğu matematiksel fonksiyonlar. Bu fonksiyonlara örnek olarak; termokupl girişleri için doğrusallaştırma, kullanıcıya mühendislik birimleri cinsinden bir çıkış sağlamak için ölçekleme ve birkaç seçilebilir tarama üzerinden veri ortalaması bulma verilebilir.

(5) İç hafızanın kapasitesi ve yapısı. Eğer hafıza bir yarı iletken hafıza ise uçucu bir yapıya mı sahiptir? Eğer öyleyse, bir güç kesilmesi durumunda karşı yedek bir akü ile teçhiz edilir.

(6) Yazıcı tekniği ve yazı çıkışının genişliği. Veri kayıt cihazları genelde nokta matris mürekkepli yazıcılar veya termal veya elektrikli yazım teknikleri kullanırlar. Bu yazıcılarda kullanılan kâğıt sürekli bir şerit halindedir.

(7) Gösterim. Veri kayıt cihazları genelde LED veya LCD'leri kullanarak gösterim temin ederler. Diğer yandan bazılarında CRT'leri kullanır.

(8) Diğer sistemlerle iletişim. Diğer sistemlerle iletişim genelde RS 232/422/423 arabirimleri ile sağlanır. Bazı veri kayıt cihazları, umumî telefon ağını kullanmak suretiyle uzaktan sorgulanabilir.



Şekil 6.19 Zamanardışıl veri kayıt cihazı.

7. PNÖMATİK ENSRÜMANTASYON

E.H. HIGHAM

7.1 Temel Karakteristikler

Proses kontrolün erken gelişimi petrol ve kimya endüstrilerinde başlamış olup, bu endüstrilerde kullanılan proses malzemeleri tehlikeli ortamlara sebebiyet verdiklerinden ölçüm ve kontrol sistemleri kendiliğinden emniyetli olmak durumunda kalmışlardır. Pnömatik sistemler özellikle bu açıdan uygun sistemlerdi ve klape/nozul sistemi ve bu sistemin parçası olan pnömatik yükseltcin (ticari olarak 'röle' olarak adlandırılır), küçük hareketlerin saptanabilmesi amacıyla geliştirilmesini takiben sıcaklık, akış, basınç, seviye ve yoğunluk ölçümlerini gerçekleştiren sensörler ortaya çıkmıştır. Bu gelişmeleri, kontrol fonksiyonlarını yerine getirmek için yapılan pnömatik mekanizmaların ortaya çıkışı izlemiştir. Aynı zamanda son kontrol elemanlarını kumanda etmek amacıyla hava silindirleri veya diyaframlı motorlar da geliştirilmiştir.

Pnömatik sistemlerin diğer bir avantajı ise; bu tip sistemlerin tesis işleminin özel bir kabiliyet, donanım veya malzemeler gerektirmemesi olarak verilebilir. Normalde hava kompresöründe oluşan pulsasyonu gidermek için kullanılan tanklar, keza önemli bir miktarda sıkıştırılmış hava depolayabiliyorlardı. Bu sıkıştırılmış hava, kompresörde meydana gelecek herhangi bir arıza durumunda sistemin uygun bir şekilde kapatılmasına kadar geçen süre içinde kontrol sistemlerini çalışır durumda tutmak için gerekli depolanmış enerjiye sahiptir. Elektronik veya diğer tip kontrol sistemleri ile karşılaştırılabilir özelliklerin sağlanması büyük miktarda ilave teçizatı gerektirmektedir.

Pnömatik kontrol sistemleri birçok çekici özelliklere sahip olmalarına rağmen, elektronik sistemlerle mukayese edildiklerinde özellikle iki bakımdan yetersiz kalmaktadır. Bunlar; sinyal iletimi ve sinyal uyumlaması veya sinyal işleme'dir.

Yaklaşık 1 s'lik bir mesafe/hız gecikmesi proses uygulamalarının büyük bir çoğunluğu için oldukça uygundur. Bu gecikme tipik olarak yaklaşık 100m'lik bir pnömatik iletme karşılık gelmektedir ve birçok tesis için bir sınırlama değildir. Ancak ölçüm sinyallerinin bir kilometre veya daha fazla mesafelere iletilmek durumunda kalabileceği büyük tesisatlarda iletim için elektriksel yöntemler tercih edilmelidir. Bir prosesin başarılı bir biçimde işletilmesi sinyalin uyumlanmasına bağlı olduğu zaman (örneğin; sinyallerin karekökünü almak, çarpmak, bölmek, toplamak veya ortalamasını, türevini veya integralini almak), pnömatik cihazlar benzer elektronik cihazlara kıyasla daha karmaşık, kullanışsız ve ayrıca sıklıkla daha az doğruluğa sahiptir.

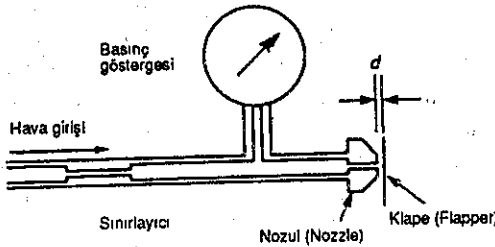
Pnömatik sistemler gerçekte sayısal sistemler ile uyusamaz ve bu tip sis-

temlerin sinyal iletimi, çoğullama, hesaplama vb. işlemleri için sahip oldukları avantajlara sahip değildir. Diğer taraftan, tüm bu fırsatlar tam manasıyla değerlendirildiği ve kullanıldığı zaman, son kontrol elemanına gönderilen sinyal hemen hemen daima pnömatik sistemlere güç, hız ve darbe/hareket bileşenlerinin gerekli kombinasyonunun bir pnömatik hareketlendirici vasıtasıyla gerçekleştirilebilmesi için geri döndürülür.

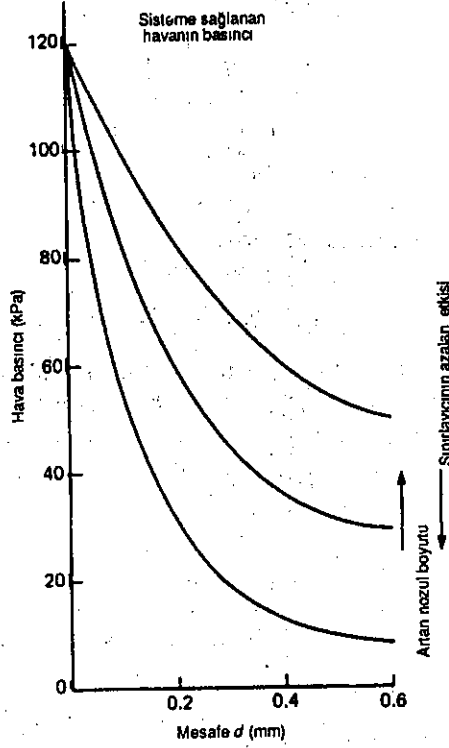
7.2 Pnömatik Ölçüm ve Kontrol Sistemleri

Pnömatik sistemler teknolojilerinin basitliği, kurulabilme, çalıştırılabilme ve bakım verilebilme işlemlerinin kolaylığı ile karakterize edilir. Bu sistemler oldukça küçük bir bağıl hareketin saptanması (genelde $< 0,002$ mm) ve önemli miktarda bir kuvvetin hassas kontrol altında üretilmesi için bir sıkıştırılmış hava kaynağını kontrol etmek amacıyla bir klape/nozul sisteminin bir pnömatik röle ile birlikte kullanılması esası üzerinde çalışır.

Tipik bir klape/nozul sistemi Şekil 7.1'de gösterilmektedir. Bu sistem bağıl hareketi saptanacak cihaz veya elemana bağlanmış durumdaki düz bir metal şeritten oluşmaktadır. Bu klape hareket ettirildiği zaman 90 derecelik bir kesik koninin 3 mm çapındaki düz düzeye üzerine merkezi olarak açılmış olan 0,25 mm çapındaki deliği örtecek veya meydana çıkaracak şekilde pozisyonlandırılır. Tipik olarak 120 kPa basınçtaki temiz hava, bir sınırlayıcı ve "T" eklem vasıtasıyla nozula iletilir. Bu "T" eklemine bağlı olan bir basınç göstergesi (manometre) sistemdeki basıncı göstermektedir. Nozul, klape tarafından örtüldüğü zaman basınç göstergesinin okuduğu değer 120 kPa değerine yaklaşmaktadır. Diğer taraftan klape nozuldan uzaklaştığında basınç değeri hızlı bir şekilde nozul ve sınırlayıcının boşaltma karakteristiklerinin nisbi değerleri tarafından saptanan bir değere düşer. Bu Şekil 7.2'de gösterilmektedir.

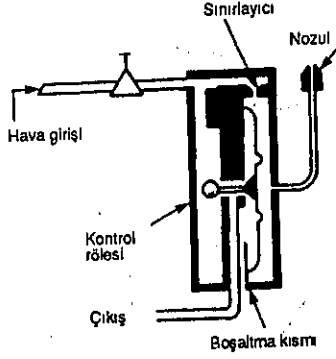


Şekil 7.1 Tipik bir klape/nozul sistemi.(Bu bölümde verilen şekillerin çoğu Foxboro company'den alınmıştır.)



Şekil 7.2 Nozul karşı basıncı ile klape/nozul mesafesi arasında ilişki.

Ölçüm amaçları için, basınçtaki bu değişikliğin yükseltilmesi gereklidir. Bu yükseltme işlemi bir pnömatik röle (bir pnömatik yükselteç ile eşdeğer) vasıtasıyla gerçekleştirilir. Pratikte, sınırlayıcı Şekil 7.3'den de görülebileceği gibi nozul ile birlikte rölenin gövdesi içine yerleştirilir. Bu tip bir röle birbirlerinden esnek bir diyafram vasıtasıyla ayrılan iki bölmeden meydana gelmektedir. Diyafram üzerinde boşaltma kısmını kapamak veya açmak için valf gibi davranan bir koni ve kasnak mevcuttur. Kasnak, yaprak yay tarafından tutulan küçük bir bilyaya karşı olacak şekilde hareket eder ve böylece hava girişinden çıkış kısmına kadar olan bölümdeki havanın akışını kontrol eden ikinci bir valf olarak görev yapar.

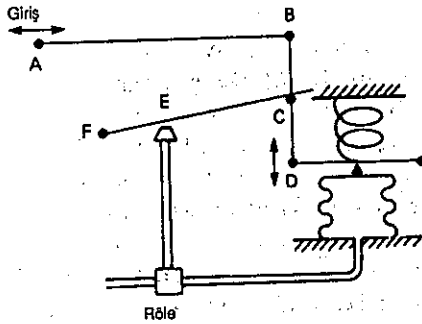


Şekil 7.3 Pnömatik röle.

Pnömatik röle çalışır durumdayken, nozulun ağzı kapatıldığı zaman nozulun bağlı olduğu bölmedeki basınç artar ve bu basınç artışı konik valfin boşaltma kısmını kapatmasına ve ayrıca bilyalı valfin de havanın giriş kısmından çıkış kısmına kadar akışına izin vermesine sebebiyet verir. Böylece çıkış basıncı yükselir.

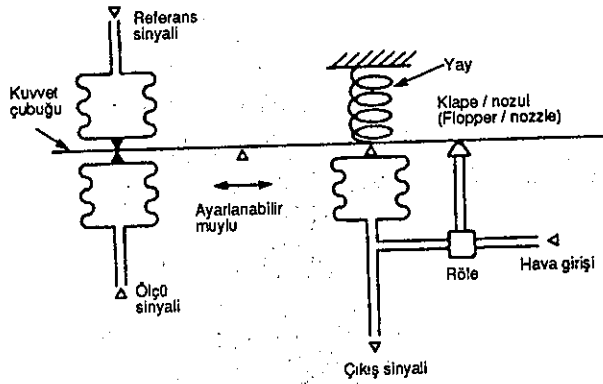
Nozulun ağız kısmı klape tarafından örtülmediği durumda ise, esnek diyafram hareket ederek bilyalı valfin giriş kısmından gelen havanın akışının engellenmesini sağlar. Aynı zamanda konik valf oturduğu yuvasından çıkarak çıkış kısmını açar ve böylece çıkış basıncının düşmesine neden olur.

Bu tip bir sistemde klape ile nozul arasındaki yaklaşık 0,02 mm'lik bir nisbi hareket sonucunda çıkış basıncı 20 kPa'dan 100 kPa'ya yükseltilir. Cihaz doğrusal olmayan bir karaktere sahiptir. Ancak bu husus, cihaz bir ölçüm sisteminin geri besleme çevriminde kullanıldığında oldukça önemsiz bir hale gelir.



Şekil 7.4 Temel pnömatik hareket- denge sistemi.

Bu klape/nozul/röle sistemini kullanmak için iki temel düzen mevcut olup bunlar; hareket- denge ve kuvvet- denge sistemleridir. Bu sistemler Şekil 7.4 ve 7.5'de gösterilmektedir. Şekil 7.4 giriş hareketinin AB kolu üzerindeki A noktasına uygulandığı bir hareket- denge sistemini göstermektedir. AB kolunun diğer ucu (B) ise ikinci bir kola (BCD) bağlıdır. BCD kolu da geri besleme körüğünün hareketi ile pozisyonlandırılan başka bir kol üzerinde D noktasına bağlanmıştır. Şekilde görülen tüm kol bağlantıları eksenleri etrafında dönebilir. BD kolunun ortasında (C) bir kasnak mevcut olup bu kasnağın üzerine CEF kolunun bir ucu bağlanmıştır. Bir klape, nozul ise E noktasına yerleştirilmiştir. A noktasının sola doğru hareketine neden olan bir yatay öteleme C noktasına B vasıtasıyla iletilir ve bunun sonucu olarak E noktasındaki klape nozuldun uzaklaşarak karşı basıncın düşmesine sebebiyet verir. Basıncıdaki bu değişim röle tarafından yükseltılarak körük üzerinde basıncın düşürülmesi sağlanır ve D milini taşıyan kol denge durumu yeniden elde edilinceye kadar aşağıya doğru hareket eder. Bu durumda çıkış basıncı orijinal öteleme miktarı ile orantılıdır. CEF kolunun eğikliğini değiştirmek suretiyle sistemin hassasiyeti veya kazancını değiştirmek mümkün olabilir.



Şekil 7.5 Temel pnömatik kuvvet- denge sistemi.

Şekil 7.5 bir kuvvet- denge sistemini göstermektedir. Bir basınç formunda olan ölçüm sinyali, referans sinyali için olan benzeri bir körük tarafında hareketi engellenen bir körük üzerine uygulanır. Ayarlanabilir bir mil üzerindeki bir kola uygulanan kuvvet farkı bir yay/körük kombinasyonu tarafında engellenmektedir. Körüğün yanında bir klape/nozul algılayıcısı mevcuttur

Sistem çalışır durumdayken, eğer ölçüm sinyali referans sinyalinden daha yüksek ise bileşke kuvvet, kuvvet çubuğunun ayarlanabilir bir mili etrafında saat yönünde dönmesine ve böylece klapenin nozula yaklaşmasına neden olur. Sonuçta çıkış körüğündeki basınç denge yeniden kuruluncaya kadar artar. Bu durumda çıkış basıncındaki değişiklik ölçüm sinyalindeki değişiklik ile orantılıdır.

7.3 Başlıca Ölçümler

7.3.1 Giriş

Aslında tüm pnömatik ölçüm sistemleri ölçülecek olan fiziksel parametreyi bir güç veya ötelemeye dönüştürmek için kullanılan bir orifis plakası, Bordon (Bourdon) tüpü v.b. gibi bir birincil elemanın mevcudiyetine bağlı olarak çalışır. Üretilen güç veya öteleme daha sonra herhangi bir klape/nozul sistemi tarafından algılanır veya bir gösterge, bir kayıt kalemi veya anahtarı çalıştırmak için doğrudan kullanılır.

Proses endüstrilerinde en yaygın bir biçimde kullanılan ölçümler olarak sıcaklık, basınç, akış, seviye ve yoğunluk ölçümleri verilebilir. Aşağıda anlatılan bölümler bu ölçümlerin pnömatik olarak yapılabilmesi için kullanılan yöntemleri açıklamaktadır. Ayrıca proses endüstrileri için geliştirilmiş ve hâlâ yaygın bir şekilde kullanılan pnömatik kontrol elemanları hakkında da bilgi verilmektedir.

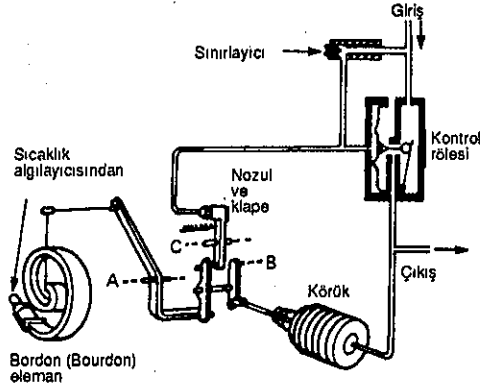
7.3.2 Sıcaklık

Dolu termal sistemler, hemen hemen sadece pnömatik sistemlerde sıcaklık ölçümü ve kontrol amacıyla kullanılır. Sistemin algılama bölümü ince bir kılcal boru vasıtasıyla bir spiral veya helezonik Bordon elemanı veya bir körüğe bağlanmış olan bir ampülden meydana gelmektedir. Ampül sıcaklığı yükseldiği zaman, içindeki sıvının artan hacmi veya basıncı Bordon elemanına iletilir. Bordon elemanı ise bu değişime serbest ucunun hareketi ile karşılık verir. Bu hareket bir kayıt kaleminin veya gösterge ibresinin yerini belirlemek amacıyla doğrudan kullanılabilir. Ayrıca hem kayıt kalemi, hem de gösterge ibresi bir pnömatik kontrol elemanını harekete geçirmek için bağlantılar ve kollardan oluşan bir sistem vasıtasıyla bir klape/nozul mekanizmasına bağlanabilirler.

Kılcal boruyu sona erdirmek için bir körük kullanıldığında ampül sıcaklığındaki değişim bir kuvvete dönüştürülür ve bu kuvvet daha sonra bir kuvvet- denge mekanizmasını harekete geçirmek için kullanılabilir. Ampulleri doldurmak için kullanılan malzemeler ve özellikleri hakkındaki detaylı bil-

gi Cihaz Teknolojisi kitabının 2.Cilt, 1. Bölümde verilmektedir.

Hareket-denge sisteminde ise; Bordon tüpünün serbest ucu ayarlanabilir bağlantılar vasıtasıyla A eksenini etrafında hareket edebilen bir kola bağlanmış durumda olup bu, Şekil 7.6'da gösterilmektedir. Bu kolun serbest ucu B eksenini etrafında dönebilen ikinci bir kol sistemine bağlıdır ve bu sistem geri besleme körüğü vasıtasıyla hareket ettirilir. Bu ikinci kol sisteminin serbest ucu bir küçük yay vasıtasıyla başka bir kol sistemi üzerinde bulunan bir sap ile temas halinde tutulur. Bu kol C eksenini etrafında dönecek şekilde bağlanmış olup, serbest ucu bir klape/nozul sisteminin klape kısmını oluşturacak biçimde şekillendirilmiştir. Klape/nozul sistemine bağlı olan kontrol rölesi bir çıkış sinyali üretmektedir. Bu sinyal geri besleme körüğüne de uygulanır.

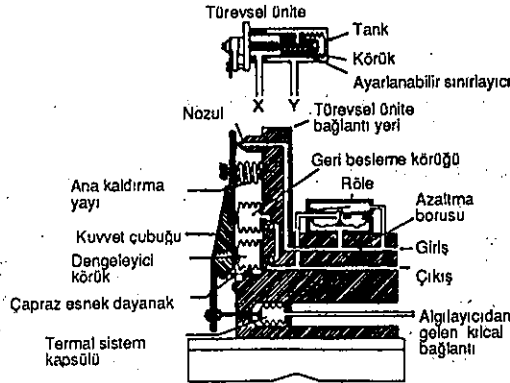


Şekil 7.6 Sıcaklık ölçümü için hareket-denge sistemi.

Çalışma esnasında bağlantılar ve kollar, çıkış sinyali 20 kPa olacak ve ayrıca ampul alt aralık değerine karşılık gelen bir sıcaklıkta tutulacak şekilde ayarlanır. Eğer daha sonra ölçülen sıcaklık yükselirse, A noktasında bağlanmış olan kol, saat yönünde hareket eder (soldan bakıldığında). Körükte herhangi bir hareketin olmaması durumunda ise, C eksenini etrafında dönebilen kol, saat yönünde dönerek klapeyi nozula doğru hareket ettirmesine neden olur. Bu nozul karşılık basıncında yükselmeye sebebiyet verir. Basıncıdaki bu değişiklik kontrol rölesi tarafından yükseltilir ve körüğe geri beslenerek B eksenini etrafında dönebilen kol, denge durumu yeniden kuruluncaya kadar hareket eder. Bu sayede algılanan sıcaklıktaki değişiklik pnömomatik çıkış sinyalindeki bir değişikliğe çevrilir.

Kuvvet- denge sistemine ait bir örnek Şekil 7.7'de verilmektedir. Başlıca iki adet kurma düzeni mevcut olup bunlar; kuvvet- denge mekanizması ve termal sistem'dir. Termal sistem bir basınç altındaki gaz ile doldurulmuş bir kılcal tertibat ve tamamıyla sızdırmaz durumdaki bir algılayıcıdan meydana gelmektedir. Algılayıcıdaki sıcaklıkta oluşan bir değişiklik ise termal sistem kapsülü vasıtasıyla çapraz- dirsekler üzerine hareket edebilecek bir şekilde bağlanmış olan kuvvet çubuğunun alt kısmına uygulanan kuvvetteki bir değişime dönüştürülür. Bu kuvvet çubuğu termal sistemden kaynaklanan kuvvetin dengeleyici ve geri besleme körükleri ve ayrıca ana kaldırma yayının üretmiş olduğu bileşke kuvvetler vasıtasıyla dengelenebilmesini sağlar. Eğer kuvvet için termal sistem körüğü tarafından uygulanan moment; dengeleyici körük (vericideki ortam sıcaklığının etkisini dengeler), geri besleme körüğü (çıkış sinyali ile orantılı bir kuvvet üretir) ve kaldırma yayı (alt aralık değerini ayarlamak için imkan sağlar) tarafından üretilen bileşke momentlerin üzerinde ise, kuvvet çubuğunun üst kısmı ile nozul arasındaki mesafe azalarak nozul karşı basıncının yükselmesine sebebiyet verir. Bu basınç değişimi röle yardımıyla yükseltilir ve kuvvet çubuğu üzerindeki kuvvetin denge durumu yeniden kuruluncaya kadar artması için geri besleme körüğüne uygulanır. Bu yolla kuvvet çubuğu üzerine uygulanan kuvvetler verici sinyalinin ölçülen sıcaklık ile orantılı olması için dengede tutulur.

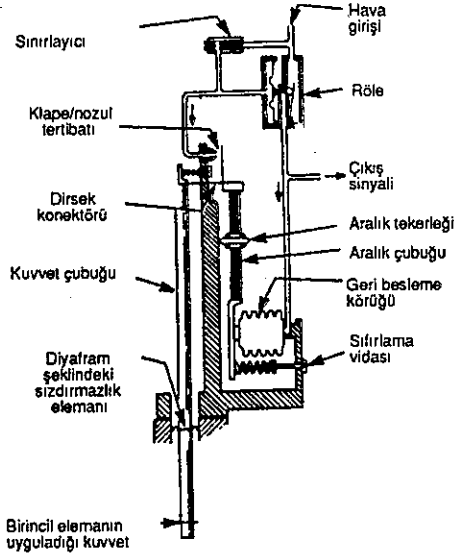
Bu tip bir sıcaklık vericisi 25- 300 K'lık aralıklarla 200- 800 K arasındaki sıcaklık ölçümleri için uygundur.



Şekil 7.7 Sıcaklık ölçümü için kuvvet- denge sistemi.

7.3.3 Basınç ölçümleri

1. Ciltte açıklandığı gibi, basınç ölçümlerinin büyük bir çoğunluğunda birincil elemanlar olarak; bir Bordon tüpü, diyafram veya körük (tek başına veya bir yay ile beraber) kullanılmaktadır. Bu elemanlar basıncın bir harekete veya kuvvete dönüştürülmesini sağlar. Her iki yöntemde pnömomatik sistemlerde kullanılmaktadır; hareket prensibi üzerinde çalışan sistemler sıcaklık ölçümleri için bir önceki bölümde anlatılan tekniğe benzeyen bir dengeleme tekniği kullanır. Bir kuvvet- denge prensibinden yararlanarak çalışan sistemler ise daha yaygın uygulamaya sahip bir mekanizmadan faydalanmaktadır. Bu mekanizma ilk olarak diferansiyel basınç ölçümleri için geliştirilmiştir. Bu mekanizmaya sahip sistemler; akış, seviye ve yoğunluk ölçümleri için bir temel teşkil ettiklerinden, endüstride yaygın bir şekilde kullanılır. Alternatif birincil elemanları seçmek suretiyle aynı denge mekanizması gösterge veya mutlak basınç değerlerinin ölçümü için de kullanılabilir. Bu mekanizma Şekil 7.8'de verilmektedir.



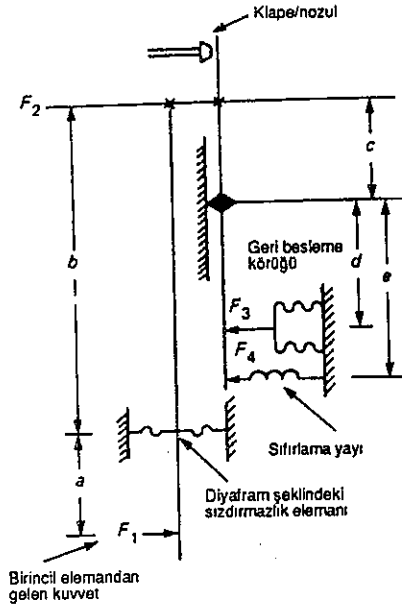
Şekil 7.8 Bir kuvvet- denge mekanizmasının düzeni.

Birincil eleman tarafından üretilen kuvvet, bir dirsek vasıtasıyla kuvvet çubuğunun bir ucuna uygulanır. Bu kuvvet çubuğu, kobalt-nikel alaşımından üretilmiş ince bir dairesel şekilli diyaframa her iki taraftan kaynaklanmış olan iki kısımdan oluşmaktadır. Bu diyafram, kuvvet çubuğu için bir mafsal veya dirsek olarak görev yapmaktadır. Ayrıca bu diyafram özellikle diferansiyel basınç-ölçüm cihazlarında proses sıvısı ile kuvvet- denge mekanizması arasında bir sızdırmazlık elemanı olarak kullanılmaktadır.

Diyafram şeklindeki bu sızdırmazlık elemanın dış kenarı, birincil elemanı çevreleyen gövde ile kuvvet- denge mekanizmasını destekleyen iskelet arasına sıkıştırılmıştır. Bu iskelet üzerinde sıfırlama yayı, geri besleme körüğü, pnömatik röle ve klap/ nozul sisteminin nozulu bulunmaktadır.

Aralık çubuğunun alt kısmına sıfırlama yayı ve geri besleme körüğü, üst kısmına ise klap ve bir dirsek bağlanmış durumdadır. Bu dirsek aralık çubuğunu kuvvet çubuğunun üst kısmına bağlar. Aralık çubuğu, aralık tekerleğinin pozisyonunun (ve bu nedenle sistemin hassasiyetinin) değiştirilebilmesi amacıyla vidalanmış bir çekildedir. Şekil 7.9 mekanizma için kuvvet diyagramını göstermektedir.

Çalışma durumunda, kuvvet çubuğunun alt ucuna birincil elemandan uygulanan kuvvet (F_1), diyafram şeklindeki sızdırmazlık elemanın mili et-



Şekil 7.9 Pnömatik kuvvet- denge mekanizmasında etkili olan kuvvetlerin diyagramı.

rafında bir moment ($F_1 a$) oluşturur. Bu moment daha sonra kuvvet çubuğunun üst ucuna iletilerek burada aralık çubuğunun üst kısmına esnek mafsal ve enine esnek bir konektör vasıtasıyla uygulanan bir kuvvete (F_2) dönüştürülür. Bu kuvvet, aralık tekerleği etrafında bir moment ($F_2 c$) meydana getirir. $F_2 c$ momentini körüğü ve sıfırlama yayının neden olduğu F_3 ve F_4 kuvvetlerinin oluşturduğu moment tarafından dengelenir.

Bu nedenle, denge durumunda;

$$\text{ve } F_1 a = F_2 b$$

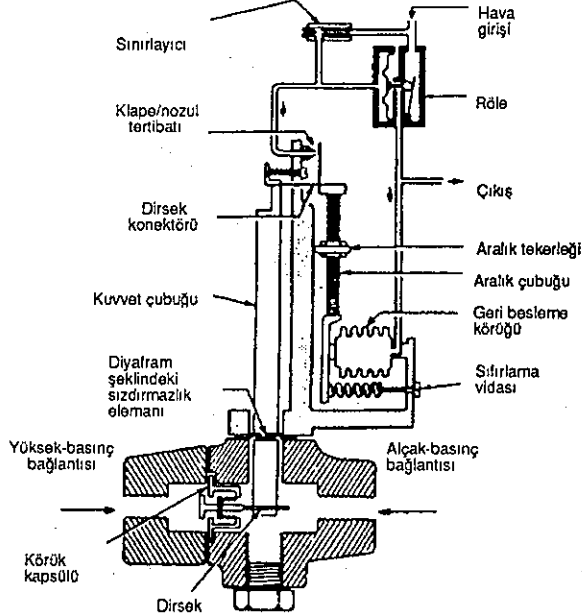
$$F_2 c = F_3 d + F_4 e$$

Buradan

$$F_1 = \frac{bd}{ac} \cdot F_3 + \frac{be}{ac} \cdot F_4$$

elde edilir.

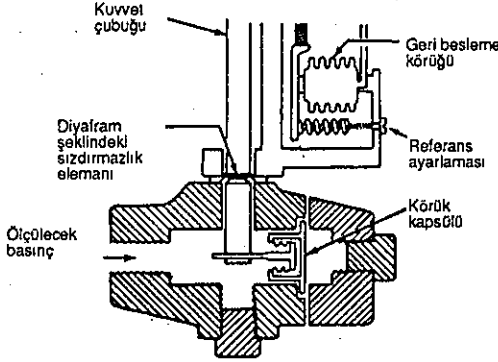
Aralık çubuğunun üzerindeki milin pozisyonunu değiştirmek suretiyle F_1 / F_3 oranı yaklaşık 10 ile 1 aralığında ayarlanabilir. Bu ise bir cihazın ölçüm aralığının ayarlanması için imkân sağlar.



Şekil 7.10 Bir basınç aktarıcısına bağlanmış olan kuvvet-denge mekanizması.

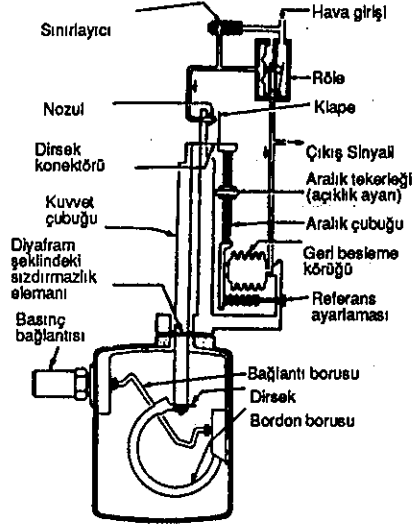
Geri besleme çevriminin düzeni; birincil eleman tarafından bir yükseltilmiş güç üretildiği zaman kuvvet çubuğunda meydana gelen düşük miktardaki hareketin klapenin nozula yaklaşarak karşı basıncın artmasına sebebiyet verecek şekildedir. Basıncıdaki bu değişiklik röle tarafından yükseltilir ve körüğe uygulanır. Sonuç olarak, aralık çubuğu üzerindeki kuvvet yeni bir denge durumu kuruluncaya kadar artar ve farklı kuvvetler dengelenir. Şekil 7.10 düşük- basınç bağlantısı atmosfere açık ise bir ayarlayıcı basınç aktarıcısında veya hem yüksek, hem de alçak- basınç sinyalleri bağlanacak ise bir yüksek- aralık diferansiyel basınç aktarıcısında kullanılacak olan kuvvet denge mekanizmasını göstermektedir.

Bu cihazda birincil eleman bir körüktür. Şekil 7.11 aslında aynı cihazı göstermekte olup, bu cihazda önceki konfigürasyonda düşük basınç kenarı olan kısımdaki körüğün havası boşaltılmış ve sızdırmaz hale getirilmiştir. Bu değişiklik sayesinde cihaz, mutlak basıncı ölçebilir.



Şekil 7.11 Bir mutlak basınç aktarıcısına bağlanmış olan kuvvet- denge mekanizması.

Şekil 7.12 ise bu mekanizmanın birincil elemanın bir Bordon borusu olduğu bir yüksek- basınç aktarıcısında nasıl kullanıldığını göstermektedir.

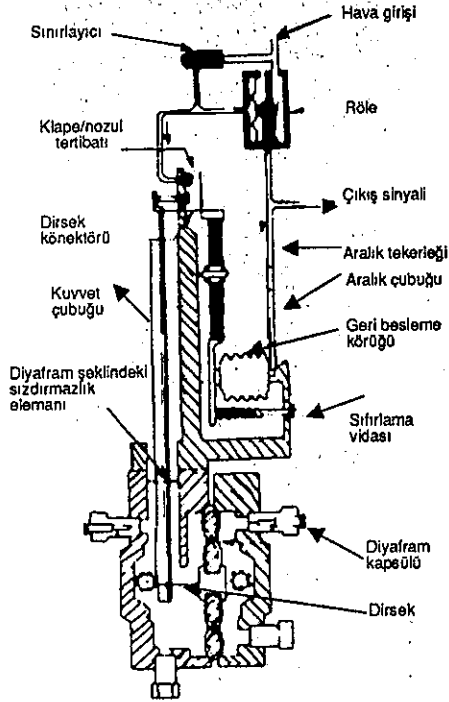


Şekil 7.12 Bir Bordon borusuna sahip bir yüksek basınç aktarıcısına bağlanmış olan kuvvet- denge mekanizması.

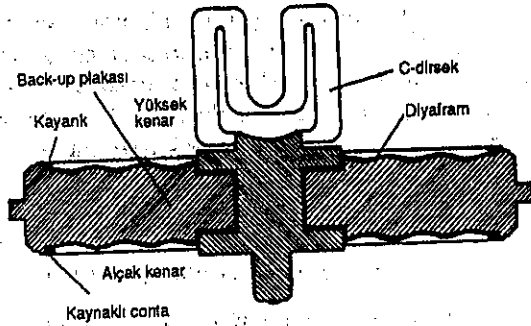
Şekil 7.13 pnömatrik algılayıcılar arasında en yaygın olarak kullanılan diferansiyel basınç algılayıcısına bağlanmış olan aynı mekanizmanın kullanımını göstermektedir.

Algılayıcının en önemli parçası olan diyafram kapsül Şekil 7.14'de ayrıntılı bir şekilde gösterilmektedir. Bu kapsül birbirinin aynı iki kıvrımlı diyaframdan oluşmakta olup bu diyaframlar, uyumlu konturlarının üzerine işlenmiş olduğu bir destek (back-up) plakasına çevrelerinden kaynaklanırlar. Kapsülün orta kısmında iki diyafram bir gövdeye bağlanmış durumdadır. Bu gövdenin üzerinde ise diyaframın kuvvet çubuğu ile bağlantısını sağlayan bir C- dirsek bulunmaktadır. Diyaframlar ile destek plakası arasındaki küçük boşluk sönümleme sağlamak amacıyla silikonlu yağ ile doldurulur.

Kapsülün her iki kenarına eşit basınçlar uygulanırsa, merkezi gövdede herhangi bir hareket meydana gelmez. Bununla birlikte, eğer bir kenara uygulanan basınç diğer kenara uygulanan basınçtan daha büyükse etkin kuvvet merkezi gövde vasıtasıyla C- dirseğine iletilir.



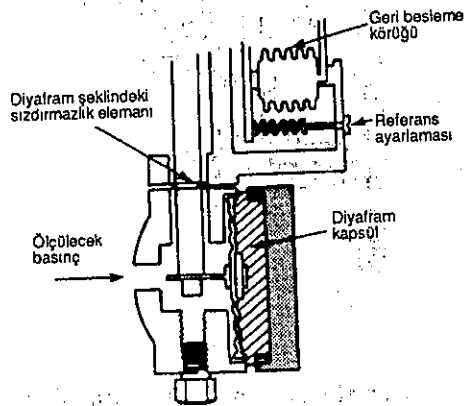
Şekil 7.13 Diferansiyel basınç aktarıcısına bağlanmış olan kuvvet-denge mekanizması.



Şekil 7.14 Diferansiyel basınç algılayıcı kapsülün yapısı.

Eğer bir kenar üzerindeki kuvvet, diğer kenar üzerindeki kuvvete kıyasla çok yüksekse, bu durumda yüksek basınca maruz kalan diyafram destek plakasının uyumlu konturların üzerine doğru hareket ederek zarara karşı korunmuş olur. Bu önemli özellik, bir çok farklı proses parametrelerinin ölçümü için diferansiyel basınç aktarıcılarının yaygın olarak kullanılmasında etkili olan temel faktör olmuştur. Bu ölçülen proses parametrelerinden en önemli olanları; orifis plakalarıyla birlikte akış ölçümü ve hidrostatik basınçlar cinsinden seviye ölçümüdür.

Şekil 7.15 ise; diferansiyel basınç aktarıcısının diyafram kapsülünün bir mutlak basınç aktarıcısına dönüştürülmesi amacıyla nasıl değiştirildiğini göstermektedir.

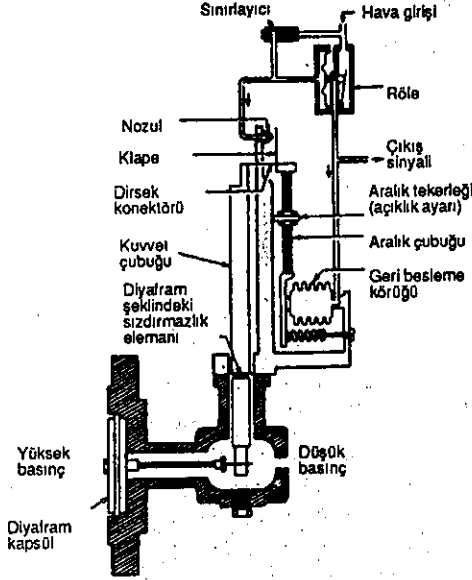


Şekil 7.15 Mutlak basınç aktarıcısı için algılayıcı kapsülünün modifikasyonu.

7.3.4 Seviye Ölçümleri

Diyafram kapsül ve kuvvet- denge mekanizması sıvı seviyesi ölçümleri için uyarlanabilir. Şekil 7.16 bu mekanizmanın seviyesi ölçülecek olan sıvıyı içeren kabın kenarına sabitlenmiş olan bir flanşa nasıl takılacağını göstermektedir. Eğer tank açık ise, bu durumda kapsülün düşük- basınç kenarı da atmosfere açık olarak bırakılır. Diğer taraftan, eğer kapalı bir tank içinde bulunan sıvının seviyesi ölçülecek ise, sıvının üzerindeki atmosfer basıncı düşük basınç bağlantısı vasıtasıyla kapsülün arka kısmına uygulanmalıdır. Çalışma durumunda; diyaframa uygulanan sıvı seviyesi ile orantılı hidrostatik basınç, kuvvet çubuğunun alt ucuna uygulanacak olan bir kuvvet üretir.

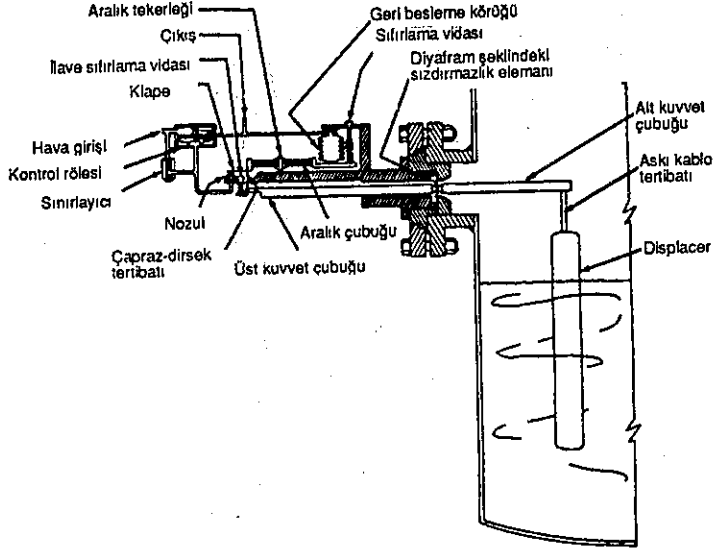
Aynı tip pnömatik kuvvet-denge mekanizması, bu kuvveti ölçmek için kullanılır ve böylece sıvı seviyesi ile orantılı bir çıkış sinyali üretir.



Şekil 7.16 Bir flanşlı seviye aktarıcısına bağlanmış olan kuvvet- denge mekanizması.

7.3.5 Yüzebilirlik (Buoyancy) Ölçümleri

Aynı mekanizma, seçilecek olan şamandıra konfigürasyonuna göre bir sıvı yoğunluğu veya seviyesini ölçmek için kullanılacak olan bir yüzebilirlik aktarıcısı olarak uyarlanabilir. Bu Şekil 7.17'de gösterilmekte olup, yöntemin detayları Cihaz teknolojisi, Cilt 1, Bölüm 8'de verilmektedir.

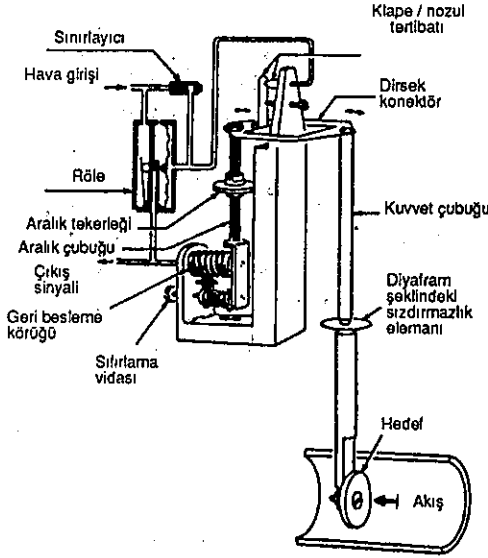


Şekil 7.17 Bir yüzebilirlik aktarıcısına bağlanmış olan kuvvet- denge mekanizması.

7.3.6 Hedef Akış Aktarıcısı

Bu aktarıcı bir birincil eleman ile kuvvet- denge aktarıcı mekanizması tek bir ünite içinde bulundurmaktadır. Şekil 7.18'den görülebileceği üzere kuvvet- denge aktarıcı mekanizması, aslında daha önce anlatılan diğer pnömomatik aktarıcılarda kullanılan kuvvet- denge mekanizmasının aynısıdır. Birincil eleman kuvvet çubuğunun ucuna bağlı olan disk şeklindeki bir hedef olup, bu hedef proses sıvısını taşıyan boru içine merkezi olarak yerleştirilmiştir.

1. Cilt, 1. Bölümde de açıklandığı gibi hedef üzerinde kuvvet; hedef alanı üzerindeki tamamlanmış (integrated) düz ve ters akış basınçları arasında farka eşittir. Bu kuvvetin karekökü akış hızı ile orantılıdır.



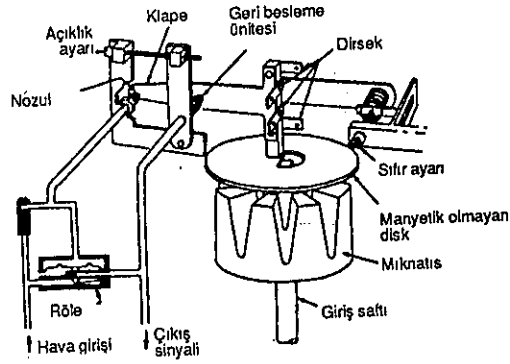
Şekil 7.18 Bir hedef akış aktarıcısına bağlanmış olan kuvvet- denge mekanizması.

7.3.7 Hız

Benzeri bir kuvvet- denge tekniği Şekil 7.19'da gösterildiği gibi hız ile orantılı bir pnömatik sinyal üretmek için kullanılır. Aktarıcı giriş şaftı döndüğü zaman, bu şafta bağlı olan daimî mknatis bir manyetomotor kuvvet üretir. Bu kuvvet manyetik olmayan bir alaşımdan yapılmış diskin aynı yönde dönmesine sebebiyet verir. Bu disk klapeye dirsekler ile bağlanmış olduğu için, diskin herhangi bir hareketi klapede yöndeş bir harekete neden olur. Böylece klape ile nozul arasındaki mesafe değiştirilir.

Klape/nozul ilişkisi değıştikçe röleden geri besleme ünitesine olan çıkış basıncı, geri besleme ünitesindeki kuvvet dönme kuvvetini dengeleyinceye kadar değışmektedir.

Kuvvet dengesini sağlayan çıkış basıncı iletilen pnömatik sinyal olup dönme hızıyla orantılıdır. Bu sinyal bir gösterge, kayıt cihazı veya kontrol elemanındaki pnömatik alıcıyı tahrik etmek için kullanılabilir.



Şekil 7.19 Bir hız aktarıcısına bağlanmış olan modifiye edilmiş kuvvet- denge mekanizması.

7.4 Pnömatik İletim

Genelde oldukça basit kontrol sistemlerinde, birincil algılayıcı elemanını doğrudan kontrol mekanizmasına bağlamak ve bu elemanı mükül b oranda son kontrol elemanına yakın bir biçimde yerleştirmek mümkündür. Bununla birlikte proses enstrümantasyon bir merkeze bağlandığında birincil algılayıcılar; ölçüm noktası ile kontrol elemanı arasında iletim için pnömatik sinyal üretken bir mekanizma ile birlikte çalışacak şekilde düzenlenir. Bu mekanizma genelde bir kontrol odası veya muhafazalı alan içine yerleştirilir.

Bu iletim sinyalleri için bir standart geliştirilmiş olup, bu standart sadece farklı ölçüm birimlerinin uygulanması sonucunda ortaya çıkan küçük sapmalarla hemen hemen her yerde kullanılmaktadır. Eğer alt aralık değeri bir basıncı ile ifade edilirse, bu durumda üst aralık değeri bir 5P basıncı ve fark basıncı ile gösterilir. Ayrıca, cihaza verilen havanın nominal basıncının 6,5P 7,0P değerleri arasında olacak şekilde ayarlanması alışkanlık haline gelmiş

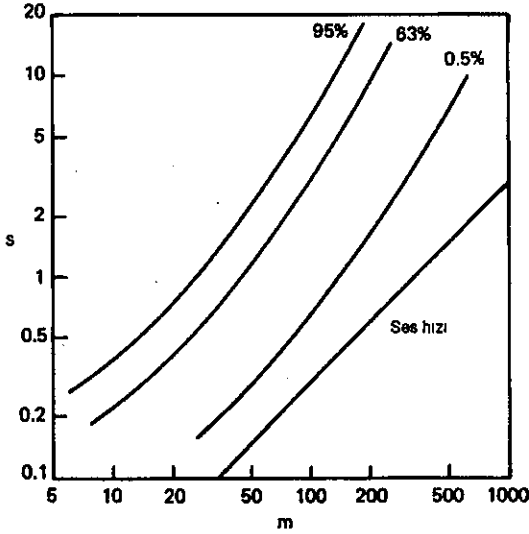
Sf birimlerinde; ölçümün sıfır veya alt aralık değeri 20 kPa'lık, üst aralık değeri de 100 kPa'lık bir basınç ile gösterilmekte olup ve bu yüzden fark (sp) 80 kPa'lık bir değişimle ifade edilir. Bu değerlere karşılık gelen İngiliz birimleri, 3 psi, 15 psi ve 12 psi'dir. Bu değerler metrik birim cinsinden ise 0,2 kg/c (0,2 bar), 1,0 kg/cm² (1,0 bar) ve 0,8 kg/cm² (0,8 bar) olarak verilir.

(1 bar = 100 kPa = 14,7 psi).

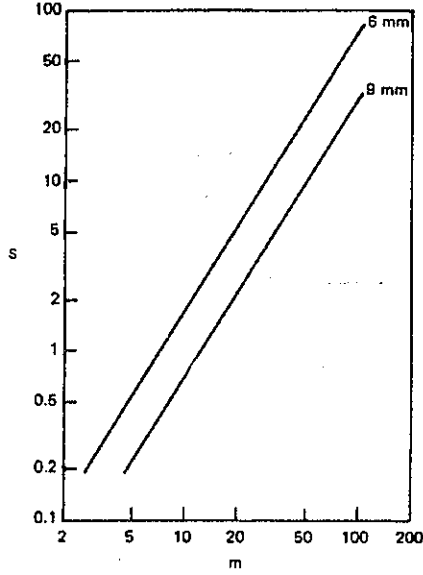
Eğer ölçülen değerlerde bir değişiklik meydana gelirse, bu iletici tarafından algılanır ve buna bağlı olarak çıkış basıncında artış gözlenir. İletici kontrol elemanından uzakta olup aralarındaki bağlantı uzun bir boru vasıtasıyla sağlandığı zaman, vericide üretilen basınç değişikliği kontrol elemanına ulaşmadan evvel bir sınırlı gecikme oluşacaktır. Yükseltilmiş bir sinyal durumunda bu gecikme; değişikliğin büyüklüğü vericinin iletim hattı boyunca basıncı yükseltmek için gerekli sıkıştırılmış havayı sağlama kabiliyeti, değişikliğin hat boyunca ilerleme hızı ve son olarak da alıcı elemanın kapasitesi tarafından kontrol edilir.

Bir pnömatik iletim sisteminin karakteristiklerinin kapsamlı bir tanımaması bu kitabın konusu dışındadır, ancak Şekil 7.20 ve 7.22 uygun temsili koşullar için etkilerin büyüklüğünü göstermektedir.

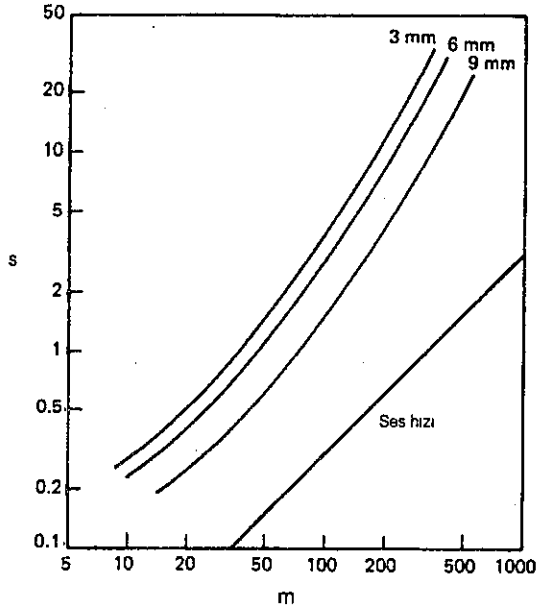
Şekil 7.20 borunun uzunluğuna göre 20 kPa'dan 100 kPa'ya kadar olan girişteki bir kademe değişikliğini takiben çıkışın azami değerinin %95, 63 ve 0,5'ine ulaşması için geçen süreyi göstermektedir. Şekil 7.21 ise; giriş sabit bir hızda değiştiği zaman gecikme ile boru uzunluğu arasındaki ilişkiyi vermektedir. En son olarak, Şekil 7.22 9 mm, 6 mm ve 3 mm'lik borular için 20 kPa'dan 100 kPa'a kadar olan bir kademe değişikliği karşı olan %63'lük bir zaman gecikmesinin boru uzunluğuna bağlı olarak değişimini göstermektedir.



Şekil 7.20 Çeşitli uzunluklardaki borulara uygulanan pnömatik basınçta meydana gelen basamak değişikliğine olan tepkideki zaman gecikmesi.



Şekil 7.21 Çeşitli uzunluklardaki borulara uygulanan pnömatik basınçta meydana gelen sabit bir orandaki değişime karşı olan tepki gecikmesi.



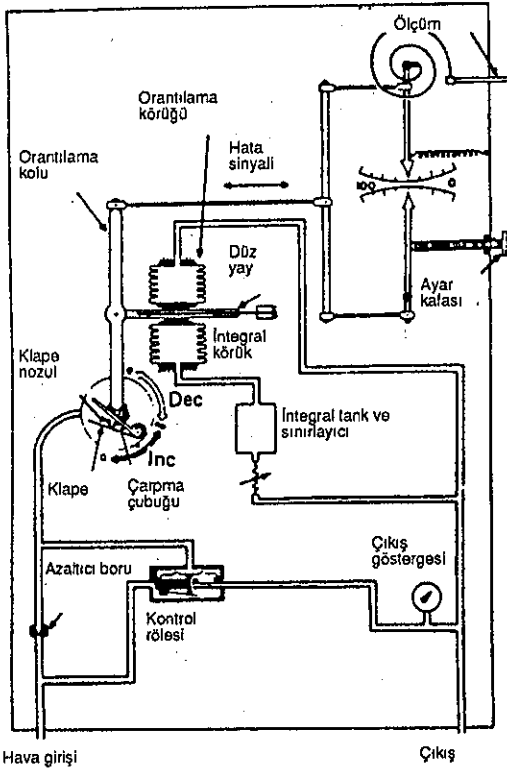
Şekil 7.22 Çeşitli uzunluklardaki borulara uygulanan basınçtaki basamak değişikliğine olan % 63,2'lik tepki için gecikme.

7.5 Pnömatik Kontrol Cihazları

7.5.1 Hareket- Denge Kontrol Cihazları

İlk pnömatik kontrol cihazlarının birçoğu hareket- denge prensibi üzerinde çalışmaktaydı. Bunun nedeni ise, birincil eleman ile birlikte algılayıcının ölçülecek miktar ile orantılı bir sinyal sağlamak amacıyla bir kuvvetten ziyade bir mekanik hareket üretmesiydi. Bu teknik hâlâ yaygın bir şekilde kullanılmaktadır ve çeşitli kontrol hareketlerinin değişimlerini bir bütün halinde toplamış kavramın modern bir şekilde yerine getirilmiş bir örneği olan Foxboro Model 43A, aşağıdaki bölümlerde anlatılmaktadır.

Bu kontrol cihazlarının birçoğunda, bir yaylı körük veya Bordon elemanı gelen sinyali bir harekete dönüştürmektedir. Bu hareket, doğrudan ölçülen değer bir ölçek üzerinden okunacak şekilde bir ibreyi kumanda etmek için kullanılır. Aynı ölçek üzerinde ikinci bir ayarlanabilir ibre mevcut olup bu ibrenin pozisyonu kontrol cihazının çalışması için bir ayar noktası veya istenen



Şekil 7.23 Otomatik-elle kontrol denge özelliğine sahip pnömatik hareket-denge iki- kademeli kontrol cihazının temel konfigürasyonu.

değeri tanımlar. Uygulamaların büyük çoğunluğu için gerekli olan hareket orantılı ve aynı zamanda integral olup aşağıdaki gibi elde edilir.

Şekil 7.23'de görüldüğü gibi, iki ibre arasında bir mekanik bağlantı kuru- larak bu bağlantının orta noktasının hareketinin ölçülen değer ile ayar noktası arasındaki fark ile orantılı olması sağlanır. Bu fark, yatay olarak merkezinden düz bir yaya bağlanmış bir orantılama kolu (proportioning lever) üzerine uy- gulanır. Kontrol cihazının pnömatrik çıkışına bağlı olan ve integral etki körüğü tarafından karşı koyulan bir körük, düz yay üzerine bir kuvvet uygulamak- tadır ve sonuçta orantılama kolu integral etkisi ile birlikte çıkış sinyalinin büyüklüğüne göre dikey bir konumda pozisyonlandırılır.

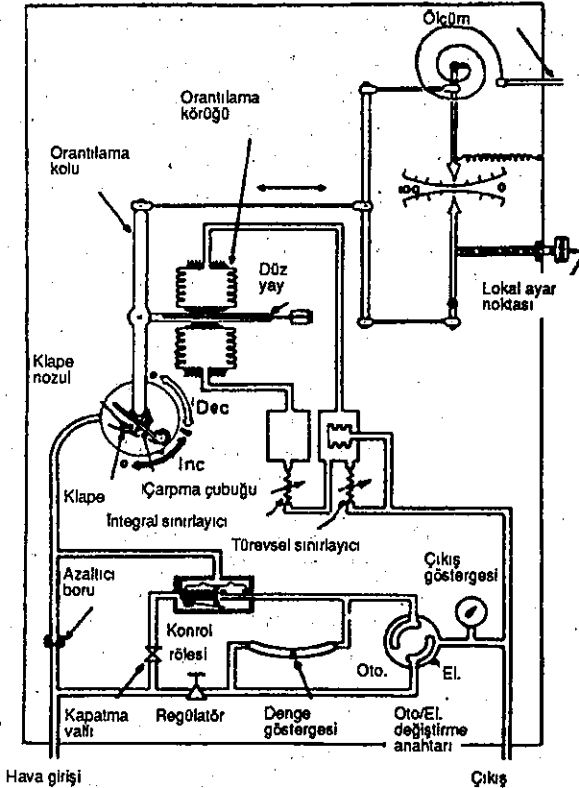
Orantılama kolunun alt serbest ucu klape/nozul sisteminin çarpma çu- buğu üzerine dayanmaktadır. Bu ise, klafenin nozul ağzını örtmesi veya ka- pamasına sebebiyet verir. Eğer ölçüm ayar noktasını aşarsa, orantılama kolu sola doğru (şekilde) ve çubuk merkezi olarak bir eksen etrafında dönebilecek şekilde bağlanmış olduğu için alt serbest ucu da çarpma çubuğundan uzak- laşacak şekilde sağa doğru hareket eder. Bu hareket sonucunda nozul karşı basıncı artar. Basıncıdaki bu değişim kontrol rölesi tarafından yükseltılarak ci- hazın çıkış sinyali olan bir değere getirilir. Basıncı değişimi aynı zamanda orantılı körüğe de uygulanarak orantılama kolunun çarpma çubuğu üzerin- de tekrar çarpma kadar aşağıya doğru hareket etmesi sağlanır. Çarpma netice- sinde klape nozuldan uzaklaşır. Sonuç olarak, nozul karşı basıncı düşer ve basıncıdaki bu değişiklik kontrol rölesi vasıtasıyla yükseltildikten sonra orantılama körüğü (proportioning bellows) ve cihaz çıkışına, ayrıca integr- tank ve sınırlayıcı üzerinden integral körüğe uygulanır. Bu yolla, ölçüle- değer ile istenen değer arasındaki herhangi bir kalıntı hata bütünlendir ve çık- hata ortadan kaldırılmaya kadar kademeli olarak ayarlanır.

Bu tip bir kontrol hareketi işletimsel gereksinimlerin büyük bir çoğu- luğunu karşılar. Bununla birlikte, birkaç örnekte orantılı etki tek başına yete- olup bu durumda integral körük yerine bir yay kullanılır, ayrıca integral ta- ve sınırlayıcı mevcut değildir.

Diğer taraftan, türevsel etkiyi dahil etmek, yani diğer bir deyişle çik- sinyaline hata sinyalinin değişim hızı ile orantılı olan bir eleman ilave etri- suretiyle performansın daha da artırılmak istendiği birkaç durum mevcuttur. Bu şekil 7.24'de görüldüğü gibi orantılı körük sistemini değiştirmek sureti- gerçekleştirilir. Çalışma esnasında, ölçüm sinyalindeki ani bir değişim k- pe/nozul sistemini harekete geçirerek çıkış sinyalini değiştirir. Bu değişik- sapıtma mekanizması vasıtasıyla doğrudan orantılı körüğe geri beslenir, cak türevsel sınırlayıcı geçici sinyalin zayıflamasına ve böylece orantıla- körüğündeki basıncın çıkış basıncına eşit hale gelmesine neden olur. Bu ar- integral etkisi ölçülen değer ile ayar noktası arasındaki herhangi bir farkı az- mak amacıyla artar.

Cihazın diğere bir özelliği ise, kontrol cihazını elle çalışır durumdan otomatik olarak çalışır veya bunun tersi duruma geçirmek için kullanılan bir anahtardır. Bu anahtar basit bir iki yöllü değiştirme düzeni olup, beraber kullanıldığı parçalar ; bir regülatör ve kavisli bir cam tüp içine monte edilmiş bir metal bilyadan oluşan hassas bir denge göstergesidir.

Kontrol çevrimi otomatik konumdan elle çalışır konuma değiştirilmek istendiği zaman; regülatör, denge göstergesi içindeki bilya regülatör basıncı kontrol elemanın çıkışına eşit olduğunu göstermek için merkezi bir pozisyona gelinceye kadar ayarlanır. Proses daha sonra herhangi bir geçici karışıklığa neden olmaksızın otomatik kontrol durumundan elle kontrol durumuna değiştirilir. Diğere yandan proses, el ile kontrol durumundan otomatik kontrol durumuna geçirilmek zorunda olduğunda ise, ayar noktası kontrolü kontrol cihazının çıkış sinyalinin elle sabitlenmiş bir değere karşı dengelenmesi için ayar edilir.

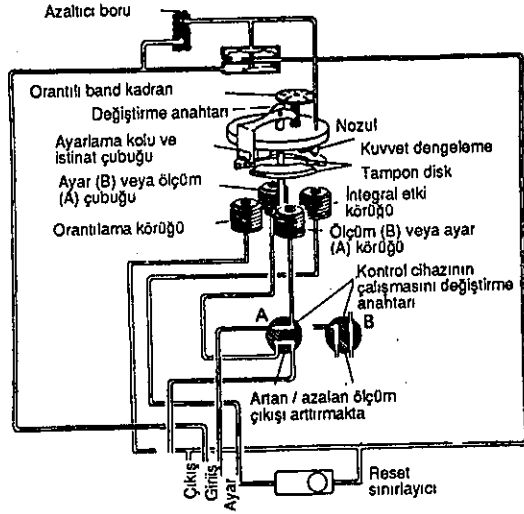


Şekil 7.24 Otomatik/elle dengeleme özelliğine sahip pnömatrik hareket-denge üç-kademeli kontrol cihazının temel konfigürasyonu.

Diferansiyel aralık etkisi (bir nötr bölge ile birlikte açma/kapama kontrolü olarak da bilinir), otomatik durdurma (ölçülen değer daha önce saptanmış bir limit değerine ulaştığı zaman bir prosesi durdurmak için kullanılır), açma/kapama kontrol (cihazın en basit konfigürasyonu), uzaktan pnömatik ayar (bu ayarda, elle ayar noktası kontrolü yerine eşdeğer bir pnömatik olarak çalışan mekanizma kullanılmaktadır) ve yığın (batch) işlem (bu işlemde ardışık yığın proses dizileri arasındaki süreler eşnasındaki integral etkisi devresinin doygunluğunu önlemek için bir önlem alınır) diğer mevcut çalışma modlarıdır. Bununla birlikte, bu konfigürasyonlar basit orantılı ve hem orantılı, hem de integral kontrol cihazlarına kıyasla nadirdir.

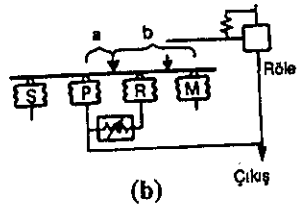
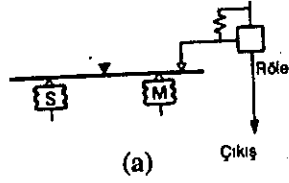
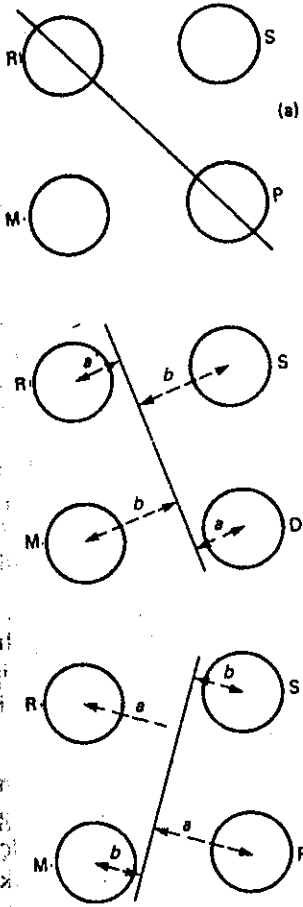
7.5.2 Kuvvet- Denge Kontrol Cihazları

Kontrol cihazlarının Foxboro Model 130 serisi pnömatik kuvvet- denge kontrol cihazlarının çalışma yöntemini gösteren bir örnektir. Kontrol ünitesinin temel mekanizması Şekil 7.25'de gösterilmektedir. Bu mekanizmada dört adet körük mevcut olup, bu körüklerden her biri sırasıyla ayar noktası, ölçüm orantılı geri besleme ve integral geri besleme içindir. Bu körükler; açılabilir bir istinatın her iki yanında iki körük bulunacak şekilde bir tampon disk üzerinde bulunmaktadır. Mekanizmanın çalışması esnasında; istinat çubuğundan olan mesafeleri ile çarpılmış olarak her bir körük vasıtasıyla uygulanan kuvvetler, pnömatik çıkış sinyali üreten normal bir klape/nozul sisteminin çalışması ile dengede tutulur.



Şekil 7.25 Kuvvet- denge kontrol cihazının temel mekanizması.

Eğer istinat çubuğunun açısal konumu doğrudan orantılı geri besleme körüğünün ve reset körüğünün üzerinde olacak şekilde ayarlanırsa (Şekil 7.26 (a) da gösterildiği gibi), ünite bir açma/kapama kontrol cihazı olarak çalışır. Ayar noktası sinyali üzerinde ölçüm sinyalindeki çok düşük bir artış, nozulun üzerinin kapanmasına ve böylece çıkış sinyalinin giriş basıncına yükselmesine sebebiyet verir. Ayar noktası sinyalinin altında ölçüm sinyalindeki herhangisi bir azalma ise, nozulun üzerinin açılarak çıkış sinyalinin sıfır seviyesine düşmesine neden olur.



Şekil 7.26 Çeşitli kontrol cihazı ayarlamaları için kuvvet diyagramı. Ayarlanabilir istinat kolu ayarlama: (a) açma- kapama kontrol işlemi için, (b) %25 orantılı band için veya (c) %400 orantılı band için.

Eğer ayarlanabilir istinat kolu Şekil 7.26 (b)'de gösterilen bir pozisyona gelirse, orantılı band %25'tir (veya kazanç 4) ($a/b = 1/4$) Ölçüm sinyali arttığı zaman, çıkış basıncının yeniden denge elde edilinceye kadar yükselmesi için klape/nozul üzeri kapanacaktır. Bu olay, çıkış basıncı dört katı arttığı zaman meydana gelecektir (eğer integral etkisi hesaba katılmazsa).

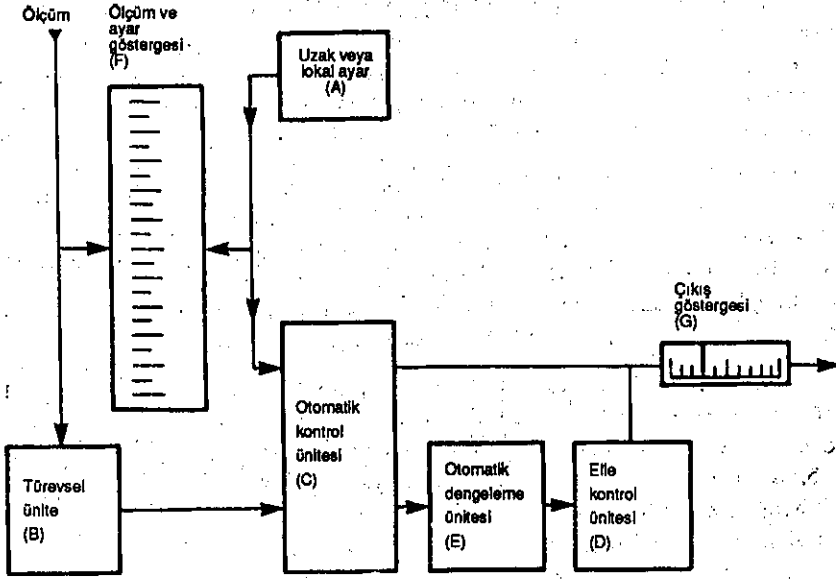
Istinat kolu Şekil 7.26 (c)'deki gibi bir pozisyona ayarlandığı zaman ise, orantılı band %400 (veya kazanç 0,25) ($a/b=4$) olup bu durumda ölçüm sinyalindeki bir artış klape/nozul'un üzerinin kapanmasına ve çıkış basıncının denge durumu yeniden elde edilinceye kadar tekrar yükselmesine neden olur. Bu, çıkış basıncındaki değişikliğin ölçüm sinyalindeki değişikliğin dörtte birine eşit olduğu zaman meydana gelecektir.

Tekrar Şekil 7.26 (b)'ye bakıldığı zaman; eğer ölçüm sinyali artarsa, çıkış körüklerindeki basınç dört kat artacaktır. Bununla birlikte, çıkış sinyalindeki bu değişiklik bir sınırlayıcı vasıtasıyla resetleme körüğüne uygulanmakta ve bu körük istinat kolunun aynı kenarı üzerine etki etmektedir. Böylece, resetleme körüğü üzerindeki basınç arttıkça, çıkış sinyali denge durumunu geri kazanmak için orantılı bir şekilde daha fazla yükselmelidir. Bu durumda orantılı körük ile reset körüğü arasındaki proses, kontrol cihazı çıkışı ile etkileşip ölçüm sinyalini azaltana kadar bir basınç farkı mevcut olacaktır. Bu basınç farkı da, fark ortadan kaldırılinceye kadar orantılı körük üzerindeki basıncı düşürür. Resetleme hareketi ölçüm ve ayar noktası ve bu nedenle ve orantılı körük arasında bir fark mevcut olduğu sürece devam eder.

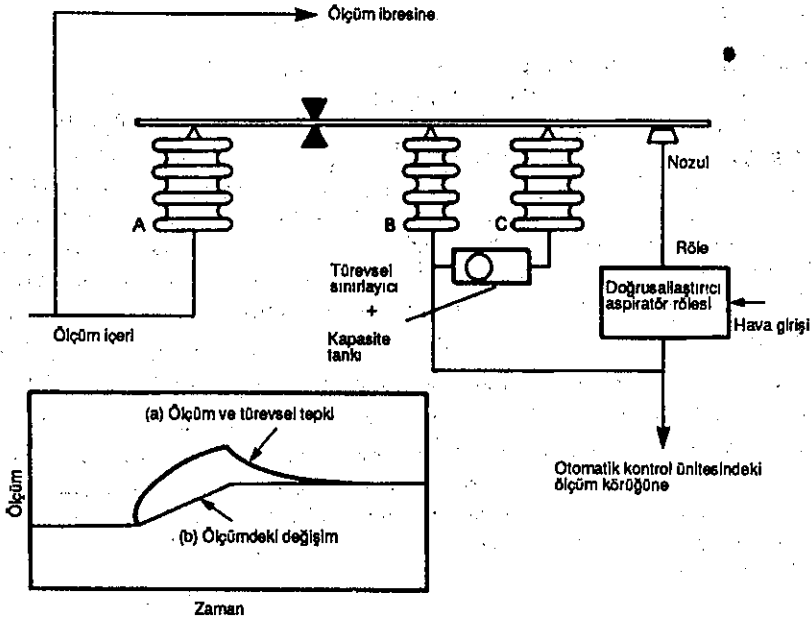
Şekil 7.27'de gösterilen bütün bir kontrol cihazının düzeni otomatik kontrol ünitesinin etrafında merkezlenmiş bir şekildedir. Elle ayarlama noktası, cihazın ön kısmında bulunan bir düğme ile ayarlanır. Bu düğme ölçük üzerindeki bir ibreyi kumanda eder ve otomatik kontrol ünitesine uygulanacak olan bir orantılı basınç üreten bir mekanizmayı çalıştırır.

Lokal/uzaktan ayar noktası mekanizması, ayar noktasının alınan değerini göstermek için ikinci bir ibreyi kontrol eden bir alıcı körüğe sahiptir. Ayrıca lokal veya uzak sinyalin saptanabilmesine izin veren bir anahtar içermektedir (Şekil 7.27).

Türevsel ünite sadece ölçüm sinyalinden tahrik edilir ve ayar noktasındaki değişikliklerden etkilenmez. Bu ünite Şekil 7.28'de gösterildiği gibi, başka bir kuvvet- denge mekanizması içermektedir. Bu mekanizmada ölçüm körüğü A'ya uygulanan sinyal tarafından üretilen moment, diğer iki körük tarafından üretilmiş olan bileşke momentler vasıtasıyla dengelenmektedir. Bu körüklerden biri (C), diğerinden (B) çok daha yüksek bir moment üretecek şekilde düzenlenmiştir.



Şekil 7.27 Bütün bir pnömatik kontrol cihazının düzeni.



Şekil 7.28 Türevsel fonksiyon üretiminin temel mekanizması.

Sabit koşullarda, körük A'dan kaynaklanan moment B ve C körüklerinin toplam momentlerine eşittir. Ölçüm sinyalinde meydana gelecek herhangi bir artış dengeyi bozmakta ve bunun sonucu olarak klape/nozul'un nisbi pozisyonunun azalmasına ve doğrusal aspiratör rölesinin çıkışının yükselmesine neden olmaktadır. Bu sinyal sadece otomatik kontrol ünitesi içindeki ölçüm körüğüne uygulanmakla kalmaz, aynı zamanda B ve C körüklerine de uygulanır.

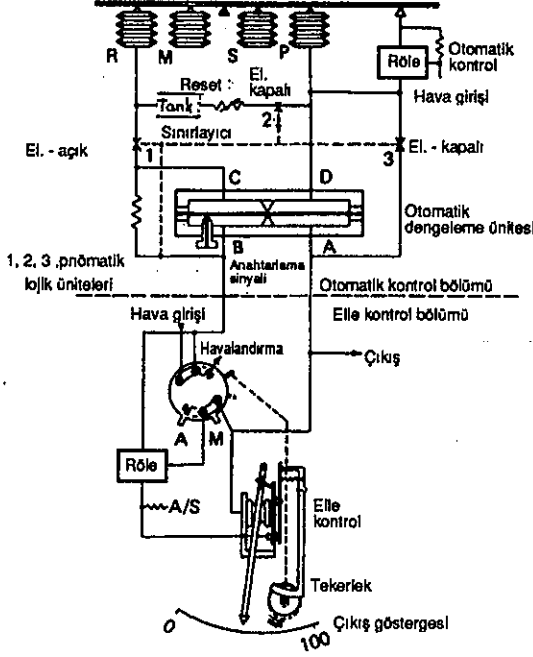
Bununla birlikte, körük C'ye olan giriş, bir sınırlayıcı içinden geçer ve bu sayede ilk olarak sadece körük B tarafından üretilen kuvvet vasıtasıyla denge geri kazanılır. Daha sonra körük C tarafından üretilen kuvvet artar ve bu etki çıkış sinyalindeki bir azalma tarafından dengelenir. Sınırlayıcının değeri tarafından saptanan belli bir süre sonunda, B ve C körüklerinde basınçlar eşit duruma gelir. Bu basınçlar daha sonra A körüğündeki basınca da eşit olur. Bu nedenle, geçişin bir sonucu olarak kontrol cihazına giden etkili ölçüm sinyali değişme hızı ile orantılı olacak şekilde bir miktar değiştirilir, bu suretle türevsel kontrol eylemi sağlanır.

Aynı zamanda tüm hava giriş basıncı sınırlayıcılar üzerinden C ve B bölümlerine uygulanarak diyaframın belirli bir pozisyon alması sağlanır. Bu pozisyonda, nozul vasıtasıyla atmosfere bırakılan hava çok düşük bir değere azaltılır.

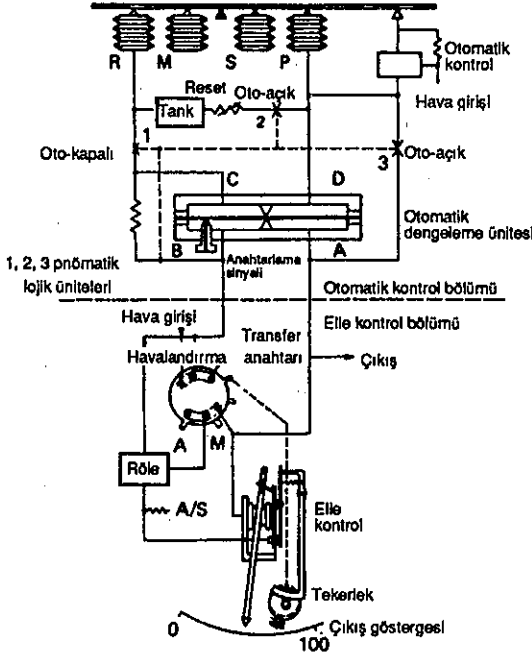
7.5.2.1 Otomatik- Elle Kontrol Transfer Anahtarı

Daha önce anlatılan pnömatis kontrol cihazlarının tasarımında; kontrol fonksiyonunu otomatik konumdan elle çalışır veya tersi konuma geçirmek için iki çıkış sinyalinin elle dengelenmesi gerekiyordu. Bu dengeleme işlemi yapılmadığı zaman proses bir şok'a maruz kalacak ve kabul edilemez geçici koşullara sebebiyet verebilecektir.

Bu elle dengeleme işleminden kurtulmak için, bir ünite tasarlanmış ve cihaza takılmıştır. Bu ünite otomatik dengeleme ünitesi olarak bilinir ve Şekil 7.29 ve 7.30'da gösterildiği gibi merkezi olarak bağlanmış bir esnek diyafram vasıtasıyla birbirlerinden ayrılmış dört ayrı bölmeye sahip bir hücreden meydana gelir. Bölümlerden birisinde bir nozul bulunup, normal çalışma esnasında hava bu nozul içinden diyaframın nozula olan nisbi yakınlığının bir sonucu olarak yavaş bir şekilde dışarı çıkar. Diyafram nozuldan uzaklaştığı zaman hava akışı artar. Diğer yandan, diyafram nozula yaklaştığında ise hava akışı azalır.



Şekil 7.29 Elle kontrol- otomatik kontrol transfer.



Şekil 7.30 Otomatik kontrol- elle kontrol transfer.

Kontrol cihazı elle kontrol moduna ayarlandığı zaman, ünite ara bağlantıları Şekil 7.29'da görülmektedir. Bu modda, elle kontrol cihazı bir çıkış sinyali üretmekte olup bu sinyal aynı zamanda otomatik dengeleme ünitesindeki 'A' bölmesine de uygulanır. Eğer kontrol cihazı otomatik kontrol moduna ayarlanırsa, bu aynı sinyal rölesi ile birlikte çalışan kuvvet-denge ünitesi tarafından üretilecektir. Bu durumda sinyal reset sınırlayıcı ve tank üzerinden resetleme körüğüne geçecektir, ancak elle çalıştırma modunda bu bağlantıların her ikisinde pnömatik mantıksal (lojik) anahtarlar tarafından kapatılır.

Otomatik dengeleme ünitesindeki D bölümü doğrudan kuvvet-denge ünitesindeki orantılı körüğe (P) bağlıdır ve bu nedenle aynı basınçta tutulur. A ve D bölümleri arasındaki herhangi bir basınç farkı; esnek diyaframın nozula göre hareket etmesine sebebiyet verir ve bu nedenle B bölümündeki bir sınırlayıcı tarafından (elle çalıştırma modunda) sağlanan basıncı değiştirir. Böylece, çıkış sinyali elle kontrol cihazının ayarlanması ile değiştirildikçe, A bölümündeki basınç buna bağlı olarak değişmekte ve bu esnek diyaframın pozisyonunun değişmesine neden olmaktadır. Diyaframın pozisyonunun değişmesi ise havanın nozul vasıtasıyla B bölümünden kaçma hızını değiştirmektedir. Bu değişiklik sınırlayıcı vasıtasıyla kuvvet-denge ünitesindeki resetleme körüğüne (R) ve C bölümüne aktarılır. Böylece resetleme körüğü (R), çıkış körüğündeki (P) basıncın denge durumu yeniden kuruluncaya kadar değişmesine neden olur.

Bununla birlikte, aynı sinyal ayrıca D bölümüne de uygulanarak orantılı körükteki (P) basıncının sürekli olarak elle kontrol cihazı tarafından ayarlanmış basınçta olmasını sağlar. Sonuç olarak, tüm işlem elle kontrol konumundan otomatik kontrol konumuna geçirildiği zaman; kuvvet-denge ünitesi kendine ait olan çıkış sinyalini ilk çalıştırma kontrol cihazı tarafından saptanmış bir değere taşımış olacaktır. Böylece proses geçici bir probleme maruz kalmaz.

Kontrol cihazının çalışması otomatik kontrol konumundan elle kontrol konumuna getirilmeyen önce, elle kontrol cihazının içindeki mekanizma çıkış sinyalini alıyor olacaktır. Bu yüzden elle kontrol kolu sürekli bir biçimde çıkış sinyaline karşılık gelen bir pozisyona sürülerek kontrol cihazının otomatik kontrol konumundan elle kontrol konumuna transfer için hazır olması sağlanır.

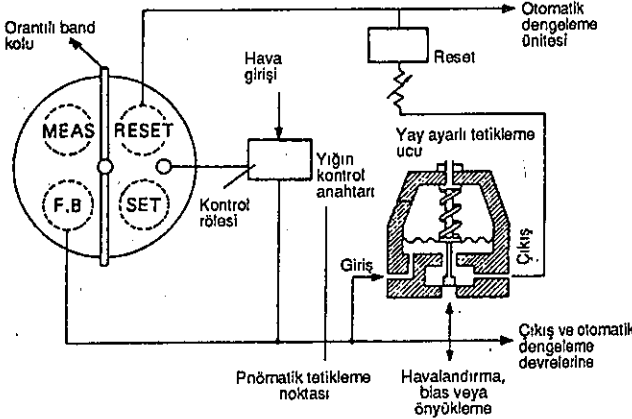
Transfer anahtarı çalıştırıldığı zaman, tekerlek kilitlenerek çıkış sinyalinin kuvvet-denge otomatik kontrol cihazı yerine, elle kontrol cihazı tarafından üretilmesine neden olur. Bundan evvel, otomatik kontrol cihazı çıkış sinyali otomatik dengeleme ünitesindeki A ve D bölmelerine pnömatik lojik anahtarı vasıtasıyla uygulanır ve bu sayede ünitenin yarısına herhangi bir moment uygulamaz.

7.5.2.2 Yığın (Batch) İşlemi

Kontrol cihazı bir yığın prosesi veya kontrol cihazının belirli bir süre için sakın tutulduğu bir prosesi kontrol etmek amacıyla kullanıldığı zaman, integral etkisinin doygunluğunu engellemek için ilave bir özelliğe ihtiyaç vardır. Aksi takdirde ölçülen değer ayar noktasının altında tutulacağı için bu doygunluk meydana gelecektir. (Bu olay bazen reset veya integral wind-up olarak bilinir.) Proses sakın durumda tutulduktan sonra yeniden başlatıldığı zaman, ölçülen değer resetleme işleminin normal çalışma modu değişmediği sürece ayar noktasının üzerinde olacaktır.

Bu değişiklik Şekil 7.31'de gösterilen bir yığın kontrol anahtarına ihtiyaç göstermektedir. Bu anahtar esasen kontrol cihazından alınan bir çıkış sinyali tarafından kumanda edilen bir basınçlı anahtardır. Ancak bu anahtarın 'tetikleme' noktası bir yay veya harici pnömomatik sinyal ile ayarlanmıştır. Kontrol cihazı bir kontrol cihazı olarak çalıştığı zaman, yığın kontrol anahtarı herhangi bir etkiye sahip değildir. Fakat proses kapatılıp ölçüm sinyali orantılı bandın dışına çıktığı zaman yığın kontrol anahtarı serbest bırakılır, bunun üzerine anahtar kontrol cihazı çıkışını atmosfere açılan reset körüğünden ayırır.

Ölçüm oranı bandının içine döndüğü zaman, 'yığın' anahtarı resetlenir ve integral etkisi hemen normal biçimde etkili olmaya başlar.



Şekil 7.31 Yığın Kontrolü- anahtar sisteminin fonksiyonel diyagramı.

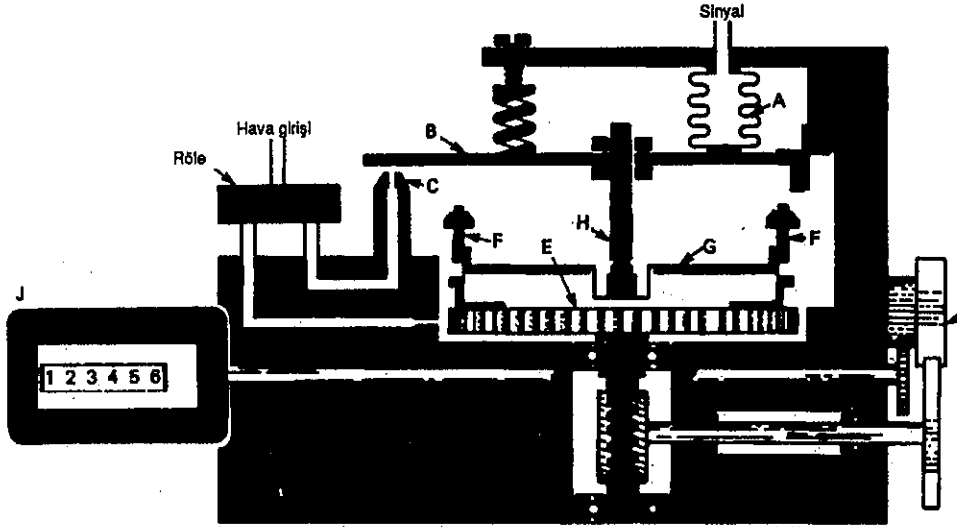
(Not:

- (1) Körükler dairesel plakanın altında, nozul ise üzerindedir;
- (2) Ölçümdeki bir artış çıkışta bir azalmaya neden olur.)

7.6 Sinyal Uyumlaması

7.6.1 Bütünleyiciler (İntegratörler)

Pnömatik sistemlerde mevcut bütünleyiciler için en fazla hissedilen ihtiyaç; kafalı akış ölçerlerden elde edilen sinyalin doğrudan okuma veya akış birimleri saymasına dönüştürülmesidir. Kafalı akış ölçerler akış hızının karesi ile orantılı sinyaller ürettiği için, bütünleyici akış sinyalini toplama- dan önce kare kökünü almalıdır. Çalışma esnasında, Foxboro Model 14A bütünleyici, bir akış ileticisinden elde edilen diferansiyel basıncın % 0-100'ü ile orantılı standart bir pnömatik sinyal alır ve bu sinyal Şekil 7.32'deki bütünleyici alıcı körüğüne (A) uygulanır. Körük tarafından ortaya konulan kuvvet, bir kuvvet çubuğunu (B) bir nozula (C) göre pozisyonlandırır. Diferansiyel basınçta oluşan bir artış ile kuvvet çubuğu nozula yaklaşır ve röle- deki sonuç karşı basıncı türbin rotorunu (E) hareket ettirmek için hava akışını düzenler. Rotor döndüğü zaman, rotorun üzerinde bulunan çapraz- kasnak sistemi (G) üzerine monte edilmiş ağırlıklar (F) bir merkezkaç kuv- vet üretir. Bu kuvvet, körük tarafından kuvvet çubuğu üzerine uygulanan kuvveti dengelemek amacıyla baskı pimi (H) üzerinden geri beslenir.



Şekil 7.32 Pnömatik bütünleyicinin fonksiyonel diyagramı.

Merkezkaç kuvvet türbin hızının karesi ile orantılıdır. Bu kuvvet, kafalı akış ölçerler için akış hızının karekökü ile orantılı olan sinyal basıncını den- geler. Bu yüzden, türbin hızı doğrudan akış ve bütünleyici sayması ile

orantılıdır. Bu sayma türbin rotorunun dönüşlerinin toplam sayısı olup yine doğrudan toplam akış ile orantılıdır.

Türbin rotoru doğrudan J sayacına K dişlisi vasıtasıyla bağlanmış durumdadır. Akışta meydana gelen değişiklik sürekli olarak bir kuvvet dengesi sağlamak amacıyla türbin hızında devamlı değişiklikler üretir.

7.6.2 Karekök Alıcı Analog

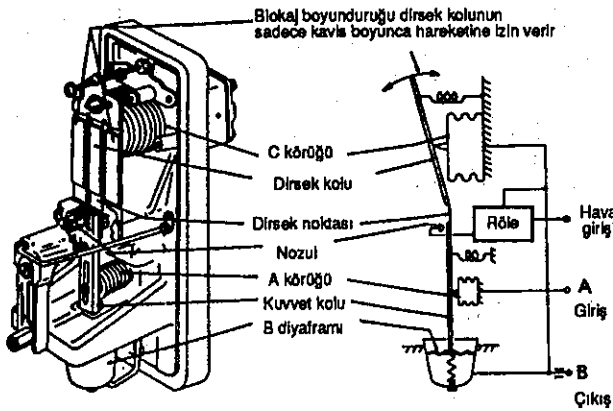
Karekök alıcı cihazın elemanları Şekil 7.33'de verilmektedir. Şekil 7.34 ise fonksiyonel diyagramını göstermektedir. Giriş sinyali A körüğüne uygulanarak bir kuvvet yaratılır. Bu kuvvet kuvvet koluna göre nozulun pozisyonunu bozar. Eğer sinyal artarsa, kuvvet kolu nozula doğru yaklaşarak karşı basıncın artmasını sağlar. Basıncıdaki bu değişiklik röle tarafından yükseltilir ve çıkışı hem C körüğüne, hem de B diyaframına uygulanır.

Dirsek kolu, uzak ucu sadece kavis boyunca hareket edebilecek bir şekilde sabitlendiği için B ve C kuvvetlerinin bileşke etkisi kuvvet kolunu nozuldan uzaklaştıracaktır. Bu nozul karşı basıncının düşmesine ve denge tekrar kuruluncaya kadar B ve C kuvvetlerinin azalmasına neden olur.

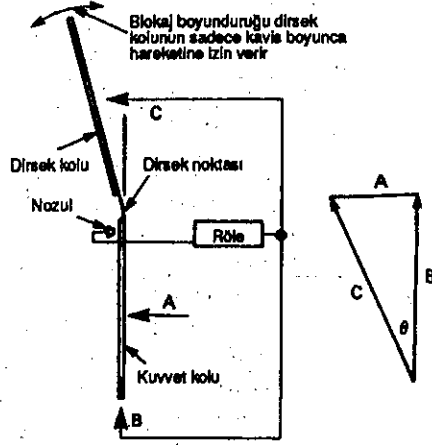
Vektör kuvvet diyagramı incelendiği zaman;

$$\tan \theta = \frac{A}{B} \text{ veya } B \tan \theta = A$$

Küçük değişiklikler için $\tan \theta$ yaklaşık olarak θ 'ya eşittir. Bu nedenle $B \theta = A$ olarak verilebilir. Çünkü; (1) A kuvveti giriş sinyali ile orantılı, (2) B kuvveti çıkış sinyali ile orantılı ve (3) θ açısını sağlamak için dirsek kolunun pozisyonu C kuvveti ile orantılı olduğu için $B \times C \propto A$ 'dır. C körüğü dahili olarak B'ye bağlı olduğu için ise $B^2 \propto A$ veya A veya $B \propto \sqrt{A}$ 'dır.



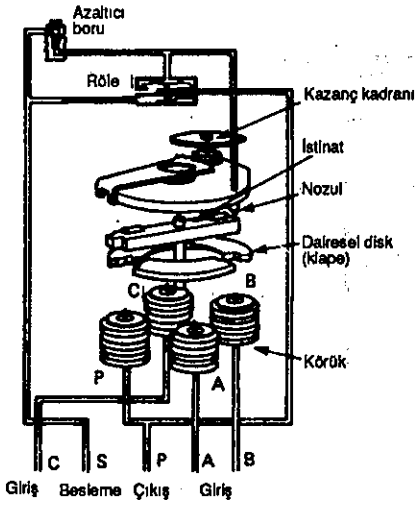
Şekil 7.33 Pnömatik karekök alıcı analog.



Şekil 7.34 Karekök alıcı analog için kuvvet diyagramı

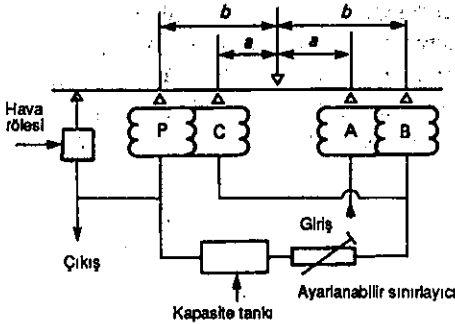
7.6.3 Pnömatik Toplayıcı Ünite ve Dinamik Dengeleyici

İki veya daha fazla sinyalin cebirsel olarak toplanmasını gerektiren çok sayıda proses kontrol sistemleri mevcuttur ve ileri- beslemeli kontrol sistemleri erişim/gecikme (lead/lag) ve impuls fonksiyonlarının üretilmesine ihtiyaç gösterir. Kontrol cihazının kuvvet- denge mekanizması bu fonksiyonları yerine getirmek üzere uyarlanabilir. Şekil 7.35 köruklerin istinata göre düzenlenmesini göstermektedir. Görülebileceği üzere, $a = b$ olduğunda toplanacak iki sinyal, sırasıyla paralel olarak bağlanmış ve röle tarafından havası temin edilen A ve B, ve P ve C köruklerine uygulanır. Bu durumda çıkış sinyali iki giriş sinyalinin ortalamasıdır. Eğer giriş sinyallerinin toplanması gerekiyorsa sadece P veya C körüğü kullanılmalıdır. Benzer şekilde, sinyaller A veya B ve C köruklerine uygulanmak suretiyle çıkarılabilir. Bu durumda ise çıkış sinyali P körüğünden alınır. Tüm bu düzenlemelerde, istinatın konumu eşitliğe bir sabit dahil eder.

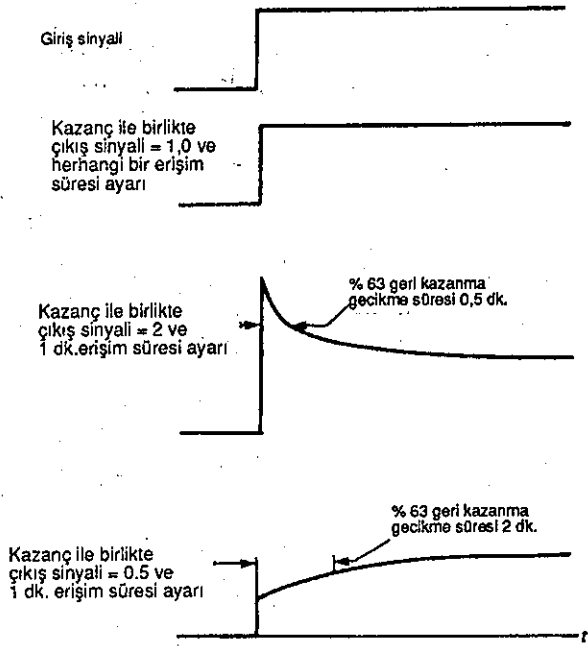


Şekil 7.35 Pnömatik toplayıcı ünite ve dinamik dengeleyicinin temel konfigürasyonu ve kuvvet diyagramı.

Bir erişim / gecikme üretmek için, mekanizma Şekil 7.36'daki gibi düzenlenir. Giriş sinyali A köprüüne uygulanır ve B ve C köprüleri birlikte bağlanarak P köprüsünden bir sınırlayıcı ve kapasite tankı vasıtasıyla beslenir. P köprüsü de çıkış ile ortak olup, röle tarafından beslenmektedir. Şekil 7.37'de gösterildiği gibi, sistemin tepkisi, kazanç ayarlanması ve sınırlayıcı tarafından saptanır.

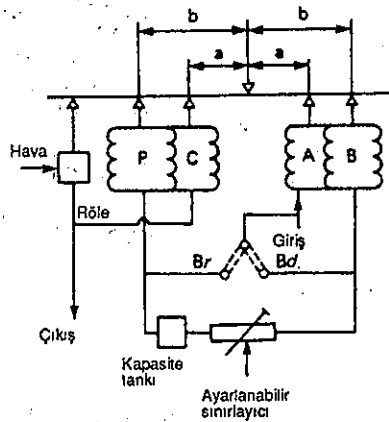


Şekil 7.36 Erişim / gecikme ünitesinin kuvvet diyagramı.



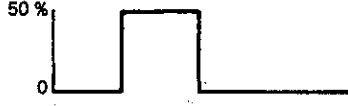
Şekil 7.37 Erişim/gecikme ünitesinin tepki karakteristiği.

Şekil 7.38 bir impuls tepkisi üreten mekanizmanın düzenini göstermektedir. Giriş sinyali B körüğüne uygulanır. P körüğü, B körüğüne bir sınırlayıcı ve kapasite tankı ile bağlıdır. Ayrıca bu iki körük arasında bir konik valf mevcut olup röle C körüğü için sinyal üretirken bu valf körüklerden biri veya diğerinin havalandırılabilmesini temin eder.

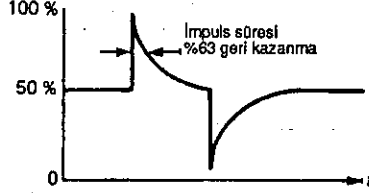


Şekil 7.38 İmpuls üreticinin kuvvet diyagramı.

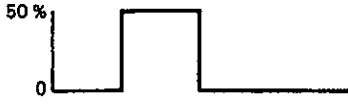
B'ye giriş sinyali



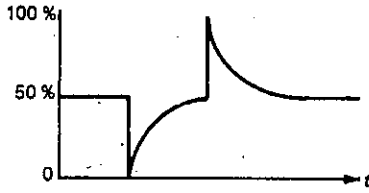
1,0 kazançlı çıkış sinyali ve %50'de giriş A sabit



B'ye giriş sinyali



1,0 kazançlı çıkış sinyali ve %50'de giriş A sabit



Şekil 7.39 İmpuls üreticinin tepki karakteristiği.

Şekil 7.39'da gösterildiği gibi; çıkış sinyali, istinatın ayarlanması ve B veya C körüğünün atmosfere açılıp açılmadığına bağlı olarak bir pozitif veya negatife giden impuls içerir. Geri kazanma süresi sınırlayıcının ayarlanması tarafından saptanır.

7.6.4 Pnömatik- Akım Çeviriciler

Bazı durumlarda pnömatik ile elektronik kontrol sistemleri arasında bir arabirim temin etmek gerekli olabilir. Bu, özellikle mevcut bir pnömatik ölçüm ve kontrol sistemi uzun mesafelere sinyallerin iletimini gerektirecek bir biçimde genişletilecek ise geçerlidir. Genel olarak; pnömatik iletim sistemlerinin kurulmaları eşdeğer elektronik akım iletim sistemlerinininkine kıyasla daha pahalıdır. Ayrıca pnömatik iletim sistemleri sistem performansını azaltan bir iletim gecikmesi probleminde sahiptir.

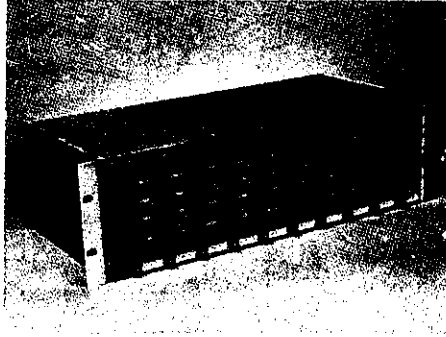
Geçmişte, pnömatik sinyalleri orantılı bir elektrik akımına çevirmek için çeşitli yöntemler kullanıldı. Bu ünitelerin büyük çoğunluğu şimdi Cilt 1'de anlatılan piezodirençli algılayıcıları kullanmaktadırlar. Bu tip algılayıcılar ince bir silisyum plaka üzerine imal edilmekte olup, bu plaka üzerinde merkezde dairesel bir kısım ince bir diyafram elde etmek için dağlanır veya işlenir. Diyaframın bir kenarı ölçülecek olan basınca maruz kalır. Diğer yüzeyi üzerinde ise, iyon katkısı veya yarı iletken üretimi için geliştirilmiş olan benzeri teknikleri kullanarak uzama ve sıcaklık algılayıcıları yerleştirilir. Uzama algılayıcıları, bir Wheatstone köprüsünün kollarına bağlıdır. Wheatstone köprüsünden bir denge dışı sinyal ölçüm sinyali sağlar. Ancak gösterge faktörü silisyum plakanın sıcaklığındaki herhangi bir değişiklikten etkilendiği için, köprü şebekesine uygulanan uyarımı değiştirmek suretiyle bunu dengelemek için sıcaklık algılayıcıları kullanılır. Bu dengelemeyi gerçekleştirmek için özel yöntemler mevcuttur, fakat bu yöntemlerin çoğu, kullanışlı bir sıcaklık aralığında dengelenmeyi optimize etmek için bazı bileşenlerin ayarlanmasını veya seçimini gerektirir. Çoğu diğer basınç ileticileri ile kıyaslandıklarında, bu üniteler sadece bir pnömatik ileticiden elde edilen çıkış sinyalini bir orantılı akıma çevirmek için kullanılır. Ancak aynı derecede zararlı çevresel koşullara maruz kalabilmelerine rağmen, algılayıcının kendisi sadece 'cihaz tip' hava basınçlarına maruz kalır. Çoğu durumda bu 20 ila 100 kPa arasında değişen bir basınçtır (veya eşdeğer metrik veya ölçüm birimleri cinsinden). Nadir olarak güç silindirleri veya konumlayıcılar mevcut olduğunda 20- 180 kPa (veya eşdeğer diğer birimler cinsinden) aralığında sinyalleri ölçmek için bir ihtiyaç doğar.

Tipik bir çevirici şekil 7.40'da görülebilir. Doğrusallık, histerezis ve tekrarlanabilirlik de dahil olmak üzere bu çeviricinin doğruluğu açıklığın +%25'i ve ortam sıcaklığı etkisi de; 0'dan 50 °C'a kadar olan bir sıcaklık

aralığında 30 K'lık değişim için $\pm 0,75$ 'den, -30'dan +80 °C'a kadar olan sıcaklık aralığında ise 30 K'lık değişim için ± 1 'den daha düşüktür. Bazı durumlarda çeviriciler, içinde diğer enstrümantasyonun da bulunduğu bir oda gibi temiz veya korunmuş bir ortama yerleştirilebilir. Bu tür uygulamalar için, sağlam bir muhafazaya gerek yoktur ve elektronik devreleri ile beraber algılayıcılar küçük üniteler içine takılmak suretiyle maksimum 20 adet algılayıcı birleştirilebilir ve Şekil 7.40 (b)'de gösterilen standart bir 19-inç'lik bir raf içine yerleştirilebilirler.



(a)



(b)

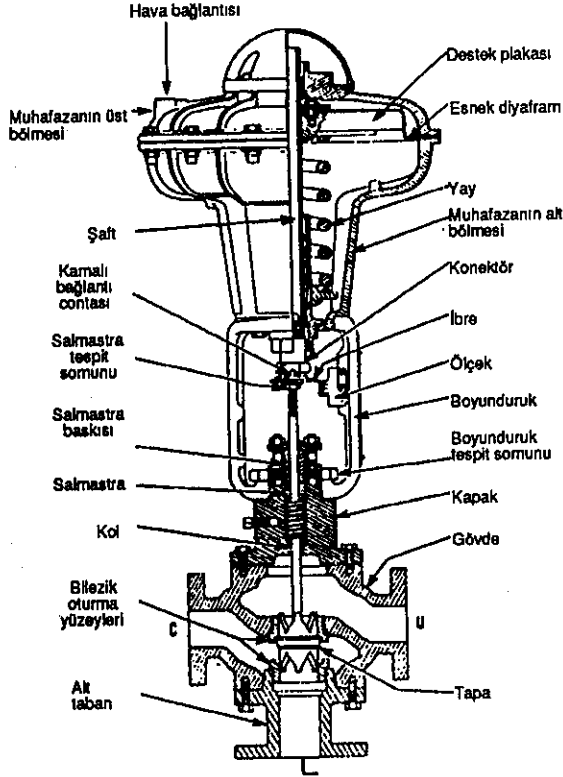
Şekil 7.40 (a) Pnömatik- akım çevirici; (b) bir raf içine yerleştirilmiş pnömatik- akım çeviricileri.

7.7 Elektropnömatik Arabirim

7.7.1 Diyaframlı Motor Akçüatörler

Pnömatik diyaframlı akçüatör kontrol cihazlarından elde edilen sinyali final operatörün ayarını yapmak için kullanılabilen bir kuvvete çevirmek amacıyla faydalanılan en etkili yöntemdir. Proses tesislerinin büyük çoğunluğunda, son kontrol elemanı bir kontrol valfidir ve pnömatik diyaframlı akçüatör özellikle gerekli kuvvet ve darbeyi sağlamak için çok uygundur.

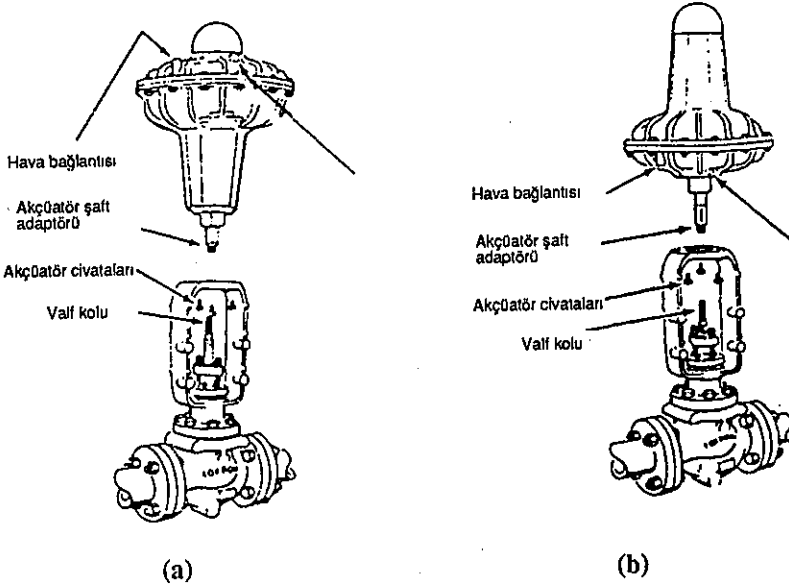
Tipik bir akçüatör Şekil 7.41'de görülmektedir. Hava sızdırmaz muhafazanın alt ve üst bölmelerini birbirinden ayıran bir esnek diyafram, şaft üzerine monte edilmiş bir destek plakası tarafından desteklenmektedir. Gerçekli olan strok ve hava çalıştırma basıncına bağlı olarak seçilen kuvvetli bir yay, sıkıştırılmış hava akçüatör muhafazasının üst bölümüne alındığı zaman kolun hareketine karşı koyar. Darbe, diyafram destek plakasına karşı çalışan durmalar ile sınıflandırılır.



Şekil 7.41 Pnömatik diyaframlı akçüatör (iki yollu bir valf üzerine monte edilmiş durumda).

Şekil 7.41'de görülen akçüatör ve valf düzenlemesi, hava girişinin veya hava sinyalinin arızalanması durumunda yayın valf kolunu üst sınıra zorladığı konfigürasyondur. Şekilde gösterilen iki- yönlü valf ve bu durumda bir yay bir hava arızası durumunda akışı giriş kısmından (C) çıkış kısmına (L) yönlendirmesi için bir tapayı zorlayacaktır. Eğer akçüatör çıkış kısmı iptal edildiğinde olacağı gibi bir doğrudan geçişli valfe bağlanırsa, bu valf bir hava arızası durumunda kapanacaktır. Bu, birçok durumda bir emniyetli- bozulma' çalışma modunu ifade eder (bknz. Bölüm 8), ancak bazı tesislerde, hava sinyalinin bozulmasını izleyen emniyetli mod valfin tamamen açılması için olacaktır. Bu sonuç ile ilgilenmek için, akçüatör gövdesi Şekil 7.42 (a)'da pozisyonu yerine Şekil 7.42 (b)'deki pozisyona getirilir. Bu durumda yayı bir hava arızası durumunda valf kolunu aşağıya doğru sürecektir.

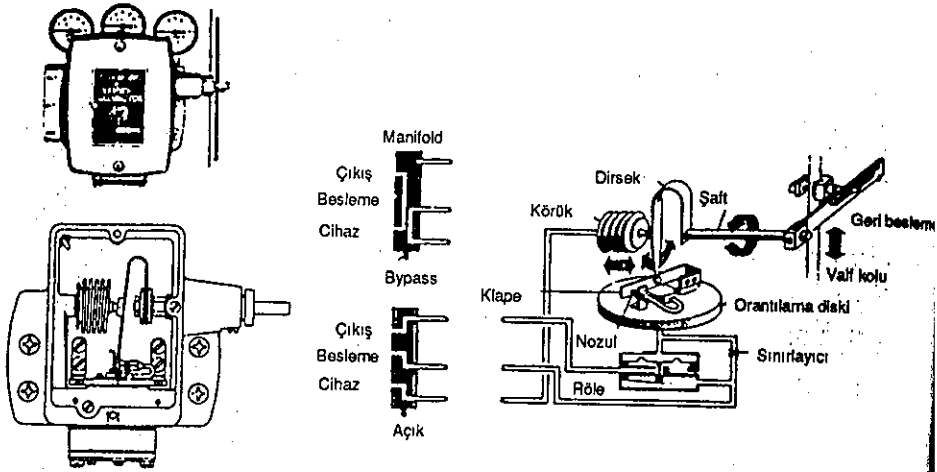
Valf boyunduruğu üzerine monte edilen pnömatrik valf kolu konumlayıcılar, elektro pnömatrik çeviriciler veya elektro pnömatrik konumlayıcılar sistemin tepki hızını veya hassasiyetini arttırmak için kullanılabilir.



Şekil 7.42 (a) Doğrudan hareket için montaj ; (b) Ters hareket için montaj.

7.7.2 Pnömatik Valf Konumlayıcılar

Bir valf konumlayıcı; valf kolunun sürtünmesini yenmek ve valf gövdesi içindeki dengelenmemiş kuvvetlere rağmen valfi doğru bir şekilde konumlandırmak için kullanılır. Bu tip bir ünite Şekil 7.43'de gösterilmektedir. Genelde bir valfin boyunduruğu üzerine monte edilir ve normal çalışma modunda valf koluna bağlanmış ve geri besleme kolundaki bir yarık içine yerleştirilmiş olan bir çatal pim, kolun hareketini bir saft dönüşüne çevirir.



Hava ile indirme motorlarıyla kullanılır.

Hava ile kaldırma motorlarıyla kullanılır.

Beyaz renkli kısım



Artan cihaz basıncı konumlayıcı çıkışını yükseltir, valf kolu alçalır

Siyah renkli kısım



Artan cihaz basıncı konumlayıcı çıkışını yükseltir, valf kolu yükselir

Mavi renkli kısım



Artan cihaz basıncı konumlayıcı çıkışını azaltır, valf kolu yükselir

Portakal renkli kısım



Artan cihaz basıncı konumlayıcı çıkışını azaltır, valf kolu alçalır

Şekil 7.43 Pnömatik valf konumlayıcı.

Cihaz içinde, bir ayağı uzun U şeklindeki bir dirsek şaft üzerine bağlı durumdadır. Gelen pnömatik sinyaller bir körüğe beslenir. Bu körük şaft ile aynı hatta olan bir noktada dirseğe bir orantılı kuvvet uygular. Dirseğin serbest ucunda bir çelik bilya mevcut olup, bu bilya bir klapenin üzerine dayanmaktadır. Klape ve nozul ise şaftın eksenine dik olarak dönebilen bir disk üzerine monte edilmiştir.

Normal çalışma modunda, giriş sinyalindeki bir artış körüğün dirsek üzerine bir kuvvet uygulamasına ve böylece dirseğin serbest ucundaki bilyanın klapenin nozula yaklaşmasına izin vermesine neden olur. Bu ise karşı basıncın yükselmesine sebebiyet verir. Ayrıca röle tarafından yükseltme sonrasında basınçtaki değişiklik çıkış sinyali haline gelir. Bu sinyal pnömatik akçüatöre uygulanır ve valf kolunun denge yeniden kuruluncaya kadar hareket etmesini sağlar. Döner disk, hava ile kaldırma veya hava ile indirme akçüatörleri ile kullanıldığı zaman hassasiyeti ve aynı zamanda doğrudan veya ters hareketi ayarlamak için imkân sağlar.

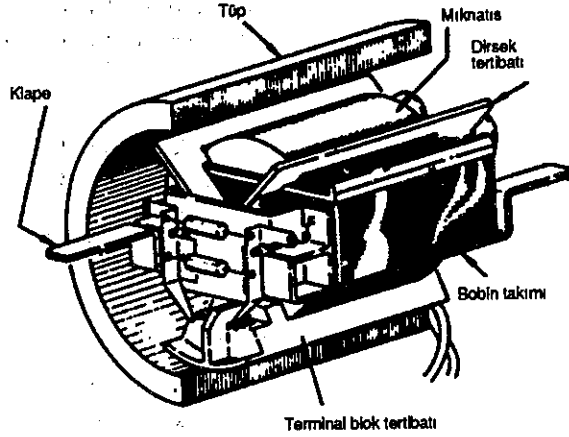
7.7.3 Elektropnömatik Çeviriciler

Tek başına kontrol çevrimleri birincil ölçümü algılamak ve kontrol fonksiyonunu çıkarmak için elektronik cihazları kullanabilmelerine rağmen, birçok durumda en kolay şekilde pnömatik olarak sağlanabilen bir kuvvet veya hareket veya her ikisini temin etmesi için bir final operatörü gerektirmektedir. Bu nedenle, elektronik ve pnömatik sistemler arasında bir akımı, bir orantılı hava basıncına veya bir diyaframlı akçüatöre olan hava girişini kontrol etmek suretiyle bir valf ayarına dönüştürmek için bir arabirim sağlayacak olan cihazlara ihtiyaç vardır. Çoğu durumda cihazlar proses tesislerine monte edilmek zorunda olup sert çevresel koşullara maruz kalacaktır. Bu yüzden, bu tip cihazların titreşime karşı hassas olmaması ve mekanik zararlara, aşırı sıcaklıklara ve korosif ortamlara karşı iyi bir şekilde korunmuş olmaları gereklidir.

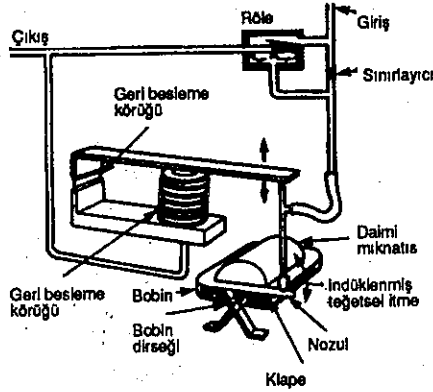
Foxboro E69F bu gereksinimleri karşılamanın bir yolunu göstermektedir. Bu cihaz Şekil 7.44'de gösterildiği gibi bir galvanometre hareketine dayanan bir hareket- denge sistemine sahiptir. Sistem çapraz dirsekler üzerine takılmış bir bobin takımından oluşmaktadır. Çapraz dirsekler bobin takımının kendi eksenine etrafında dönmesine müsaade eder, fakat aynı zamanda herhangi bir eksenel harekete izin vermez. Bobin kuvvetli bir manyetik alan içine asılıdır. Böylece bobinin içinden geçen bir akım bobinin dönmesine neden olur. Elektropnömatik çeviricide ise, bu dönme Şekil 7.45'de gösterildiği gibi bir klape/nozul sistemi tarafından algılanır.

Cihazın pnömatik bölümü bir geri besleme körüğü ve eğri yaydan oluşup bu elemanlar bir ucundan bir dirsek ile bağlanmış, diğer ucunda ise bir nozul bulunan bir kola bir kuvvet uygular.

Nozul bir sınırlayıcı üzerinden beslenir ve karşı basıncı çıkışı geri besleme körüğüne uygulanan bir pnömatrik röleye uygulanır. Ayrıca rölenin çıkışı üniteden pnömatrik çıkış olarak da kullanılabilir.



Şekil 7.44 Elektropnömatrik çeviricinin galvanometre mekanizması.



Şekil 7.45 Elektropnömatrik çeviricinin temel konfigürasyonu.

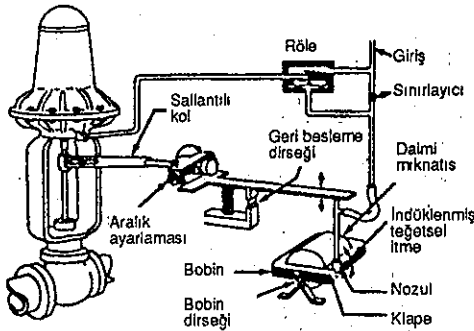
Alt aralık değerine karşılık gelen akım (örneğin; 4- 20 mA'lık bir çevirici için 4 mA) ile birlikte klape ve nozulun rölatif pozisyonları, pnömatik çıkış basıncı gerekli olan değere eşit olacak şekilde ayarlanır.

Giriş akımındaki bir artış bobinin dönmesine neden olur. Bobinin dönmesi ile klape nozula yaklaşır ve karşı basınç artar. Basıncıdaki bu değişiklik röle tarafından yükseltilerek geri besleme körüğüne uygulanır. Böylece klape yeni bir denge durumu kuruluncaya kadar nozuldan uzaklaşır.

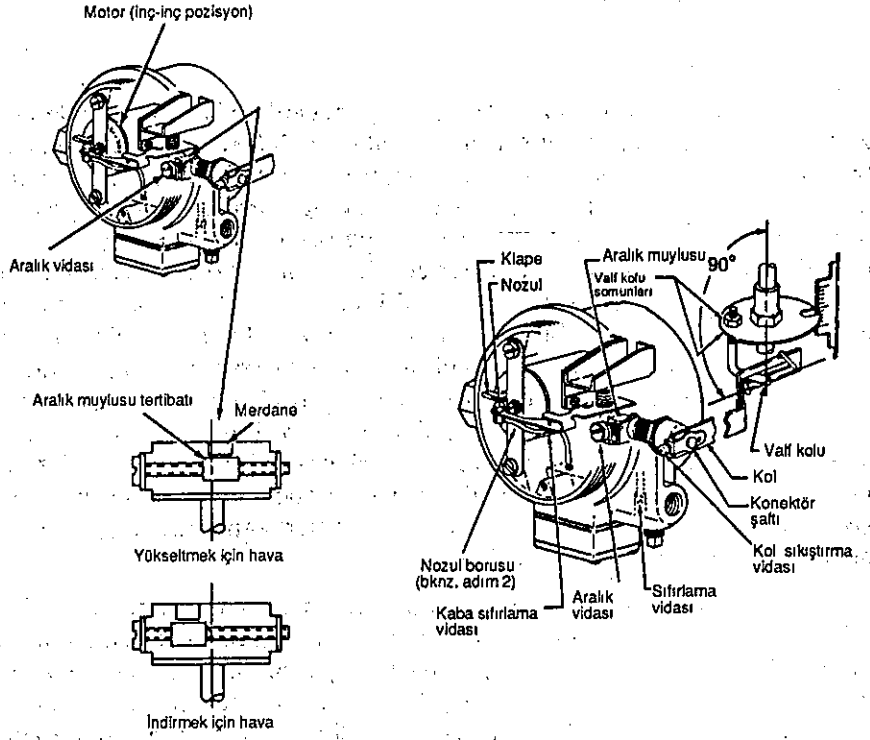
Sistem, bobin akımı üst- aralık değerine (örneğin; 20 mA) ulaştığı zaman pnömatik çıkış sinyali karşılığı olan üst- aralık değerine (örneğin; 100 kPa) ulaşacak şekilde düzenlenir. Sınırlı bir aralıktaki ayarlama, nozulun bobin eksenine göre radyal hareketi vasıtasıyla mümkündür.

7.7.4 Elektropnömatik Konumlayıcılar

Şekil 7.46'da gösterilen Foxboro E69P bir konumlayıcı içinde aynı algılama mekanizmasını kullanmakta olup bu mekanizma, valf kolunu gelen akımının sinyali ile orantılı bir ayara getirir. Konumlayıcı, valf boyunduruğu üzerine monte edilmiştir ve valf kolunda mekanik olarak bu boyunduruğa bir sallantılı koldaki yarışın bir kenarına karşı bir yay vasıtasıyla tutulan bir çatal pim ile bağlıdır. Şekil 7.47'de gösterildiği gibi, valf kolunun hareketi, sallantılı kolun cihaz muhafazasının ve aralık muylu tertibatının içinden geçen bir şaftı döndürmesine neden olur. Bu eksen şaftın eksenine paralel olan bir merdane oluşturur. Ancak ofset aralığı değiştirmek için ayarlanabilir. Merdane, serbest ucunda nozula taşıyan bir yaylı kol üzerindedir.



Şekil 7.46 Elektropnömatik valf- kolu konumlayıcının temel konfigürasyonu.



Şekil 7.47 Elektropnömatik valf kolu konumlayıcı için ayarlama ve montaj.

Çalışma esnasında, akım sinyalindeki bir artış bobinin dönmesine ve böylece klape nin nozula yaklaşmasına neden olur. Bu ise nozul karşı basıncını artırır. Basıncıdaki değişiklik röle tarafından yükselttikten sonra valf aküatöre uygulanarak valf kolunun hareket etmesi sağlanır. Valf kolunun hareketi merdaneyi taşıyan şafta sallantılı kol üzerinden iletilir. Bu durumda yaylı kol, valf kolu yeni giriş akımına karşılık gelen bir pozisyona gelene kadar yeniden pozisyonlandırılır.

Konumlayıcılar basit, hava ile çalışan aküatörlere kıyasla, valf kolu üzerindeki proses basıncının reaksiyonunu; ayrıca sürtünme ve sıkılık etkilerini ortadan kaldırdıkları için avantajlıdır.

8. GÜVENİLİRLİK

B. E. NOLTINGK

8.1 Giriş

'Güvenilir' ve 'güvenilirlik' ifadeleri genel anlamda uzun süreden beri kullanılmaktadır. Bu ifadelerin kastettiği niteliğin değeri, artan bir oranda kabul edilmeye başlanmıştır. Askeri alanda, üstün performans spesifikasyonu-na sahip bir teçhizat, görevini yerine getiremediği zaman değersiz olarak kabul edilmekteydi. Belli bir oranda risk taşıyan endüstriyel prosesler için, bu riski 'çok düşük' olarak ifade etmekten ziyade miktarını belirtmek için bir talep mevcuttu. Bunun bir sonucu olarak 1950'li yıllarından bu yana, güvenilirlik konusu daha sıhhatli bir bilimsel ve matematiksel temel üzerine oturtulmuştur. Bu kısa açıklamada, güvenilirlik konusu ile enstrümantasyon arasında bir ilişki kurmaya çalışılarak belli başlı nitel genel konular ile bugüne kadar geliştirilmiş, bazen anlaşılması güç olan matematiksel işlemlerin bir özeti arasında, orta bir yol tutturulmaya gayret edilmektedir. Tüm askeri alanlar, sivil taşımacılık-özellikle uçak sistemleri- ve nükleer güç üretimi için kullanılan tesisler de dahil olmak üzere proses kontrol tesisleri kapsamlı bir güvenilirlik analizinin konularını oluşturmaktadır.

Güvenilirlik açısından bir teçhizatın performansının tahmini için büyük dikkat sarfedilmiş durumdadır. Farklı tasarım yaklaşımlarını hesaba katarken ve bir işletme stratejisi belirlerken, farklı parçaların bozulması oranları için çeşitli rakamlara sahip olmanın açıkça büyük önemi olacaktır. Ortada muhtemelen yüksek istatistiksel -ve diğer- belirsizlikler olacaktır; ancak buradaki esas amaca, eğer bir parçanın bozulma oranının belli bir değer aralığı içinde olduğu (veya daha kötü) biliniyorsa ulaşılmış olunacaktır.

Güvenilirliği tahmin etmek yerine, arttırmanın daha önemli olduğu düşünülebilir. Diğer yandan tahmin olayının tabiatında mevcut olan analiz, gelişmeler sağlamak amacıyla ekonomik yöntemler ortaya koyacaktır. Dikkatin güvenilirlik konusu üzerinde yoğunlaşmış olduğu bir ortam güvenilir sistemler üretme eğilimindedir. Buna ilaveten, kabul edilebilir riskin ne olduğu sorusu üzerinde de düşünülmelidir. Farklı bozulma şekilleri mevcut olup bunlardan bazıları bir fabrikanın emniyetini, diğerleri ise gereksiz durdurmalar vasıtasıyla ekonomik bir biçimde işletilmesini etkilemektedir. Bu saydıklarımız üzerinde dikkatli bir şekilde durulmalıdır.

Özellikle enstrümantasyon için teçhizatı üç farklı seviyede düşünmek uygun olacaktır. Bu seviyeler: elemanlar, modüller ve sistemler'dir. Bu seviyeler, güvenilirlikleri göz önüne alındığında herbiri nisbeten farklı bir şekilde değerlendirilebilir. Herhangi bir parçanın bu saydığımız seviyelerden hangisi içinde yer alması gerektiği konusunda bazı belirsizlikler mevcuttur; ancak ge-

nel olarak bir eleman yenilenebilen fakat asla tamiri mümkün olmayan bir parça olarak tanımlanır. Ayrıca bir modül ise, bir cihaz gibi bir şeyin içine elemanların toplanması olarak ifade edilebilir. Bir sistem ise, sıklıkla karmaşık bağlantılara sahip birçok modülü içeren bütünlük olarak tanımlanabilir.

8.2 Elemanlar

'Eleman' kelimesi genelde akla bir elektronik aygıt-direnç, kapasitör v.b gibi şeyler çağrıştırmaktadır. Entegre devrelerde, bunlar gibi birçok elektronik eleman bir araya getirilmiş durumdadır. Diğer yandan 'entegre devre' ifadesi yenisi ile değiştirilmesi mümkün, fakat tamiri mümkün olmayan bir aygıtı tanımlamakta olup bu nedenle komple aygıt bir eleman olarak düşünülmelidir. Güvenilirlik konusu ilk olarak esasen elektronik donanımlar için geliştirilmiştir. Bu ise kısmen elektronik donanım için olan ihtiyaçtan kısmen de elektronikte kullanılan ve ismen birbirine benzeyen birçok parçanın bulunmasından kaynaklanmıştır. Lehimli bağlantıların yenilenme işlemleri genelde tamir olarak adlandırılmasına rağmen bu bağlantılar eleman olarak düşünülecektir. Bu kaydedilmesi gereken bir husustur. Benzer şekilde ufak mekanik parçalarda, sınıflandırılmaları konusunda lehimli bağlantılara kıyasla daha fazla belirsizlikler mevcut olmasına rağmen eleman olarak kabul edilirler. Örneğin; bir elektrik motoru bir bütün olarak ele alınabilir veya bu elektrik motoru içindeki fırçaların yenileri ile değiştirilmelerinin mümkün olduğu vurgulanabilir.

8.2.1 Fiziksel Olarak Bozulma Olayı

Bir eleman nasıl bozulur? Bu soruya üç ana başlık altında cevap verilebilir. Bunlar: aşınma, yanlış kullanım ve doğal kusurlar. Bazı parçaların sınırlı ömüre sahip olduğu başlangıçtan itibaren bilinir; kızgın filâmanların sonuçta açık devre olacağı ve dişlilerin ise aşınacağı beklenmelidir. Elemanlar sadece belirli oranlarda sıcaklık, voltaj v.b gibi değişkenlerin neden olacağı gerilimlere karşı koyacak şekilde tasarlanır. Eğer bu oranların üzerine çıkılırsa bu elemanlar bozulacaktır. Üretim esnasında elemanın bünyesinde bir yabancı madde kalıntısı veya mekanik bir gerilme oluşması gibi hatalar meydana gelebilir. Bu yukarıda saydığımız tip hataların oluşumu sonuçta kullanım esnasında bozulmaya sebebiyet verir. Diğer taraftan, elemanın kapasitesinin üzerinde yüklenmesi durumunda bozulma tahmin edilemeyen bir zamanda meydana gelebilir. Bu tip hata oluşumları birbirlerini karşılıklı olarak etkiler ve üretimden kaynaklanan hatalar aşınma ömrünü kısaltabilir. Ayrıca aşırı gerilmelere karşı hassasiyetide artırır.

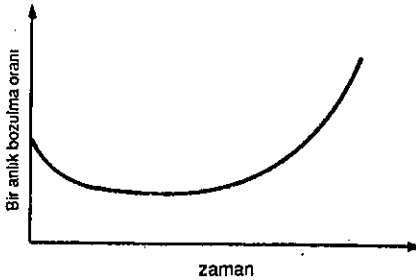
Mikroskobik boyutta fiziksel olarak bozulma olayının tanımı kimyasal

veya mekanik terimler cinsinden verilir. Korozyon olayı kompozisyonu ve özellikleri değiştirir. İletken bir yabancı madde iki iletken arasına yerleşip köprü görevi yaparak kısa devre oluşumuna sebebiyet verir veya gerilme, bir iletkeni kopararak açık devre haline getirilebilir. Parçalanmış bir yalıtım elemanının sonuçta korozyona sebebiyet vermesi gibi iki kademedeki oluşan bir olay ile sık karşılaşılmaz. Bunlar gibi birkaç olayda başlangıç ile bozulmanın görünür hale geldiği kademeler arasında bir zaman aralığı bırakılır, fakat bu zaman aralığının elemanın tahmin edilen ömründen çok daha az olduğunu tahmin etmek mantıklı bir düşünce tarzı olacaktır.

8.2.2 Matematiksel Analiz

Bir parçanın t_1 zamanındaki bozulma oranı şartlı olasılık olarak düşünülebilir ve bu oran toplam bozulma oranının t_2-t_1 zaman aralığına bölünmesiyle bulunabilir. Çoğu olasılık kavramlarında olduğu gibi, birbirine benzeyen çok sayıda parçayı hesaba katarken tek bir parça için olasılık, toplamın bir kesiri olarak ifade edilebilir.

Birçok eleman için bir anlık bozulma oranı sabit bir değer değildir. Kullanım ömrünün başlangıç safhasında oldukça yüksek miktarda bozulma olaylarının meydana gelmesi eğilimi mevcuttur. Daha öncede tartışıldığı gibi, ortada aşınma olayına sebebiyet verecek bir mekanizma bulunduğu elemanlar kullanım ömürlerinin sonuna doğru da yüksek bozulma oranları gösterecektir. Bu anlatılanlar Şekil 8.1'de gösterilmektedir.



Şekil 8.1 Bozulma oranının zamanla değişimi ('banyo küveti' eğrisi)

Şekil 8.1'deki eğrinin şekli genelde bir banyo küvetine benzetilir. Bununla birlikte, bozulma oranını sabit bir oran olarak (λ) düşünmek çok daha kolay

olacaktır (sabit bozulma oranının birimi = 1/zaman). Kullanışlı ömür başlıca erken bozulmanın ve aşınmanın etkili olduğu (diğer bir deyişle, şekil 8.1'deki eğrinin taban kısmı) başlıca süreçler arasında bulunmaktadır. λ nasıl olsa keskin bilinmeyeceğinden bu değerlerin hassasiyeti pek bir şey ifade etmemektedir. Netice olarak

$$\text{Bozulma için ortalama süre} = \frac{1}{\lambda} \text{ (birimi = zaman)}$$

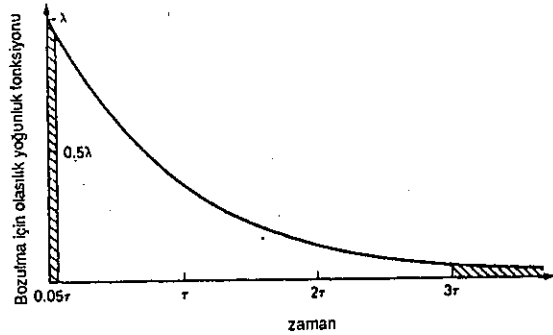
ve her zaman için bir süre ile beraber kullanılması gereken güvenilirlik (R) bu süre boyunca sağlam olarak kalma olasılığı olarak tanımlanır.

$$R(t) = \exp(-\lambda t) \text{ (birimsiz)}$$

t zamanında Δt periyodu esnasında bozulma olasılığını veren olasılık yoğunluk fonksiyonu (PDF) $f(t)$, Δt ile bölünerek elde edilir.

$$f(t) = \lambda \cdot \exp(-\lambda \cdot t)$$

(Bu bozulma olasılığının bir anlık bozulma oranından farkı; t zamanına kadar parçanın bozulmadan kalabilmesi koşuluna bağlı olmamasıdır). Eğer PDF zamana göre değişimi incelenirse Şekil 8.2'deki üstel eğri elde edilir. Küçük rakamların istatistiklerindeki büyük belirsizlik bu şekilde gösterilmektedir. Bozulma için ortalama süre τ ise, tek bir parça için $0,05 \tau$ 'den evvel bu parçanın bozulma olasılığı % 5'dir. Aynı parçanın 3τ 'den sonra bozulmadan kalabilme olasılığı da % 5 olup bu eğrinin altındaki taralı alana tekabül etmektedir.



Şekil 8.2 Değişik zamanlarda meydana gelen bozulma için olasılık yoğunluk fonksiyonu.

8.2.3 Bozulma Şekilleri

Bir elemanın bozulması ifadesinin anlamı; o elemanın bazı özelliklerinin kendisinden beklenen fonksiyonları yerine getiremeyecek şekilde değişmesidir. Diğer yandan bu özelliklerin değişmesi, yeni özelliklerin ve değerlerin ortaya çıkmasına neden olur. Bu nedenle bir bozulma modunun dikkate alınması gerekmektedir. Elektronik aygıtlarda sıklıkla bu bir açık devre veya kısa devre'dir. Fakat bazen bir özelliğin değişmesi, gerçek değerinden pek farklı olmayan başka bir değer elde edilmesine sebebiyet verebilir. Bozulma olayının oldukça yavaş bir biçimde oluşması bozunma (degregasyon) olarak adlandırılır. Diğer taraftan ani olarak meydana gelen ve elemanın tamamıyla devre dışı kalmasına sebebiyet veren, şekildeki bozulma ise 'katastrofik' bozulma olarak ifade edilir. Bozunma, mekanik elemanlarda elektronik elemanlara nazaran daha sık bir biçimde oluşmaktadır.

Daha yüksek seviyedeki modül ve sistemler düşünüldüğü zaman ise, farklı modlardaki eleman bozulmalarının farklı sonuçları ortaya çıkmaktadır. Bir elemanın performansını takip ederken bozunmanın sebebiyet vereceği hataları tahmin etmek mümkün olabilir. 'Katastrofik' türdeki bozulmalar ise önceden tahmin edilemez.

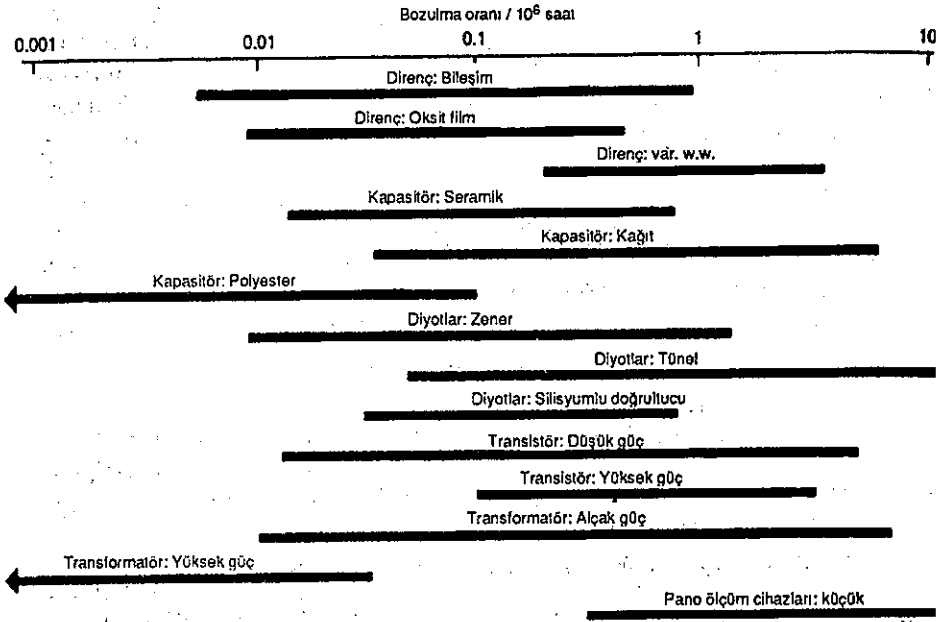
8.2.4 Bozulma Oranları

Teorik kavramlardan yararlanabilmek amacıyla, farklı elemanların bozulma oranları için sayısal değerler benimsenmelidir. Herhangi bir elemana ait bozulma oranı gibi bir ifadenin olup olmadığı tartışılabilir. 'İnsanların ölüm oranı' kavramı sigortacılar tarafından uzun yıllardan beri kullanılmakta olup, bu oranların kullanılması sonucunda yapılan tahminlerin doğruluğu ölüm oranı kavramını geçerli hale getirmiştir. Diğer yandan bir cihazın elemanları bir insanın sahip olduğundan daha fazla değişkene sahiptir. Buna muhtemelen sadece pragmatik bir cevap verilebilir ve nicel eleman güvenilirlik kavramlarını benimsemek suretiyle kullanışlı sonuçlar elde edilebilir. Bozulma oranları için pratik rakamlar tespit etmek amacıyla, özellikle İngiltere'de, Warrington'da bulunan Emniyet ve Güvenilirlik Müdürlüğü'nün bir bölümü olan Sistem Güvenilirliği Ulusal Merkezi tarafından yoğun bir çalışma yürütülmüştür. Bu merkezde birçok kaynaktan gelen bilgiler kullanılarak sürekli olarak yenilenen bir veri bankası mevcuttur. Gözlemlenen bazı bozulma oranları ameli deneyimleri yansıtmakta, bazıları ise tek başlarına bırakılan elemanlar üzerinde yapılan önceden ayarlanmış testler sonucunda elde edilmektedir.

Herhangi bir elemanın güvenilirliğini ciddi bir şekilde tahmin etmeye çalışan bir kimse, Elektronik Güvenilirlik Verileri (1981), Güvenilirlik ve Süreklilik (1985) veya MIL-HDBK-217 D (1982) (Referanslara bakınız) gibi

yayınların içermiş olduğu ayrıntılı verileri kullanmalıdır. Bu kaynaklardan alınan veriler sadece bu verileri üretmek için kullanılan elemanlara benzer elemanlara uygulanmalıdır.

Şekil 8.3 değişik elektronik elemanların bozulma oranları hakkında bir fikir vermektedir. Şekilden görülebileceği gibi bozulma oranları oldukça büyük bir aralığa dağılmış durumdadır. Bu aralığın bir kısmı işletimsel koşullar için ayrılmıştır. Bir sıcaklık değişiminin yaratmış olduğu gerilme 0'dan 140°C'a kadar olan bir artış için 3:1 oranında bir çarpanı beraberinde getirebilir. Diğer yandan birçok elektronik eleman için elektriksel gerilmenin yaratmış olduğu çarpan, çok daha yüksek olup ortamın genel şiddetine bağlı olarak bozulma oranları 50:1 kadar olabilir.



Şekil 8.3 Bazı elektronik elemanların bozulma oranları (Referanslar bölümünde verilen 3. kaynaktan yayıncının izniyle alınmıştır).

8.3 Modüller

Nihayetinde ilgilenilen husus tüm sistemin davranışdır, ancak aynı zamanda eleman ile sistem arasında bulunan modül seviyesinde ne olduğunu incelemek de faydalı olacaktır.

8.3.1 Bozulma Oranları

Eğer modülün çalışması için tüm elemanları doğru bir şekilde işliyorsa, bu durumda modülün bozulma oranı kendisine ait olan elemanlardan her birinin bozulma oranlarının toplanmasıyla bulunur:

$$\lambda_{\text{mod}} = 1 \lambda_{\text{comp}} + 2 \lambda_{\text{comp}} + 3 \lambda_{\text{comp}} + \dots$$

Ayrıca diğer parametrelerde λ_{mod} cinsinden ifade edilebilir.

Çeşitli elemanların farklı şekillerde bozulduğunu ifade ettiğimizden, bir modülün nasıl bozulacağına bağlı olarak farklı sonuçlar elde edilecektir. Emniyetli-bozulma ile tehlikeli bozulma arasındaki en alışılmış fark aşağıdaki şekilde açıklanabilir: Tehlikeli bozulma, doğrudan veya diğer bir netice ile birlikte zarara sebebiyet verme eğilimi gösterir. Diğer yandan emniyetli-bozulma ise sadece gereksiz bir durdurma olayına neden olabilir. Buna basit bir örnek olarak; yüksek sıcaklıklarda tehlikeli bir hal almaya başlayan bir prosesi izlerken çok yüksek sıcaklıkları okuyan bir termometrenin emniyetli bozulması verilebilir. Diğer yandan, hangi bozulma şeklinin emniyetli bozulma olduğu her zaman belirgin değildir. Ben bu olayı şahısları içeren bir durum ile açıklamayı daha uygun bulmaktayım. Örneğin; eğer ben geleceğimi söylediğim saatte eve gelmezsem eşim, benim emniyetim açısından telaşlanacaktır, bu nedenle bilgi kanalının emniyetli-bozulma yönü eve gerçek zamanından daha sonra dönüş beklentisine sebebiyet verecektir. Diğer yandan diğer eşlerin telaşlanmalarının yaratmış olduğu sıkıntı sonuçta beklenmedik bir erken dönüşle sonuçlanacaktır. Bu durumda ise emniyetli-bozulma tersi bir istikamette oluşacaktır.

Farklı bozulma şekillerine karşılık gelen modül bozulma oranlarını saptamak için, şüphesiz farklı elemanların rollerini ve bu elemanların değişik şekillerde bozulmalarının yaratmış olduğu sonuçları analiz etmek, ayrıca uygun eleman oranlarını toplamak gereklidir.

8.3.2 Kısmî Bozulmalar

Bozulma, bir parçanın kendisinden istenen fonksiyonu yerine getirebilmesi için sahip olduğu yeteneğini kaybetmesi olarak tanımlanır. Bununla birlikte elemanın kullanılmak istenen işlevi durumdan duruma değişebilir. Eğer bir parça kendisinden beklenen bazı fonksiyonları yerine getirebiliyor, fakat sahip olduğu tüm spesifikasyonları veremiyor ise, bu durumda bu parça için 'kısmî bozulmaya uğradı' denir. Bozunma ve daha sık olarak modüller ile genelde beraber düşünülen elemanlarda bazen problem çıkmaktadır. Bu tip bir duruma değişik mesela; yüksek miktarda kaçak akıma sahip ancak hâlâ kısa devre olmamış bir kapasitör, bir göstergesi çalışmayan bir multimetre ve ya vaş bir tepki veren bir termokupl elemanı gibi örnekler verilebilir.

Çeşitli elemanların kısmî olarak bozulma ihtimallerinin bulunması güvenilirlik analizini zorlaştırmakta olup eğer bu tip bozulmaların sayısı toplam bozulmaların sayısı ile mukayese edilebilir bir seviyeye gelirse bu durum da analiz gerçekten hemen hemen imkansız olacaktır. Eğer kısmî bozulmaların sayısı toplam bozulmaların sayısı ile birlikte sayılırsa o zaman bozulma oranları için ılımlı bir değer elde edilebilir. Kısmî bozulmaların yaratmış olduğu başlıca sorun, bir donanımın bütünlüğünün izlenmesi alanında olup bu konudan Bölüm 8.4 de biraz bahsedilecektir. Eğer bir parça kısmî olarak bozulmuş ise, bir dizi koşullar altında testlerin vermiş olduğu tatminkar sonuçlar aynı parçanın bu sefer farklı bir dizi koşullar altında aynı şekilde sonuç vereceğini belirtmez.

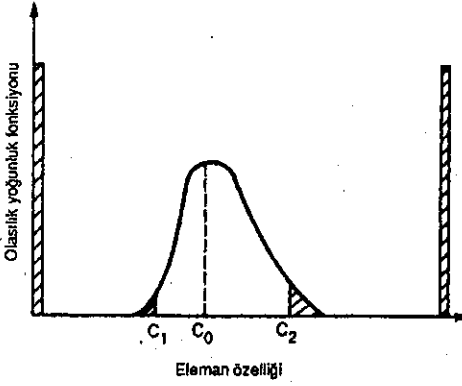
8.3.3 Tasarım

İyi bir şekilde tasarımı yapılan bir modül içerdiği elemanların düşük bozulma oranları nedeniyle daha güvenilir olacaktır. Bu birkaç değişik şekilde ortaya çıkabilir. Mesela, aşınma geciktirilebilir. Örneğin; akkor lâmbalar daha az süreyle çalıştırılarak veya mekanik rejimlerin şiddeti azaltılarak aşınma geciktirilebilir. Düşük gerilmeler altında çalışan elemanların daha düşük bozulma oranlarına sahip olduğu görülmüştür. Gerilmeler genelde sıcaklık artışlarını minimum düzeyde tutmak suretiyle azaltılabilir. Elektronik elemanlar için bu çalışma gerilimini düşürerek sağlanabilir. Tüm bu anlatılanların aynı zamanda yüksek bir maliyete sebebiyet vermeksizin gerçekleştirilmesi gerekli olup bu noktada, tasarımın gerçekleştirilmesindeki ustalık işin içine girmektedir.

Ayrıca iyi bir tasarım, bozunma (degregasyon) sonucu oluşacak bozulmaların sayısını da azaltır. Bu şekil 8.4 'den görülebilir. Bu diyagramda herhangi bir elemanın bir özelliğinin örneğin, bir direncin belli bir süre çalışmadan sonraki direnci, beklenen değerini gösteren tipik bir olasılık yoğunluk fonksiyonu verilmektedir. Bir özellik bu diyagram üzerine yerleştirildiğinde C_0 değerine sahiptir. Bu özelliğin modülünün uygun olarak işlenmesi için değeri C_1 ve C_2 limit değerleri arasında bulunmalıdır. Böylece bozulma olayının meydana gelme olasılığı eğri altındaki taralı alan ile verilir. Bu taralı alanlar en uç noktaları vermekte olup 'katastrofik' bozulmaya ve sözkonusu özelliğin de kayacağı merkezi eğrinin kenar kısımlarına tekabül etmektedir. Tasarımcı yeteneğini kullanarak tüm dağılım eğrisi için $C_1 - C_2$ aralığının, yeterli genişlikte olmasını sağlamalıdır, böylece planlanmış çalışma zamanları bu aralığın içinde yer alabilir.

Esasen, bir tasarımın zayıflığı bazı donanımların hemen çalışma ömürlerinin başında bozulmalarının ve dolayısıyla genelde kabul edilen yüksek erken bozulma oranlarının sebebi olarak sayılabilir. Bir modülün ilk

denemelerle aynı zamanda tamamlanacak şekilde geliştirilmesi alışılmamış bir olay değildir. Bu denemeler anormal sıklıkta bozulmalar ortaya koyuyorsa, bu durumda şüpheli görülen eleman, maruz kaldığı gerilmelerin fevkalade yüksek olup olmadığını görmek, ayrıca sürüklenmeye karşı olağan dışı bir hassasiyetin bulunup bulunmadığını tespit etmek amacıyla yeniden incelenecektir. Genelde başka bir kaynaktan alınan çeşitli elemanların bozulma oranları, bu elemanların iyi bir tasarıma sahip oldukları varsayımına dayanmaktadır.



Şekil 8.4 Eleman özelliklerinin dağılımı.

8.4 Sistemler

Komple sistemler söz konusu olduğu zaman, "fazlalık" olayını içeren karmaşık konfigürasyonları da dahil etmek suretiyle güvenilirliği arttırmak için bir fırsat mevcuttur. Bölüm 8.3 'de bahsedilen emniyetli -bozulma ve tehlikeli- bozulma durumlarının alternatifleri şimdi önemli bir hale gelmektedir. Onarımlar için saptanan politika da bunda büyük rol oynamaktadır.

8.4.1 Fazlalık

Bir parçanın fazlalığı; belirli bir fonksiyonu yerine getirebilmek için gerekli birden fazla parçanın bulunması olarak tanımlanabilir. Bu en iyi şekilde misaller vererek anlaşılabilir. Örneğin; bir elektrik güç kaynağı ünitesinin düzgülleştirici devresinde diyelimki en az $100 \mu F$ 'lık bir kapasitans değerine

ihtiyaç duyulsun. Bu nedenle her biri bu kapasitans değeri için olmak üzere iki kapasitörü birbirlerine paralel olarak yerleştirilirse, bu elemanlardan biri fazla olacaktır. Bu şekilde güç kaynağı ünitesi, bu kapasitörlerden biri devre dışı kalsa bile çalışmaya devam edecektir. Bununla birlikte, iki kapasitörde de bir kısa devre meydana gelirse, modül tamamıyla bozulacaktır. Burada hassasiyet bir bozulma şekline indirgenmiştir, ancak diğer bir şekle olan hassasiyeti artmıştır. Bu, fazlalık prensiplerinin aynı zamanda nasıl modül seviyesinde uygulanabildiğini göstermektedir.

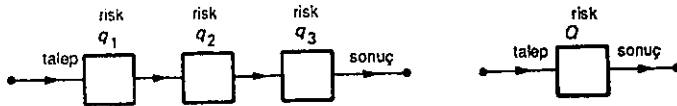
Bu seferde herhangi bir teçhizatın aşırı sıcaklık yükselmelerine karşı korunması durumunu düşünelim. Böyle bir konumda korunacak teçhizata bir termometre bağlanır ve teçhizat, termometre bazı kritik değerler üzerinde sıcaklıklar okuduğunda kendini otomatik olarak kapatacak şekilde ayarlanır. Termometrenin yüksek bir sıcaklık değerini gösterme ihtimali küçük bir değer olup q_d ile gösterilir. Bu tip bir arzanın meydana gelmesi o teçhizat için bir felâket olacaktır. Bu nedenle teçhizata ilk bağlanan termometrenin aynı ikinci bir termometre takılır ve gerekli ayarlamalar teçhizat üzerinde yapılır. Bu işlem tehlikeli-bozulma olasılığını q_d^2 'ye azaltacaktır (q_d değeri çok küçük olarak kabul edilmektedir). Bununla birlikte, emniyetli-bozulma için bir sınırlı olasılık q_s değeri mevcut olup bu sıcaklığın yanlış olarak yüksek okunmasına karşı gelmekte ve nihayetinde de teçhizatın gereksiz yere devre dışı kalmasına neden olmaktadır. İkinci bir termometrenin bağlanması bu olasılığı $2q_s$ 'ye yükseltir ve daha az ekonomik olan bir çalışma pahasına daha güvenli bir sistem sağlanmış olur. Tüm bu anlatılanlar iki ayrı parçanın bozulmalarının -elemanlar veya modüller- birbirlerinden bağımsız oldukları varsayımına dayanmaktadır. Görülmektedir ki bu tip bir varsayımın doğruluğu her zaman için iki elemanı tahrip eden bir aşırı gerilim dalgası veya birçok modül arasındaki bağlantıları zedeleyen bir kablo kanalındaki yangın gibi örneklerle gösterilemez. Bu nedenle bağımsızlık temin etmek için sistem tasarımı aşamasında çok dikkat sarfedilmelidir.

Sistemlerdeki düzenlemeler Şekil 8.5 'de verilen güvenilirlik diyagramları ile gösterilebilirler. Bu diyagramlarda sözkonusu olan durum; bir talep mevcut olduğu zaman bu talebin doğru olarak bir sonuç verebilmesi için her biri q olasılığa sahip bir dizi farklı kutulardan geçip geçmeyeceği olayıdır. Belirtildiği gibi bu kutulardan her biri q olasılığa sahip olup bu istenen sonucun elde edilmesi için yeterli değildir. Yeterlilik $1-q$ durumunda sağlanır. Yukarıda tartışılan termometre olayındaki emniyetli-bozulma durumu Şekil 8.5 (a)'daki seri konfigürasyonu olarak düşünülmelidir. Çünkü sistemdeki tüm elemanlar 'soğuma' sinyali bu seri olarak bağlanmış kutulardan geçecek şekilde çalışırlar. Diğer yandan aynı olaydaki tehlikeli bozulma olayı Şekil 8.5 (b)'de verilen paralel düzenleme durumu için uygundur; çünkü doğru olarak çalışan herhangi bir eleman 'çok sıcak' sinyalinin geçişine izin verir.

'Kısmî fazlalık' konfigürasyonu ise emniyetli ve tehlikeli-bozulma durumlarının oluşum oranlarını azaltmak için kullanılır. Şekil 8.6'da bir '2/3' örneği gösterilmektedir. Burada yerleştirilen kanallardan herhangi ikisi bir tehlike gösterdiği zaman tehlike sinyali iletir. Eşit bozulma riskine (q) sahip olan kanallar için tüm sistemin riski $Q = 3q^2$ olarak verilir. Elemanlerin q_s ve q_d değerleri ise sırasıyla emniyetli -bozulma ve tehlikeli- bozulma olasılıkları olarak kabul edilir. Burada verilen basit olayda, $Q = 3q^2$ her iki tip bozulma için de geçerlidir. Çünkü üç kanaldan ikisinin bozulması her iki durum için de bir sonuç yaratmaktadır. Daha genel r/n durumu için ise, bu iki bozulma şekli için eşitlikler farklı olacaktır. '2/3' muhakemesini gerçekleştiren mantık elemanının önemi kaydedilmelidir: Eğer bu muhakemenin %100 güvenilir olduğu farz edilemezse üzerinde dikkatle durulmalıdır.

Kompleks bir kontrol sisteminin toplam güvenilirliği uygun güvenilirlik diyagramları çıkarmak ve her elemanın risk değerlerindeki bu diyagramlara yerleştirmek suretiyle kontrol edilebilir.

Fazla kanallardan bir kısmı bozulduğu zaman, sistemin bir kısmî bozulma durumunda bulunduğu düşünülür. Çünkü sistem belirtilen güvenilirlik değerinden daha düşük bir güvenilirlik ile çalışır.

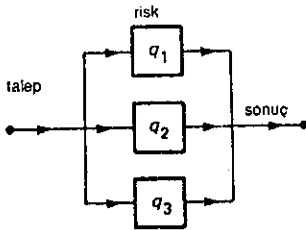


Eşittir:

$$Q = 1 - (1 - q_1)(1 - q_2)(1 - q_3)$$

$$= q_1 + q_2 + q_3 \quad (q \leq 1 \text{ için})$$

(a)

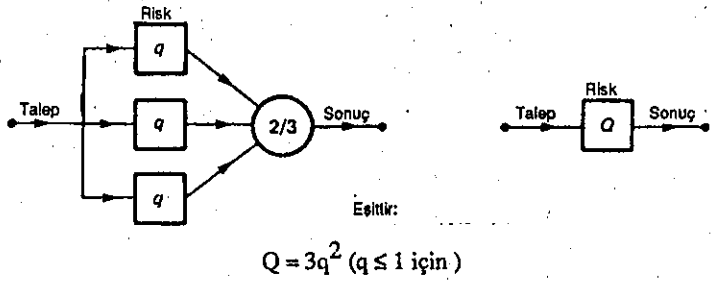


Eşittir:

$$Q = q_1 q_2 q_3 \quad (q \leq 1 \text{ için})$$

(b)

Şekil 8.5. Güvenilirlik diyagramları.



Şekil 8.6 '2/3' sistemi için kısmî fazlalık.

8.4.2 Onarımlar ve Yararlanılrlık

Fazlalık olgusunun bütün bir sistemin performansı üzerindeki etkisini düşünürken bir birimin çalışma olasılığı için q değeri hesaba katılmıştı. Eğer eksiksiz bir sistem ile başlanır ve bu sistemin sınırsız olarak bozulmasına izin verilirse, bu durumda q değeri kademeli bir biçimde sıfırdan itibaren (sonsuz bir süre sonunda 1 değerine) artacaktır. q 'nun bu değeri her parçanın bozulma oranlarından hesaplanır.

Bu tek yönlü değişim bazı durumların doğru bir ifadesidir. Ancak birçok büyük tesis için bakım ve onarımlar gereklidir. Bu ise uzun süreler sonucunda elde edilen güvenilirlik olayında önemli bir rol oynamaktadır. Olayı nicel olarak analiz etmek amacıyla bir montajı onarmak için gerekli ortalama süre (MTTR) dikkate alınır. Bu süre, montajda bir bozulmanın oluştuğunun fark edilmesine kadar geçen süreyi - ki bu süre 'kendini belli eden hatalar' için çok kısadır- ve bakım personelinin olay yerine gidip onarım işlemini tamamlaması için geçen süreyi kapsar.

Bu tür sürekli durumlarda, bir sistemin bozulmasına kadar geçen ortalama süre (MTTF) ile bozulmalar arasında geçen ortalama süre (MTBF) birbirinden ayrılmalıdır. Esasen $MTBF = MTTF + MTTR$ olduğu görülebilir. Ayrıca yararlanılrlık kavramı (herhangi bir elemanın kendine ait tasarım fonksiyonunu gerçekleştirilebilmesi için gerekli olan zaman dilimi) aşağıdaki eşitlikle verilebilir:

$$\text{Yararlanılrlık} = \frac{MTTF}{MTTF + MTTR}$$

'Yararlanılrlık', kavramının bulanık olmasını engellemek için raf

ömrünün de (diğer bir deyişle donanımın çalıştırılmadığı süreler) toplam süreye eklenip eklenilmeyeceği belirtilmelidir.

Sistem güvenilirliğini hesaplariken, modüllerin ve alt sistemlerin yararlanırlıklarının da hesaba katılması gereklidir. Bunun ise fazlalık içeren sistemlerde kısmi bozulmaları (ve bu tür bozulmaların modüllerini) dikkate almak zorunda olan hesaplamaları nasıl zorlaştıracığı görülebilir.

Bakım verilebilme, bozulan bir aygıtın belirli bir süre içinde bir bakım prosedürüne uygun olarak onarılması şeklinde tarif edilir. Sabit bir onarım hızının mevcut olduğunu farzederek (aşlında bu oldukça gerçek dışıdır) bu durum bölüm 8.2.2'de güvenilirlik ve bozulma olaylarının analiz edildiği şekilde değerlendirilebilir. Bu analiz aşağıdaki eşitliği verir:

$$\text{Bakım verilebilme (t zamanında)} = 1 - \exp\left(\frac{-t}{\text{MTTR}}\right)$$

İyi bir tasarım MTTF 'yi arttırabilirken MTTR'yi azaltabilir, MTTR'yi etkileyen diğer bir husus ise bakım prosedürleridir.

8.4.3 Yazılım Güvenilirliği

Yazılım güvenilirliği ifadesi, çevrim içinde çalıştırılan karmaşık bir bilgisayar sisteminin sadece bazı nadir durumlarda meydana gelecek olan hatalar içerebileceğinin farkına varılması yüzünden kullanılmaktadır. Bu tip hatalar programlacının yapmış olduğu basit hatalar olabilir veya bir bilgisayarın bağlanmış olduğu fiziksel sistemin yanlış değerlendirilmesi sonucu ortaya çıkabilirler. Bununla beraber, büyük bir sistem için bazı yazılım hatalarının sadece sistem kullanılmaya başlandıktan sonra keşfedilmesi genelde karşılaşılan durumdur.

Yazılımın bozulmasının herhangi bir fiziksel açıklaması yoktur. Belki bir psikolojik açıklaması bulunabilir! Ne bozulma olayının fiziği, ne de psikolojisi bozulmanın herhangi bir anında mevcut değildir. Bir yazılım dışarıdan bir müdahale yapılmadığı sürece, geçen zamana bağlı olarak herhangi bir değişiklik göstermez. Donanım ve yazılım davranışı karşılaştırılmak istendiği zaman; işlemsel durumlarda aralarındaki fark sadece yazılımın kısmi bozulması ile ilgilenilecek olunmasıdır. Çünkü yazılımı tamamiyle bozulmuş bir sistem asla çalıştırılmaz.

Bu durumu makul bir matematiksel modelle açıklamak zordur. Bir bozulma olayı için zaman ölçeği donanım bozulmalarında olduğu gibi, herhangi bir elemanda meydana gelen fiziksel zarar ile alakalı olan zaman ölçeği değildir. Tersine başlangıçtan beri mevcut olan bir kısmi bozulma sonucu ortaya çıkan ve hatalara sebebiyet veren bir dizi olaylar içindir.

Problemin ne olduğunu anlaşılması daha güvenilir yazılımlar üretilmesine imkan veren tekniklerin bulunması için çeşitli çalışmaların yapılmasına sebebiyet vermiştir. Pratik enstrümantasyonda esas varılan nokta bir bilgisayar yazılımının bütünlüğü üzerinde tahmin yürütmenin yanlış olduğudur.

8.5 Pratik Uygulama

Aşağıdaki bölümler çeşitli cihazların ve sistemlerin güvenilirliklerinin nasıl analiz edilebileceğini ve ayrıca çok yaklaşık olarak tahminlerinin hangi şekilde yapılabileceği kısaca açıklamaktadır. Bir enstrümantasyon kurarken güvenilirliği artırıcı bazı pratik adımlar atılmalıdır.

8.5.1 Tasarım ve İşletme

Burada iyi bir tasarım gibi oldukça kapsamlı bir konu hakkında sadece biraz bahsetmek dışında fazla bir şey yapılamaz. Tasarım konusunun bazı hususları bu kitabın 1. bölümünde bahsedilmektedir.

Yararlanılabilirlik konusu tartışıldığında iyi bir bakım prosedürüne olan ihtiyaç ortadaydı. Eğer mümkünse aşınmaya maruz elemanlar (örneğin; akkor lambalar ve birbirine sürtünen mekanik parçalar) ömürlerinin sonuna gelmeden evvel yenileriyle değiştirilmelidir. Bu ise elemanların ortalama ömürlerinin bilinmesinin gerekli olduğunu, ayrıca yine ortalama ömürlerin standart sapmalarında olanaksız derecede büyük olmadığını ifade etmektedir. Şüphesiz tüm bunları gerçekleştirirken kayıtlar tutulmalıdır. Bazı elemanların beklenenden daha yüksek bozulma oranlarına sahip olmaları tasarımlarının kötü olduğu anlamına gelebilir. Bunlar da kaydedildiği takdirde bu elemanların tasarımlarındaki aksaklıklar daha sonra düzeltiler.

Bütün bir sistemin güvenilirlik yapısında bir uyarıcı sinyale karşı bir insan eylemi bir rol oynayabilir. Bu ise insan hatalarına bir kapı açmaktadır. Özel bir durum için bir olasılık saptamak çok zor olmasına rağmen bu tip hataların mümkün olmadığı kanısına kapılmak kesinlikle hatalı bir davranış olacaktır. Smith bir acil durumda banyonun taşma olasılığının 1 dakika sonra 10^{-5} - 0,9 arasında değiştiğini ileri sürmektedir. Eğer en üst düzeyde bir bütünlük gerekli ise, bu durumda doğrudan kontrol zincirinden insan faktörü çıkarılmalı, yerine tamamiyle otomatik bir sistem ile değiştirilmelidir.

8.5.2 Ortam

Güvenilir bir donanım sağlama olayının büyük bir kısmı, bu donanımın içinde çalışacağı ortam için uygun durumda olmasını temin etmektir. Ortam ile ilgili birçok husus konumuz ile alakalıdır.

Yüksek sıcaklıklar genelde zararlı bir ortam olarak değerlendirilir. Bu ise başka bir kaynaktan alınmış verilerdeki bozulma oranlarının artışına sebebiyet veren faktörlere yansır. Çoğu malzemelerin yararlanan faydalı özellikleri sıcaklıklarının artmasıyla bozulmaya başlar. Konuya sadece sıcaklık artışı olarak bakılmamalıdır. Ayrıca bir eleman veya montaj içindeki hızlı ve tekrarlı sıcaklık değişimlerinin sebep olduğu sıcaklık farklılıklarında dikkate alınmalıdır.

Bir donanımın çevresindeki atmosfer, o donanımın beklenilenden evvel bozulmasına sebebiyet verebilir. Aşındırıcı gaz veya nem kalıntıları korozyona sebebiyet verebilir, burada hatırlanması gereken nokta sıcaklıktaki değişimlerin buharın sıvı olarak yoğunlaşp yoğunlaşmaması üzerinde bir etkiye sahip olduğudur. Tozlu ortamlardaki toz sıklıkla hareketli parçaların yanlış bir şekilde çalışmasına veya elektriksel özelliklerin değişmesine neden olur. Toz uygun bir şekilde sızdırmazlığı sağlanmamış olan muhafazaların içine 'nefes alma' olarak adlandırılan olay vasıtasıyla girer. Bu nefes alma olayında içerdeki hava soğur ve büzüşür, bu büzüşme sonucundada dışarıdaki hava toz ile birlikte içeri emilir. Bu durum sıcaklık değişim çevrimleri devam ettiği sürece yaşanır.

Titreşim ve herhangi bir mekanik tehlikeye maruz kalınmamalıdır. Mekanik tehlikeler, sebebiyet verdikleri zararın farkına varmayan -veya fark etmelerine rağmen önemsemeyen kişilerden kaynaklanabilir. Uygun koruma her zaman önemli bir olaydır. Diğer yandan pratikte erişilmezlik, bir cihaza verilecek bakımı engelleycbilir. Bir cihazın erişilmezliği, cihazın uzak bir yerde bulunmasından veya üzerinde fazladan bir koruyucu muhafaza bulunması durumunda ortaya çıkar.

Bazı durumlarda, radyasyon da zararlı bir ortam olarak düşünölmelidir. Gözden kaçma riski daha yüksek olan diğer bir durum ise elektriksel girişim olayıdır. Özellikle kablo hatlarında bir iletkeniden diğerine elektriksel geçiş tehlikesi mevcuttur. Bu, hatalı sinyallere sebebiyet verebilir ve iletişim kanalını bozar. Buna ilaveten, elektrik geçişleri fiziksel zarar da verebilir; bu olay için yeterli enerji transfer etmenin zor olacağı düşünölebilir. Ancak bazı aktif yarı iletkenler oldukça hassas olup bir koruyucu sistem bir büyük tehlikeye karşı devreye sokulursa, bu durumda tehlikenin kendisi oldukça enerjik pulsaların kaynağı olabilir.

Özellikle sabit bir sıcaklık gibi koşulların değişmezliği genelde istenen bir durumdur. Bu yüzden bir donanımı çalışır durumda bırakmak belirli bir

ömüre haiz elamanların aşınmaları kabul edilemez olduğu durumlar hariç, iyi bir pratik olacaktır.

Çeşitli parçalar genelde hangi tür ortamlara dayanabilecekleri hakkında spesifikasyonlara sahiptir. Güvenilirlik açısından belirtilen sınırlar, içinde performansın mükemmel, dışında ise parçanın kullanışsız olduğu hassas yap/yapma rakamları olarak düşünülmemelidir. Güvenilirlik, ortam daha uygun hale getirildiği sürece devamlı bir şekilde artar. Tasarımcı ve kullanıcı bu prensibi maliyet açısından en uygun bir biçimde kullanmaya gayret göstermelidir.

8.5.3 Çeşitlilik

Bölüm 8.4.1'de bahsedildiği gibi, fazlalıklar vasıtasıyla güvenilirliği artırma tekniği bağımsız bozulmalara dayanmaktadır. Ortak bir sebebi olan bozulmalar ise önemli bir tehlike teşkil ederler, çünkü bu tip bozulmalar fazlalık tarafından sağlanmış olan korumayı büyük bir oranda azaltabilir.

Buna karşılık, *çeşitlilik* istenen bir olaydır. 'Çeşitlilik' kelimesi bir şeyler yapmadaki temel farklılıkları kapsamak için kullanılır. Örneğin; eğer iki ayrı cihaz bir sistem içinde fazla koruma sağlıyorsa, bu cihazların elemanlarının farklı üreticilerden veya en azından farklı partilerden alınmasının gerekli olduğu belirtilebilir; böylece istenmeden meydana gelmiş olan bir potansiyel bozulma farklı parçaları arasındaki hatların aynı yolu izlememesi ve aynı dış kaynak tarafından bozulmaya karşı hassas olmaması istenir.

Esas itibarıyla çeşitlilik hatalı insan analizine karşı bir miktar koruma temin eder. Örneğin; nükleer reaktör koruma sistemlerinde artan aktivitenin daima daha fazla nötronun bulunmasına yol açacağı tahmin edilebilir. Eğer artan sıcaklığın gözlemlenmesi temeline dayanan bir fazladan koruma kanalı sisteme yerleştirilirse bu, reaktörün gücü artırıldığı zaman miktarı artmış nötronların herhangi bir nedenle saptanamamasının yaratacağı tehlikeli sonuçların önüne geçecektir.

Görülebileceği üzere, karışık ve pahalı olabilmesine rağmen çeşitlilik hedeflenmesi gereken bir prensiptir.

9. EMNİYET

C.C. TOWLE

9.1 Giriş

Enstrümantasyon tasarımı ve uygulaması ile emniyet arasındaki etkileşimler çok çeşitli ve birbirlerinden farklıdır. İzleme ve kontrol için doğru bir enstrümantasyonun kullanımı tehlikeyi azaltmaktadır. Buna örnek olarak bir yangın saptama ve kontrol sistemi verilebilir. Diğer yandan bir su tankının taşmasını engelleyen basit bir kontrol mekanizması bile sistemin toplam güvenliğini etkiler. Bir tesisatın tasarlanmış konumunu korumasına yardım edecek herhangi bir enstrümantasyonun emniyet üzerindeki etkisi tartışılabilir. Bununla beraber, enstrümantasyon genelde yanlış bir şekilde tasarlanmak veya kullanılmak suretiyle bir tesisatta mevcut olabilecek tehlikeyi artırabilir. Elektriksel enstrümantasyon sistemlerinden kaynaklanan başlıca doğrudan tehlikeler; elektrik çarpması sonucu ölüm ve yanıcı malzemeler ile elektrik akımı arasındaki etkileşim sonucu bir yangın veya patlamanın meydana gelmesi ihtimalleridir. Yanıcı malzemeler olarak; kablolarda kullanılan çeşitli yalıtım malzemelerinden tutun da daha hassas olan kötü bir şekilde havalandırılmış akü-şarj odalarının oksijence zengin hidrojen atmosferi sayılabilir. Lazerlerin emniyeti hakkında bazı hususlar ve radyasyonun sebep olabileceği tehlikeler Cihaz Teknolojisi, 3.cilt 2., 3. ve 5. Bölümlerde anlatılmaktadır. Ayrıca zehirli maddeler konusu da dikkate alınmıştır (Referanslar kısmında verilen Sağlığa Zararlı Maddeler adlı kaynağa bakınız). Yukarıda bahsedilen tehlikeler, bir proses tesisine yanlış enstrümantasyon uygulanması ihtimalleri ile kıyaslandığı zaman önemsiz hale gelmektedirler. Diğer yandan kapsamlı bir emniyet analizinde tüm tehlikeler minimum seviyede tutulmalıdır.

Hiçbir yerin emniyetinin tam olarak sağlanamayacağını bilmek önemlidir. Amaç toplumsal olarak kabul edilebilir bir emniyet seviyesi temin etmektir. Bu emniyet seviyesinin tam olarak ne olması gerektiği kesin bir biçimde tanımlanmamıştır; ancak insanların başka bir yerden ziyade özellikle iş yerinde bir tehlike sonucunda ölmeyi istemediklerini ve bu sebepten, istenen emniyet seviyesinin genelde kabul edilmiş olan seviyeden daha yüksek olması gerektiğini söylemek belki mümkün olabilir. Örneğin; eğlenmek amacıyla motosiklet kullanan genç bir adam tarafından kabul edilen tehlike seviyesi bir petrokimya tesisinde çalışan bir işlem operatörü tarafından kabul edilmeyecektir. Aynı zamanda istenen emniyetin sağlanması için ne kadarlık bir mali harcamanın gerekli olduğunun saptanmasında da benzeri problemlerle karşılaşmaktadır.

Ülkelerin büyük bir çoğunluğu hem ahlâki, hem de cezai yasal yaptırımlara sahip olup bu yaptırımlar tüm tasarımcıları emniyet hususunda dikkatli davranmaları için teşvik etmektedir. İngiltere'de İşyerinde Sağlık ve Emniyet

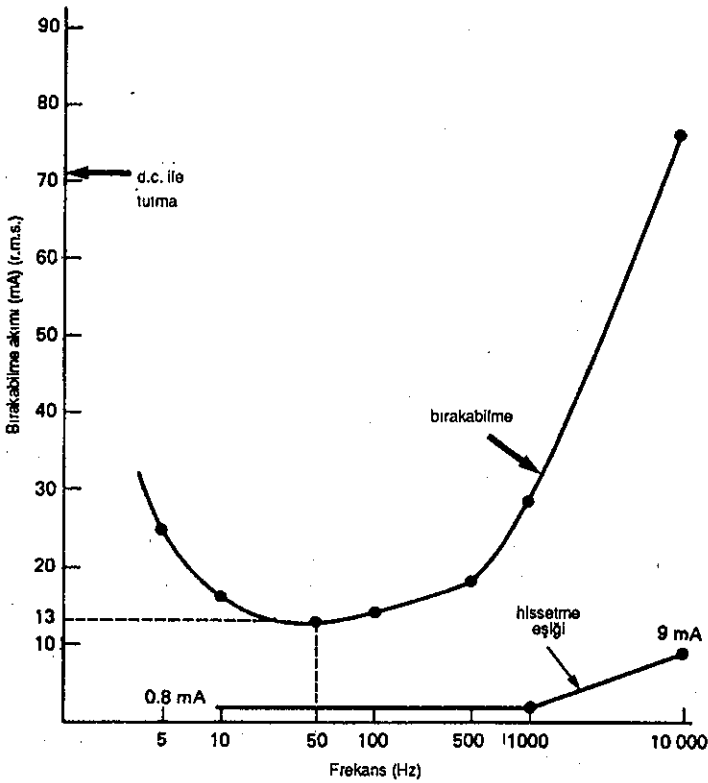
Kanunu (1974) ve Elektrik Yönetmeliği, kendisi de dahil olmak üzere diğer bir kişinin yaşamını dikkatsiz davranmak suretiyle tehlikeye atan herhangi bir kişinin yargılanması için bir düzenleme getirmiştir. Bu kanun üreticiler, kullanıcılar ve fertler üzerinde ayrıntılı bir şekilde düzenlenmiş sorumluluklar yüklemekte olup, kanunun getirmiş olduğu yükümlülükler iş ile alakalı olan hemen hemen tüm durumlar için uygulanmaktadır. Örneğin; üreticiler sadece amaçlanan kullanımları açısından emniyetli olan donanımları satmalı, emniyetli olup olmadıklarını teyit etmek için bu donanımları test etmeli ve bu donanımlarla birlikte gerekli montaj talimatlarını temin etmelidirler. Ayrıca teknolojik gelişmelerin de farkında olmalıdır. İşyerinde Sağlık ve Emniyet kanunu esasında Robens Raporu'ndan alınmış olup bu rapor oldukça okunaklı ve iyi tartışılmış bir belgedir. Ayrıca bu belge endüstriyel emniyet konusuna iyi bir temel teşkil etmektedir. Kanun; tehlike seviyelerini tanıma, kayıt ve değerlendirme için olan ihtiyaç ve tehlikeyi kabul edilebilir bir seviyeye düşürmek için gerekli olan yöntemler üzerine büyük bir baskı koymaktadır. Sonuç olarak herhangi bir tesisatın emniyet esasları konusunda yeterli bir dökümantasyona ihtiyaç duyulmaktadır. Tesisatların büyük çoğunluğunda yürütücü kurum fabrika kontrolörü olup bu kontrolör fabrikalara girmek, kontrol etmek ve tehlikelerin önüne geçmek amacıyla çeşitli uyarılarda bulunmak yetkisine sahiptir. Ancak bu tip fabrika kontrolörleri sahip oldukları böylesine büyük bir yetkiyi kullanmak suretiyle aşırı önlemlere başvurmak yerine çeşitli görüşmeler sonucunda elde edilen uzlaşmalara bağlı olarak yeterli bir emniyet seviyesi sağlamayı tercih etmektedirler. Farkına varılması önemli olan bir nokta; çoğu tesisatlardaki yasal zorunlulukların yeterli önlemlerin alınmasını gerektirdiğidir. Bununla birlikte, gerçek koşullarda ilgili İngiliz Standartı Pratik Kodu ile belgelendiren donanımın kullanımı kolayca anlaşılabilir ve savunulabilir. Ayrıca sonuç olarak en fazla tercih edilen çözümdür.

9.2 Elektrik Çarpması Sonucu Ölüm Tehlikesi

Herhangi bir elektrikli donanımın tasarımını yaparken, elektrik çarpması sonucu ölüm tehlikesini mümkün olduğunca asgariye indirmek gereklidir. Birçok endüstri kolunda konstrüksiyon ve kontrol için özel standartlar mevcut olup bu standartlar, bu endüstri kollarının kendilerine ait tehlikeleri de gözönüne almak açısından belgeleme planları ile birlikte uygulanır. Örneğin; tıbbi-elektronik bir donanım, özellikle alıcıların insan vücuduna sokulduğu durumlarda oldukça kapsamlı standartları karşılamak durumundadır.

İnsan vücudunun bir eşdeğer devresini değerlendirmeye çalışmak faydalı olacaktır. Bu konuda birçok referans mevcut olup, bu referanslar deneysel sonuçlar arasında büyük farklılıkların mevcut olduğunu göstermektedir. Sadece birkaç noktanın genelde ortak olduğu görülmektedir. Şekil 9.1 sistemde

mevcut akım seviyesini ve kasların kasılmasına yol açan akım seviyesini saptayabilmek için genelde kabul edilmiş değerlerin ne olduğunu göstermektedir. Diğer yandan bu değerlerin kişiden kişiye oldukça değiştiğini belirtmek gerekir. Kasların kasılması olayı etkileyici bir proses olup, mekanik bir harekete sebebiyet verecek bir kimyasalın salgılanmasını sağlayan bir elektriksel darbe (impuls) gerektirmektedir. Gerekli olan akımlar yaklaşık 15 mA'dir ve kasın kasılmış bir biçimde tutulması için yaklaşık 10 darbe/s'lik bir uygulamaya ihtiyaç vardır. Bir doğru akım uygulandığında, bu kasın önce kasılması ve daha sonra gevşemesine sebebiyet verir; sonuç olarak doğru akım daha emniyetlidir. Bununla birlikte daha yüksek seviyelerde uygulanan doğru



Şekil 9.1 Bırakabilme akımının ve hissetme eşiğinin frekans ile değişimi.

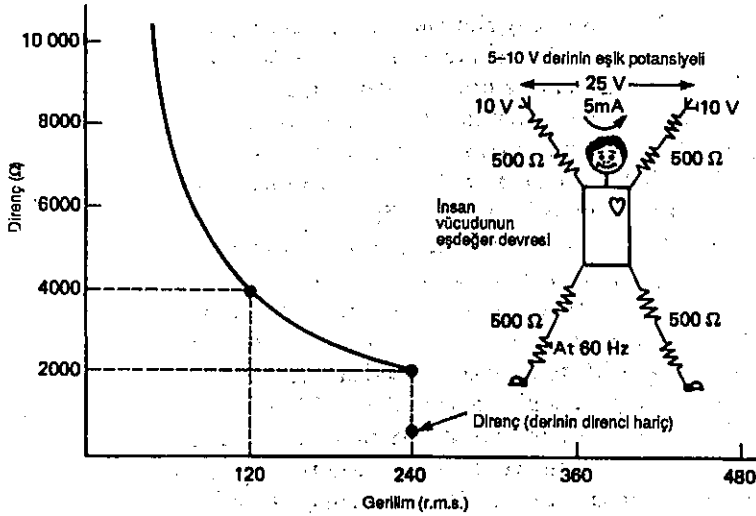
akım; yanıklar, vb. gibi doğurmuş olduğu sonuçların vücut direncinde yaratmış olduğu değişimler, akımın dalgalanmasına ve bu nedenle kasların kasılmasına neden olacağı için felç ile sonuçlanacaktır.

Vücut direnci, başlangıç direncinin büyük bir kısmı deride meydana geldiği için oldukça karmaşıktır. Bir kuru deri dış tabakası, özellikle nasırlı kısımlarda, tipik olarak 10-100 k Ω arasındaki düşük gerilim değerlerinde oldukça yüksek dirence sahiptir, ancak bu değer 500 V'da 1 Ω 'e düşer. Dirsekler gibi derinin diğer kısımları ise çok düşük dirence (2 k Ω) sahiptir. Derinin dış tabakasının hemen altındaki tabaka vücut sıvısı ile dolu birçok kılcal kanallara sahip olup direnci çok düşüktür. Bir insan vücudunun toplam direnci çoğunlukla kol ve bacaklarda yoğunlaşmış olup 500 Ω olarak kabul edilir. Şekil 9.2 bir vücut direnci eğrisini ve ayrıca deri direnci bir eşik gerilimine dönüştürüldüğü zaman bir insanın düşük gerilimdeki mümkün bir eşdeğer devresini göstermektedir.

Elektrik akımı uygulamak suretiyle bir kişinin öldürülmesi işlemi de oldukça karmaşıktır. Genel olarak kalbin hassas kaslarına uygulanacak olan 20-30 mA'lik bir akım kalbin çalışmasını durduracaktır. Bu akımın elele tutuşmak suretiyle bir vücuttan diğerine akarak ölüme neden olduğu detaylı bir biçimde tartışılmıştır. Bazı kaynaklara göre 10 A seviyesindeki akımlar yeterli olacaktır. Diğerleri ise 40 mA'lik bir akımın da yeterli olabilme ihtimalinin mevcut olduğunu iddia etmektedirler. Ayrıca kalbin durmasına kadar geçen bir süre bulunduğu için, bu zaman faktörü akım seviyesinin saptanmasını daha karmaşık hale getirmektedir. Bu sebeple bazı koruyucu teknikler en azından kısmi olarak emniyeti sağlamak açısından zaman faktörünü dikkate almaktadır. Bunun sonucu olarak meydana gelen değişiklik oldukça etkileyicidir. Örneğin; bir referansa göre kalbin fazla hızlı veya yavaş çarpması olayı 5 s'lik bir uygulama süresi için 50 mA, 10 ms'lik bir uygulama süresi için ise 1 A'lik bir akım değerinde meydana gelebilir. Bununla birlikte İngiltere'de kullanılan 250 V - 50 Hz'lik elektrik akımının potansiyel olarak öldürücü olduğu konusunda çok az bir şüphe mevcuttur. Örneğin; arızalı bir su-altı, düşük-gerilimli aydınlatma sistemine sahip bir yüzme havuzunda göğüs suyun içinde olacak şekilde ayakta durmak ta olan bir insanın ömrünü kısaltmak açısından oldukça etkili bir yöntemdir.

Modern enstrümantasyon sistemlerinin birçoğu 30 V veya daha aşağı gerilimlerle çalışmakta olup, bu seviyedeki bir gerilim çoğu insan için hissedilebilir bir gerilim değildir ve bir felç durumuna yol açacak seviyenin genelde oldukça altındadır. Diğer yandan, böylesine düşük bir gerilimin bile tehlikeli olabileceği durumlar bulunabilir. Dalgıçlar açıkça böyle bir tehlike altındadırlar, ancak terleme ve nemin yüksek olduğu kapalı ve sıcak ortamlarda çalışan insanların da özel bir dikkate ihtiyaçları vardır. Deri tabakası çatladığı zaman, tehlike artmaktadır ve kafatasına bağlanan elektrotların sebebiyet vereceği

zarar öylesine büyüktür ki, bu tip bir donanımın tasarımı esnasında sadece en yüksek seviyedeki tekniğin kullanılması kabul edilebilir. Bununla birlikte geleneksel cihazların büyük bir çoğunluğu için 30 V'luk bir gerilim seviyesi kullanışlı olup genelde emniyetli olarak kabul edilir. Herhangi bir elektrikli cihazın tasarımı esnasında dikkat edilmesi gereken önemli bir nokta, cihazın elektrik girişlerinin düşük-gerilim devresini kırmak suretiyle şasinin canlı hale getirilmesi veya diğer bazı hatalar vasıtasıyla erişilebilir olmasını engellemektedir.



Şekil 9.2 (a) Gerilimdeki azalmaya bağlı olarak vücut direncindeki mevcut artış (elden ele-kuru); (b) insan vücudunun eşdeğer devresi.

9.2.1 Topraklama ve Bağlama

Eğer elektrik ileten tüm nesnelər; tek bir birim 30 V'luk gerilim değerinden daha büyük bir potansiyel farkı ile iki nokta arasında bağlı olmayacak bir şekilde birbirlerine bağlanırsa, bu durumda enstrümantasyon muhtemelen

emniyetli olacaktır. Topraklama ve bağlama düzeni mevcut elektrik nağına bağlı olarak çok az bir değişim gösterir. Şekil 9.3 İngiliz sistemi u landığındaki durumu göstermektedir. Cihaz sistemini besleyen güç gele sel 440 V'luk üç-fazlı nötr topraklanmış dağıtım sisteminden sağlanır olup, bu sistemde akım taşıyıcı kısım sigortalanmıştır. Nötr bağa olan bir bağlantısı cihaz şasisinin çok fazla yükseltilmesine gerek kalmaksızın sı tayı açmak için uygun bir hata yolu temin eder. Merdiven korkulukları dı hil olmak üzere birbirine bitişik tüm metalik iskeleler cihaz şasisine bağ ve birbirlerinden ayrı olarak nötr yıldız noktasına (genelde farklı yollar olacak şekilde) geri döndürülür. Şeklin de görülebileceği gibi çevrim için herhangi bir personel emniyettedir, çünkü bu personel önemli bir orand rence sahip olmayan düşük-dirençli bağa (XX') paralel durumdadır. Eğer bağı kırılırsa, merdiven korkuluklarının potansiyeli toprak hattının tam rak tanımlanmamış direnci tarafından saptanacaktır. Cihaz sistemi şasi raklama dönüşündeki geçici hata akımının etkisi vasıtasıyla yükseltilece Bu durumda personel üzerindeki bileşke potansiyel farkı rahatsız edici şekilde yüksek olabilir.

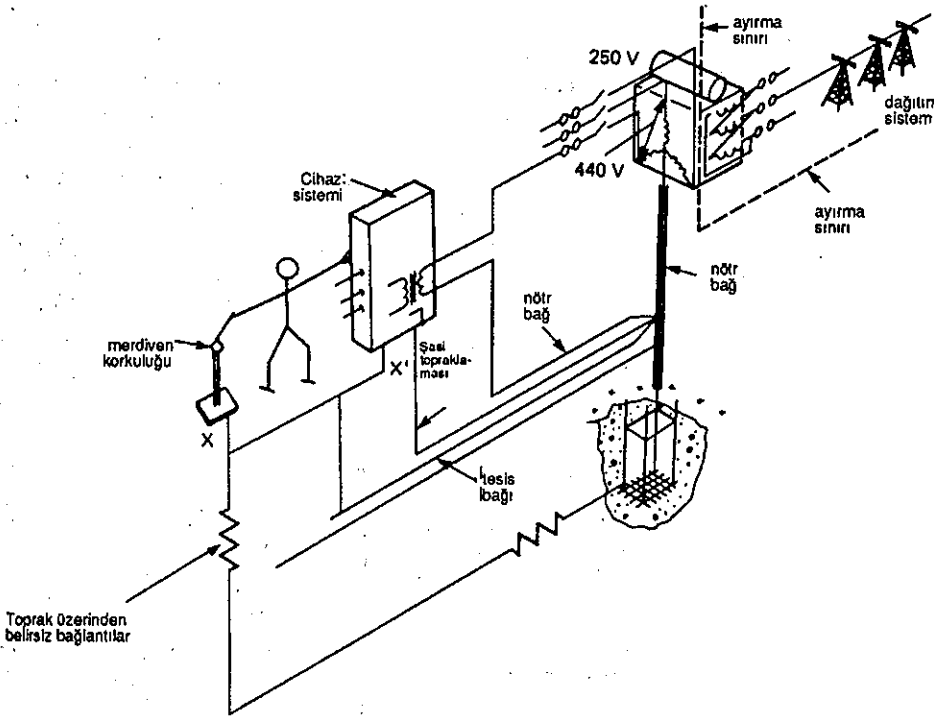
Bu yüzden emniyetli bir sistem için temel topraklama koşulları; her bir koruyucu cihazı işletmek için yeterli bir hata dönüş yolunun mevcud ti ve potansiyel farklarını asgariye indirmek için tesisin tüm bölümlerinin birine bağlanması olarak verilebilir.

Bununla birlikte, topraklamanın koruma temin etmek amacıyla yöntem olarak kullanılmadığı bir dizi durum mevcuttur. Taşınabilir dome cihazların büyük çoğunluğu "çift yalıtım" ile korunmakta olup bu tip bir y tımda birincil yalıtım ikincil yalıtım tarafından desteklenmektedir ve bu rumda herhangi bir tehlikenin meydana gelmesi için her iki yalıtım tabaka da aynı anda devre dışı kalması gereklidir. Benzer şekilde, açık donanır üzerindeki çalışmalar için kullanılan bazı kısımlar tamamiyle yalıtkan malzemedен yapılarak emniyetli hale getirilir ve elektrik çarpması sonı ölüm tehlikesini azaltmak için güç kaynakları izolasyon transformatörler den sağlanır.

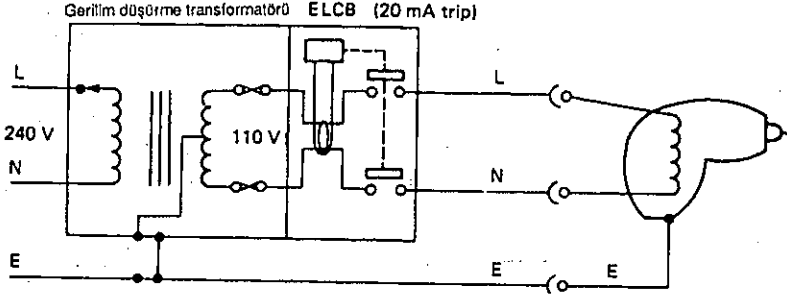
Çevresel koşulların sert olduğu veya kabloların zarar verici bir işle maruz kaldığı durumlarda daima çalışma gerilimini düşürmek ihtiyacı his dilir ve elektriksel koruma yöntemi üzerinde birçok değişken mevcut olup değişkenlerden herbiri kendilerine has avantajlara sahiptirler. Şekil 9.4 su ortamlarda yaygın bir şekilde kullanılan cihazlar ve kablolar sürekli bir şek de gözden geçirilmek koşuluyla oldukça iyi bir koruma seviyesi sağlayan l tesisat tipini göstermektedir.

Transformatör mevcut gerilimi 110 V'a düşürmek için uygun bir şekil tasarlanır ve daha sonra bu transformatör ortadan topraklanır. Transfc matörün bu şekilde topraklanması ise hata gerilimini daha da düşük bir değ

olan 55 V'a azaltır. Akım kaynağının her iki fazı da sigortalanır, ancak hata akımının daha hassas bir şekilde saptanması bir toprak kaçağı devre kesicinin (ELCB) kullanılması ile gerçekleştirilebilir. Bu devre kesici faz akımlarının dengesini izler ve eğer bu akımlar arasında 20 mA'dan daha büyük bir fark mevcut ise, bu durumda devre kesiciyi tetikler. Bu düşük gerilimli hassas ve hızlı saptama, çoğu durumlar için oldukça emniyetli bir sistem ortaya koymaktadır.



Şekil 9.3 Nötr olarak bağlanmış normal UK tesisatı.



Şekil 9.4 Bir toprak kaçağı devre kesiciye sahip ortadan topraklanmış 110 V'luk izolasyon transformatörü.

Bu yüzden elektrik şoku tehlikesini azaltmak için birçok farklı yöntem mevcuttur. Tüm bu teknikler; güç kaynağının yapısına, cihazın tasarımına, bulunduğu çevreye, tesisat yöntemine ve yapılan kontrolün sıklık derecesi ve hangi oranda etkili olduğu gibi koşullara dikkat edilmesini gerektirmektedir. Sayılan bu faktörler kuvvetli bir biçimde birbirleriyle etkileştikleri için, herhangi bir emniyetli tesisat tüm bunları dikkate almak zorundadır.

9.3 Yanıcı Ortamlar

Proses kontrol enstrümantasyon sistemlerinin büyük bir kısmı petrokimya endüstrisinde kullanılmakta olup, bu tür ortamlarda donanımın herhangi bir yanıcı ortam ile teması durumunda bir patlama tehlikesi olasılığı mevcuttur. Pratikte, bu tip tehlikeler tüm petrokimya ve gaz dağıtım tesislerinde, matbaacılık işlerinde, püskürtmeli boyama tesislerinde ve ayrıca üretim tesislerinde bulunan cilâ, boya ve kapsülleme bileşiklerinin bulunduğu birçok küçük işletmelerde mevcuttur.

Konuyla ilgili olan diğer bir tehlike ise, toz patlamaları olup bu tip olaylar daha az bir ilgi çekmekte olmasına rağmen gerçekte daha önemli olabilir. Hemen hemen ince toz halindeki bütün malzemeler yanıcı olabilir (bir çok insan yanan çelik yünü gösterisini bilir) ve özellikle un, şeker ve hayvanların beslenmesi için kullanılan malzemeler gibi çok ince olarak bölünmüş organik maddeler kolaylıkla ateş alabilir. Toz patlamaları, ufak bir patlamanın normalde daha fazla bir toz bulutuna sebebiyet vereceğinden ve patlamanın sistemde mevcut olan yakıtı tüketmek için sürekli bir biçimde ilerleyeceğinden oldukça tehlikeli sonuçlar doğurabilir. Bununla birlikte, tozlar genelde gazla-

ra kıyasla alev alabilmeleri için çok daha fazla enerjiye ihtiyaç gösterirler (mikrojoule'den ziyade milijoule). Tozlar genellikle 200°C civarında tutuşurlar. Genelde enstrümantasyon problemi, toz geçirmez bir muhafaza içindeki T4 (135°C) sıcaklık sınıfına dahil edilmiş yapısal emniyetli donanımların kullanılması ile çözülür.

Bir gaz patlamasının gerçekleşmesi için üç adet bileşene ihtiyaç vardır. Bu bileşenler; yanıcı bir gaz, oksijen (genelde hava) ve ateşlemeyi sağlayacak bir kaynaktır (bu kaynak konu içerisinde bir elektriksel kıvılcım veya sıcak yüzeydir). Bir gaz-hava karışımının yanıcı olabilmesi için belirli oranlarda karışmış olması gereklidir. Sınır koşulları "alt veya üst tutuşma limitleri" veya bazı kaynaklarda "alt ve üst patlama limitleri" olarak bilinir. Patlamaların önlenmesi konusu yukarıda bahsedilen üç adet bileşenin birbiriyle temasının engellenmesi üzerinde yoğunlaşmıştır. Genelde kullanılan yaklaşım; mevcut gaz-hava karışımının ihtimali üzerinde karar vermeye çalışmak ve daha sonrada içinde bulunacağı ortam tarafından yeterli bir şekilde korunacak olan donanımı seçmektir.

Tutuşma limitleri içindeki mevcut gaz-hava karışımının ihtimalini incelemek alan sınıflandırması olarak adlandırılır ve bu olay şüphesiz işin en zor kısmıdır. Bir tesisin tüm hususları ve ayrıca mevcut gazların davranışları hakkındaki ayrıntılı teknik bilgi alan sınıflandırması işleminin iyi bir şekilde gerçekleştirilmesi açısından gereklidir ve bu nedenle bu tip bir işlem cihaz mühendisinin sadece bir üyesi olarak bulunduğu bir komite tarafından yapılır. Günümüzde uygulanan yöntem, tehlikeli alanları aşağıdaki gibi IEC standartı 79-10'a göre kısımlara ayırmaktadır:

Alan 0: Bu alanda patlayıcı bir gaz-hava karışımı sürekli olarak veya uzun süreli aralıklarla mevcuttur.

(Not: Kapalı bir proses kabının veya depolama tankının buhar kısmı bu alana bir örnektir.)

Alan 1: Bu alanda patlayıcı bir gaz-hava karışımı normal çalışma esnasında oluşacaktır.

Alan 2: Bu alanda patlayıcı bir gaz-hava karışımı oluşmayacaktır ve eğer oluşursa sadece kısa süreli olacaktır.

Sonuç olarak tehlikeli alan olmayan herhangi bir yer emniyetli olarak adlandırılır. Otoritelerin çoğu anlamsal ve yasal nedenlerden dolayı tehlikesiz alan ifadesini kullanmayı tercih etmektedirler. Bu metinde emniyetli ifadesi kullanılmakta olup bunun nedeni emniyetli kelimesinin tehlikesiz kelimesine kıyasla daha kısa ve ayırtedilebilir olmasıdır.

Tablo 9.1 Sıcaklık Sınıflandırması

Sınıf	Maksimum yüzey sıcaklığı (°C)
T ₁	450
T ₂	300
T ₃	200
T ₄	135
T ₅	100
T ₆	85

Amerika'daki uygulamada ise tehlikeli alanlar hala iki kısma ayrılmaktadır. Kısım 1 daha tehlikeli olan bölüm olup Alan 0 ve Alan 1'i kapsamaktadır. Alan 2 ile kısım 2 ise yaklaşık olarak aynı anlama gelmektedir.

Birçok endüstriyel gazın zehirliliğinin ifade ettiği mana; bu açıdan bir tesis analizinin gerçekleştirilmesinin gerekli olduğudur. Genelde iki problem aynı anda düşünülür.

Mevcut olan gazın tehlikeli olup olmadığına karar verildikten sonra ilgilendirilmesi gereken diğer nokta gazın yapısının bir kıvılcım vasıtasıyla ateşlenmesi veya alevin yayılışı açısından incelenmesidir.

Son yıllarda gerçekleştiren gelişmelerden birisi IEC sisteminin hemen hemen uluslararası bir düzeyde kullanılmaya başlanması olup bu sistemde cihazlar emniyetli bir şekilde hangi gazlarla birlikte aynı ortamda kullanılacaklarına göre gruplandırılır. Bilgiçlik taslanacak olursa, aslında gruplandırılan cihazdır, ancak gazları gruplandırma ile cihazları gruplandırma arasındaki fark akademik bir konu olup sonuçta emniyeti etkilemez. Uluslararası gaz gruplandırma sistemi yeraltı maden çalışmaları için Romen rakamı I'i tahsis etmiş olup bu tip faaliyetlerdeki en önemli tehlike metan gazıdır. Bu gaz genelde grizu ve kömür tozu olarak adlandırılır. Tarihsel olarak, madencilik endüstrisi yanıcı ortamlarda kullanılan cihazlar üzerinde yapılan çalışmaların başlangıcını teşkil etmekte olup oldukça önemli oranda etkiye sahip olan bir pozisyonundadır. Yerüstü endüstrisinde kullanılan tüm cihazlar II ile ifade edilmekte olup ayrıca IIA (propan), IIB (etilen) ve IIC (hidrojen) olmak üzere üç altgruba bölünmektedir. IIC grubu gaz tutuşması için en düşük miktardaki enerjiyi gerektirmektedir. IIA, IIB ve IIC grupları için nisbi hassasiyetler sırasıyla 1:3:8 olarak verilebilir. Parantez içinde verilen temsili gaz genelde gaz grubunu ifade etmek için kullanılır.

Maalesef, ABD ve Kanada kendilerine ait gaz ve toz sınıflandırmalarını kullanmaktadırlar. Bu sınıflandırmalar ve alt bölümleri aşağıda verilmektedir:

SINIF I : Gazlar ve buharlar

Grup A (asetilen)

Grup B (hidrojen)

Grup C (etilen)

Grup D (metan)

SINIF II : Tozlar

Grup E (metal tozu)

Grup F (kömür tozu)

Grup G (tahıl tozu)

SINIF III : Fiberler

(herhangi bir alt grubu mevcut değil)

Gaz-hava karışımları sıcak yüzeylerle temas sonucunda tutuşabilir ve sonuç olarak tehlikeli ortamlarda kullanılan tüm elektrikli cihazlar maksimum yüzey sıcaklıklarına göre sınıflandırılmalıdır. BS 4683: Bölüm 1 İngiltere'de kullanılan bir standart olup bu standart hemen hemen IEC 79-8 standardı ile aynıdır. İngiltere'de kullanılan sıcaklık sınıflandırmasının kullanımı oldukça yeni olup (1960'lı yılların sonuna doğru), bu standartın kullanımından önce onaylanan cihazların (örneğin; BS 1259'a göre) kullanımında karşılaşılan problemlerden birisi, bu tür cihazlar için herhangi bir şekilde sıcaklık sınıflandırılmasının yapılmasının gerekli olduğuydu.

Yapısal emniyetli devrelér için maksimum yüzey sıcaklığı meydana gelecek hataların ihtimali de dikkate alınarak hesaplanabilir veya ölçülebilir. Bu işlem elektrik kıvılcım enerji gereksinimlerinin hesaplanmasında kullanılan yolun aynıı izlenerek gerçekleştirilebilir. Benzeri hatalı koşullar altında alev dayanıklı cihazların beyaz derecede tavlınmış akkor haline gelmesi ihtimali yeterli bir oranda koruyucu aygıtlar hakkındaki genellemeler yardımıyla önlenmeye çalışılır. Aksi ifade edilmediği sürece tüm sıcaklık sınıflandırmaları 40°C'lık bir maksimum çevre sıcaklığına göre değerlendirilir. Eğer bir cihaz bu sıcaklığın üzerinde kullanılırsa, bu durumda bu cihazın sıcaklık sınıflandırılması yeniden değerlendirilmelidir. Bir sıcaklık-yükselmesi değerlendirilmesi gibi sıcaklık sınıflandırılması ile ilgili olayların büyük çoğunluğu yeterli sonuçlar verecektir. Eğer bir cihazın bir bölümünün dış sıcaklığının proses sıcaklığı yüzünden yükselmesi durumunda (örneğin; ter-

mal olarak bir sıcak proses borusuna bağılı durumda olan bir pilot elektromanyetik valf özel bir dikkat sarfedilmesi gereklidir. Genelde, bir cihaz emniyetli bir şekilde kullanılabileceğı belirli bir maksimum çalışma sıcaklığına sahip olup bu sıcaklık kullanılan yalıtım malzemesi, elemanların nominal değerleri v.b. gibi faktörler tarafından tespit edilir. Bu maksimum çalışma sıcaklığı sıcaklık sınıflandırılması ile karıştırılmamalıdır ve her iki koşulda karşılanmalıdır.

Gazın mevcut olduğı ihtimal ve cinsi saptandıktan sonra yapılacak işlem, gazın yaratacağı tehlikenin kullanılan cihaz ile eşlenmesidir. Tablo 9.2 CENELEC standartlarında tanımlanan alternatif koruma yöntemlerini ve İngiltere'de kullanımına izin verilen alanları vermektedir.

Tablo 9.2 Koruma yöntemleri için kullanılan standartların durumu (Ocak 84 itibarıyla).

Teknik	IEC sembolü	Standart				UK'de izi verilen kullanım alanı
		IEC	CENELEC	İNGİLİZ	BS5345	
	Ex	79-	EN50	BS 550 Bölüm	UK pratik kodunun bölümü	
Genel şartlar		Taslak	014	1	1	
Yağa daldırılmış	o	6	015	2	yok	2
Basınçlandırma	p	2	016	3	5	1 veya 2
Toz doldurma	q	5	017	4	yok	2
Aleve dayanıklı muhafaza	d	1	018	5	3	1
Artırılmış emniyet	e	7	019	6	6	1 veya 2
Yapısal emniyet (İntrinsic safety)	ia veya ib	3 Test aparatı 11 Konstrüksiyon	020 aparatı 039 sistem	7 9	4	0 ia 1 ib
Teşvik edici değil	n(N)	Taslak oylama safhasında	021 (IEC bekler)	BS 4683 Pt3	7	2
Kapsülleme	m	yok	028	yok	yok	1
Özel	s	yok	yok	SFA 3009	8	1

Günümüz mühendislik bilgisinin ışığı altında kullanılan teknik, yapısal emniyet olmasına rağmen bu tekniğin yanısıra dayanıklılık ve arttırılmış emniyet teknikleri de kullanılmaktadır. Aleve dayanıklılık tekniği, patlamanın bir muhafaza içinde meydana gelmesine müsaade eder, ancak aynı zamanda kutunun mukavemetinin, patlamanın şiddetine dayanabilecek kadar yüksek olmasını sağlar ve patlamanın kutu dışına taşmasını engelleyecek sistemlerin kontrolünü yapar. Arttırılmış emniyet tekniği ise, kıvılcım veya sıcak noktaların oluşması ihtimalini kabul edilebilir bir seviyeye düşürebilmek için, üstün konstrüksiyon tekniklerini ve büyük imha faktörlerini kullanır. Belirli problemleri çözmek için kullanılan diğer bir teknik ise, basınçlandırma ve boşaltmadır. Bu teknik ateşleme kaynağı ile tehlikeli gaz arasına bir hava veya inert gaz tabakası koyarak emniyet sağlar.

Kullanılabileceği durumlarda yapısal emniyet normalde enstrümantasyona uygun bir teknik olarak kabul edilir. Yapısal emniyet tekniği bir devrede mevcut olan elektrik enerjisinin en kolay ateşlenebilir gaz-hava karışımı için çok düşük bir seviyede olmasını temin eder. Devrenin ve cihazın tasarımı hem normal kullanım, hem de muhtemel arıza şartlarında emniyet sağlayacak şekilde yapılmaya çalışılır.

Yapısal emniyetin resmi bir tanımlaması yoktur. EN 50 020, ilgili CENELEC aparat standartı kendiliğinden emniyetli devreyi aşağıdaki gibi tanımlar:

Bu standartta verilmiş olan test koşulları altında (bu koşullara normal çalışma ve belirtilen hata koşulları da dahildir) herhangi bir kıvılcım veya termal etkinin üretilmediği bir devre olup verilen bir patlayıcı ortamın ateşlenmesine sebebiyet verebilir.

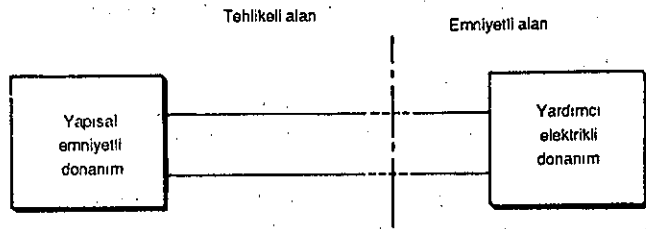
Yapısal emniyet iki ayrı seviyeye sahiptir: Bu seviyelerden ia daha yüksek olan seviyeyi ifade etmekte olup burada emniyet iki hataya kadar korunabilir. "ib" seviyesinde ise emniyet sadece bir hataya kadar sağlanabilir. "ib" standartlarında onaylanan donanım genelde Alan 0 haricindeki tüm alanlar ve "ia" standartlarında onaylanan donanımda tüm alanlarda kullanım için uygundur.

Tüm pratik amaçlar için yapısal emniyet, Alan 0 (sürekli olarak tehlikeli) için kabul edilen tek emniyet tekniğidir. Bu teknik aynı zamanda Alan 1 (normal çalışma esnasında tehlikeli) için tercih edilen tekniktir.

Yapısal emniyet tekniği sıklıkla bakım, dökümantasyon ve personel eğitimi gibi problemleri azaltmak amacıyla Alan 2 (nadiren tehlikeli) bölgelerinde kullanılır. Yapısal emniyet, aslında bir düşük-güç tekniği olup bu nedenle özellikle endüstriyel enstrümantasyon için uygundur. Bu tekniğin başlıca avantajları; düşük maliyeti, daha esnek montajlar ve çalışma esnasında bakım ve ayarlama yapılabilmesi imkânı olarak sayılabilir. Diğer yandan;

mevcut düşük gücü ve anlaşılmasının zor olması (aslında bu pek uygun bir yakıştırma değildir) bu tekniğin dezavantajları olarak verilebilir. Genel olarak, eğer gerekli olan elektrik akımı 30 V ve 50 mA'den daha düşük ise, bu durumda yapısal emniyet tekniği tercih edilen tekniktir. Diğer yandan istenen güç 3 W veya gerilim 50 V veya akım 250 mA değerinin üzerinde ise, diğer bir teknik gerekli olabilir. Üst sınır acele olarak yapılmış bir genellemedir, çünkü kendiliğinden emniyetli sistemler emniyetli bir şekilde bu limitlerin üzerine çıkabilir. Bu tip sistemler sıklıkla bu iki değerler seti arasında tasarlanabilir.

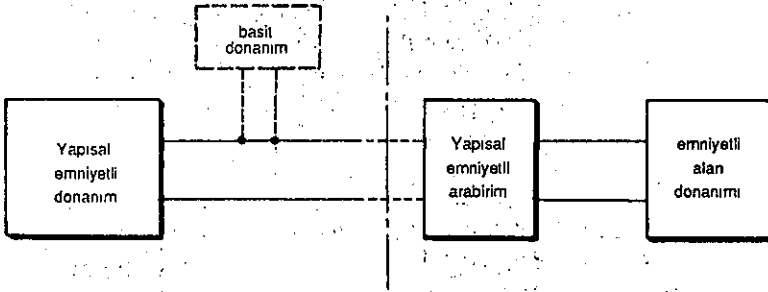
Birden fazla yapısal emniyetli cihazlar arasında bir bağlantı mevcut olduğu zaman, bu cihazlar arasındaki etkileşimlerin bir analizi ve bu etkileşimlerin bir bütün olarak emniyet üzerindeki etkisi yapısal emniyetin esasen bir sistem kavramı olduğunu ortaya koymaktadır. Tartışılacak bir nokta; diğer tekniklerin doğru bir bağlantı ve yine doğru bir elektriksel koruma yönteminin seçilmesi hususlarına bağlı olduğudur. Örneğin; alev dayanıklı bir motorun emniyeti; aşırı yüklenme ve hatalara karşı koruma sistemini çalıştırmak için doğru bir nominal bağlama donanımına, topraklama için yeterli bir hazırlığa ve tatminkâr bir yalıtıma sahip olup olmadığına bağlı olup, tüm bu saydığımız şartlar bir sistem teşkil etmektedir. Bununla birlikte, yapısal emniyetli bir cihaz ve ayrıca emniyetli alanda belgelenmiş bir güç kaynağı ve alıcı cihaz içerdiği durumda, bu kombinasyon CENELEC sistemi, standart EN 50 039'a göre değerlendirilebilir. Emniyetli alan içinde kurulacak olan ve tehlikeli alan ile bağlantı kurulabilme ihtimaline karşı terminallere sahip donanım için kullanılan ifade, "yardımcı elektrikli donanım"dır. Bu kaba ve kolayca unutulabilen ifade standartları yazan kişiler haricinde çok nadir olarak kullanılmaktadır. Ancak bu ifade, onaylanmış emniyetli-alan donanımının tehlikeli alan içine yerleştirilecek olan donanımından ayırıldığını sağlar.



Şekil 9.5 Belgelendirilmiş bir emniyetli alan donanımına (associated apparatus)sahip sistem.

Bir donanım çevriminin oldukça basit ve kendi kendine yeterli olduğu, ayrıca uygulamaların büyük çoğunluğunda aynı donanımı içerdiği durumda hem tehlikeli-alan, hem de emniyetli-alan donanımlarının belgelendirilmesi genelde gerçekleştirilen bir uygulamadır. Ayrıca şekil 9.5'de gösterildiği gibi belirli kombinasyon için bir sistem belgelendirilmesinin mevcut olması gereklidir.

Bir tehlikeli alana gönderilecek veya bu tip bir alandan alınacak sinyal genellikle karmaşık bir donanımla besleneceği veya aksine bu donanımdan sağlanacağı için pratikte sadece birkaç adet kendi kendine yeterli devre mevcuttur. Bu tür durumlarda emniyetli-alan donanımının belgelendirme ihtimali mevcut değildir. Çünkü bu donanım karmaşıktır, ayrıca seçimi ve kullanımında esneklik sağlanması ihtiyacı mevcuttur. Bu durumlarda uygulanacak olan çözüm, devre içine tehlikeli alana aşırı bir seviyede enerji iletemeyecek olan kendiliğinden emniyetli bir arabirimin konulmasıdır (bknz. Şekil 9.6). Arabirimlerin büyük çoğunluğu üzerlerine uygulanan topraklamaya göre 250 V'luk bir gerilimle emniyetli olacak şekilde tasarlanır (İngiltere'de yaygın olarak kullanılan 440 üç-fazlı nötr topraklama sistemi)



Şekil 9.6 Belgelendirilmiş yapısal emniyetli arabirimli sistem

Muhtemel tehlikenin sebebi ve bunu minimum seviyeye indirebilmek için kullanılan teknik her ne olursa olsun, tehlikeyi değerlendirmek ve tehlikenin analizini belgelemek için duyulan ihtiyaç ve alınan önlemler oldukça önemlidir. Dökümantasyonun yapılması için yasal bir zorunluluk mevcuttur. Eğer muhtemel tehlikeler tanımlanır ve bu tehlikelerin minimum bir seviyeye indirildiğine dair dökümanter kanıt elde edilirse bu kanıtın ortaya konulmasında yararlanılan disiplin, tehlikeli olma durumu düşük ve emniyetli bir koşulda bakımı son derece kolay bir tesisata sebebiyet vermektedir.

9.4 Diğer Emniyet Hususları

Herhangi bir kilitleme veya cihaz sisteminin bütünlük seviyesi, yapılan ölçümün önemine ve bir bozulma durumunun yaratacağı sonuçlara bağlıdır. Bu alanda yapılan ayrıntılı ve titiz çalışmaların bir kısmının atom pilleri ve benzeri potansiyel tehlikeli bozulmaların kontrolü ile ilgili olması şaşırtıcı bir durum değildir. Diğer yandan sistemlerin çoğu daha az tehlikelidir. İngiltere'de kullanılan BS 5304: 1975 pratik kodu tehlikeli olmayan durumlarda tehzizatı korumak için genelde yararlanılan teknikleri açıklamaktadır. Uygulanacak genel prensipler aşağıdaki şekilde özetlenebilir.

(1) Sistemdeki herhangi bir tek elemanın bozulması (güç kaynakları da dahil olmak üzere) tehlikeli bir durum yaratmamalıdır.

(2) Kablo iletkenlerinin açık veya kısa devre arızası veya hatların toprağa kısa devre olması, tehlikeli bir durum yaratmamalıdır. Pnömatik ve elektro-optik sistemler farklı bozulma modlarına sahiptir, ancak bu tür sistemler bazı durumlarda belirli avantajlara sahip olabilir.

(3) Sistem kolayca kontrol edilebilmeli ve anlaşılabilir. Bir sistemin güvenilirlik ve bakım verilebilme özelliklerini daha iyi hale getirmek yapılan işlemlerin basitliğinin etkisi inkâr edilemez.

(4) Sistemin işletimsel güvenilirliği mümkün olduğunca yüksek olmalıdır. Bozulmanın önceden tahmin edilebilen modları genelde, bir emniyetli-bozulma durumu elde etmek için düzenlenebilir. Ancak sistem bozulur ve oldukça sık bir şekilde sahte durdurmalara neden olursa, bu durumda kilitlemelerin gereğinden fazla kullanılması gerekebilir. Bu nedenle bir kilitleme sisteminin inanılır kalması için, işletimsel olarak güvenilir olması gereklidir. Ayrıca eğer mümkünse alarmın gerçek olup olmadığının veya bir sistem hatasının herhangi bir biçimde gösterimi de istenebilir.

Elde edilecek olan bütünlük seviyesinin esas bir analizini izleyen bu temel şartlar, üzerlerine yeterli sistemin kurulabileceği bir iskelet oluşturur.

9.5 Sonuç

Emniyetli bir sistemin tasarım koşullarını lâyikiyle özetlemek zordur. Özellikle insanların yaralanması veya ölümleri ile sonuçlanan kazaları önleme isteği birçok mühendisin içinde vardır. Kazaların önlenmesi olayı kazanılmaya çalışılan bir disiplindir, dikkatli bir şekilde yapılacak dökümantasyon değerli bir yardım olabilir ve genelde en sık olarak unutilan nokta; sağduyudur.

Mühendislerin büyük çoğunluğu tüm mühendisliğin tüm yönlerini tecrübe edemezler veya bu yönler hakkında detaylı bilgilere sahip değildirler.

ve bu bakımdan emniyet konusu diğerlerinden farklı değildir. Bu yüzden başarının sırrı ne zaman bir tavsiye arayacağımızı bilmek için tehlikeyi tanıma ihtiyacında yatmaktadır. Bu bölüm bir uzman tavsiyesi aramak için gerekli olan ihtiyacı tanımak maksadıyla bir ön bilgi vermeye çalışmaktadır. Diğer yandan bu bölümde verilen bilgiler emniyetli bir tasarım sağlamak açısından yeterli değildir.

1. REFERANSLAR

BIRBECK, G. 'Mechanical Design', in *A Guide to Instrument Design*, SIMA and BSIRA, Taylor and Francis, London (1963)

CLAYTON, G. B. *Operational Amplifiers*, Butterworths, London (1976)

FURSE, J. E. 'Kinematic design of fine mechanisms in instruments, in instruments', in *Instrument Science and Technology*,

Volume 2, ed. E.B. Jones, Adam Hilger, Bristol (1983)

HORWITZ, P. and HILL, w. *The Art of Electronics*, Cambridge University Press, Cambridge (1980)

KIBBLE, B. P. and RAYNER, G.H. *Co-axial AC Bridges*, Adam Hilger, Bristol (1984)

MORRELL, R. *Handbook of Properties of Technical and Engineering Ceramics. Part 1, An introduction for the engineer and designer*, HMSO, London (1985).

OBBERG, E. and JONES, F.D. *Machinery's Handbook*, The Machinery Publishing Company, (1979)

SHIELDS, J. *Adhesives Handbook*, Butterworths, London (revised 3 rd edn, 1985)

The standards referred to in the text are:

BS 5252 (1976) and 4800 (1981): Framework for colour co-ordination for building purposes

BS 54900 (1977 and 1985): Environmental protection provided by enclosures

DIN 43 700 (1982): Cutout dimensions for panel mounting instruments

DIN 41612: Standards for Eurocard connectors

DIN 41914 and IEC 297: Standards for Eurocards.

2. REFERANSLAR

BS 6739, British Standard Code of Practice for Instrumentation in Process Control Systems: Installation Design and Practice (1986)

REGULATIONS FOR ELECTRICAL INSTALLATIONS 15 TH ED. (1981) as issued by the Institution of Electrical Engineers.

3. REFERANSLAR

CORNISH, D.C. *et al.* *Sampling Systems for Process Analysers*, Butterworths, London (1981).

Flow of Fluids, Publication No. 410M, Crane Limited (1982).

MARKS, J.W. *Sampling and Weighing of Bulk Solids*. Transtech Publications, clausthal-Zellerfeld (1985).

4. REFERANSLAR

ANALOG DEVICES INC. *Databook*, Volumes 1 and 2. Analog Devices Inc., Norwood, Massachusetts (1984).

ARBEL, A.F. *Analog Signal Processing and Instrumentation*, Cambridge University Press, Cambridge (1980).

ASPINALL, D. *The Microprocessor and its Application*, Cambridge University Press, Cambridge (1980).

BARNEY, G.C. *Intelligent Instrumentation: Microprocessor Applications in Measurement and Control*. Prentice-Hall, London (1985).

BARTREE, T.C. *Digital Computer Fundamentals* (5th edn). Mc Graw-Hill, London (1981).

BECK, M.S. 'Correlation instruments: cross correlation flowmeters', in *Instrument Science and Technology*.

Volume 2, ed. b.E. Jones, Adam Hilger, Bristol (1983).

BENDAT, J.S. and PIERSOL, A.G., *Engineering Applications of Correlation and Spectral Analysis*, Wiley-Interscience, New York (1980).

BIBBERO, D.P. and STERN, D.M. *Microprocessor Systems: Interfacing and Applications*, Wiley-Interscience, New York (1982).

BLAIR, D.P. and SYDENHAM, P.H. 'Phase sensitive detection as a means to recover signals buried in noise', *Journal of Physics E, Scientific Instruments*,

5, 621-627 (1975).

BOWRON, P. and STEPHENSON, F.W. *Active Filters for Communication and Instrumentation*, McGraw-Hill, Maidenhead (1979).

BOYCE, J.C. *Digital Computer Fundamentals*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey (1977).

CLAYTON, G.B. *Operational Amplifiers*, 2nd edn, Newnes-Butterworths, London (1979).

COOLEY, J.W. and TUKEY, J.W. 'An algorithm for the machine calculation of complex Fourier series', *Mathematics of Computation*, 19, No. 90-297-313 (1965).

GIACOLETTO, L.J. *Electronic Designers Handbook*, McGraw-Hill, New York (1977), pp. 13-140-13-146.

GRAEME- J.G. *Applications of Operational Amplifiers: Third Generation Techniques*, McGraw-Hill, New York (1973).

GULD, C. 'Microelectrodes and input amplifiers', in *IEE Medical Electronics Monographs*, Nos 7-12, eds D.W. Hill and B.W. Watson Peter Peregrinus, London (1974), pp. 1-27.

HENRY, R.M. 'An improved algorithm allowing fast on-line polarity correlation by microprocessor or minicomputer', *IEE Conference Digest. No. 1979/32, 3/1-4* (1979).

HEWLETT PACKARD. 150 Series: *Spectrum Analyser Series applications Notes*. Palo Alto, California (1971 onwards).

HEWLETT PACKARD. *An Introduction to Programming the HP 2250*. Product Note 2250-1, Palo Alto, California (1983).

INTEL CORPORATION. *Component Data Catalog*. Santa Clara (1980).

INTERSIL INC. *Data Book*, Intersil Inc., Cupertino, California (1979).

JONES, B.E. *Instrumentation, Measurement and Feedback*, McGraw-Hill, Maidenhead (1977).

JORDAN, J. 'Correlation circuits for measurement systems', *IEE Conference Digest No, 1979/32, 1/1-4* (1979).

KEECH, R.P. 'The KPC multichannel correlation signal processor for velocity measurement', *Transactions of the Institute of Measurement and Control*, 4, No. 1, 43-52 (1982).

KUO, B.C. *Digital Control Systems*, 2nd edn, Holt, Rinehart and Winton, New York (1980).

- LANGE, F.H. *Correlation Techniques*. Hiffe Books. London (1967).
- LEWIN, D. *Theory and Design of Digital Computer Systems*, Nelson, Walton-on-Thames (1980).
- MEADE, M.L. 'Advances in lock-in amplifiers', in *Instrument, Science and Technology*, Volume 2, ed. B.E. Jones, Adam Hilger, Bristol (1983a).
- MEADE, M.L. *Lock-in Amplifiers: Principles and Applications*. Peter Peregrinus, London (1983b).
- OWENS, A.R. 'Digital signal conditioning and conversion' in *Instrument Science and technology*, ed. B.E. Jones, Adam Hilger, Bristol (1983), pp. 57-78.
- PAKER, Y. *Minicomputers: A Reference Book for Engineers and Managers*. Abacus Press, Tunbridge Wells (1981).
- PAPOULIS, A. *Signal analysis*, McGraw-Hill, London (1977).
- SANDERSON, P.C. *Minicomputers*, Newnes-Butterworth, London (1976).
- SHEINGOLD, D.H. *Analog/digital Conversion Notes*, Analog Devices, Norwood, Massachusetts (1977).
- STEELE, R. *Delta Modulation Systems*, Pentech Press, London (1975).
- TOBEY, G.E., GRAEME, J.G. and HUELSMAN, L.P. *Operational Amplifiers*, McGraw-Hill, New York (1971).
- WILKINSON, B. and HORROCKS. D. *Computer Peripherals*. Hodder, London (1980).

5. REFERANSLAR

- BARNES, R.C.M. 'A standard interface: CAMAC', in *Minicomputers: A Handbook for engineers, Scientists, and Managers*, ed. Y.Paker, Abacus, London (1981), pp. 167-187.
- BENTLEY, J., *Principles of Measurement Systems*. Longman, London (1983).
- BOWDELL, K. 'Interfacedata transmission', in *Minicomputers: A Handbook for Engineers, Scientistts, and Managers*, ed. . Paker, Abacus, London (1981), pp. 148-166.
- BLACKWELL, J. 'Long distance communication', in *Minicomputers; A Handbok for engineers, Scientists, and Managers*, ed. Y.Paker, Abacus, London (1981), pp. 301-316.
- CATTERMOLE, K.W. *Principles of pulse Code Modulation*, Hiffe, London (1969).
- CCITT Recommendation V24 List of definitions for interchange circuits bet-

ween data-terminal equipment and data circuit-terminating equipment, in CCITT, Vol, 8.1. *Data Transmission over the Telephone, Network*. International Telecommunication Union, Geneva (1977).

COATES, R.F.W. *Modern Communication Systems*, 2nd edn. Macmillan, London (1982).

EEC Commission: CAMAC, *A Modular System for Data Handling. Revised Description and Specification*, EUR 4100e, HMSO, London (1972).

EEC Commission: CAMAC, *Organisation of Multi-Crate Systems, Specification of the Branch Highway and CAMAC Crate Controller Type A*. EUR 4600e HMSO, London (1972).

EEC Commission: CAMAC. *A Modular Instrumentation System for Data Handling. Specification of Amplitude analogue Signals*, EUR 5100e, HMSO, London (1972).

EIA. *Standard RS-232C Interface between Data Terminal Equipment and Data Communications Equipment Employing Serial Binary Data Interchange*. EIA, Washington, DC (1969).

EIA. *Standard RS-449 General-purpose 37-position and 9-position Interface for Data Terminal Equipment and Data Circuit-terminating Equipment Employing Serial Binary Data Interchange*. EIA, Washington, DC (1977).

HARTLEY, G., MORNET, P., RALPH, F. and TARRON, D.J. *Techniques of Pulse Code Modulation in Communications Networks*, Cambridge university Press, Cambridge (1967).

HMSO. *Private Point-to-Point Systems Performance Specifications (Nos W. 6457 and W. 6458) for Angle-Modulated UHF Transmitters and Receivers and Systems in the 450-470 Mc/s Band*, HMSO, London (1963).

HMSO. *Performance Specification: Medical and biological Telemetry Devices*. HMSO, London (1978).

HMSO. *Performance Specification: Transmitters and Receivers for Use in the Bands Allocated to Low Power Telemetry in the PMR Service*. HMSO, London (1979).

HMSO. International Telecommunication Union world Administrative Radio Conference, 1979, *Radio Regulations. Revised International Table of Frequency Allocations and Associated Terms and Definitions*. HMSO, London (1980).

IEEE, *IEEE-488-1978 Standard interface for Programmable Instruments*. IEEE, New York (1978).

- IEEE, *IEEE-696-1981 Standard Specification for S-100 Bus Interfacing Devices*, IEEE, New York (1981).
- JOHNSON, C.S. 'telemetry data systems', *Instrument Technology*, Aug, (1976), 39-53; Oct. (1976), 47-53.
- KEISER, G. *Optical Fibre communication*, McGraw-Hill international, London (1983).
- SENIOR, J. *Optical Fiber Communications, Principles and Practice*, Prentice-Hall, London (1985).
- SHANMUGAN, S. *Digital and Analog Communications Systems*, John Wiley, New York (1979).
- STEELE, R. *Delta Modulation Systems*, Pentech Press, London (1975).
- WARNOCK, J.D. Section 16.27 in *The Process Instruments and Controls Handbook* 3rd edition, edited by D.M. Considine, McGraw-Hill, London (1985).
- WILSON, J. and HAWKES, L.E. B. *Optoelectronics: An Introduction*, Prentice-Hall, London (1983).

6. REFERANSLAR

- AGARD, P. J. et al. *Information and Display Systems in Process Instruments and Control Handbook*, eds D. M. Considine and G. Considine, McGraw-Hill, New York (1985)
- BENTLEY, J. *Principles of Measurement Systems*, Longman, London (1983)
- BOSMAN, D. 'Human factors in display desing', in *Handbook of Measurement Science*, Volume 2, Practical Fundamentals, ed. P. Sydenham, John Wiley, Chichester (1983)
- British Standards Institution. BS 89: 1977, Direct Acting Indicating Electrical Instruments and their Accessories (1977)
- British Standards Institution, BS 3693 (part 1: 1964 and Part 2: 1969). The Desing of Scales and Indexes (1964 and 1969)
- DOEBELIN, E. O. *Measurement Systems Application and Desing*, 3rd edn, McGraw-Hill, London (1983)
- LENK, J.D. *Handbook of Oscilloscopes, Theory and Application*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey (1982)
- WILKINSON, B, and HORROCKS, D. *Computer Peripherals*. Hodder and Stoughton, London (1980)

WILSON, J. and HAWKES, J. F. B. *Optoelectronics: An Introduction*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey (1983)

7. REFERANSLAR

ANDERSON, N.A. *Instrumentation for Process Measurement and Control*, Chilton, London (1980)

CONSIDINE, D. M. (ed.). *Process Instruments and Controls Handbook*, 3rd edn, McGraw-Hill, New York (1985)

FOXBORO *Introduction to Process Vontrol (PUB 105B)*. Foxboro (1986)

MILLER, J. T. (ed.). *The Instrument Manual*, United Trades Press (1971).

8. REFERANSLAR

CLULEY, J. C. *Electronic Equipment Reliability*, Macmillan, London (1981).

GREEN, A. E. and BOURNE, A.J. *Reliability Technology*, John Wiley, Chichester (1972).

National Centre of Systems Reliability and Inspec. *Electronic Reliability Data*, Institution of Electrical Engineers (1981).

SMITH, D.J *Reliability and Maintainability*, Macmillan, London (1985).

US Department of Defense. *Military Handbook: Reliability Prediction of Electronic Equipment (MILHDBK-217D)* (1982).

Reliability and Maintainability Data for Industrial Plan A.P. Harris and Associates (1984).

Some British Standards relate to reliability, notably: BS 4200, Part 2, Guide on the reliability of electronic equipment and parts used thereon: terminology (1974).

BS 5760, Part 2, Guide on the reliability of engineering equipment and parts.

9. REFERANSLAR

BASS, H.G. *Intrinsic Safety*. Quartermaine House, Gravesend, Kent (1984).

COOPER, W.F. *Electrical Safety Engineering*, Butterworths, London (1978).

Electrical Safety in Hazardous Environments, Conferences, Institution of Electri-

cal Engineers (1971), (1975) and (1982).

GARSDALE, R.H. *Intrinsically Safe Instrumentation: A Guide, Safety Technology* (1982). Predominantly applications, strong on UK and US technology and standards,

HALL, J. *Intrinsic Safety, Institution of Mining Electrical and Mining Mechanical Engineers* (1985). A comprehensive treatise on mining applications of the art 101 Engineering Codes and Regulations, ROSPA PUBLICATION No. IS 91. Now unfortunately out of print. Slightly dated but the most useful publication in this area. Beg, borrow or steal the first copy you find. Essential.

MAGISON, E.C. *Electrical Instruments in Hazardous Locations*, 3rd edn. Instrument Society of America (1978). Comprehensive book portraying American viewpoint.

OLENIK, H. et al. *Explosion Protection Manual*, 2nd edn, Brown Boveri Cie (1984). An excellent book on West German practice.

REDDING, R.J. *Intrinsic Safety*, McGraw-Hill, New York (1971). Slightly dated but still relevant.

ROBENS, Lord (chairman). *Safety and Health at Work*, Report of the Committee HMSO Cmnd. 5034 (1972)

Safety in Universities-Notes for Guidance, Association of Commonwealth Universities (1978).

Substances Hazardous to Health, Croner Publications, New Malden, Surrey (1986 with updates).

TOWLE, L.C. *Intrinsically Safe Installations on Ships and Offshore Structures*, Institute of Marine Engineers TP 1074 (1985).

Many British Standards have to do with safety. The following are the most relevant.

Electrical Apparatus for Potentially Explosive Atmospheres, Part 1: General Requirements BS 5501: Part 1: 1977 EN 50 014, British Standards Institution. Largely excluded by EN 50 020 but essential for completeness.

EN 50 016, British Standards Institution. Interlocks. etc. sets intrinsic safety problems. Useful.

Part 6: Increased Safety'e BS 5501: Part 6: 1977 EN 50 019, British Standards Institution. Useful information on terminals creepage and clearance.

Part 7: Intrinsic safety'i, BS 5501: Part 7: 1977 EN 50 020. British Standards Institution. Sets requirements for apparatus. Interpretations should SAfe

Electrical.

Part 9: Specification for Intrinsically Safe Electrical Systemsⁱ, BS 5501: Part 9: 1982 EN 50 039, British Standards Institution. Sets requirements for combinations of apparatus. Second edition will follow soon to meet Group I political requirements. Essential.

Selection, installation and maintenance of electrical apparatus for use in potentially explosive atmospheres (other than mining applications or explosive processing and manufacture).

Part 1: Basic Requirements for all Parts of the Code, BS 5345: Part 1: 1976, British Standards Institution, Includes essential definitions choice of equipment, etc. Table of gas characteristics. Essential.

Part 2: Classification of Hazardous Areas, BS 5345: Part 2 1983. British Standards Institution. Asks all the relevant questions but only gives a very few answers. Not much use but the best available. Useful.

Part 4: Installation and Maintenance Requirements for Electrical Apparatus with Type of Protectionⁱ.

Intrinsically Safe Electrical Apparatus and Systems. BS 5345: Part 4: 1977, British Standards Institution. A bit dated, but the best current advice. Essential.

Part 5: Installation and Maintenance Requirements for Electrical Apparatus Protected by Pressurization 'p', Continuous Dilution and Pressurized Rooms. BS 5345:

Part 5: 1983, British Standards Institution. A useful technique for solving difficult problems; offers some suggestions.

Part 6: Installation and Maintenance Requirements for Electrical Apparatus with Type of Protection 'e'. Increased Safety, BS 5345: Part 6: 1978, British Standards Institution. Not frequently used for instrumentation. The code of practice is very thin. Complementary.

Part 11: Specific Industry Applications. BS 5345: Part 11, British Standards Institution. Draft contains many useful references.

Code of Practice for Control of Undesirable Static Electricity, Part 1: General Considerations, BS 5958: Part 1: 1980, British standards Institution. An interesting standard with fascinating sections on dusts, plastics, and human frailties. Essential.

Code of Practice for Fire Precautions in Chemical Plant (formerly CP 3013), BS 5908: 1980, British Standards Institution. Standard which ranges widely through all aspects of subject. Appendices give a useful set of references.

Controversial link between personnel risk and area classification. Useful.

Safeguarding of Machinery (formerly CP 3004), BS 5304: 1875, British Standards Institution. A well-written and beautifully illustrated standard. Illustrates sound basic principles. Useful.

İNDEKS

Sayfa

A

ADC için Diferansiyel Doğrusal Olmama Durumu :	143
Adsorpsiyon :	72
Akım İletim Sistemi :	214
Akım Yükselteçleri :	112
Akış Hızı Ölçümü :	157
Akışmetreler :	68
Alan Sınıflandırması :	334
Alaşım lar :	10
Algol :	170
Alümina :	11
Analog Sinyal İşleme :	86 - 126
Antilogaritmik Yükseltme :	126
Ardışık Yaklaşımlı Çevirici :	139
Atmosferik Koşullar :	325
Atmosferik Numune Alma :	52
Ayırma Yükselteçleri :	108

B

Bağlama :	331
Bakım Verilebilme :	323
Banlı Kablo Bağlantısı :	9
Bar - Grafik Göstergeler :	233
Basıç :	170
Basınc Düşürülmesi :	50, 69
Basınc Farklı Aygıtları :	68
Basınc Ölçümleri :	272
Basınc Stabilizatörü :	69
Baskılı Devre Kartı :	5
Bilgisayar İşletim Sistemi :	172

	Sayfa
Bilgisayarlı Otomatik Ölçüm ve Kontrol (CMAC) :	121
Birleştiriciler :	61
Boyama ve Tamamlama İşlemleri :	13
Buhar Püskürtmeli Sondaj Cihazları :	56
Buharlaştırma :	71
Bükme Tezgahları :	13
Büyük Sinyal Basamak Tepkisi :	96
C - Ç	
C-CODE :	172
Coral :	171
Çakışma Önleyici Filtreler :	122
Çeşitlilik :	326
Çevrim Testi :	45
Çift Rampalı Çeviriciler :	134
Çıkış Aygıtları :	166
Çıkış Empedansları :	97
Çoğaltıcı Devreler :	124
Çok Kanallı Analiz Cihazları :	160
D	
DAC'leri Kullanan Geri Besleme Yöntemleri :	138
Dahili Filtreler :	59
Dairesel Kayıt Cihazları :	256
Dalga Analiz Cihazları :	54
Danışma Komitesi	
Darbe Kod Modülasyonu :	205
Darbe Kodlaması :	205 - 207
Değişken Orifisli Akışmetreler :	68
Delta - Sigma Modülasyonu :	137
Depolama :	36

	Sayfa
Desorpsiyon	72
Distorsiyon Analiz Cihazları	150
Doğrudan Analog Sinyal İletimi	214
Doğrusal Olmayan Analog Sinyal İşleme	124
Donanım	162
Döküm	17
Dönüştürücüler	16, 85

E

Ekstrüzyon	16
Elastik Mentşeseler	30
Elektrik Yönetmeliği	328
Elektriksel Girişim	325
Elektrokimyasal Frezeleme	16
Elektromanyetik Spektrum	187
Elektronik Elemanlar	5
Elektropnömatik Çeviriciler	307
Elektropnömatik Konumlayıcılar	309
Elle Temizlenebilir Filtreler	60
Emniyetli Devre	339
Entrümantasyon Yükselteçleri	105
Epoksi Reçineler	12, 28
Esnek İmpeller Pompa	166
Eşlik - Biti Korelatörler	159

F

Faz - Kaydırmalı Anahtarlama	220
Faza Duyarlı Algılama	152
Fazlalık	319
Fiber - Optik İletişim	195, 201
Fiber Optikler	196

	Sayfa
Filtreleme: Sinyal Uyumlama	116
Flopi Diskler	167
Frekans - Kaydırmalı Anahtarlama	220
Frekans İletim Sistemleri	216
Freze Tezgâhı	15
Frigorifik Soğutucular	62
G	
Galvanometre Kayıt Cihazları	257
Galyum Arsenid Fosfid	236
Gaz Numune Alma Sondaj Cihazları	54
Gaz Patlamaları	335
Gaz Sınıflandırmaları	337
Geçici / Dalga Şekli Kayıt Cihazları	261
Geçirgenlik	72
Gerilim - Frekans Çevirimi	136
Gerilim - Zaman Çevirimi	132
Giriş Aygıtları	165
Görsel Gösterim Üniteleri	165, 251
Göstergeler	231
Gösterim Teknikleri	230
Grafik Göstergeler	253
Grafik Kayıt Cihazları	254
Gürültü: İşlemsel Kuvvetlendiriciler	102
Güvenilirlik Diyagramları	321
H	
Hafıza Sistemleri	164
Hareket - Denge Kontrol Cihazları	285
Hareket - Denge Sistemi	267
Hareketli - İbrelili Göstergeler	231

	Sayfa
Hareketli - Ölçekli Göstergeler	233
Hava Girişleri	38
Honlama	15
HP 2250 Sistemi	180
I - İ	
Işık - Yayan Diyotlar	200, 234
İğneli Valfler	69
İletişim Kanalları	190
İletkenlik: Buhar Numune Alma	77
İmalat Prosesleri	13
İmpuls Hatları	39
İşlemsel Kuvvetlendiriciler	86
İşyerinde Sağlık ve Emniyet Kanunu	19, 74, 327
İzleme ve Tutma Yükselteçleri	57
K - L	
Kablo Ayırma	42
Kablo Tesisatının Testi	44
Kablo Yolları	41
Kademeli Üreteç	138
Kalıplama	17
Kanal Band Genişliği Sınırlamaları	188
Karakök Alıcı Analog	296
Karışık - Fazlı Numune Alma	48
Kas Kasılması	329
Katot Işını Tüpleri	240
Kaydırma Gerilimi	99
Kayıt Teknikleri	232
Kilitlenen Yükselteçler	152
Kimyasal Frezeleme	16

	Sayfa
Kinematik Tasarım	28
Klape /Nozul Sistemi	264
Konstrüksiyon	5 - 21
Kontrol Valfleri	44, 46
Korelatörler	157
Kromatograflar	74, 79
Kullanım Yerinde Montaj	22
Kuplajlar	21
Kutuplama Akımları	101
Kuvvet - Denge Kontrol Cihazları	288
Kuvvet - Denge Sistemleri	268
Lazer Diyotlar	201
Logaritmik Yükseltme	126
M - N	
Makine Kodu	167
Manyetik Bant Kayıt	260
Manyetik Teyp Saklama Sistemleri	167
Mekanik Cihaz Tasarımı	28 - 35
Mekanik İmalat Prosesleri	13-17
Metaller	10
Mikrobilgisayar Sistemi	174
Mikroişlemciler	162, 176
Modemler	220
Modül Bozulması	317
Modüler Enstrümantasyon Sistemi	26
Montaj	37
Numune Hatları	71
Numune İşleme Sistemi	49
Numune Nakil Sistemi	49
Numune Sondaj Cihazları	49, 53
Nyquist Hızı	188

	Sayfa
Oksijen Analiz Cihazları	83
Ortak Mod Reddetme Oranı	96
Ortalama Değer Alan Sayısal Devreler	156
Otomatik Sıfırlamalı Yükselteçler	111
Ön - Kurma Testi	44
Örnekle ve Tut Yükselteçleri	115
Örnekleme Osiloskopları	249
P	
Pano Üzerine Montaj	23
Parlatma	16
Pascal	172
Pazarlama	2
Peristaltik Pompalar	67
Pistonlu Pompalar	64
Plastikler	12
Plâzma Göstergeler	239
Pnömatik - Akım Çeviriciler	302
Pnömatik Hat Testi	45
Pnömatik Kontrol Cihazları	285 - 295
Pnömatik Röle	267
Pnömatik Sistemler	265
Pnömatik Toplayıcı Ünite	298
Pnömatik Valf Konumlayıcılar	306
Polimerler	12
Pozisyon Uzaktan Ölçüm	215
Pozitif - İletimli Pompalar	65
Proses Boru Tesisatının Testi	45
R	
Radyasyon	325
Radyo Frekans İletimi	194

	Sayfa
Raf - Montaj Cihazlar	26
Rampa Üreteç	138
S - Ş	
Sayısal Sinyal İletimi	217
Sayısallaştırıcı Osiloskoplar	250
Seramikler	11
Sert Diskler	167
Seviye Ölçümleri	279
Shannon - Hartley Teoremi	188
Shannon Örnekleme Teoremi	122
Sıcaklık Ölçümleri	269
Sıcaklık Sınıflandırması	336
Sıklık - Bölüşümlü Çoğullama	202
Silisyum Esaslı Bileşikler	11
Sinyal Çoğullama	202 - 205
Sinyal Kablo Tesisatı	42
Sinyal Uyumlaması	296 - 303
Sistem Güvenilirliği Ulusal Merkezi	315
Sıvı Kristalli Göstergeler	236
Sıvı Pompaları	65
Soğutucular	61
Sondaj Cihazları	53
Spektrum Analiz Cihazları	144
Su - Ceketli Soğutucular	61
Su - Numune Alma Sistemi	83
Su Analizi	52
Şeritli Kayıt Cihazları	254
T	
Tasarım 1 - 2	318 - 324
Taşınabilir Cihazlar	27
Taşıyıcı Dalga Modülasyonu	208
Taşlama	15

	Sayfa
Tehlikeli Alanlar :	335
Telefon Hatları :	193
Termal Genleşme Katsayısı :	10
Topraklama :	43, 331
Tornalama :	15
Toz Patlamaları :	334
Toz Sınıflandırması :	337
U	
Ulaşılabilme :	37
Uluslararası Telefon ve Telgraf :	220
Uluslararası Telekomünikasyon Birliği, Cenevre :	194
Uzaktan Ölçüm Sistemi :	187
V	
Veri İletimi ve Arabirim Standartları :	223
Veri Kayıt Sistemleri :	262
Veri Saklama :	167
X - Y Kayıt Cihazları :	258
Y	
Y Tipi Filtreler :	57
Yakınlık Dönüştürücü :	32
Yanıcı Ortamlar :	334
Yapıştırıcılar :	18
Yataklar :	19
Yaylar :	21
Yazılım :	167
Yazılım Güvenilirliği :	323
Yetkilendirme :	36, 46
Yük Denge Çeviricileri :	136
Yük Hücresi :	33
Yük Yükselteçleri :	112
Yüksek Seviyeli Diller :	171

Sayfa

Z

Zayıflama: Fiber Optikler

:

197

Zımba ile Delme

:

13

ÖĞRETMEN MARŞI

Alnımızda bilgilerden bir çelenk,
Nura doğru can atan Türk genciyiz.
Yeryüzünde yoktur, olmaz Türk'e denk;
Korku bilmez soyumuz.

Şanlı yurdum, her bucağın şanla dolsun;
Yurdum, seni yüceltmeye andlar olsun.

Candan açtık cehle karşı bir savaş,
Ey bu yolda and içen genç arkadaş!
Öğren, öğret halka hakkı, gürle coş;
Durma durma koş.

Şanlı yurdum, her bucağın şanla dolsun;
Yurdum, seni yüceltmeye andlar olsun.

İsmail Hikmet ERTAYLAN

Satış Fiyatı
KDV
KDV'li SATIŞ FİYATI
06.000
600000 000

TOPTAN SATIŞ

İstanbul Devlet Kitapları Müdürlüğü, Adana, Ankara, Elazığ,
Erzurum, İzmir, Samsun, Trabzon ve Van Bölge Şeflikleri.

PERAKENDE SATIŞ

Milli Eğitim Yayınevleri ve Bakanlık yayınları satıcısı kitapçılar.