ELEKTRİK MAKİNALARI VE KUMANDA

ÖĞR. GÖR. DİLEK ÇOLAKOĞLU

İÇİNDEKİLER

Bölüm 1

Elektrik Motorları

1.1. Elektrik Motorlarının Tanımı ve Yapısı..... 1
1.2. Elektrik Motor Çeşitleri..... 3
1.2.1. Alternatif Akım Motorları..... 4
1.2.1.1. Asenkron (İndüksiyon) Motorları..... 4
1.2.1.1.1. Bir Fazlı Asenkron Motorlar..... 4
1.2.1.1.1.1. Bir Fazlı Yardımcı Sargılı Motorlar..... 5
1.2.1.1.1.1.1 Kondansatörlü Motorlar..... 7
.2.1.1.1.1.2.Yardımcı Direnç Sargısı Olan Tek Fazlı Motorlar..... 9
1.2.1.1.1.2. Gölge Kutuplu Motorlar..... 9
1.2.1.1.2. Üç Fazlı Asenkron Motorlar..... 11
1.2.1.1.2.1. Döner Bilezik-Rotorlu Motor(Sargılı Rotorlu Motor)..... 11
1.2.1.1.2.2. Kısa Devre-Rotorlu Motorlar(Sincap Kafes Motorlar)..... 18
1.2.1.2. Senkron Motorlar..... 36
1.2.2. Doğru Akım Motorları..... 39
1.2.2.1. Şönt Motorlar(Paralel Sarımlı Motorlar)..... 44
1.2.2.2. Seri Motorlar(Seri Sarımlı Motorlar)..... 45
1.2.2.3. Sabit Mıknatıslı Motorlar(Dıştan Uyarmalı Motorlar)..... 46
1.2.2.4. Seri/Şönt Motorlar(Compound=Bileşke Alanlı Motorlar)..... 48
1.2.3. Hibrid Motorlar..... 51
1.2.3.1. Adım Motorlar(Step Motorlar)..... 51
1.2.3.2. Fırçasız Doğru Akım Motorları..... 53

Bölüm 2

Kumanda Devre Sembolleri ve Tanıtma İşaretleri

2.1. Semboller..... 54
2.2. Tanıtma İşaretleri..... 54
2.3. Kumanda Devre Şemalarının Çizimine Ait Genel Bilgiler..... 58
2.3.1. Şema Çizim Tekniği..... 60
2.3.2. Eleman Listesi..... 60
2.3.3. Klemensler.....

Bölüm 3
Otomatik Kumanda Elemanları

3.1. Butonlar..... 61
3.1.1. Ani Temaslı Butonlar..... 61
3.1.1.1. Bir Yollu Butonlar..... 61
3.1.1.2. İki Yollu Butonlar..... 61
3.1.2. Kalıcı Tip Butonlar 62
3.2. Paket Şalterler 63
3.2.1. Paket Şalter Çeşitleri..... 63
3.3. Mekanik Sınır Anahtarları ve Mikro Anahtarları..... 67
3.3.1. Mikro Anahtarlar..... 67
3.3.2. Sınır(Limit) Anahtarları ve Yaklaşım Kontrolü..... 68
3.4. Sensör Algılayıcılar..... 69
3.4.1. Kapasitif Yaklaşım Şalterleri..... 70
3.4.2. Endüktif Yaklaşım Şalterleri..... 71
3.4.3. Opto-Elektronik Sensörler..... 72
3.5. Basınç Anahtarları..... 75
3.6. Termostatlar..... 75
3.7. Seviye Anahtarları..... 80
3.8. Akış Anahtarları..... 81
3.9. Selenoid Valfler..... 83
3.10. Röleler..... 84
3.10.1. Aşırı Akım Röleleri..... 86
3.10.1.1. Manyetik Aşırı Akım Röleleri..... 86
3.10.1.2. Termik Röleler..... 87
3.10.1.2.1. Termik Rölenin Yapısı ve Çalışması..... 88
3.10.2. Zaman Röleleri..... 89
3.10.2.1. Düz Zaman Röleleri(Çekmede Gecikmeli Tip)..... 90
3.10.2.2. Ters Zaman Rölesi..... 90
3.10.2.3. Zaman Rölelerinin Tipleri Bakımından Çeşitleri..... 91
3.10.2.4. Zaman Rölelerinin Seçimi..... 91
3.11. Kontaktörler..... 92
3.11.1. Kontaktörlerin Özellikleri..... 92
3.11.2. Kontaktörlerin Yapılışı..... 93
3.11.3. Kontaktörlerin Kullanma Yerleri..... 97
3.11.4. Karakteristik Büyüklükler..... 98
3.11.5. Kullanma Kategorisi..... 99
3.11.6. Kontaktörlerin Olası Devre Dışı Kalma Nedenleri..... 102

Bölüm 4
Otomatik Kumanda Devreleri

4.1. Asenkron Motorlara Direkt Yol Verme ve Devre Şemaları..... 104
4.1.1. Kontaktör Seçimi 105
4.1.2. Direkt Yol Verme Devre Şeması..... 106
4.1.3. Değişik Devre Özellikleri..... 107
4.1.4. Çizilen Değişik Devrelere Ait Şemaların Çalışması..... 108
4.2. Asenkron Motorlarda İki Yönde Yol Verme Devre Şemaları(Enversör Çalıştırma)...13
4.3. Motorun Zaman Ayarlı Çalışarak Durması..... 116
4.4. Yıldız/Üçgen Yol Verme Güç Devre Şeması..... 119

Bölüm 5
Ölçüm Aletleri Ve Ölçme Tekniği

5.1. Ölçü Aletlerinin Seçimi..... 123
5.2. Akım ve Gerilim Ölçülmesi..... 124
5.2.1. Akım Ölçülmesi-Ampermetreler..... 124
5.2.2. Gerilim Ölçülmesi-Voltmetreler..... 126
5.2.3. Ampermetre ve Voltmetre Arasındaki Farklar..... 128
5.3. Elektrik Sayaçları..... 128
5.3.1. Doğru Akım Sayaçları..... 129
5.3.1.1. Manyeto Motor Sayaçları(Amper-Saat Sayaçları)..... 129
5.3.1.2. Elektrodinamik (Dinamometrik) Sayaçlar..... 130
5.3.2. Alternatif Akım Sayaçları(İndüksiyon Sayaçları)..... 132
5.3.2.1. Bir Fazlı İndüksiyon Sayaçları..... 133
5.3.2.2. Üç Fazlı İndüksiyon Sayaçları..... 138
5.3.2.3. İndüksiyon Sayaçlarının Özellikleri..... 147
5.3.3. Özel Sayaçlar 149

ELEKTRİK MOTORLARI

1.1. ELEKTRİK MOTORLARININ TANIMI VE YAPISI

Elektrik enerjisini mekanik enerjiye dönüştüren aygıtlara **elektrik motorları** denir.
Her elektrik makinası biri sabit (Stator) ve diğeri kendi çevresinde dönen (Rotor ya da Endüvi) iki ana parçadan oluşur. Bu ana parçalar: elektrik akımını ileten parçalar (örneğin: sargılar), manyetik akıyı ileten parçalar ve konstrüksiyon parçaları (örneğin: vidalar, yataklar) olmak üzere tekrar kısımlara ayrılır. Alternatif akım ile çalışan elektrik makinalarında rotor ve statorun manyetik akıyı ileten kısımları fuko akımlarından kaçınmak amacıyla tabakalandırılmış saçlardan yapılır. Rotor ve Stator saç paketlerinin yapılması için 0,35 - 1,5 mm kalınlığında, tek ya da çift taraflı yalıtılmış saç levhalar makas tezgahlarında şeritler halinde kesilir. Bu şekilde oluşturulan saç şeritler şerit çekirdekli trafoların ve makinaların yapımında başka bir işleme gereksinilmeden derhal kullanılabilmektedir. Makastan çıkan saç şeritler çok seri - çalışan kalıp - kesme presine verilir. Dakikada 300 - 500 kesme yapan 500 000 kp'lık presler stator ve rotor saç profillerini bir dizi - kesme halinde arka arkaya çıkartır.

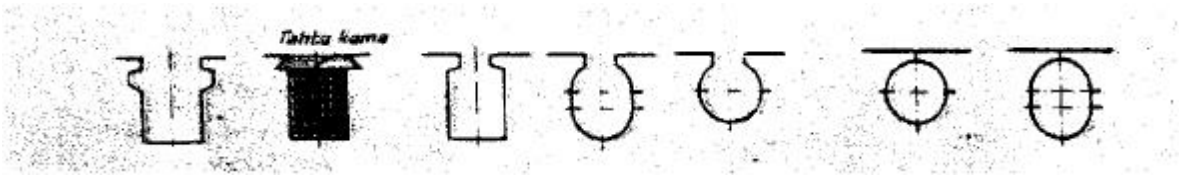
Rotor ve stator saç profilleri birbirini boşluğunu dolduracak şekilde kesildiğinden (kalıpla), üretim sonu kırpıntı parça miktarı çok azdır. Büyük çaplı rotor ve stator saç paketleri genellikle tek - kesmede çıkartılır. Bunun için, önceden hazırlanmış disk şekildeki saçlar üstüste gelecek şekilde yerleştirilir. Bu şekilde yerleştirilmiş saç tabakaları kalıp - kesme presinde tek bir hamlede kesilir. Sargıların yerleştirilmesi için gerekli oluklar makinelerde açılır. İşlem görecek parça miktarı fazla değil ise oluk açma otomatında oluklar tek tek açılır. Büyük sayıdaki parça miktarları ve büyük çaplı saçlar için her seferinde 5-6 oluk açabilen otomatlardan yararlanılmaktadır.

Oluk açma otomatlarından gelen saçlar özel sayıcı terazilerde tartılır, istif makinesinde üst üste tabakalandırılır ve 5 - 10 kp/cm^2 lik bir basınç altında saç paketi halinde birleştirilir.

Stator ve rotor sargı oluklarına uygulamada genellikle karton döşenmektedir. Yalıtmak amacıyla döşenen kartonun görevi: Oluk içindeki pürüzleri örtmek ve sargı tellerini hasarlardan korumaktır.

Karton ile yalıtılan oluklara sargılar döşenir. Stator ve rotor sargıları tek kat ya da çift kat sarımlı yapılırlar. Tek katlı sargılarda her oluk içinde her bir sargının yalnız bir kenarı, buna karşın çift katlı sargılarda çift sayıda bobin kenarı (genellikle iki) bulunur.

Stator Sargıları: Tek katlı sargılarda, önceden bir sargı makinasında hazırlanmış ve izole edilmiş sargı paketleri açık oluklara tek tek yerleştirilir (Şekil 1-1 a). Büyük gerilimli statorlarda açık oluklu saç paketleri kullanılır. Yarı açık oluklara (Şekil 1-1 b) sargılar özel kalıp ya da şablonlar yardımıyla tek tek döşenmektedir. Tam kapalı oluklar içine, teller statorun alın tarafından başlayarak, ipliğin iğneye geçirildiği gibi tel tek geçirilir. Sonra bu teller sargı haline getirilir (Şekil 1-1 c). Oldukça uğraşılı bu tür sarım yerine özel sargı paketleri de kullanılmaktadır. Bu sargı paketlerindeki iletkenler sadece daha önceden hazırlanmış taraflarından oluklara sokulur. Bu şekilde olukların diğer tarafından dışarı çıkan sargı başları birbirleriyle sert lehim ya da kaynak suretiyle birleştirilir.



a) açık oluk b) yarı açık oluk c) kapalı oluk

Şekil 1-1 Çeşitli türdeki sargı olukları

Şayet oluklara az sayıda ve büyük kesitli iletkenler sokulacaksa, çubuk şeklindeki iletkenler kullanılır.Bunlar sonradan kendi aralarında vidalarla ya da lehimlemek suretiyle birleştirilir.Tahta ya da fiberden yapılmış oluk kamaları (ya da takozları) oluk ağızlarını kapatmaya yarar. Oluklardan dışarı çıkan sargı başları pamuk yada cam pamuğu ile sıkıca sarılarak yalıtılır. Sargıların devre bağlantıları sağlandıktan

sonra stator bir fırın içinde 100 ^{0}C civarında kurutulur ve sonra yalıtkan vernik emdirilir. Vernik emdirme işlemi havasız bir ortam içinde yapılır. Bunun için önce stator bir vakum kabı içine yerleştirilir ve kap sıkıca kapatılarak havası çekilir. Sonra kabın üstünde bulunan vernik musluğu açılarak içeriye vernik gönderilir. Ortam havasız olduğundan içeriye gönderilen vernik sargıların en küçük aralıklarına dahi nüfuz eder. Vernik emdirme işleminden sonra stator tekrar kurutma fırınına sokulur ve burada son kurutma işlemi yapılır.

Rotor sargıları elde ya da makinede sarılır. Bunun dışında uygulanacak bütün işlemler stator sargılarında olduğu gibidir.

1.2. ELEKTRİK MOTOR ÇEŞİTLERİ

Alternatif akım motorları

- Asenkron (indüksiyon) motorları
  - Tek fazlı asenkron motorlar
    - Yardımcı sargılı motorlar
      - Kondansatörlü motorlar
        - Kondansatör başlatmalı
        - Daimi kondansatörlü
        - Çift kondansatörlü
      - Yardımcı direnç sargısı olan tek fazlı motorlar
    - Gölge kutuplu motorlar
  - Üç fazlı asenkron motorlar
    - Döner bilezik-rotorlu motor (sargılı rotorlu motor)
    - Kısa devre-rotorlu motor (sincap kafes motor)
- Senkron motorlar
  - Tek / çok fazlı motorlar
    - Alan sargılı
    - Sabit mıknatıslı
    - Relüktans
    - Histeresis

Değişebilir hızlı kutup anahtarlamalı

- Doğru akımla çalışan motorlar
  - Şönt motor (paralel sarımlı motor)
  - Seri motor (seri sarımlı motor)
    - Alternatif / doğru akım
    - Split alan
  - Sabit mıknatıslı (dıştan uyarmalı motor)
    - Geleneksel konstrüksiyonlu motorlar
    - Top (sepet) sargılı motorlar
    - Oynar bobin motorlar
    - Doğru akım tork motorlar
  - Seri / şönt motorlar (compound motorlar = bileşke alanlı motorlar)
- Hibrit motorlar
  - Step motorlar
    - Küçük açılı
      - Sabit mıknatıslı
      - Relüktans
    - Sabit mıknatıslı
    - Relüktans
  - Fırçasız doğru akım motorları
  - Değişken frekanslı motorlar
    - Senkron motorlar
      - Sargılı rotorlu
      - Sabit mıknatıslı
    - İndüksiyon motorlar
  - Senkron faz kilitlemeli motorlar

1.2.1. ALTERNATİF AKIM MOTORLARI

Alternatif akım ile çalışan elektrik makinalarında manyetik döner alanlar oluşur. Şayet rotorun dakikada yapmış olduğu devir sayısı stator-döner alanının dakikada yaptığı

devir sayısı ile aynı ise, böyle bir makineye **senkron makine** denilir. Rotorun devir sayısı döner alan devir sayısından küçük ya da büyük ise, bu tür makine **asenkron makine** olarak anılır (senkron eşlemeli; asenkron =eşlemesiz).

1.2.1.1. ASENKRON (İNDÜKSİYON) MOTORLARI

1.2.1.1.1.BİR FAZLI ASENKRON MOTORLAR

Bir fazlı asenkron motorlar, üç fazlı asenkron motorlar gibi stator ve rotor olmak üzere iki ana kısımdan oluşur.Bir fazlı asenkron motorlar kendi aralarında yardımcı sargılı ve gölge kutuplu motorlar olmak üzere iki gruba ayrılırlar.

1.2.1.1.1.1. BİR FAZLI YARDIMCI SARGILI MOTORLAR

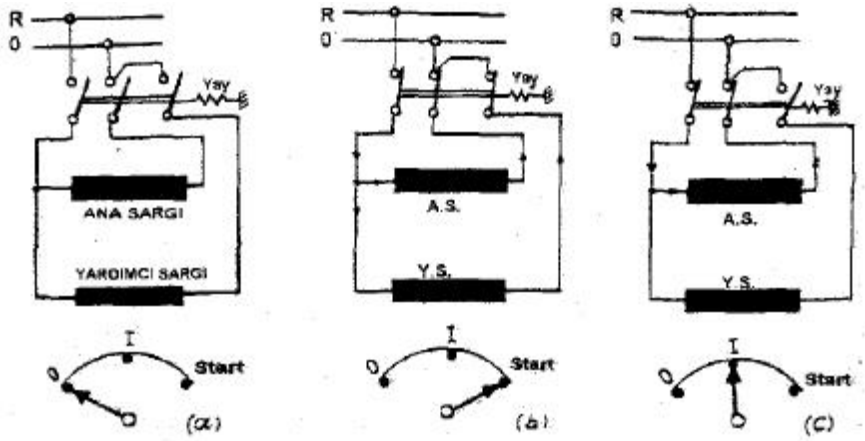
Bir fazlı yardımcı sargılı motorlarda, stator sargıları bir ana sargı (çalışma sargısı) ile yardımcı (yol verme) sargıdan oluşur. Ana sargı; omik direncinin küçük olması için kalın kesitli iletkenlerden yapılır. Ayrıca reaktansının büyük değerde olması için de hem alt kata yerleştirilir, hem de sarım sayısı yardımcı sargıdan daha fazladır. Yardımcı sargı ise; ince kesitli olup omik direnci ana sargıya göre daha fazladır ve üst kata yerleştirilir.

Motor yol aldıktan sonra yardımcı sargıyı ana sargıdan ya da devreden çıkarmak için genellikle rotorun üzerinde merkez kaç kuvveti ile çalışan anahtar sistemi bulunur. Bu sistemi olmayan motorlarda yardımcı sargıyı ayırma işlemi manyetik röle ile ya da özel yol alma şalterleri ile yapılır.

Bir fazlı yardımcı sargılı asenkron motorlarda ana sargı ve yardımcı sargıları aralarında 90° elektrik faz farkı bulunacak şekilde statora yerleştirilir. Bir fazlı asenkron motorlar indüksiyon prensibine göre çalışır.

Özel Yol Verme:

Start şalteri (motora hem yol vermek, hem de motoru devamlı çalıştırmak için kullanılan şalter) Şekil 1-2 a da görüldüğü gibi üç kutuplu ve üç konumludur. O durumunda iken kontakların hepsi açıktır. Motoru çalıştırmak için şalterin kolu tamamen sağa çevrilip start (yol verme) durumuna getirilir (Şekil 1-2 b) Bu anda kontakların hepsi kapanır. Ana ve yardımcı sargı devreye girdiğinden motor yol almaya başlar. Devir sayısı yükseldiğinde şalter kolu bırakılır. Yay etkisi ile kol I konumuna gelir Şekil 1-2 c de görüldüğü gibi, yardımcı sargıyı bağlayan kontak ayrılır ve yardımcı sargı devre dışı edilir. Diğer kontaklar kapalı kaldığından motor yalnız ana sargı ile dönmesine devam eder.

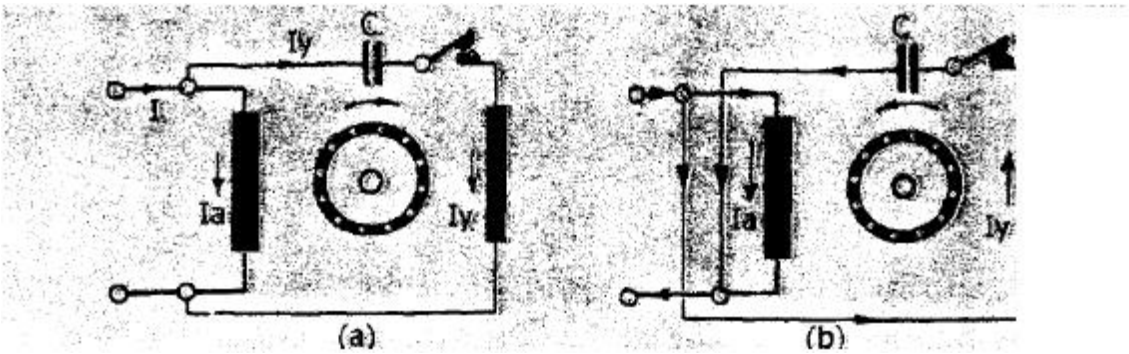


Şekil 1-2 Özel yol verme start şalteri ile a) açık b) yol verme c) çalıştırma konumları

Bir Fazlı Yardımcı Sargılı Motorların Devir Yönünün Değiştirilmesi:

Motorun devir yönünü değiştirmek için ya yardımcı sargı uçlarının yeri veya ana sargı uçlarının yeri değiştirilir.

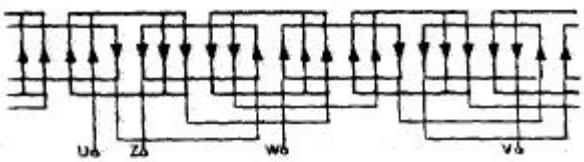
Şekil 1-3 a daki bağlantıda, her iki sargıdan geçen akım yönü aynıdır(Örneğin,motor sağa dönüyor). Şekil 1-3 b de yardımcı sargı uçları değiştirildiğinde yardımcı sargı akım yönü, ana sargı akım yönüne ters olacağından döner alanın yönü değişir ve motor bu sefer sola döner.



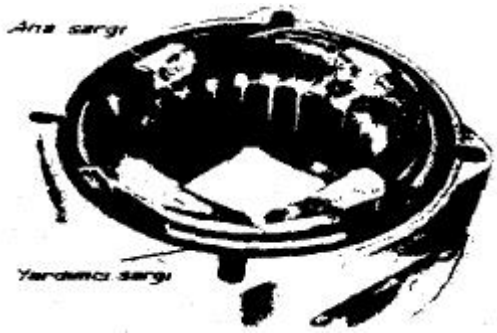
Şekil 1-3 Bir fazlı yardımcı sargılı motorların devir yönünün değiştirilmesi

1.2.1.1.1.1.1 KONDANSATÖRLÜ MOTORLAR

Sargı yastıklarının üçünde de farklı gerilimler oluştuğu için üç fazlı bir motorun tek fazlı akım şebekesinde işletilmesi sakıncalı olmaktadır. Bundan dolayı tek fazlı akım şebekesi için çift sargısı bulunan kondansatörlü motorlar geliştirilmiştir.



Şekil 1-4 Kondansatörlü motorun sargı planı



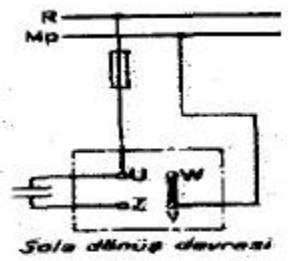
Şekil 1-5 Kondansatörlü motorun sargıları

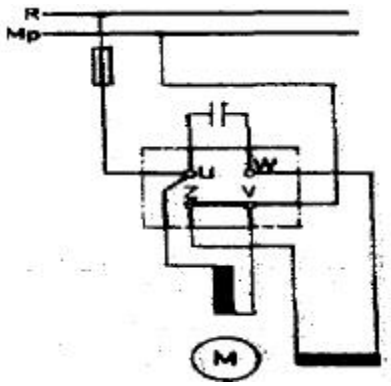
Kondansatörlü motorlarda stator üzerinde bir UV ana sargısı ve bir WZ yardımcı sargısı bulunur. Ana sargı yol vermeli motorda olduğu gibi stator oluklarının 2/3'üne döşenmiştir. Geri kalan 1/3'lük oluklara yardımcı sargı sarılır (Şekil 1-4 ve 1-5). Yardımcı sargı tek parça halinde ise kondansatör sargıdan önce (Şekil 1-6); çift parça halinde ise sargılar arasına bağlanır. Rotorun dönme yönünü değiştirmek için yardımcı sargı üzerindeki akım yönü çevrilir.

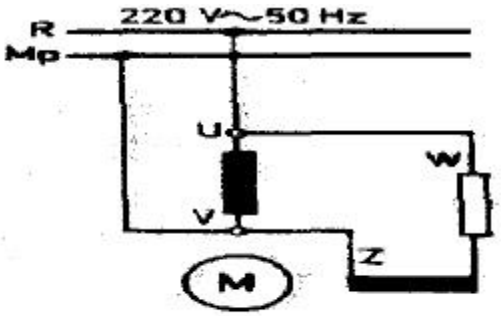
Kondansatör ile yardımcı sargı bir seri - salınım devresi oluşturduğundan, kondansatör uçlarında bulunan gerilim şebeke gerilimlerinden büyük olur ve bu gerilim motorun boşta dönmesi anında en büyük değerine ulaşır.

Kondansatörlü bir motorun kondansatörü ortaya çıkacak en büyük gerilime göre değerlendirilmiş olmalıdır.

Kondansatör kapasitesi ne kadar büyük olursa, kondansatörlü motorun çekme momenti o kadar büyük olur. Diğer bir yönden, kapasitenin büyük olması yardımcı sargının daha çok akım çekmesine ve ısınmasına neden olmaktadır. Bu nedenle bu tür motorların bir çoğunda özel yol verme kondansatörleri kullanılır. Motor devir aldıktan sonra yol verme kondansatörü ya el ile ya da merkezkaç kuvveti ile çalışan bir şalter üzerinden akım devresinden çıkarılmaktadır. Motor anma gücünün kW'ı başına yol verme kondansatörünün 4 kvar'lık bir tepkin güç çekmesi zorunludur.
Buna karşın işletme kondansatörleri sürekli devrede kalır. İşletme kondansatörlerinin çekmeye zorunlu olduğu tepkin güç, motor anma gücünün kW'ı başına, 1,3 kvar kadardır. Kondansatörlü motorlarda, ya bir işletme kondansatörü, ya bir yol verme kondansatörü ya da her ikisi birden bulunabilir.
Kondansatörlü motorlar uygulamada santrifujlu çamaşır sıkıcılarda, brülörlerde, mutfak makinelerinde, bazı elektrikli aletlerde ve teyplerde (ses kart aygıtı) kullanılmaktadır.







Sağa dönüş devresi

Şekil 1-6 Yardımcı sargısı tek parçalı bir kondansatörlü motor

Şekil 1-7 Yardımcı direnç sargısı olan tek fazlı bir motor devresi

Kondansatörlü motorlar da kendi aralarında farklı türlere ayrılırlar:

1. Kondansatör Başlatmalı Motorlar

- Kondansatör sadece kalkış sırasında devreye girer. Kalkış sonu merkezkaç şalteri ile devreden çıkarılır.
- 3 Hp değerine kadar, genel amaçlar için üretilir.
- Monofaz sanayi motoru olarak bilinen motorlardır.

2. Daimi Kondansatörlü Motorlar

- Kondansatör kalkışta ve çalışmada yardımcı sargıyı sürekli devrede tutar.
- Kondansatör değeri, kondansatör başlatmalıya göre onda bir kadardır.
- Genellikle bir Hp'den küçük ev aleti, çamaşır makinesi, havalandırma fanı, vantilatör motorları bu tiptir.

3. Çift Kondansatörlü Motorlar

- Önceki iki tipin birleşmesi gibidir. Kalkıştan sonra büyük değerli kondansatör merkezkaç şalteri devreden çıkar, daimi kondansatör devrede kalır.
- Monofaz motorların daha yüksek güçte olanları bu tiptir.

1.2.1.1.1.1.2 YARDIMCI DİRENÇ SARGISI OLAN TEK FAZLI MOTORLAR

Bir kondansatörlü motorun kondansatörü, örneğin 10 ohmluk bir direnç ile değiştirilip, motor tek fazlı bir akım şebekesine bağlanırsa rotorun döndüğü görülecektir.

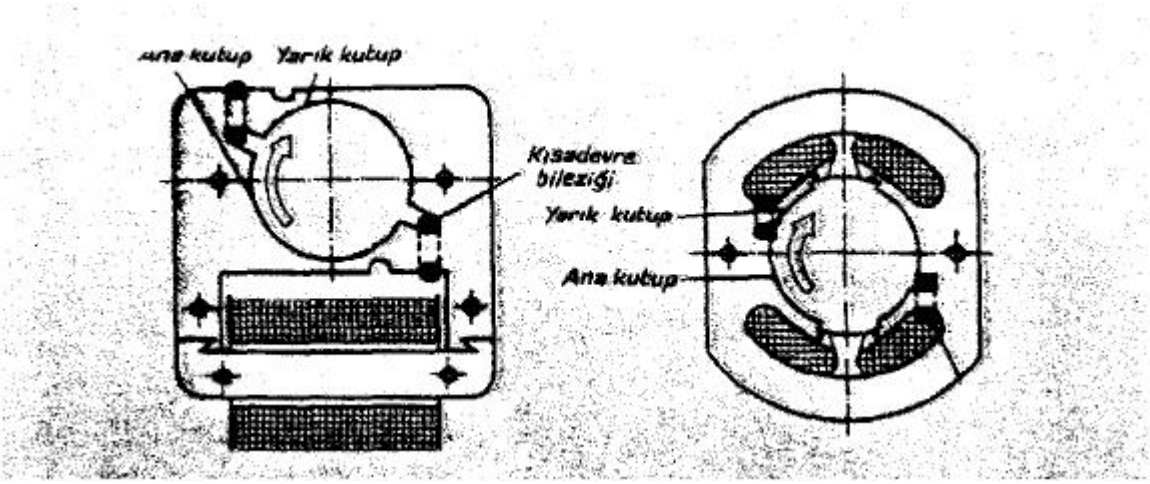
Nitekim, motora direnç üzerinden verilen akım ile direkt verilen akım arasında bir faz farkı oluşmaktadır. Tıpkı kondansatörlü motorda olduğu gibi bu motorda da eliptik bir döner alan ortaya çıkar. Ana sargısı ve yardımcı sargısı kondansatörlü motorlarda olduğu gibi tertiplenmiş olup (Şekil 1-4) direnç elemanı yardımcı sargı içine yerleştirilmiştir.

Bugün uygulamada, bu tür motorların yardımcı sargıları direnç telinden sarılmaktadır. Bu amaç için genellikle Bifilar yardımcı sargı yöntemi kullanılır.Bifilar sarma yönteminde yardımcı sargının 2/3'lük miktarı bir yönde ve geri kalan 1/3'lük miktarı ise aksi yönde sarılır. Bifilar yardımcı sargı içinde manyetik etkinin bir kısmı yok olur, ancak sargının etkin direnci değişmez kalır.

İçinde yardımcı direnç sargısı bulunan motorlar, terminallerinden direkt olarak akım şebekesine bağlanabilir (Şekil 1-7). Bunlar kondansatörlü motorlardan daha ucuzdur, ancak verimleri daha düşüktür. Bu motorlar kondansatörlü motorlar gibi aynı amaçlarla ve özellikle buzdolaplarında kullanılmaktadır.

1.2.1.1.1.2. GÖLGE KUTUPLU MOTORLAR

Gölge kutuplu bir motorun statorunda son derece düzgün profili ve dışarıdan fark edilemeyen kutuplar bulunur. Bu kutuplardan küçük bir kısmına içe doğru yarıklar açılmış ve bu yarıkların iç kısımlarına kısa-devre bilezikleri oturtulmuştur. Bu kısadevre bilezikleri (ya da sargıları) stator sargıları ile birlikte sekonderi kısadevre edilmiş bir transformator gibi düşünülürse, bu tür bir motorun çalışması kolayca anlaşılır. Stator sargısından akım geçmesiyle oluşan manyetik alan çizgilerinin bir kısmı yarıklarda bulunan bilezikler içinden de geçer. Bilezikler kısadevre durumunda olduğu için stator üzerindeki akı kaçakları büyük olur.



Şekil 1-8 Gölge-kutuplu motor

Bunun sonucu stator sargısından geçen akım ile kısadevre bileziklerinden geçen akım arasında bir faz farkı ortaya çıkar. Birbirine göre faz farklı bu iki akım, birbiri ardından hareketli kutupları olan bir manyetik alan üretir. Simetrik olmayan bu değin

bir döner alan bir kısadevre - rotorunu döndürür . Kısadevre rotoru manyetik sert bir malzemeden yapılmış ise (Histerisis rotoru), bu halde bu motor yol aldıktan sonra bir senkron motor gibi dönüşüne devam eder.

Gölge kutuplu motorlarda dönüş yönü daima ana kutuptan, yarık kutba doğrudur.

Dönüş yönü değiştirilmek istendiğinde, yatak burçları ve rotor çıkartılır ve değişik yönde tekrar yerlerine takılır. Dönüş yönü sürekli olarak bir şalter ile ayarlanmak isteniyorsa, ikinci bir kısadevre sargısının daha bulunması zorunludur.

Gölge kutuplu motorların verimleri düşüktür. 1 W - 250W arasında küçük güçler için yapılırlar ve pikaplarda, teyplerde, ısıtıcı vantilatörlerinde ve meyve sıkıcılarda çok sık kullanılırlar.

1.2.1.1.2. ÜÇ FAZLI ASENKRON MOTORLAR

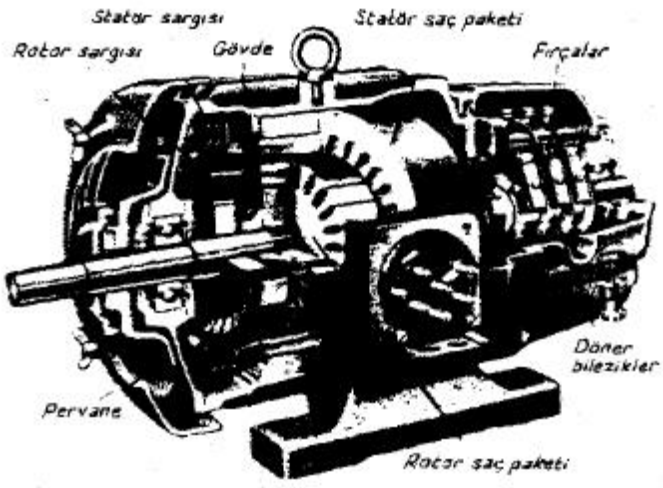
Üç fazlı akım ile çalışan asenkron motorlar kendi aralarında farklı türlere ayrılır. Bu farklar rotorların çeşitli yapılarda olmasından ileri gelmektedir.

1.2.1.1.2.1. DÖNER BİLEZİK-ROTORLU MOTOR(SARGILI ROTORLU MOTOR)

Yapısı:

Bu motorun statoru: gövde, stator-saç paketleri ve stator-sargılarından oluşmuş olup,rotoru stator içinde yataklanmıştır (Şekil 1-9). Rotor mili üzerinde rotor saç paketi ve döner bilezikler bulunur. Rotor saç paketi üzerine açılmış oluklara rotor sargıları döşenmiştir. Hemen hemen bütün rotorlarda üç sargı (üç faz sargısı) bulunmaktadır. Bu sargılar genellikle yıldız; ender olarak üçgen bağlanırlar. Bazı durumlarda rotorlarda, çift sargıya da (çift faz sargısı) rastlanmaktadır. Bu tür sargılar motor içinde V-devresi şeklinde bağlanırlar. İster çift, ister üç sargılı olsun sargı uçları rotor üzerinde bulunan döner bileziklere bağlanır. Döner bileziklerle, akım devresi arasındaki bağlantı kömür fırçalar yardımıyla sağlanır. Üç sargılı motorların sargı

uçları döner bilezikler üzerinden motor kutusundaki (u), (v) ve (w) terminallerine bağlantı halindedir.



Şekil 1-9 Döner bilezik - rotorlu motor

Çalışma Şekli :

Motor dönmez durumda iken stator ve rotor sargıları bir transformatör gibi çalışır. Statorda oluşan döner alan rotor sargıları üzerinde bir gerilim endükler. Rotor dönmez durumda iken üzerinde endüklenen bu gerilim Rotor sükunet gerilim olarak anılır. Rotor sükunet gerilimi motor etiketi üzerinde stator gerilimi yanı sıra belirtilir.

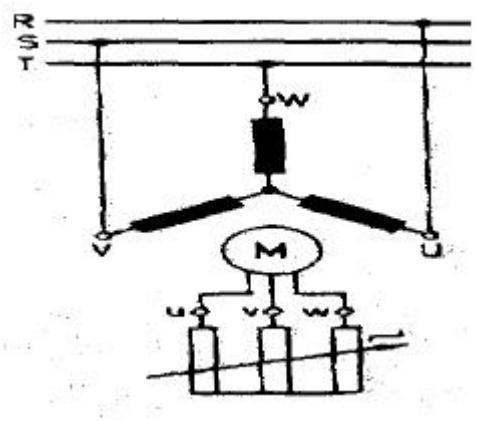
Rotorda endüklenen gerilim rotor sargı terminallerinin birbiriyle bağlanması sonucu bir akım ortaya çıkarmaktadır. Statorun döner alanı ile rotor üstünde ortaya çıkan bu akım bir döndürme momenti oluşturmakta ve bunun sonucu rotor dönmektedir. . Bu prensibe dayanarak çalışan motorlar Endüksiyon motoru olarak tanınır.

Endüksiyon motorlarında rotor akımı endüksiyon sonucu oluşur.

Motora gerilim uygulandığında rotor sargıları üzerinden bir alternatif akım geçmektedir. Rotor sükunet durumunda iken, rotordan geçen akımın frekansı uygulanan gerilimin frekansına (örneğin: 50 Hz) eşittir. Rotorda ortaya çıkan akım Lenz kuralına göre kendisini oluşturan nedeni yok etmek isteyecek ve bu akım rotoru

stator döner alanı yönünde çevirecek şekilde akacaktır. Rotorun dönme hızı arttıkça stator döner alanı - manyetik akısının, rotor sargılarını tarama hızı gitgide azalacaktır. Bu azalma motorun sargılarından gelen seslerin pesleşmesiyle kendini belli etmektedir.

Endüksiyon motorlarında rotor devir sayısının artması rotorda endüklenen gerilimi ve bu gerilimin frekansını düşürür.



$$f_L = f \square - \frac{}{n_S}$$

f_L = motor frekansı

f = stator frekansı

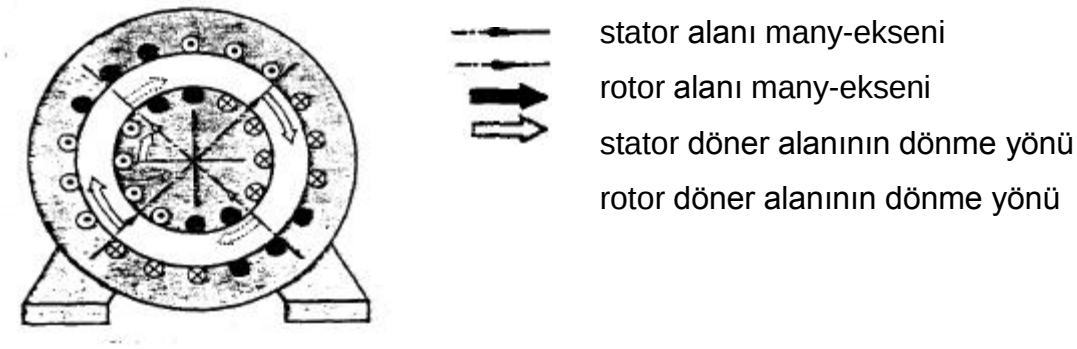
n_L = rotor devir sayısı

n_s = döner alan devir sayısı

Şekil 1-10 Devresinde bir yol-verici bulunan döner bilezik-rotorlu motor

Rotor sükunet gerilimi büyük bir rotor akımı doğuracağı için, rotor sargıları kısadevre edilmiş döner bilezikli asenkron motorlarında büyük ölçüde devre-bağlama akımları gerekir. Bu nedenle, rotor-akım devresinin direnci bir yol verici ile büyültülür (Şekil 1-10). Bunun sonucu devre-bağlama akımı daha küçük olur ve motor hareketine daha yumuşak başlar. Ancak, endüklenen gerilim düştüğü için, devir sayısının artmasına paralel olarak yol-verme dirençleri de küçültülür.

Rotordan geçen alternatif akımların birbirlerine göre faz farkları vardır,yani rotorda üç fazlı bir akım söz konusudur. Bu üç fazlı akım rotor üzerinde bir rotor-döner alanı ortaya çıkarır. Rotor devir sayısının yükselmesi, rotor akımının frekansını aynı oranda düşürmektedir. Bunun sonucu, rotor - döner alanı rotorun devir hızından etkilenmeksizin stator döner alanına göre olan durumunu korur. (Şekil 1-11). Bu nedenle asenkron motorlar «adım» yitirmezler. Asenkron motorunda rotorun devir sayısı, döner alanın devir sayısından daima biraz küçüktür. Aksi halde rotorda gerilimler endüklenmiyecek ve rotorun dönmesi söz konunu olamayacaktı.



Şekil 1-11 Stator ve rotor döner alanlarının karşılıklı etkimesi.

Özet olarak: Asenkron motorunda stator sargılarından geçen akım, manyetik döner alan üretir. Bu döner alanın etkisi altında kalan rotor sargıları üzerinde alternatif gerilimler endüklenir. Rotor sargıları kısa devre edilmiş ise, bu sargılar üzerinden geçen akımlar rotor-döner alanını oluşturur. Rotor-döner alanı ile stator döner alanının karşılıklı etkimesi sonucu rotor dönmeye başlar.

Kimi motorlarda stator içte, rotor dışta bulunur. Ancak dönen parça yine rotordur. Oto - frenlerinin kontrol edildiği sistemlerde, bazı yürüyen merdivenlerde ve özel aspiratörlerde kullanılan bu tür motorlar yukarıda anlatılan asenkron motor prensibine göre çalışır.

Rotordan beslemeli motorlarda, içte bulunan rotor döner bilezikler üzerinden akım şebekesine bağlanır. Buna karşın stator sargıları kısadevre edilmiştir. Doğrudan doğruya akım şebekesinden beslenen rotor üzerinde bir döner alan oluşur. Bu döner alan stator sargıları üzerinde endüksiyon nedeni ile bir akım ve bunun sonucu stator döner alanını ortaya çıkarır. Ancak bu kez rotor kendi döner alanının ters yönünde (Lenz kuralı) dönecektir.

İşletme Karakteristiği:

Döner bilezikli bir deney motorunun (u), (v), (w)-rotor terminalleri birbiriyle bağlanmıştır. Stator, akım devresinde bir ampermetre bulunan ayarlı bir gerilim kaynağına bağlı durumdadır.

Gerilim gitgide yükseltilerek uygulandığında, rotorun bir süre dönmediği, ancak belirli bir akım değerinin (ampermetreden izlenir) üstüne çıkıldığında, dönmeye başladığı izlenecektir.

Bir asenkron motorun döndürme momenti, stator ve rotorda oluşan döner alanların manyetik akılarına bağlıdır. Manyetik akılar sargılardan çekilen akımlarla doğru orantılı olduklarından, döndürme momentinin motor akım çekişine bağlı olduğu sonucuna varılır.

Döner bilezikler kısadevre edildiği takdirde, rotor akımı devresinde rotor sargılarının tepkin direnci (endüktansı) büyük ölçüde söz konusudur. Saf tepkin direnç halinde, rotorda endüklenen gerilim ile rotor akımı arasındaki faz farkı 90^0 olmaktadır. Ortaya çıkan bu faz farkı rotor döner alanını 90^0 kaydırır ve rotor döner alan kutupları ile stator döner alanının özdeş kutupları tam olarak karşı karşıya gelir. Bunun sonucu yalnızca rotor mili yönünde etkiyen bir kuvvet ortaya çıkar ve rotorun dönmesi artık söz konusu olamaz. Ancak, anlatılan bu oluşumlar sadece bir varsayımdır. Yani sargıların sadece tepkin direnci gözönüne alınarak ileri sürülmüştür. Oysaki, sargıların çok küçük dahi olsa, bir miktar etkin direncinden dolayı gerilim ile akım arasındaki faz farkı 90° den daima küçüktür. Bu nedenle rotor durmaz, ancak döndürme momenti en küçük değerine ulaşır.

Aynı deney motoruna bu kez düşük bir gerilim uygulanmış ve mile ilk hareket el ile verilmiştir. Bu durumda rotorun kendi kendine gittikçe artan bir şekilde devir aldığı görülecektir.

Rotor döner alan yönünde döndürüldüğünde, rotor akımının frekansı küçülmeye başlar. Bununla birlikte, rotor sargısının tepkin direnci:$X_L = 2.\pi.f.L$ azalır, ancak etkin dirençte bir değişiklik olmaz. Bunun sonucu faz farkı küçülerek motor kutuplarının rotor kutuplarına uyguladığı döndürme momenti büyür.

Rotor sargılarındaki akım ile gerilim arasında, faz farkı ne denli küçük olursa, döndürme momenti o değin büyük olur.

Diğer bir açıdan "rotor devir sayısının yükselmesi rotorda endüklenen gerilimi düşürdüğü ve bunun sonucu rotor akımı ile döndürme momentinin tekrar azaldığı" söylenebilir. Faz farkı küçülmesi ağır bastığında döndürme momenti büyüyecek, buna karşın endüklenen gerilim ağır basarsa, döndürme momenti küçülecektir (Şekil 1-12)

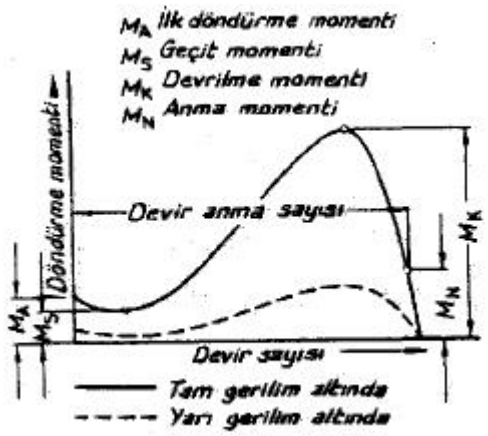
Bugün uygulamada bulanan asenkron motor talimatlarına göre, motoru sükunet durumdan çıkarmak için gerekli moment **ilk döndürme** ya da **yol alma momenti** ve en büyük döndürme momenti **devrilme momenti** olarak tanımlanır. Motorun anma devri ile dönmesi anında milinden uygulayacağı döndürme momentine **anma momenti** denilir. Devrilme momenti anma momentinin en az 1,6 katı büyüklüğünde olmalıdır.

Bazı motorlarda döndürme momenti motorun yol almasından sonra ikinci kez düşmektedir. Motorun yol almasından sonra ortaya çıkan en küçük moment **geçit momenti** olarak anılmaktadır.

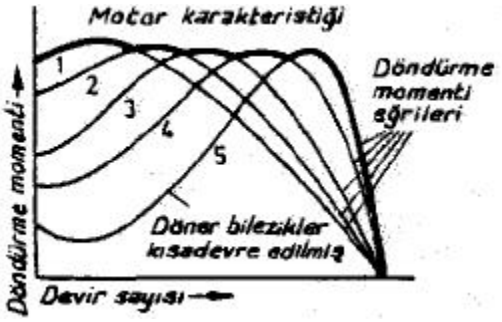
Yeni bir sınamadan geçirmek amacı ile aynı deney motorunun (u), (v), (w) terminallerine yol verme dirençleri bağlanmış ve statora ayarlı bir gerilim kaynağının gerilimi yavaş yavaş yükseltilerek uygulanmıştır.

Akım devresinde bulunan ampermetreye bakıldığında. rotorun önceki sınamalara değinle daha büyük bir akım ile yol almaya başladığı görülecektir.

Nitekim rotor akım devresine yol verme dirençlerinin bağlanmasıyla, rotor devresinin etkin direnci büyültülmekte ve dolayısıyla akım ile gerilim arasındaki faz farkı küçük tutulmaktadır. Bunun sonucu çok küçük devir sayılarında döndürme momenti büyük olur. Buna karşın, devir sayısı yükseldikçe rotordan geçen akım şiddetle azalır. (bakın karakteristik eğri, Şekil 1-13).



Şekil 1-12 Döner bilezikleri-kısa devre edilmiş bir motorun döndürme momenti karakteristiği



Şekil 1-13 Çeşitli yol verici dirençler kullanmak suretiyle elde edilen moment karakteristikleri

Motorun yol almasından sonra yol alma dirençleri teker teker devreden çıkartılırsa Şekil 1-13'de kalın çizgiyle gösterilmiş motor karakteristiği elde edilir.

Döner bilezik rotorlu-motorlarda, kömür fırçalar üzerinden rotor akımı geçerken, güç kayıpları oluşur. Ayrıca kömür fırçalar ve döner bilezikler devamlı aşınır. 20 kW gücün üstündeki motorlarda genellikle fırça kaldırma sustaları vardır. Çok yüksek devirler sonucu döner bilezikler arası dolarak kısa devreler ortaya çıkar. Bu gibi durumlarda fırça kaldırma sustaları çalışarak fırçaları döner bileziklerden ayırır.

Yol-verme dirençlerinin üzerinden geçen akım nedeni ısı kayıplarının ortaya çıkması istenmeyen bir oluşumdur. Dirençler yerine bobinlerin yol verme devresinde kullanılması daha büyük sorunlar getirir. Çünkü bobin üzerinde endüktans nedeni ile oluşan faz farkı motordaki faz farkını büyültmekte ve bunun sonucu yol - alma momenti düşmektedir. Bu nedenle sakıncalarına rağmen dirençlerin kullanılması zorunlu olmaktadır Bir asenkron motor yüklendiğinde, rotorun devir sayısında düşme görülür. Döner alanın devir sayısına göre rotor devir sayısının düşmesi **sürçme** ya da **kayma** olarak anılır. Kayma formüllerde döner alan devir sayısının yüzdesi (%) halinde verilir ve kullanılır.

$$s = \frac{(n_s - n).100}{n_s}$$

s = kayma (%)

n_s = döner alan devir sayısı (1/dak)

n = rotor devir sayısı (1/dak)

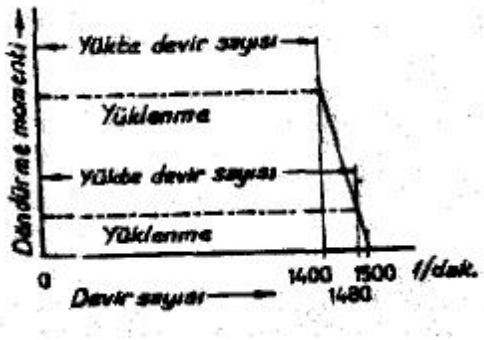
Örnek: 50 Hz'de çalışan bir dört kutuplu makina dakikada 1440 devir yapmaktadır. Kaymasını bulunuz. (p = çift kutup sayısı).

Çözüm:

$$n_s = \frac{f.60}{p} = \frac{50.60}{2} = 1500 dev/dak.$$

$$s = \frac{(n_s - n).100}{n_s} = \frac{(1500 - 1440).100}{1500} = \%4$$

Kaymanın büyümesi endüklenen gerilimi ve dolayısıyla rotor akımını yükseltir. Büyük kaymalarda motorda daha büyük bir döndürme momenti ortaya çıkar (Şekil 1-12) ve rotor akımının frekansı yükselir.



Şekil 1-14 Asenkron motorun yüklenmesi anında devir sayısının değişmesi

$$f_R = \frac{f.s}{100}$$

f_R = rotor frekansı (Hz)

f = stator frekansı (Hz)

s = kayma (%)

Asenkron motorlarının anma devirlerinde ortaya çıkan anma kayması % 3-%8 arasındadır. Rotor akım devresine dirençlerin bağlanmasıyla kayma yükseltilebildiğinden, döner bilezik-rotorlu motorların devir sayıları sınırlı olarak ayarlanabilmektedir.

Uygulamalar :

Döner bilezik-rotorlu motorlarının ilk akım çekişleri anma akımlarından çok büyük olmadığından, bu motorlar, örneğin; büyük su pompaları taş kırma makineleri ve büyük takım tezgahları gibi yüksek güç gereksinen makinelerin işletmesinde kullanılır. Döner bilezik-rotorunun ilk döndürme momenti çok büyük olduğundan, büyük vinçler gibi çok kuvvetli yükler altında devamlı çalışacak makinaların kuvvet üreten kesimlerinde bu motorlardan yararlanılmaktadır. Ayrıca devir sayıları ayarlanabildiğinden ayarlı makine tezgahlarında sık sık kullanılmaktadır.

1.2.1.1.2.2. KISA DEVRE-ROTORLU MOTORLAR(SİNCAP KAFES MOTORLAR)

Kısa devre-rotorlu motorlar üç fazlı motorların en önemlilerinden olup **kısadevre - çekirdekli motorlar** ve **kafes-rotorlu motorlar** olarak da anılmaktadır. Ülkemizde bir benzetme nedeni ile kafes - rotorlarına sincap kalesi deyimi yakıştırılmıştır.

bakırdan yapılmış alüminyum döküm

Şekil 1-15 Çeşitli yapıdaki sincap kafesleri (Mil ve saç paketi yok).

Bu motorların statoru Döner bilezik - rotorlu motorlarda olduğu gibi yapılmıştır. Buna karşın rotor saç paketi oluklarında sargılar yerine alüminyum ya da bakırdan yuvarlak veya kanatçık şeklinde çubuklar bulunur. Bu çubuklar her iki ucundan kısadevre bilezikleriyle elektriksel olarak kısadevre edilmiştir. (Şekil 1-15). Bu değin oluşturulmuş bir düzen şekli rotor saç paketi ile birlikte sincap kalesi olarak tanınır.

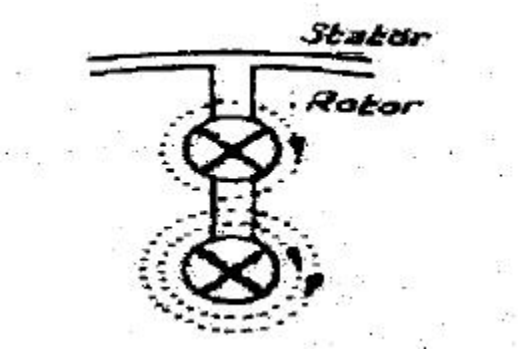
Alüminyum kafes doğrudan doğruya rotor saç paketi üzerinde pres - döküm yöntemi ile elde edilir. Bakır kafesin yapılması için: önce, rotor saç paketi oluklarına bakır - dökümü yapılarak, çubuklar elde edilir, sonra bu çubukların her iki tarafına kısadevre bilezikleri sert lehim ile birleştirilir.

Bu türde kısadevre edilmiş kafesli bir rotorun, bilezikleri dışarıdan kısadevre edilmiş döner bilezikli bir rotora göre çalışma şekli bakımından bir ayrıcalığı yoktur. .

İşletme Karakteristikleri:

Kısadevre-rotorlu motorlar işletme anında bilezikleri kısadevre edilmiş döner bilezik - rotorlu motorlarla hemen hemen aynı özellikleri gösterir. Kısadevre rotorunun yol alma momenti daha küçük ve yol alma akımı çekişi daha büyüktür.

Kısadevre-rotorlu motorların yol alma akımı, anma akımının 8-10 katı büyüklükte olmaktadır. Geçit - momentini küçük tutmak amacı ile rotor çubukları yatık ya da V - basamakları halinde tertiplenirler (Şekil 1-15). Bazı kafes-rotorlu motorların rotorları ilk devre bağlama anında yüksek bir etkin direnç ve motor yüksek devire geldikten sonra küçük bir etkin direnç gösterir. Bir tür kendinden yol-verme dirençli olan bu rotorlarda ilk devre bağlama anında akım çekişi küçük ve yol alma momenti büyük olmaktadır. Bunun sonucu motor daha yumuşak yol alır. Motor yüksek devire ulaştığında rotor direnci kendiliğinden küçülür ve yüklenmeler karşısında devir sayısı değişikliklerini büyük ölçüde önler. Bu tür otomatik direnç ayarlı bir rotor Skin efekti prensibine göre çalışır ve bunlara bu nedenle **Skin efektli rotor** da denir. Skin efektli rotorların saç paketi üzerinde alt alta iki sincap kalesi bulunur. Alttaki kafes **işletme kafesi**; üstteki kafes **yol-verme kafesi** olarak anılmaktadır. İlk devre bağlama anında hem işletme kafesinin, hem de yol-verme kafesinin çubukları üzerinden alternatif akımlar geçer. Üzerinden akım geçiren çubuklar çevresinde manyetik alanlar oluşur.

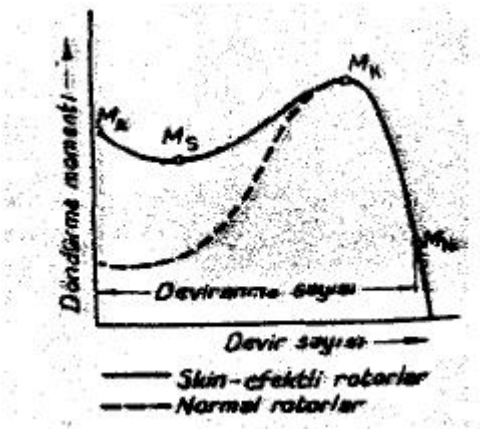


Şekil 1-16 Çift oluklu rotorda manyetik alan çizgileri

Her bir çubuğun manyetik alanı hem kendisine hem de komşu çubuğa etkiyerek çubuk dirençlerinin- yükselmesine neden olur (Skin efekti ve Proximity efekti). İşletme kafesinin çubukları altta bulunduğundan, bunların alan çizgileri daha çok demir üzerinden geçmekte ve manyetik akının büyük olmasından dolayı dirençleri büyük olmaktadır (Şekil 1-16). Rotor devir sayısı arttıkça, rotor frekansı düşer ve skin efekti akım frekansı ile doğru orantılı olduğundan çubukların direnci küçülür.

Skin-efektli rotorların yol alma momentleri (M_A) büyük ve yol alma akımları küçüktür (Şekil 1-18). Bunların en büyük sakıncalı tarafı, oluk kesitlerinin, yani bir deyimle hava aralıklarının (Şekil 1-17) oldukça büyük olmasıdır. Bu nedenle bunlarda akı kaçakları büyük, güç faktörü ve verimi küçük olmaktadır.

Şekil1-17 Skin-efektli rotorların oluk şekilleri



Şekil 1-18 Döndürme momenti ve karakteristikleri

Daha hafif ve ucuz olan kafes-rotorlu motorlar çok az bir bakıma gereksinim duyarlar ve fırçaları olmadığından kıvılcım; yani parazit oluşturmazlar. Bu üstünlüklerinden dolayı döner bilezik rotorlu motorlara göre daha çok tercih edilirler. Kafes - rotorlu motorlardan, örneğin: iş makinalarında, kaldırma düzenlerinde ve tarım, makinalarında yararlanılmaktadır.

Asenkron Motorların Devreye Bağlanması:

Bir motoru sükunet durumundan işler duruma getirmek için, motoru akım devresine bağlamak, yani komuta etmek gereklidir. Komuta etmek için şalterler ve yol - vericiler gibi bir takım komuta organlarına gereksinme vardır. Şalterler komuta organı olarak kullanıldığı takdirde motorun direkt olarak akım şebekesine bağlanması olanaklıdır. Ancak bilindiği gibi, motorların ilk bağlanma anında akım çekişleri çok yüksek olmaktadır. Bu nedenle yol - verici aygıtlar kullanılarak motorlar akım şebekesine bir kaç basamakta bağlanır. Yol - vericilerin yapısı son derece basittir. Bunlar içinde bir dizi direnç bulunur. Bu dirençler motor akım devresine bir şalter ya da kontaktör üzerinden seri sokularak ilk akım çekişinin çok büyük olması önlenir.

Bugünkü kent-akım şebekesinden istenildiği kadar yükseklikte akımlar gelişigüzel çekilemez. Aksi halde hat üstünde büyük gerilim düşmeleri ortaya çıkar.

Bu nedenle üç fazlı motorların akım şebekesine nasıl bağlanacağı, yöresine göre Enerji üretim kurumunun (TEK) teknik şartnamelerinde belirtilir. (Tablo 1-1). Çok yüksek anma güçleri olan sistemlerin akım şebekesine bağlanabilmesi için Kurumdan özel bir izin gereklidir.

Ancak, kendilerine özgü trafo istasyonları olan endüstri kuruluşlarının ayrıcalığı vardır.

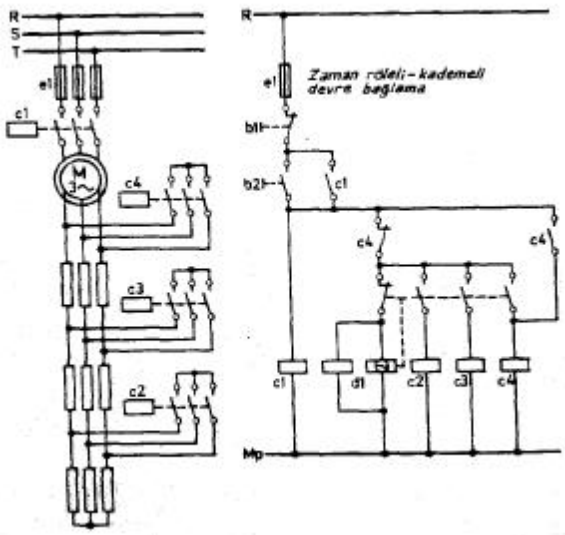
blo - 28 : Açık - alçak gerilim şebekesine bağlanacak motorların en büyük anma güçleri (örnektir!).

Devre bağlama yöntemi ve Motor türü	Gerilim	Anma Gücü (max)
DİREKT BAĞLAMA Tek fazlı - motor Üç fazlı - kısadevre rotorlu motor	220 V. 380 V.	1,1 kW 5,5 kW
YILDIZ - ÜÇGEN BAĞLAMA Üç fazlı - - kısadevre rotorlu motor	380 V.	11 kW
YOL - VERİCİ KULLANARAK BAĞLAMA (Döner bilezikli rotor, stator yol - verici, trafolu yol - verici.	380 V.	15 kW

Tablo 1-1

Döner Bilezik-Rotorlu Motorlar İçin Yol Vericiler:

Bu tür yol-vericiler “el-komutalı” (Şekil 1-19) ve “otomatik- komuta”(Şekil 1-10) olmak üzere iki şekilde yapılırlar.



Şekil 1-19 Otomatik yol - verici için kontaktör devresi

Otomatik komuta için çeşitli yöntemler uygulanmaktadır. Örneğin, Elektrolitik-yol vericilerde: içinde bir elektrolit sıvısı bulunan bir kap ve bu kabın içine daldırılmış iki elektrot bulunur. Akım devrisine seri bağlı bu düzenden akım geçerken elektrolit ısınır ve direncini küçültür. Devre akımı alternatif olduğundan elektrolit içinde bir kimyasal ayrışma söz konusu değildir. Devrede ayrıca bulunan bir kontaktör, motor yol aldıktan sonra döner bilezikleri kısadevre eder.

Rotor içinden çok kuvvetli akımlar geçtiğinden, yol-verici ile motor arasındaki kablolar olabildiği kadar kısa ve yeterli kesitlerde olmalıdır. Çoğu zaman yol-verici kablosunun motor kablosundan daha büyük kesitli olması gerekir. Çünkü rotor akımı stator akımından daha yüksektir.

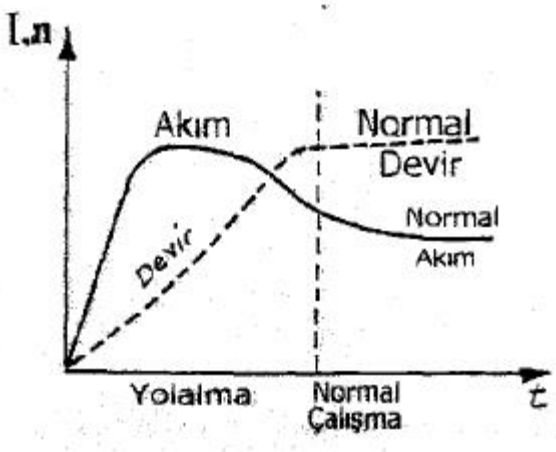
Kısa Devre Rotorlu Motorlara Yol Verme Şekilleri:

1-Direk yol verme:

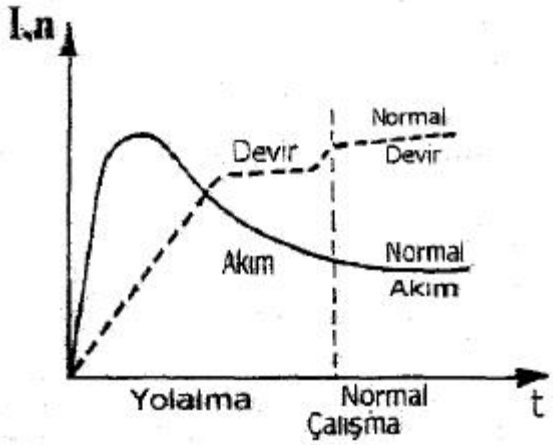
Kısa devre rotorlu motorların kalkınma anındaki yol alma momentleri düşük, yol alma akımları ise büyük değerdedir. Bu durum, gerek çalışma yerleri gerekse santraller için elverişli değildir. Büyük güçlü kısa devre rotorlu motorlara yol vermede bazı özel koşulların yerine getirilmesi gerekir.

Asenkron motorlara direk yolvermede motorun yüksüz, yol almasını sağlamak için, motor miline santrifüj kaplin konabilir. Böylece motora boşta yol verilmiş olur. Motor belirli bir devir sayısına çıktıktan sonra santrifüj kaplin aracılığı ile iş makinesi bağlanır.

Torna, matkap, freze gibi iş tezgahlarında, ilk anda talaş verilmediğinden, motor yüksüz olarak yol alır. Fakat bir asansör veya vinç motoru yüklü olarak yol almak zorundadır. Şekil 1-20 de motor yüklü iken direk yolvermede, Şekil 1-21 de kaplinle yol vermede akım ve devir sayısı değişim eğrileri görülmektedir.



Şekil 1-20 Direk yol verme

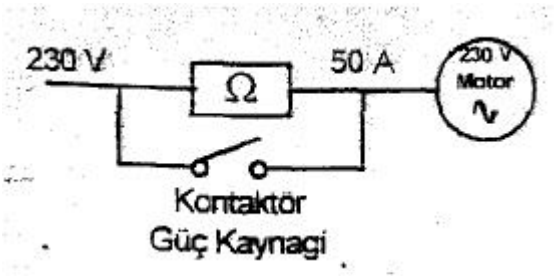


Şekil 1-21 Kaplinle yol verme

Şekil 1-20'de iş makinesine direk bağlanmış bir motor, daha geç yol almakta ve uzun süre devreden yüksek akım çekmektedir. Şekil 1-21 de ise santrifüj kaplinle yol almada; motor boşta yol aldığından, çok kısa bir süre için fazla akım çeker. Fakat hemen normal devrine eriştiği için yol alma akımı düşer. Böylece devreden uzun süre yüksek akım çekilmemiş olur.

2-Direnç veya reaktörle yol verme:

Motorları düşük gerilimle başlatmada kullanılan yöntemlerden biri de dirençle veya reaktörle yol vermedir. Dirençle veya reaktörle yol vermede temel ilke gerilimin bir kısmının yol verme direncinde veya reaktöründe düşürmek geriye kalanını motora uygulamaktır.

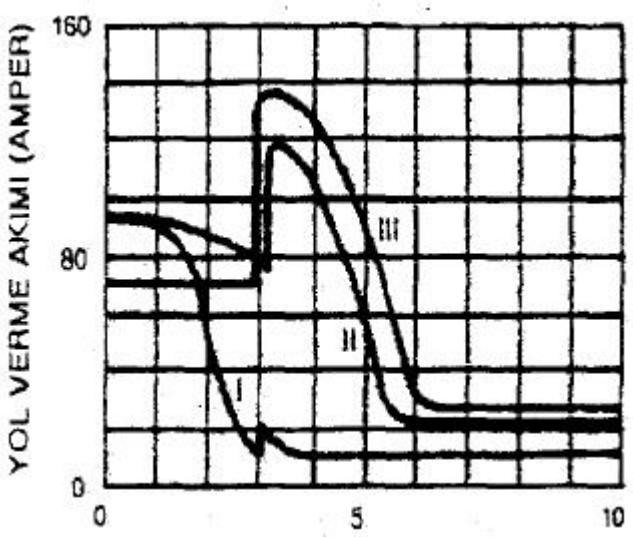


Şekil1-22 Motora dirençle yol verme

Aşağıdaki durumlarda yol alma akımını sınırlamak gerekir:

→ Güç sisteminin kapasitesi tam gerilimle yol verme için yeterli değilse,

→ Tam gerilimli yol verme şebekede önemli arızalara neden olacaksa (Örneğin; aydınlatma devreleri, elektronik devreleri, çok sayıda motorun eşzamanlı yol alması ya da motorun kaynaktan uzak olması şebekedeki dalgalanmalardan etkilenebilir.).



SANİYE OLARAK HIZLANMA ZAMANI

Şekil 1-23 Dirençle yol verme karakteristiği

Şekil 1-23'deki eğriler; 10 HP 230 volt motorun 3 ayrı yük durumunda primer dirençli yol vericinin yol alma akımını nasıl düşürdüğünü göstermektedir. 1. eğri hafif yükteki, II. eğri ise fazla yükteki yol alma akımını gösterir Her iki durumda da çalıştırma anahtarı 3 saniye sonra kapatılmıştır. Fazla yük durumunda yol alma zamanı arttırılırsa ikinci akım darbesi azaltılmış olur.Motor tam gerilime bağlanmadan önce yüksek hıza ulaşacaktır. III eğride dirençten geçebilen akımla motor çalışamamaktadır. Ancak, tam gerilime bağlandıktan sonra hızlanabilecektir.

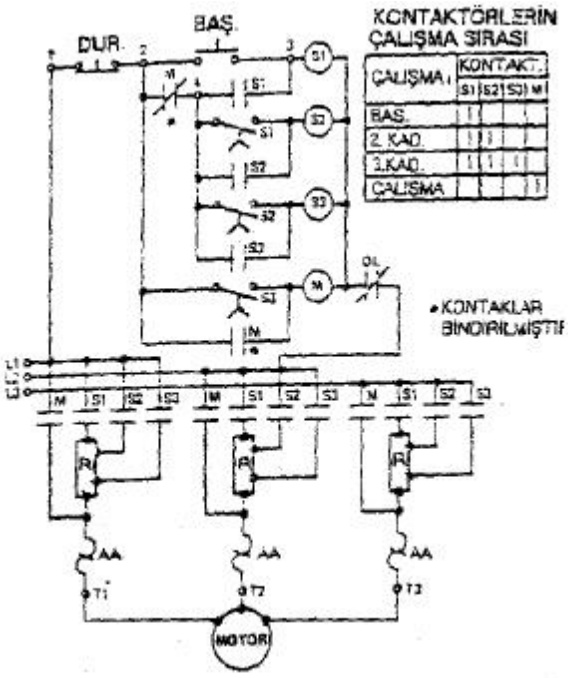
Ani bir yüksek yol alma torkuna ve ani hızlanma darbesine maruz kalmaması gereken makinalarda düşük gerilimle yol verme kullanılmalıdır. Örneğin, ani çalıştırmakla kayışlı hareketlerde kayma olabilir ya da büyük dişliler, vantilatör kanatları ya da kuplajlar zarar görebilir.

Kontrol edilecek motorun büyüklüğüne bağlı olarak otomatik primer dirençli yol vericiler, bir ya da daha fazla hızlanma kademesi kullanabilir. Bu yol vericiler, oto transformatörlü düşük gerilim yol vericilerde normal olarak görülebilen hat akımı dalgalanması olmaksızın düzgün bir hızlanma sağlarlar.

Primer dirençli yol vericiler, kapalı geçiş yol vermesi sağlar. Kapalı geçiş, motorun ilk devreye bağlandığı andan tam yük gerilimi ile çalışıncaya kadar enerjisinin hiç kesilmediğini ifade eder. Bu özellik, gerilim değişikliklerine duyarlı olan sistemlerde önemli olabilir. Primer dirençli yol vericiler ısı kaybı olarak dirençlerinde bir enerji harcarlar.

Bununla birlikte diğer yol verme yöntemlerinden çok daha yüksek bir güç katsayısı ile motor yol alır.

Hızlanma süreçleri fazla olan çok yüksek ataletli yüklerde ya da şebekenin akım dalgalanmasının verilen aralıklarda belirli aralıklarla sınırlı olmasını istediği yerlerde özel yol vericilere gereksinim duyulur.



Şekil 1-24 Dört uçlu dirençli yol verici

Şekil 1-24'deki hat şemasında 4 uçlu, dirençli yol verici gösterilmiştir. Başlatma butonuna basıldığında S1 kontaktörü enerjilenir ve motor direnç üzerinden hatta bağlanır.

Her bir hatta, direncin tamamı vardır. Mekaniksel çalışmalı S1 zamanlayıcısı S2 kontaktörünü enerjiler. Kapanan S2 kontakları yol verme direncinin bir kademesini kısa devre eder. Mekaniksel çalışmalı S2 zamanlayıcısı S3 kontaktörünü enerjiler. Kapanan S3 kontakları yol verme direncinin ikinci kademesini kısa devre eder. S3 zamanlayıcısı ise M kontaktörünü enerjlier. Kapanan M kontakları motoru tam gerilime bağlar. M kontaktörünün kontrol kontakları yardımıyla S1, S2 ve S3 kontaktörlerinin enerjisi kesilir ve S3 zamanlayıcı kontağı mühürlenir. İkinci ya da üçüncü kademeye kadar rotor dönmeye başlamayabilir, ancak motora düşür gerilim uygulanmış olacaktır.

Kullanılan zamanlayıcılar ya da zaman röleleri; havalı, pistonlu ya da yarı iletken zamanlaycılar gibi sabit bir zaman gecikmesi sağlayan tiptedir. Dengeleyici gecikme sağlayan tip akım röleleri de kullanılabilir.

Primer dirençli yol vericiler aşağıdaki özelliklere sahiptir:

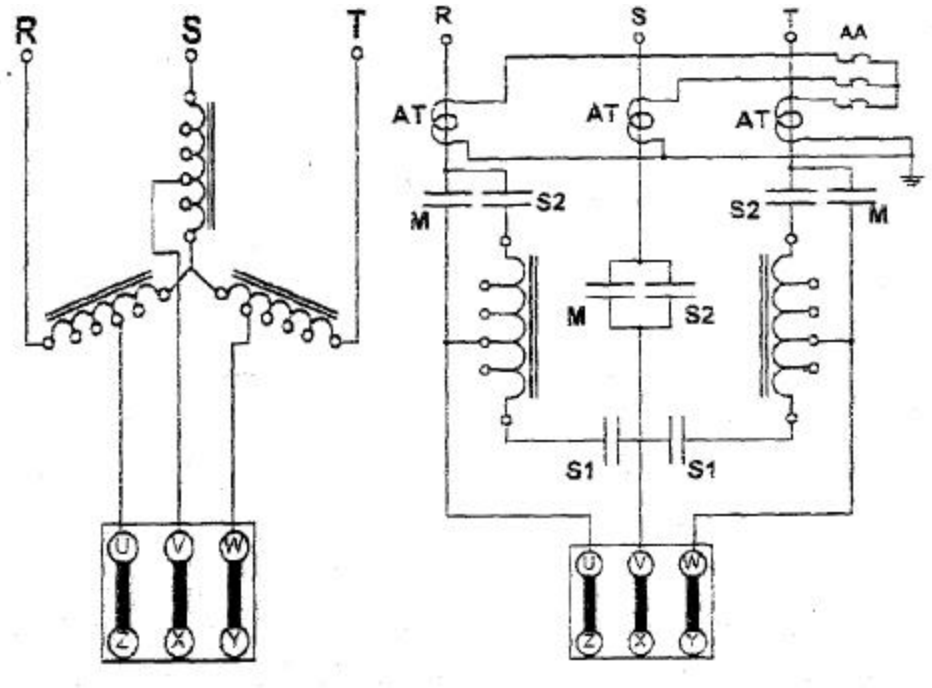
- Yapısı basittir.
- Maliyeti düşüktür.
- Bakımı azdır.
- Çalışma sırasında düzgün bir hızlanma sağlar.
- Yol verme süresince motorun şebekeye sürekli bağlı kalmasını sağlar.
- Güç katsayısı yüksektir.

Bu yol vericiler, düşük yol alma torkundan dolayı çok ağır yüklere yol vermek için kullanılmamalıdır. Yol verme dirençleri elektrik enerjisi harcadığı için bu yol vericilerin yol verme ekonomileri düşük olarak bilinir.

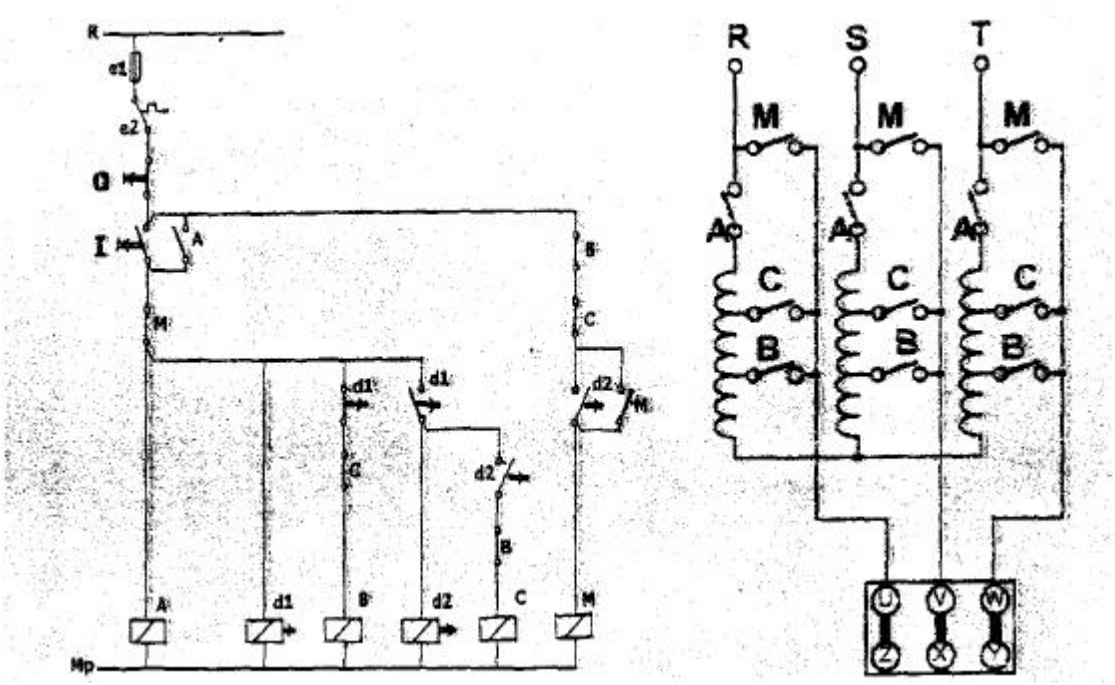
3-Oto transformatörü ile yol verme:

Oto transformatörlü düşük gerilim yol vericileri primer dirençli yol vericilere benzer ve özellikle sincap kafesli A.C. motorlarda darbe akımını sınırlamak ya da çalıştırılan makine üzerindeki yol verme darbesini (torkunu) azaltmak için kullanılır. Bu tip yol vericilerde motorun yol verme gerilimini düşürmek için motorla besleme hatları arasında oto transformatörleri kullanılır.

Yol verme transformatörleri endüktif yüklerdir ve bu nedenle güç katsayısını etkilerler. Bu yol vericiler yol ama suresi uzun olan makinalar için uygundur.

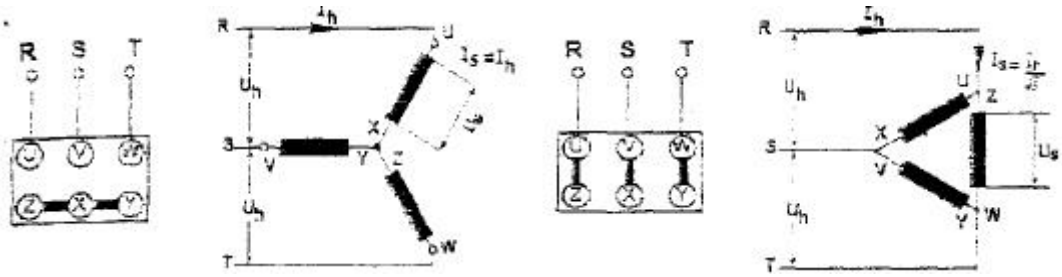


Şekil I-25 Oto trafosuyla yol verme devre şemaları



Şekil 1-26 Oto trafosuyla yol verme kumanda ve güç devresi şemaları

4- Yıldız-üçgen yol verme:

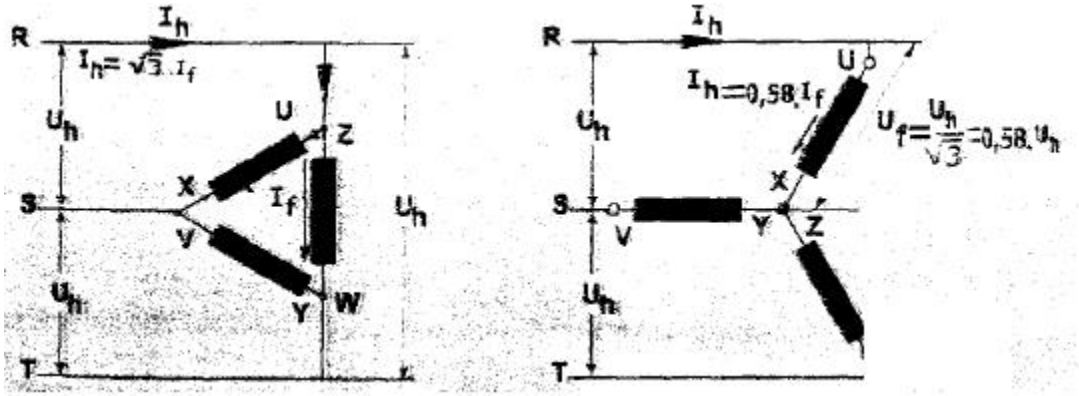


Şekli 1-27 Asenkron motorlar için otomatik yıldız-üçgen yol vericiler

$I_h = I_s \quad U_f = U_s = U_H / \sqrt{3} \qquad U_s = U_f = U_h = I_f = \frac{I_h}{\sqrt{3}}$ veya $I_h = \sqrt{3} I_f$

Asenkron motorların üçgen çalıştırılması: Bilindiği gibi asenkron motorun statorunda sarım tekniğine uygun olarak üç adet sargı yerleştirilmiştir. Bu sargılar 120^0 faz farkı yaratacak şekilde yerleştirilmiştir. Bu motorların üçgen çalışabilmesi için; şekilde görüldüğü gibi motorun her sargısına şebeke gerilimi(U_h) uygulanacağından motorun her bir sargısı şebeke geriliminde çalışacak şekilde hesaplanır ve sarılır.

Motor etiketlerinde genellikle iki gerilim yazılıdır. Küçük gerilim, sargı yada çalışma gerilimidir. Bir motorun 380 V'luk şebekede üçgen çalıştırılabilmesi için motor etiketinde 380 V Δ veya Δ/λ 380 V/ 658 V yazması gerekir. Motor etiketinde Δ/λ 220 V/ 380 V yazılı ise bu motor 380 V'luk şebekede yıldız olarak çalıştırılabilir.



Şekil 1-28 Yıldız- üçgen bağlı motorlara yol verilmesi

Üçgen çalışan bir motorun sargılarında U_h gerilimi tatbik edilirse sargıdan geçen akım $I_s = I_f = \frac{I_h}{\sqrt{3}}$ veya $I_h = \sqrt{3}.I_f$ olur.

Aynı motor sargıları λ bağlandığında; motorun her bir sargısına $\frac{U_h}{\sqrt{3}} = 0{,}58.U_h$ gerilimi uygulanır. Motor sargısına uygulanan gerilim 0,58 U_h ise her sargıdan geçen akım I_s = I_f iken aynı sargılar yıldız bağlandığında sargılardan geçen akım $\frac{I_f}{\sqrt{3}}$ olur.

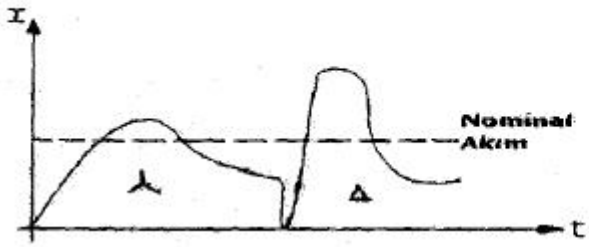
Dikkat edilirse; motor üçgen bağlandığında şebekeden $I_h = \sqrt{3}.I_f$ akımı çeken motor yıldız bağlantıda $I_f / \sqrt{3}$ akımı çeker. O halde;

λ bağlantıda çekilen akım = $\frac{I_f/\sqrt{3}}{I_f/\sqrt{3}} = \frac{1}{3.\sqrt{3}} = \frac{1}{3}$

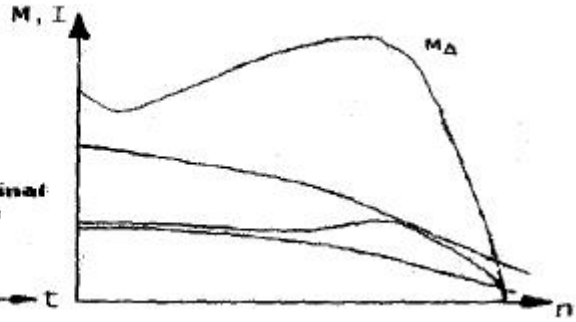
Δ bağlantıda çekilen akım

Bu bağıntıdan bir asenkron motor yıldız çalıştığında üçgen bağlantıda çekeceği akımın 1/3' ü(üçte biri) kadar akım çeker. Bunun nedeni de üçgen bağlantıda motorun her bir sargısına şebeke gerilim uygulanırken aynı motorun sargıları yıldız bağlandığında $\frac{U_h}{\sqrt{3}}$ = 380/$\sqrt{3}$ = 220V uygulanmasıdır. Yani bağlantıyla motora düşük gerilim uygulanmaktadır.

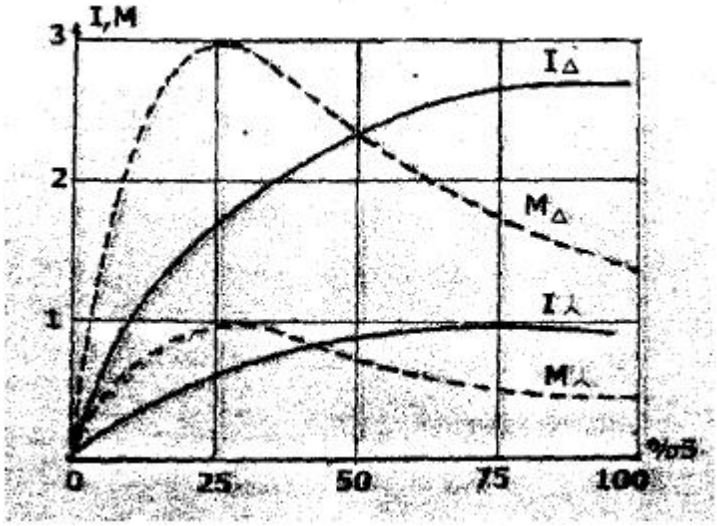
Sanayide pratik ve ekonomik, ucuz olması nedeniyle motorlara λ/Δ yol verme yöntemi uygulanır.



Şekil 1-29 Yıldız üçgen şalterle yol verme-de akım darbeleri



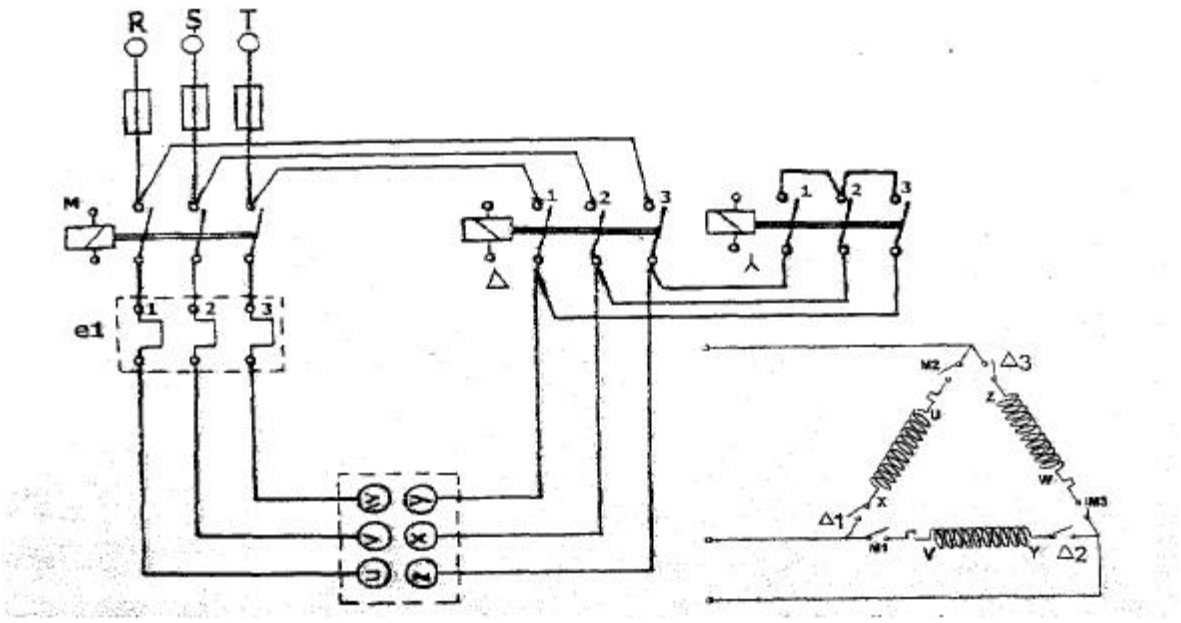
Şekil 1-30 M=f(n) karakteristiği λ/Δ şalterle yol verme



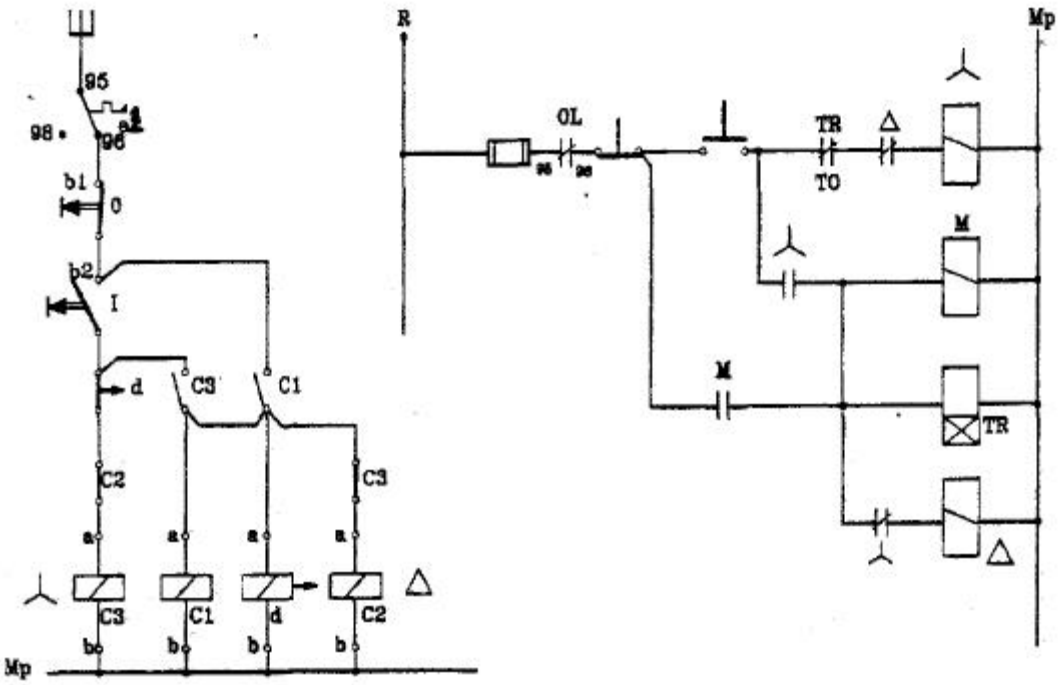
Şekil 1-31 Yıldız-üçgen çalışmada kaymaya göre moment ve akım eğrileri

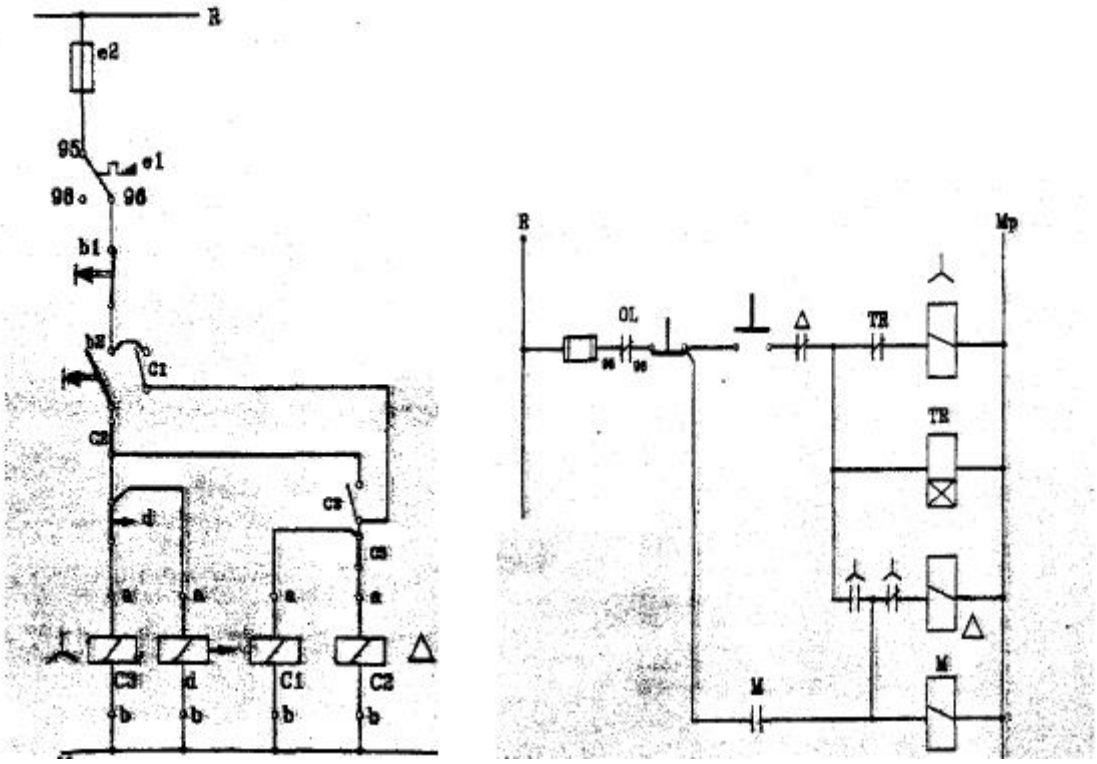
Özet:

- Yıldız-üçgen yol verme yalnız bobin gerilimleri ile şebeke gerilimleri aynı olan üç fazlı endüksiyon motorları için uygundur.
- İlk hareket akımı, yıldız bağlı ise üçgen bağlı olarak yol verilenin 1/3'ü kadardır.
- Yıldız bağlamada ise ilk hareket momenti üçgen bağlı olanların 1/3'ü kadardır.



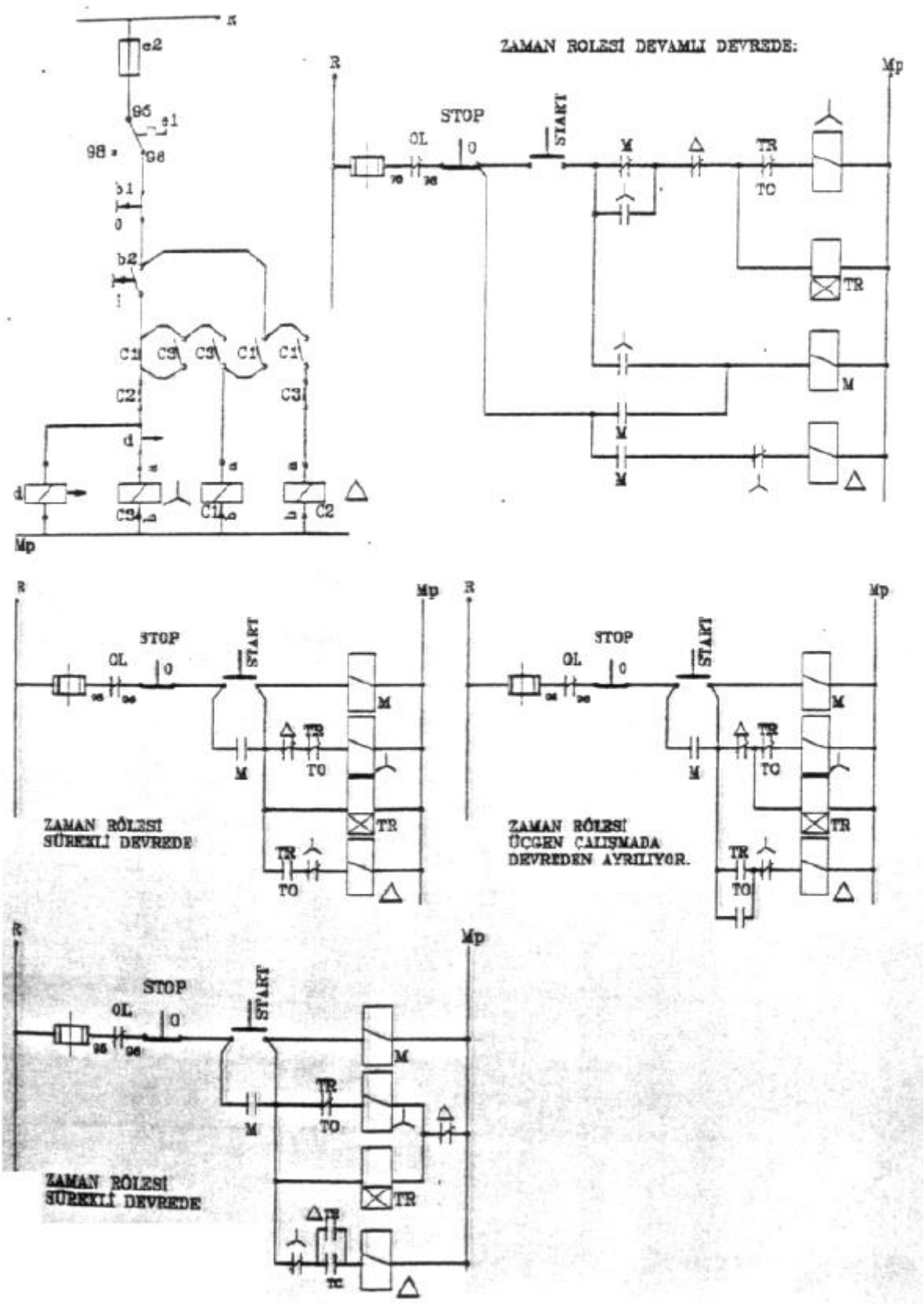
Şekil 1-32 Asenkron motorlara yıldız-üçgen yol verilmesi



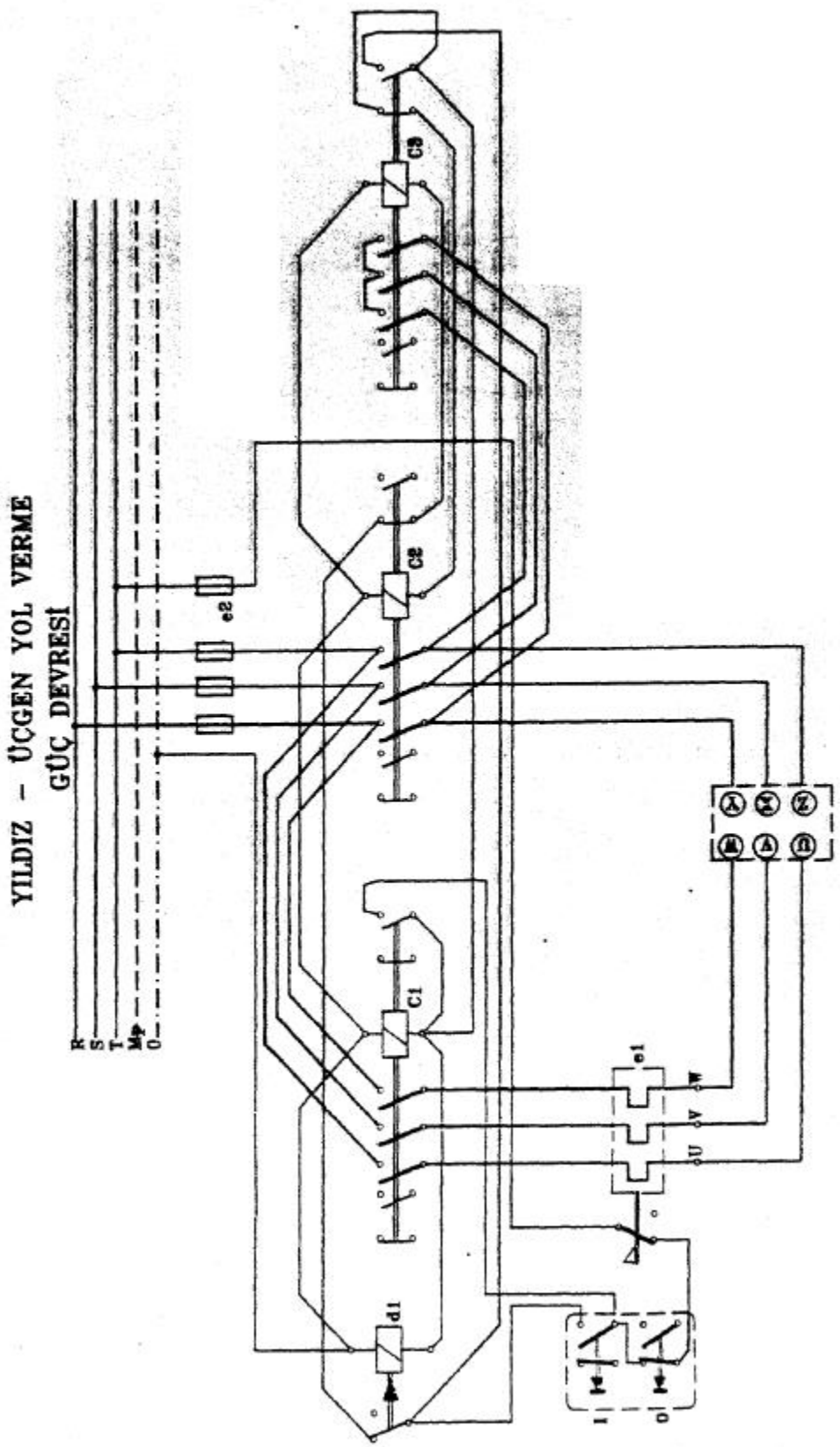


Motor üçgene geçtiği anda zaman rölesi devre dışı kalır.

Şekil 1-33 Yıldız-üçgen yol verme ve kumanda devresi



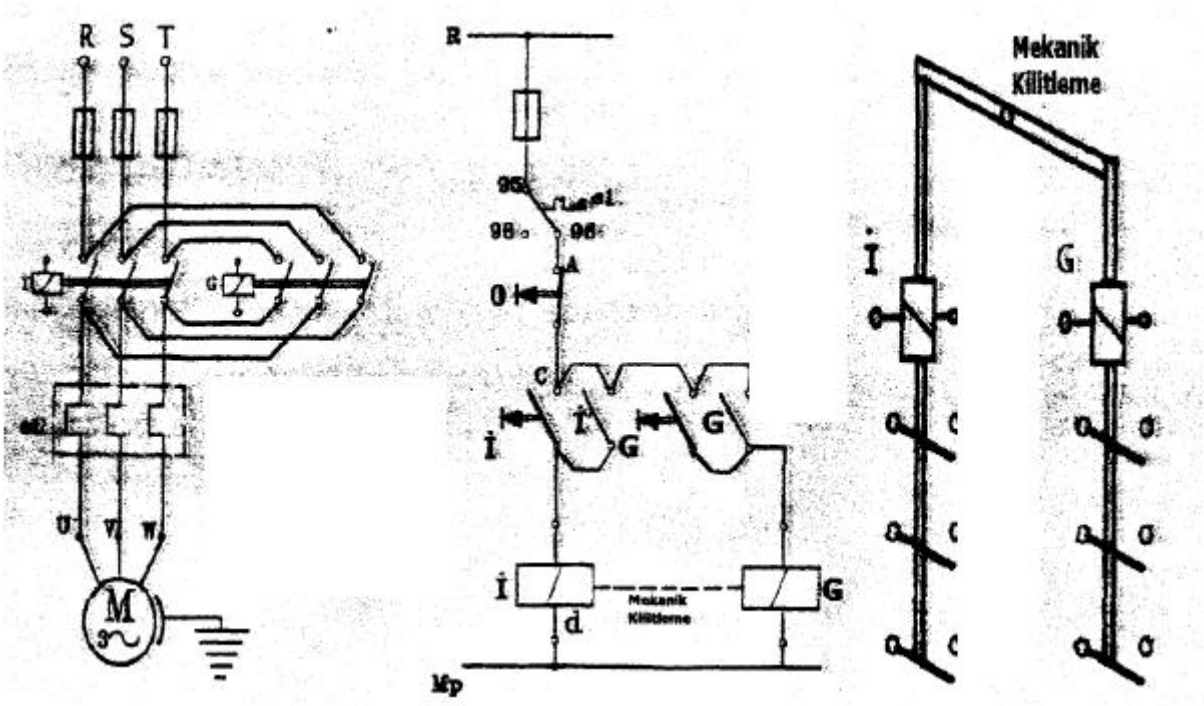
Şekil 1-34 Yıldız üçgen yol verme kumanda devresi



Şekil 1-35 Yıldız-üçgen yol verme güç devresi

Üç Fazlı Asenkron Motorların Devir Yönünün Değiştirilmesi:

Mekanik Kilitleme: Mekanik kilitlemeden amaç ileri ve geri çalışan bir asenkron motorun devir yönünü değiştiren iki kontaktörün aynı anda çalışmasının mekanik olarak önleme esasına dayanır. Bu iki kontaktör mekanik olarak birbirine bağlı olup ileri dönüş yapan kontaktör kapalıyken diğer kontaktör açık devre durumundadır. Böylece faz karşılaşması dolayısıyla da kısa devrenin oluşması önlenmiş olur. Kontaktörlerin aynı anda çalışmasının önlenmesi mekaniği kilitleme yönteminden başka, butonlar ve yardımcı kontaklarla da sağlanır.

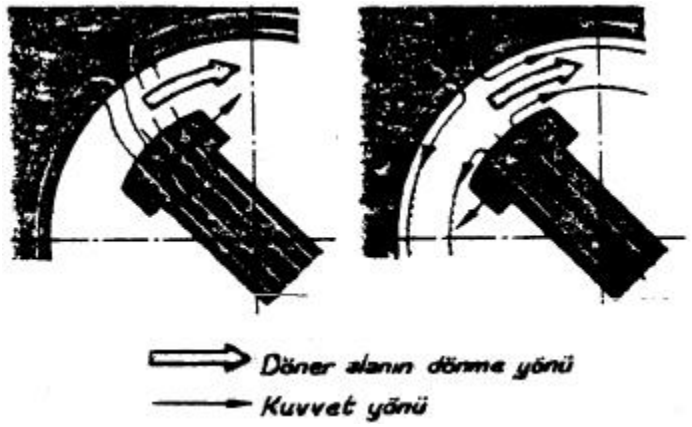


Şekil 1-36 Asenkron motorun devir yönü değiştirme ve mekanik kilitleme

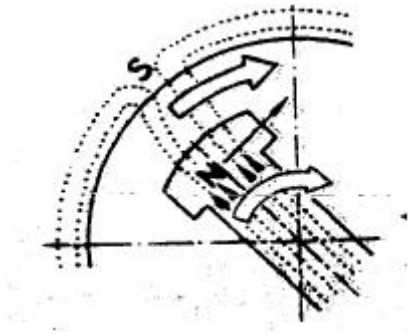
1.2.1.2. SENKRON MOTORLAR

Çalışma Şekli:

Akım şebekesinden alınan üç fazlı akım motor statoru içinde manyetik bir döner alan oluşturur. Statorda oluşan döner alan rotorun kutupları üzerine etkir. Rotorun kutupları üstünden hızlı bir şekilde geçen döner alan kutuplar üstünde kuvvetler oluşturur. Ancak bu kuvvetler döner alanın dönme hızına bağlı olarak devamlı yön değiştirir. Bu nedenle rotor dönüş hareketine başlayamaz (Şekil 1-37).



Şekil 1-37 Sükunet durumundaki bir rotora döner alan tarafından etkiyen kuvvetler.



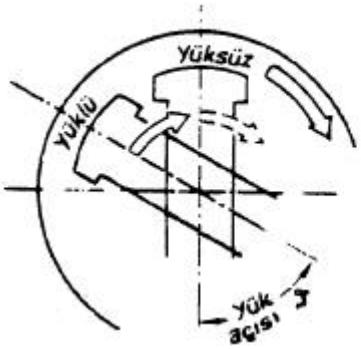
Şekil 1-38 Dönen bir rotora, döner alan tarafından etkiyen kuvvet

Şayet rotor, döner alanın hızındaki bir değerde döndürülürse, döner alan tarafından sürüklenmeye başlar ve döner alanın devir sayısında dönmeye devam eder (Şekil 1-38).

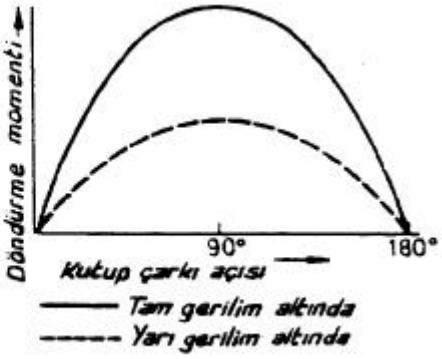
Senkron motorlara ilk hareket dışarıdan verilir. Rotor üstünde bir kısadevre sargısı ayrıca bulunuyorsa, senkron motor asenkron motor gibi dönmeye başlayabilir. Uyarı akım devresi bağlandıktan sonra, bir senkron motor olarak dönüşüne devam eder. Motorun asenkron olarak yol alması sırasında uyarı sargısı bir direnç üzerinden kapalı devre yapılmalıdır. Aksi halde sargılar üzerinde endüklenen gerilim izolasyonları patlatabilir. Kısadevre sargısı işletme sırasında rotorun darbe şeklindeki yüklenmeler karşısında yapacağı salınımları engeller. Bu nedenle **amortisör sargısı** olarak da anılır.

İşletme Karakteristikleri:

Senkron motorlar yol aldıktan sonra döner alanın devir sayısında dönüşüne devam eder. Motor yüklendiği zaman, rotor çarkının kutupları ile döner alanın kutupları arasındaki mesafe büyür. Bu durumda rotor çarkı yük açısı kadar döner alandan; yani, kendi yüksüz haldeki durumundan geri kalır (Şekil 1-39).



Şekil 1-39 Senkron motorun yük açısı



Şekil 1-40 Döndürme momentinin yük açısına (kutup çarkı açısı) bağlı olarak değişmesi.

Yük açısı ne denli büyük olursa, döndürme momenti o değin büyük olur. Statorun iki kutbu arasında rotor kutup çarkının karşılaşacağı kuvvet çok büyüktür. Çünkü, dönüş yönüne göre önde duran kutup, kutup çarkını çekecek, buna karşın geride duran kutup, kutup çarkını itecektir. Çift kutuplu bir makinede yük açısı 90^0 iken, döndürme momenti en büyük değerine ulaşır. Bu en büyük döndürme momenti **devrilme momenti** olarak da anılır.

Yük açısının 90^0 üstüne çıkması halinde önde duran kutbun, kutup çarkını çekmesi büyük ölçüde düşer. (Şekil 1-40). Yük açısı 90^0'ye yaklaştığında devrilme momenti en büyük değerine ulaşır.

Senkron motorların genellikle devrilme momentleri vardır. Bu devrilme momentleri anma momentlerinin aşağı yukarı iki mislidir. Çok kuvvetli yüklenme halinde, motor devrilir ve yüklenme ortadan kalksa bile kendiliğinden devir alamaz. Senkron motorlar asenkron motorlara göre gerilim düşmelerine karşı daha az duyarlıdır. Senkron motorlarda döner alanın manyetik akısı ve döndürme momenti gerilimle doğru orantılıdır (Şekil 1-40).

Senkron motorlarının aşırı uyarılması senkron jeneratörlerinde olduğu gibi endüktif tepkin gücün elde edilmesini sağlar. Bu nedenle aşırı uyarılmış senkron motorları yüksüz çalıştırılarak tepkin güç elde edilir. Bu tür motorlar **faz kaydırma motorları** olarak da anılmaktadır.

Doğru akım uyarılı ve üç fazlı akımla çalıştırılan senkron motorlar, örneğin: yüksek fırınlardaki kompresörlerin ve büyük pompaların döndürülmesinde kullanılırlar. Doğru akım uyarıları olmayan üç fazlı senkron motorlarda bir devamlı mıknatıs rotoru bulunur. bu tür motorlar tekstil makinalarında kullanılmaktadır. Tek fazlı alternatif akımda işletilen

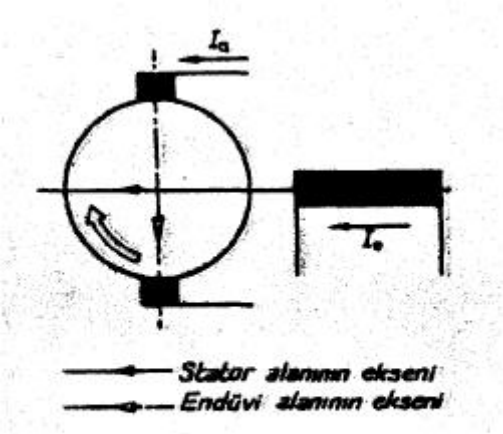
senkron motorlarda doğru akımlı uyarı kullanılmaz. Bu gibi motorlardan elektrikli saatlerin (senkron saatler) ve kaliteli pikapların işletilmesinde yararlanılmaktadır.

1.2.2. DOĞRU AKIM MOTORLARI

Doğru akım motorlarının yol alma momentleri yüksektir ve devir sayıları geniş bir saha boyunca ayarlanabilir. Yapıları, terminal simgeleri ve bağlantı türleri doğru akım jeneratörlerinde olduğu gibidir.

Çalışma Şekli:

Doğru akım motorlarında uyarı sargısına ve endüviye devre akımları dışarıdan verilir. 20 kW'lık bir güce kadar yapılan bazı doğru akım motorlarında sürekli mıknatıslar bulunur ve bu nedenle bu tür motorların uyarı akımına gereksinmesi yoktur. Ancak ister mıknatıslı olsun, ister uyarı sargılı olsun bütün doğru akım makinalarındaki ortaklaşa taraf stator manyetik alanın oluşturulabilmesidir. Stator manyetik alanı içinde duran endüvi–sargılarından bir akım geçirildiğinde, endüvi üzerine bir döndürme momenti etkir. Bu yolla oluşan dönme hareketindeki sürekliliği sağlayabilmek için kollektör, endüvi akım yönünü devamlı ayarlar. Endüvinin dönmesi anında endüvi manyetik alanı uyarı sargısı alanı ile sürekli aynı yönde olmak ister (Şekil 1-41). Ancak kolektör nedeni ile devre akımı devamlı olarak bir sonraki endüvi sargısına verildiği için, endüvi alanı kendine özgü yönü korumak zorunda kalır.



Şekil 1-41 Endüvinin uyarılması ve many alanlar tarafından döndürülmesi

Doğru akım motorlarında uyarı alanı bulunduğu ve endüviden bir akım geçtiği takdirde döndürme momenti oluşabilir.

Dönme Yönünün Değiştirilmesi:

Uyarı alanının - ya da endüvi alanının yönü tersine çevrilmek suretiyle doğru akım motorlarında dönme yönünün değiştirilmesi olanaklıdır. Uyarı ve endüvi alanlarının yönleri ait oldukları sargılardan geçen akımların yönü değiştirmek suretiyle çevrilebilir. Ancak uygulamada uyarı sargısından geçen akımın yönüyle ilgilenilmez; yön değiştirme için endüvi ve çevirici kutup-sargılarının birlikte oluşturduğu seri - devrenin bağlantı uçları çevrilir. Doğru akım motorlarında dönme yönünün değiştirilmesi için endüvi akımının yönü çevrilir.

Döndürme Momenti:

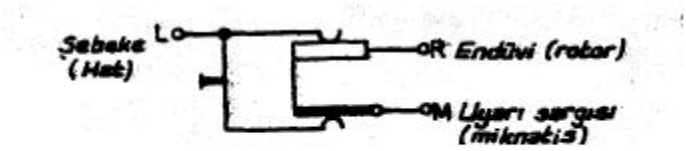
Doğru akım motorlarının döndürme momenti ana - ve endüvi alanlarının manyetik akılarına bağlıdır. Uyarı akımı ve endüvi akımı ne kadar büyük olursa,döndürme momenti o kadar büyük olur.

Yol Verme Akımı:

Bir doğru akım motoru bir ampermetre üzerinden ayarlı bir gerilim kaynağına bağlanmıştır. Endüvi mili el ile sıkıca tutulup, gerilim sıfırdan, başlayarak yavaş yükseltildiğinde, çok düşük gerilim değerlerinde dahi tam anma akımının geçtiği görülecektir.

Nitekim motor dönmez iken; geçen endüvi akımı o anda endüvide bulunan gerilim ile endüvi sargısının direncine bağlıdır. Bu nedenle motora şayet anma geriliminin tam değeri uygulanmış olsa idi, çok yüksek akımların geçmesi olasılı olacak ve elektrik donanımında büyük problemler söz konusu olacaktı. Bundan dolayı çok küçük güçlü olanlarının dışında bütün doğru akım motorlarının akım şebekesine direkt bağlanması olanaklı değildir.

Doğru akım motorlarına endüvi gerilimi düşürülerek yol verilir.



Şekil 1-42 Doğru akım motorları için yol-verme direnci

Endüvi geriliminin düşürülmesi için endüvi akım devresine bir yol verme direnci bağlanır (Şekil 1-42). Yol verme direncinin büyüklüğü, endüvi direncine, motorun anma akımına uygulanan gerilime ve en büyük yol verme akımının tepe değerine bağlıdır.

Örnek: Bir doğru akımın endüvi direnci = 0,5 Ω, endüvi anma akımı = 10 A ve endüvi gerilimi = 220 V dur. En büyük yol verme akımı, anma akımının 1,5 katı kadar olabilmektedir. Motorun yol verme direncini projelendirin.

Çözüm:

En büyük yol verme akımı: $I_2 = 10 \cdot 1,5 = 15$ A

Endüvi devresinin toplam direnci : $R = U / I_2 = 220/15 = 14,66$ Ω

Yol verme direnci: $R_v = 14,66 – 0,5 \approx 14$ Ω

Yol verme direncinin dayanımı: $P = I_{22}. R_v = (15)^2\ 14=3150$ W≈ 3,2 kW

Karşı Elektromotor Kuvveti (Karşı -EMK):

Gerilim uygulanmış bir doğru akım motorunda endüvinin dönmesiyle akım çekişi şiddetle düşer. Bu oluşumun nedeni endüvi sargılarının alan çizgilerini kesmesi sonucu üzerlerinde ortaya çıkan endüksiyon gerilimleridir.

Bu gerilimler Lenz - kuralına göre endüksiyon nedenini yok edecek bir biçimde yönlenmiştir. Endüksiyon nedeni ise endüvi akımının kendisidir. Çünkü bu akım, endüvinin dönmesi sonucunu getirir.

Dönen doğru akım motorlarının endüvilerinde motor akım çekişini düşüren bir gerilim oluşur. Bu gerilime **karşı elektromotor kuvveti** denilir. Karşı elektromotor kuvveti sargılar içinde yük akımına karşı bir akım doğuran ve dolayısıyla yük akımını düşüren bir özendüksiyon gerilimidir.

Devir Sayısının Ayarı:

Sınama amacıyla bir doğru akım motoru, endüvi gerilimi ve uyarı akımı birbirinden ayrı komuta edilecek ve ölçülebilecek şekilde bir gerilim kaynağının devresine bağlanmıştır. Önce uyarı akım devresi bağlanmış ve akım değeri kararlı bırakılmıştır. Sonra endüvi akım devresi bağlanmış ve gerilim değeri giderek yükseltilmiştir. Sınama sonucunda, gerilimin yükselmesiyle birlikte endüvinin gitgide hızlandığı görülmüştür.

Nitekim endüvi gerilimi yükseltildiğinde, endüvi akımı artar. Bunun sonucu daha büyük bir döndürme momenti ortaya çıkar ve karşı - EMK endüvi akımını kısıtlayana dek, endüvinin hızı yükselir.

Endüvi geriliminin büyültülmesi devir sayısını yükseltir; küçültülmesi düşürür.
Aynı doğru akım motoru bu kez endüvi gerilimi kararlı bırakılarak ve uyarı gerilimi değiştirmek suretiyle tekrar sınamadan geçirilmiştir. Sınama sonucunda, uyarı gerilimi küçük iken endüvinin daha çok akım çektiği ve daha hızlı döndüğü görülmüştür.
Nitekim uyarı gerilimi azaltıldığında. uyarı akımı ve buna bağlı olarak endüvideki karşı - EMK düşer. Bu nedenle, endüvi daha çok akım çeker ve daha büyük bir döndürme momenti oluşturarak hızlanmaya başlar. Bunun sonucu olan karşı - EMK tekrardan önceki değerine gelinceye kadar, endüvinin hızlanması süregelir.

Uyarı akımının düşürülmesi devir sayısını yükseltir. Ancak uyarı akımı gelişigüzel düşürülmemelidir. Çünkü bu nedenle oluşacak çok yüksek devirlerde ortaya çıkan merkezkaç kuvvetleri sonucu kollektörler ve sargılar dağılabilir. Bu olasılık doğal olarak sadece yüksüz - ya da çok küçük yüklü durumlar için söz konusudur. Yüklenme arttıkça motor daha büyük bir döndürme momenti vermek zorunda kalır. Uyarı akımının düşürülmesi döndürme momentini azalttığı için, gerekli döndürıne momentini üretebilmek amacıyla motor bu kez daha büyük akımlar çekecek ve bunun sonucu endüvi sargıları yanabilecektir. Bugün uygulamada: motorun anma devri altında dönmesi isteniyorsa, endüvi gerilimi; motorun anma devri üstünde dönmesi isteniyorsa, uyarı gerilimi belirli değerlere kadar düşürülebilmektedir.

endüvi akımı:

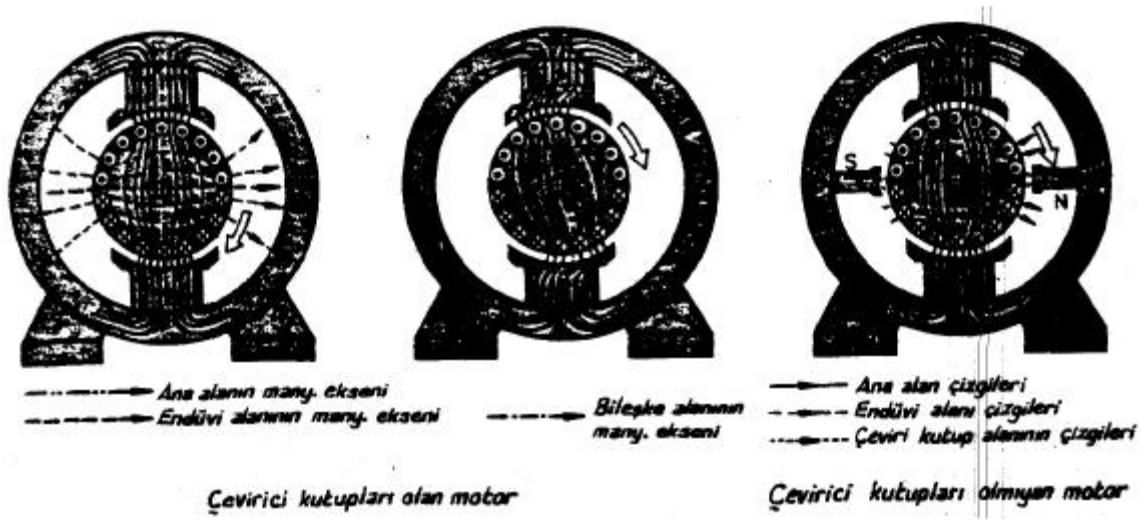
Sınama amacıyla bir doğru akım motoru bir ampermetre üzerinden anma geriliminin yarı değerinde bir gerilime bağlanmıştır. Endüvi dönmeye başladığında bir balata ile giderek frenlenmiştir. Sınama sonucu, frenlemenin, yani yüklenmenin artmasıyla endüvi akımının yükseldiği görülmüştür.

Nitekim yüklenme anında endüvi devir sayısı ve buna bağlı olarak karşı-EMK düşer. Bunun sonucu endüvi daha çok akım çeker ve gerekli döndürme momentini vermeye çalışır.

Doğru akım motorlarının yüklenmesi anında endüvi akımları yükselir.

Enine Endüvi Alanı:

Doğru akım motorlarında enine endüvi alanı oluşur. Ancak endüvinin dönüş yönüne göre motor endüvi akımı jeneratör endüvi akımına değinle ters yöndedir. Bundan dolayı motordaki enine endüvi alanının yönü terstir (Şekil 1-43).



Şekil 1-43 Yüklenme anında bir doğru akım motorunda manyetik alanın kayması ve çevirici kutuplarla bu kaymanın önlenmesi.

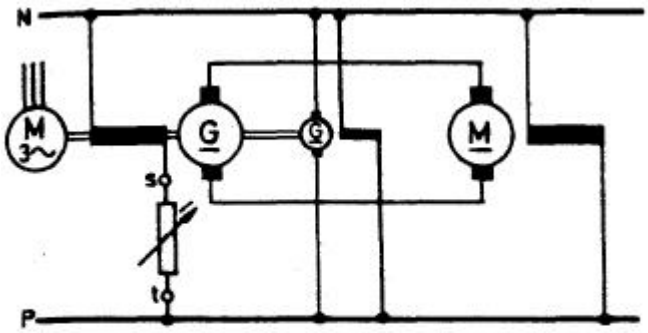
Yüklenme anında motorun nötr bölgesi dönüş yönünün aksinde kayar. Yüklenme anında fırça kıvılcımlarının oluşmaması için, fırçalar endüvi dönme yönünün aksinde kaydırılır. Fırçaların kaydırılması ile bir kısım enine endüvi alanının ana alana karşı yönlenmesine ve ana alanın zayıflamasına neden olur. Bundan dolayı yüklenme anında motor devir sayısı artabilir ve motor giderek devir alabilir; yani bir kararsızlık ortaya çıkar. Bu nedenle orta - ve büyük güçteki motorlarda fırçaların kaydırılmasından kaçınılmaktadır.

1 kW'ın üstündeki doğru akım motorlarında genellikle çevirici kutuplar vardır. Bu çevirici kutuplar enine endüvi alanına karşı etkiyerek kollektördeki akım çevrimini düzenler. Doğru akımlı motorlarda çevirici kutupların manyetik işaretleri jeneratörlerinki ile terstir (Şekil 1-43).
Çevirici kutupları olan motorlarda dönme yönü ana kutuptan aynı manyetik işaretli çevirici kutuba doğrudur.

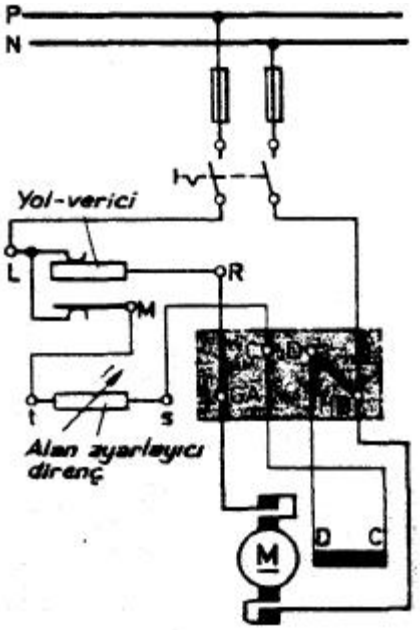
Dönüş yönünün çevrilmesi istendiğinde endüvi - ve çevirici kutup sargılarının birlikte oluşturduğu seri-devrenin bağlantı uçları değiştirilir.
100 kW'ın üstündeki ve darbeli yüklenen motorlarda, ana kutuplar altına fazladan kompanzasyon sargıları döşenmektedir.

1.2.2.1. ŞÖNT MOTORLAR(PARALEL SARIMLI MOTORLAR)

Doğru akım motorları, uyarı akım sargısının endüvi ile bağlantı türlerine göre sınıflandırılırlar.Şönt motorları uyarı akım sargısının endüviye paralel olduğu motorlardır (Şekil 1-45).



Şekil 1-44 Leonard devresi



Şekil 1-45 Komple bir şönt motorun akım devresi(sağa dönüşlü)

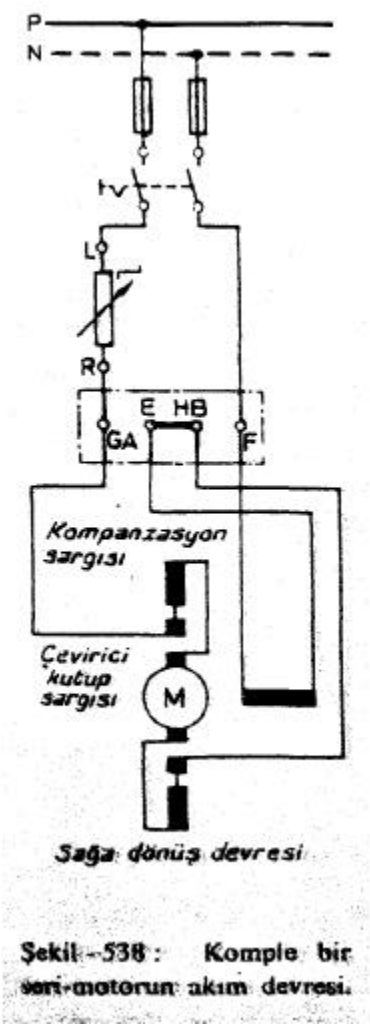
Bu motorlarda devir sayısının ayarı yol-verici ve ayarlayıcı dirençler ile yapılır.
Şönt motorlar yüksüz ve yüklü durumlarda dıştan uyarmalı motorlar gibi bir karakter gösterir. Yani yüksüz durumda kendi başlarına devir yükseltmezler ve yük altında çok az devir yitirirler. Bu tür bir karakter elektroteknikte **şönt bağlantı karakteri** olarak tanımlanır.
Şönt motorlar dıştan uyarmalı motorların uygulandıkları sahalarda kullanılmaktadır.

1.2.2.2. SERİ MOTORLAR(SERİ SARIMLI MOTORLAR)

Bu motorlarda uyarı sargısı endüvi ile seri bağlanmıştır (Şekil 1-46). Bir alan ayarlayıcı direncin uyarı sargısına paralel bağlanması suretiyle ana alanı zayıflatarak devir sayısını yükseltme işlemi bu motorlarda uygu1anmaz. Uygulansa bile çok enderdir.

Seri motorlarda endüvi akımının tümü uyarı sargısından geçer. Bu nedenle endüvi akımı yükseldikçe uyarı akımı da yükselir ve bu oluşum özellikle motorun yol alması sırasında büyük olur.

Seri motorların yol alma momentleri bütün diğer motorlardan büyüktür. Yüksüz olarak yüksek devire geçme sırasında endüvi akımı ve buna bağlı olarak uyarı akımı giderek düşer. Uyarı akımı ile birlikte uyarı alan şiddeti azalacağından devir sayısı yükselir. Seri motorlar yüksüz durumda giderek devirlerini yükseltir.

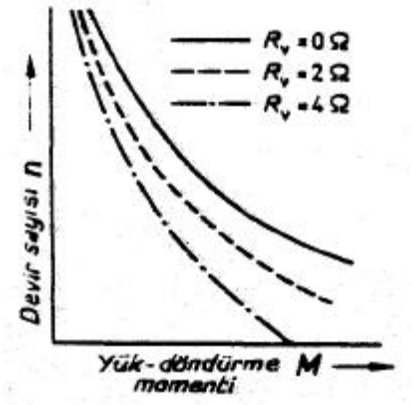


Bundan dolayı seri motorlar hiçbir halde düz kayışlı makinelere bağlanmamalıdır. Aksi halde kayış fırlayabilir.

Seri motora yüklenme anında endüvi akımı ve buna bağlı olarak uyarı akımı yükselir. Uyarı akımının yükselmesi sonucu döndürme momenti artar iken devir sayısı düşer (Şekil 1-47).

Şekil 1-46 Komple bir seri motorun akım devresi

Şayet motorun akım devresinde bir öndirenç varsa, yüklenme anında devir sayısındaki azalmalar oldukça büyük olur.



Şekil 1-47 Seri motorların farklı öndirençler altında yüklenme eğrileri.

Böyle bir durumda yükselen endüvi akımı öndirenç üzerinde bir gerilim düşmesine neden olur ve bunun sonucu endüvi gerilimi düşer. Endüvi akımıyla birlikte uyarı akımı da yükseldiği ve endüvi gerilimi düştüğü için, devir sayısı azalır.

Seri motorlar elektrikli araçlarda, örneğin: tramvaylarda ve elektrikli otoraylarda kullanılırlar. Şayet bu motorların statoru saç paketi halinde ise, alternatif akımla da çalışabilirler.

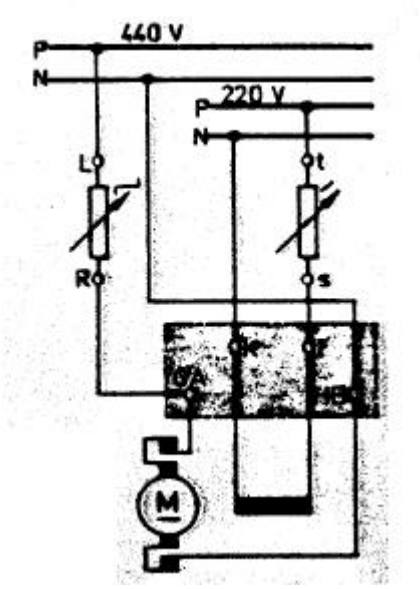
Bazı alçak gerilimli ve yüksek güçlü seri motorlar **marş motoru** olarak otolarda kullanılır. Alternatif akımla da işletilmek üzere yapılmış seri motorlara **üniversal motorlar** denilir.

1.2.2.3.SABİT MIKNATISLI MOTORLAR(DIŞTAN UYARMALI MOTORLAR)

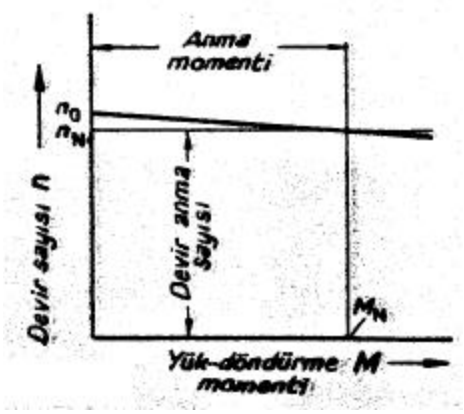
Dıştan uyarmalı motorlarda uyarı sargısı endüvi ile bağlanmaz. Uyarı akımı bağımsız bir gerilim kaynağından sağlanır (Şekil 1-48). Yol-verme ve devir sayısının düşürülmesi için, örneğin: bir yol-verme direnci ile endüvi gerilimi ayarlanır. Devir sayısının yükseltilmesi için ise, örneğin: bir alan ayarlı direnç ile uyarı akımı düşürülmektedir. Dıştan uyarmalı motorların güç etiketlerinde endüvi gerilimine paralel olarak uyarı gerilimi ayrıca verilmektedir.
Uyarı sargıları yerine sürekli - mıknatısları bulunan motorlar bir tür dıştan uyarmalı motor sayılabilir. Çevirici kutupları olmayan bu motorlar örneğin: otolarda cam silegeçleri için kullanılır.

Dıştan uyarmalı motorlar üç fazlı motorlar gibi karakter gösterir ve bunlar yüksüz halde iken giderek devirlerini yükseltmezler.

Gerilime bağlandıktan sonra uygulanan gerilim ile endüvideki karşı-EMK birbirine eşit oluncaya kadar devir yükseltirler ve sonra kararlı devirde dönerler. Yüklenme anında devir sayısında çok az bir değişiklik olabilir (Şekil 1-49).



Şekil 1-48 Çevirici kutupları, yol-vericisi ve alan ayarlayıcısı olan dıştan uyarmalı bir motorun akım devresi.

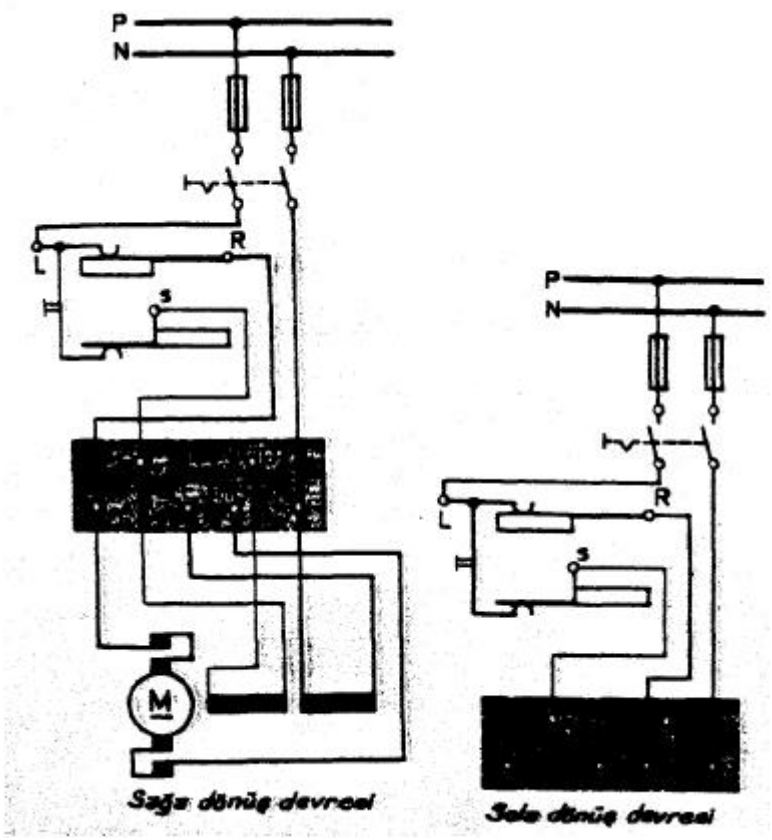


Şekil 1-49 Dıştan uyarmalı bir motorun yüklenme eğrisi.

Dıştan uyarmalı motorlar, devir sayısının büyük ölçüde ayarlanmak istendiği kesimlerde örneğin taşlama makinelerinde ve diğer yüksek kaliteli üretim düzenlerinde kullanılır. Devir sayısının ayarlanması Leonard devresiyle (Şekil 1-44) yapılır. Bu devrede bulunan dıştan uyarmalı jeneratörün alan ayarlayıcı direnci ayarlanarak endüvi gerilimi değiştirilir. Bunun sonucu dıştan uyarmalı motorun endüvi akımı ve buna bağlı olarak devir sayısı değişmektedir.

1.2.2.4. SERİ/ŞÖNT MOTORLAR(COMPOUND=BİLEŞKE ALANLI MOTORLAR)

Compound motor ya da **bileşke alanlı motor** da denilen seri/şönt motorlarda ana kutuplar üzerine bir seri sargı ve bir şönt sargı oturtulmuştur. Devir sayısının ayarlanması yol verici ve alan ayarlayıcı dirençler üzerinden yapılır (Şekil 1-50). Bileşkelendirilmiş bir motorda, seri sargının manyetik alanı ile şönt sargının manyetik alanı aynı yönde olacak şekilde seri sargı tertiplenmiştir. Bileşkelendirilmiş motor yüksüz durumda bir şönt motor gibi bir tutum gösterir ve yüklenme anında devir sayısı fazlaca düşer. Çünkü yüklenme anında endüvi akımı yükselmekte ve buna bağlı olarak ana alanın manyetik akısı kuvvetlenmektedir.

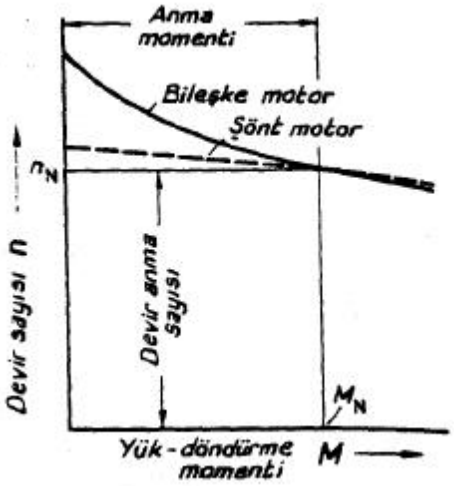


Şekil 1-50 Komple bir bileşke alanlı motorun akım devresi.

Seri sargının manyetik alanı şönt sargının manyetik alanını zayıflatacak şekilde seri sargı bağlanırsa, bu motor “karşı bileşkelendirilmiş” olur. Şayet dönme yönünü değiştirme işlemi sırasında bağlantılar yanlış yapılırsa (örneğin: GA'dan, HB’ye

olacak yerde (Şekil 1-50) GA'dan, F'e olması), istenmeden bir bileşkeli motordan karşı bileşkeli bir motor oluşturulmuş olur. Bunun sonucu bileşke alan zayıflayacağı için, yüklenme anında devir sayısı yükselir. Karşı bileşkeli motorların daima kendi başlarına devir yükseltmeye karşı eğilimleri vardır, kararsız olduklarından uygulamada kaçınılmaktadır.

Bileşke alanlı motorlar şönt motorlarıyla ilk çekme momentinin karşılanamadığı yerlerde, örneğin: vinçlerde kullanılır. 12 kW'ın üstündeki dıştan uyarmalı bir motorda ya da bir şönt motorda yardımcı bir sargı bulunuyorsa, bunlar seri/şönt motor gibi bir tutum gösterir. Bu tür motorlara yardımcı bir seri sargı döşenmesinin nedeni, yüklenme anında endüvi alanının ana alanı zayıflatması sonucu oluşan devir artışlarından kaçınabilmektir.



Şekil 1-51 Bir şönt motor ile bir bileşke alanlı motorun karşılaştırılması

Doğru Akım Makinelerinde Dönüş Yönü ve Terminal Simgeleri:

Doğru akımla çalışan makinelerin terminal simgeleri motorlarda ve jeneratörlerde aynıdır (Tablo 1-2). Bu tabloya göre, örneğin bir sargının başlangıç ucu C harfi ile simgelenmişse, C harfini alfabetik olarak takip eden D harfi aynı sargının bitiş ucunu gösterir. Sağa dönüş için

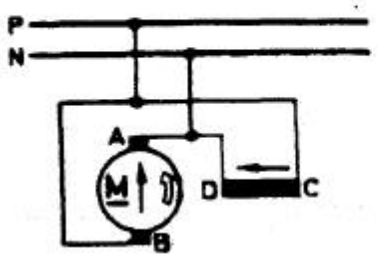
Tablo 1: Doğru akım makinalarında terminal simgeleri
(Batı Alman Standartı)

Makina		Endüvi	A - B
		Şönt sargı	C - D
		Seri sargı	E - F
		Çevirici kutup sargısı ve Kompanzasyon sargısı	G - H
		Dıştan uyarmalı sargı	I - K
	Ekler (gerekliğinde)	Çevirici kutup sargısında	GW - HW
		Kompanzasyon sargısında	GK - HK
		(A) Endüvi tarafında	EA - FA, GA - HA
		(B) Endüvi tarafında	EB - FB, GB - HB
Yol - yerici		Şebeke bağlantı terminali	= L
		Endüvi » » »	= R
		Şönt Sargı » » »	= M
Alan ayarlayıcı		C - D'nin kısa devre edilmesinde şebekeye ya da endüviye bağlantı terminali	q
		Şönt sargı'ya bağlantı terminali	s
		Şebeke ya da endüviye bağlantı terminali	t

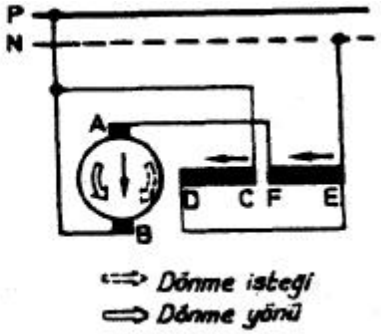
Tablo 1-2

motordaki akım yönü her bir sargının başlangıç ucundan bitiş ucuna doğru olacak şekilde; yani alfabetik sıra takibinde saptanmıştır. Seri motorlarda sağa dönüş için devre akımı A'dan B'ye ve E'den F'ye doğru akar. Şönt motorda A'dan B'ye doğru bir akım, C'den D'ye doğru ikinci bir akım akar. Jeneratörlerin döndürülen, motorların ise döndüren tarafında kasnak ya da benzeri bir mekanik kavrama bulunur. Bu kavrama üstüne kazılmış okun yönü saat ibresinin dönme yönünde ise, makinanın dönme yönü sağa doğru; aksi yönünde ise makinanın dönme yönü sola doğrudur.

Devre şemalarında belirtilen okun yönü devre akımının yönünü (Şekil 1-52) ve aynı zamanda ait olduğu sargıdaki manyetik akının yönünü verir.



Şekil 1-52 Bir şönt motorda dönme ve akım yönleri (sola dönüş)



Şekil 1-53 Bir bileşke alanlı motorda dönme ve akım yönleri (sola dönüş)

Endüvi alanı en kısa yoldan ana alanın dönme yönünde dönmek ister. Endüvi alanın dönmek istediği bu yön şemaları üzerinde ayrıca belirtilir. Şayet motor üzerinde iki uyarı sargısı bulunuyorsa, bu sargılardan geçen akımların yönleri alfabetik sıra takibinde ayrı ayrı gösterilir (Şekil 1-53).

1.2.3. HİBRİD MOTORLAR

Çalışması için özel pals veya sinyal gereken motorların genel adıdır.

1.2.3.1. ADIM MOTORLAR (STEP MOTORLAR)

Belirli bir adım açısı kadar adımlar halinde (örneğin: her 7,5° için bir adım boyu) rotorun döndüğü motorlara **adım motoru** denilir. Adım frekansı (= bir saniyedeki adım sayısı) bu motorlarda 10000 Hz'in bir kaç katına çıkabilmekte ve devir sayıları dakikada 1000 devire kadar yükselebilmektedir.

$$n = \frac{\langle \cdot f_a}{360^0}$$

n = devir sayısı (dev./san.)

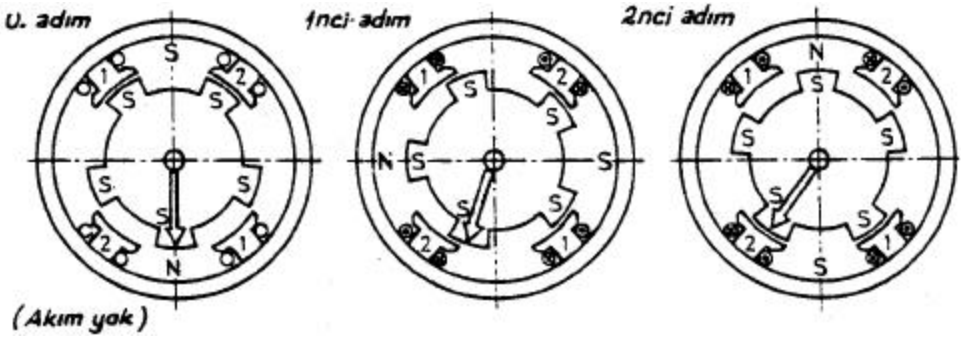
$\langle$ = adım açısı (^{0})

f_a = adım frekansı (Hz)

Örnek: 720 Hz'lik bir adım frekansı ile komuta edilen bir adım motorunda adım açısı $7{,}5^0$ olduğuna göre dakikadaki devir sayısını bulunuz.

Çözüm: $n = \frac{\langle \cdot f_a}{360^0} = \frac{7{,}5.720}{360^0}$ = 15 dev./san. = 900 dev./dak.

Adım motorlarının stator sargıları genellikle 4 parça sargıdan oluşur (Şekil 1-54). Bu sargılar mekanik ya da elektronik komuta şalteri üzerinden birbiri ardına ve belirli bir düzen içinde akım devresine sokulup çıkartılır. Yalnızca doğru akım ile çalışan adım motorlarında, sargıların bu değin bir tertip içinde uyarılması, statorda adımlar halinde dönen bir manyetik alan oluşturmaktadır.



Şekil 1-54 Adım motoru

Adım motorunun rotoru, üzerinde çeneler bulunan bir sürekli mıknatıstır. Mil ekseni yönünde sürekli mıknatıslandırılmış olan bu rotor, stator içinde en küçük manyetik direnci gösterecek şekilde durur. Bu nedenle motor sükunet durumunda iken sürekli bir tutucu momentinin etkisi altındadır Bu tutucu moment işletme anındaki döndürme momentinden büyük olabilir.

Stator alanı tam bir devir yaptığında, rotor üzerinde bulunan çenelerden dolayı rotor çarkı yalnızca yarım çene boyu kadar döner. Çene ve kutup sayısı ne kadar çok olursa, rotorun dönmesi yani adım açısı o kadar küçük olur. Genellikle, stator alanının tam bir devri için 48-200 adım gerekli olmaktadır.

500 W'lık bir güce kadar yapılan adım motorları takım tezgahlarının çok duyarlı ayarları için kullanılmaktadır. (Örneğin: radyal matkabın dalma derinliği vb.).

1.2.3.2. FIRÇASIZ DOĞRU AKIM MOTORLARI

-Manyetik alanın özel bir kontrol devresi ile döndürüldüğü motorlardır.

-Uzun ömürlü ve çok değişik hızlarda yüksek verimde çalışan motorlardır.

BÖLÜM 2

KUMANDA DEVRE SEMBOLLERİ VE TANITMA İŞARETLERİ

2.1. SEMBOLLER

Kumanda devrelerinde, çok çeşitli elemanlar kullanılır. devre şemaları, standart hale getirilmiş semboller yardımı ile çizilir.Ülkemizde, Alman-Amerikan-Fransız-Rus ve TSE Standartlarına göre çizilmiş şemalara rastlanır. Ancak, Alman firmalarıyla işbirliğimiz daha çok olduğundan Türkçeleştirilmiş teknik çevirilirde, Alman normu ile çizilmiş şemalara daha çok rastlanır.

İyi bir teknisyenin, kumanda devre şemalarını okuyabilmesi ve isteğe uygun, devre şemasını çizebilmesi için, Standart kumanda devre elemanlarının sembollerini bilmesi gerekir.

Kumanda devre elemanları çok çeşitli olduğundan, bu bölümde sıkça karşılaşılan bazı devre elemanlarının sembolleri verilmiştir. Her ülke zaman içerisinde, sembollerini kolaylaştırıcı değişiklikler yapmaktadır. Dolayısıyla, önümüzdeki zaman içerisinde, verilen sembolden farklı bir sembol ile çizilmiş, şema ile karşılaşmak mümkündür.

Tablo 2-1'de, Alman-Amerikan-Fransız ve TSE (TS 3629) için geçerli önemli semboller ve işaretleri liste halinde verilmiştir.

2.2.TANITMA İŞARETLERİ

Şemalarda, her devre elemanı, bir tanıtma harfi ile belirtilir. DIN 40719'a göre devre elemanlarının tanıtma harfleri,Tablo 2-2'de gösterildiği gibidir. Tanıtma harfleri, devre elemanlarının tip ve teknik karakteristiklerini ifade eder.

Bir devrede, aynı sınıf tanıtma elemanlarından birden fazla kullanılmış ise, tanıtma harfleri, numaralı olarak verilir. Örneğin e_1 sigorta, e_2 termik gibi.

KUMANDA DEVRE ELEMANLARI SEMBOLLERİ

KUMANDA ELEMANI	SEMBOLLER				
	Alman	Amerikan	Fransız	Rus	TSE
Kontaktör yardımcı kontaktör ve röle bobini					
Kapama kontağı (kapayıcı kontak)					
Açma kontağı (açıcı kontak)					
Konum değiştirme kontağı					
Kontaktör (komple)					
Zaman rölesi bobini (çekmede gecikme)		TR			
Ters zaman rölesi bobini (bırakmada gec.)					
Normalde kapalı gecikme ile açılan kontak		TO			
Normalde açık gecikme ile kapanan kontak		TC			
Normalde kapalı gecikme ile kapanan kontak		TC			
Normalde açık gecikme ile açılan kontak		TO			
Zaman rölesi (komple)					
Termik röle					

Termik röle kontağı					
Termik (komple)					
Başlatma (start) butonu					
Durdurma (stop) butonu					
Çift yollu kumanda butonu					
Sınır anahtarı kapama kontağı					
Sınır anahtarı açma kontağı					
Her iki yönde çalıştırılan sınır anahtarı					
Sinyal lambası					
Sigorta					
Kondansatör					
Transformatör					
Reaktans bobini					
Köprü montajı redresör					
Klemens bloku					

DIN 40719'a göre:

Devre elemanının adı	İşareti	Örnek
Kontaktör	c	Güç Kontaktörleri
Yardımcı kontaktörler	d	Yardımcı Kontaktörler, Röleler, Zaman Röleleri
Şalter	a	Seksiyoner, Yük şalteri, Motor şalteri
Yardımcı Şalter	b	Kumanda şalteri, Butonlar, Seçici Anahtarlar, Priz tertibatları,
Devre Koruma Elemanları	e	Sigortalar, Koruma Röleleri, Frenli Kontrol Cihazları, Santrifuj Anahtarlar, Parafudurlar, Bucholz Emniyet Rölesi
Redüktörler	f	Ölçü Trafoları, Röle ve Ölçü Cihazları için Şönt ve Vericiler (ısı ölçüleri için termo ve dirençli elemanar)
Ölçü Cihazları	g	Voltmetre, Ampermetre Watmetre, Kosinüsfimetre, Frekansmetre, Sayaçlar takometre vb.
Optik ve Akustik İhbar Cihazları	h	Sinyal lambaları, Sayıcı Mekanizmalar, Çalar Saatler, Korna ve Canavar düdükleri
Kondansatör ve Self bobinleri	k	Her Cins Kondansatör, Reaktans ve Filitre Bobinleri
Makina ve Transformatörler	m	Motorlar, Generatör, Transformatörler.
Redresör ve Bataryalar	n	Redresörler, Akümülatörler, Piller, Galvanik elemanlar
Tüpler ve Amplifikat		Vakum tüpleri, Gazlı tüpler, Amplifikatörler, Transistörler

Tablo 2-2

Çizelge: 21

2.3. KUMANDA DEVRE ŞEMALARININ ÇİZİMİNE AİT GENEL BİLGİLER

2.3.1. ŞEMA ÇİZİM TEKNİĞİ

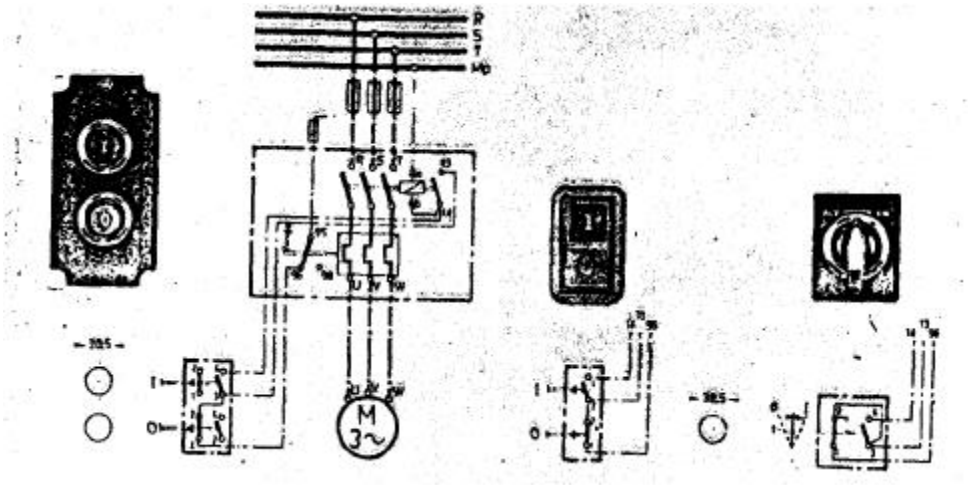
Kumanda devre şemaları, devrenin projesinde kontrol ve bakımında, arıza yerinin belirlenmesi ve giderilmesinde teknisyenin en önemli yardımcısıdır.

Şemalarda devre elemanları enerjisiz sistem çalışmazken gösterilir. Devre elemanlarının çalışma sırası, soldan sağadır. Mekanik olarak birbirine bağlı, aynı devre elemanlarının bölümleri, kesik çizgi ile tek hat olarak gösterilir. Birbirinden uzak olan elemanların birleştirme hattı, kısmen çizilir ve numaralanır.

Devre şemaları genel olarak iki bölümde çizilir:

a) a)Güç Devresi (Ana Akım Akış Devresi) Şeması
b) Kumanda Devresi (Dizpozisyon) Şeması

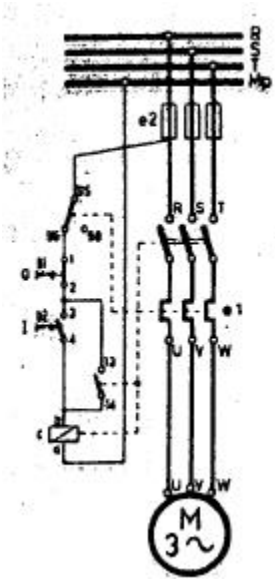
Şekil 2-1'de üç fazlı motora start-stop kumanda butonu ile bir yönlü yol verilmesine ait devre şeması görülmektedir.



Şekil 2-1 Asenkron motorlara kontaktör, sigorta ve termik role düzeni ile direk yol verme

Şemada, güç ve kumanda devresi bir bütün halinde gösterilmiştir. Böyle şemalara, **komplike devre şemaları** denir. Devre basit olduğundan, şema takip edilebilir durumdadır. Oysa daha karmaşık devrelerde, akım yolu takibi güç olur. Onun için, güç ve kumanda devreleri ayrı ayrı çizilen şemalar tercih edilir.

Şekil 2-1'deki devre şeması, Şekil 2-2' deki gibi gösterilebilir.Şekil 2-2'ye dikkat edilirse, aynı devre elemanı parçaları, kesik çizgilerlegösterilmiştir. Şema, Şekil 2-1'e göre basitleştirilmiştir.



Şekil 2-1 ve 2-2 deki devre, Şekil 2-3 ve 2-4'de güç ve kumanda devreleri ayrı ayrı çizilerek gösterilmiştir.

Eleman Listesi:

e_1 = Termik röle

e_2 = Sigorta

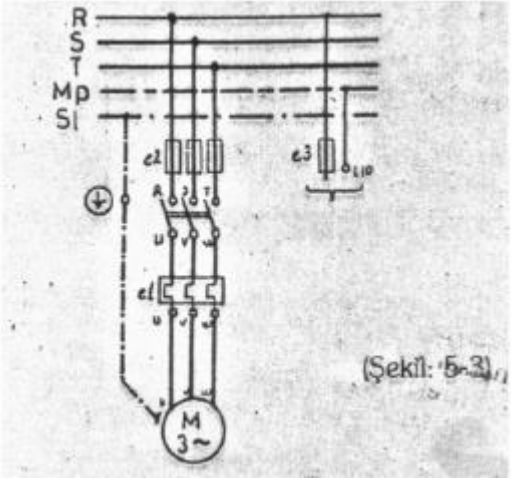
c = Güç kontaktörü

b_1 = Stop butonu

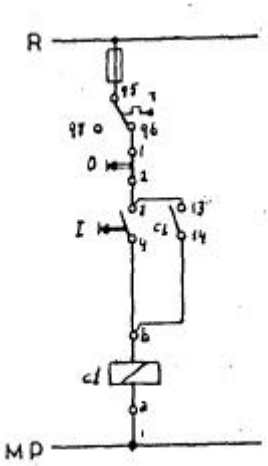
b_2 = Start butonu

m = motor

Şekil 2-2



Şekil 2-3



Şekil 2-4

Güç Devresi Şeması:

Bu şema Şekil 2-3'de görüldüğü gibi, şebeke ile motor arasında, motorun çektiği akım yolu şemasıdır. Yani enerji akışını gösteren ana hatlarla, ana devre elemanlarını gösterir. Kumanda devre şemasına göre, daha kalın çizelgelerle çizilir.

Kumanda Devresi Şeması:

Bu şema, Şekil 2-4'de görüldüğü gibi, ana devre elemanlarına ait kumanda cihazlarının irtibatlarını gösterir. Güç devresindeki motorun yol verme koşulları ve devrenin özellikleri, bu şemalarda görülür. Kumanda devre şemaları, güç devresi şemalarına göre, daha ince çizelgelerle gösterilir.

2.3.2. ELEMAN LİSTESİ

Her güç devresi şemasının yanına, devrede kullanılan elemanların listesi çıkarılır.Bu duruma göre güç devresi şeması sol üstte, eleman listesi sağ üstte, kumanda devresi şeması altta gösterilir.

2.3.3. KLEMENSLER

Klemensler elektriki noktaların pano çıkışlarında, makina girişlerinde kullanılan elemanlar olup, bunlar sıra ile numaralanır. Sayıların önüne klemens blokunun nosu eklenir. Uygulamada 4 sayılı noların kullanılması uygun bulunmuştur. Bu numaralarda birler hanesinin önüne sıfır konur. Örneğin:

0205=2. klemens blokunun 5 no'lu klemensi anlaşılır.

OTOMATİK KUMANDA ELEMANLARI

3.1. BUTONLAR

Devre elemanlarıdır. Dışarıdan bir itme kuvvetiyle kontakları konum değiştiren kumanda devre elemanlarıdır. Bağlı olduğu devredeki röle ve kantaktörlerin çalıştırılıp durdurulmasını sağlar. Butonlar, çalıştırılacak olan röle veya kontaktörlerin bobin devresine bağlanır.

Çalışma şekillerine göre;ani temaslı ve kalıcı tip olmak üzere ikiye ayrılır:

3.1.1. ANİ TEMASLI BUTONLAR

3.1.1.1. BİR YOLLU BUTONLAR

Bir kontak takımı bulunan butonlardır. Ani temaslı olup start(başlatma), stop(durdurma) olmak üzere ikiye ayrılır:

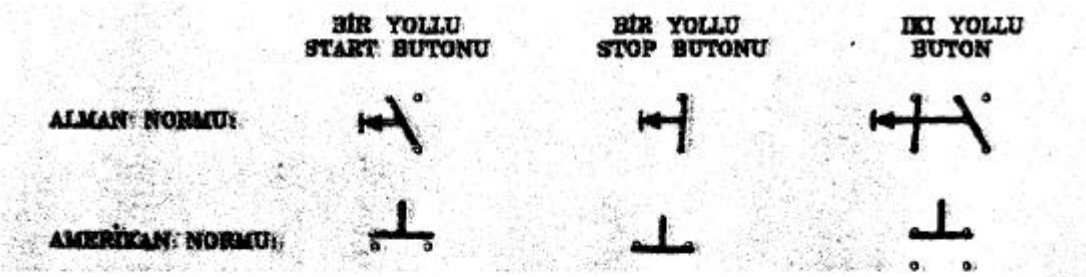
Start Butonu: Başlatma butonudur. Kontak takımı normalde açıktır. Butona basıldığında kontak kapanır. Buton üzerinden etki kalktığında kontaklar yayın itme kuvvetiyle aniden açılır.

Stop Butonu: Durdurma butonudur. Kontak takımı normalde kapalıdır. Butona basıldığında kontak açılır. Buton üzerinden etki kalktığında kontaklar yayın itme etkisiyle aniden kapanır.

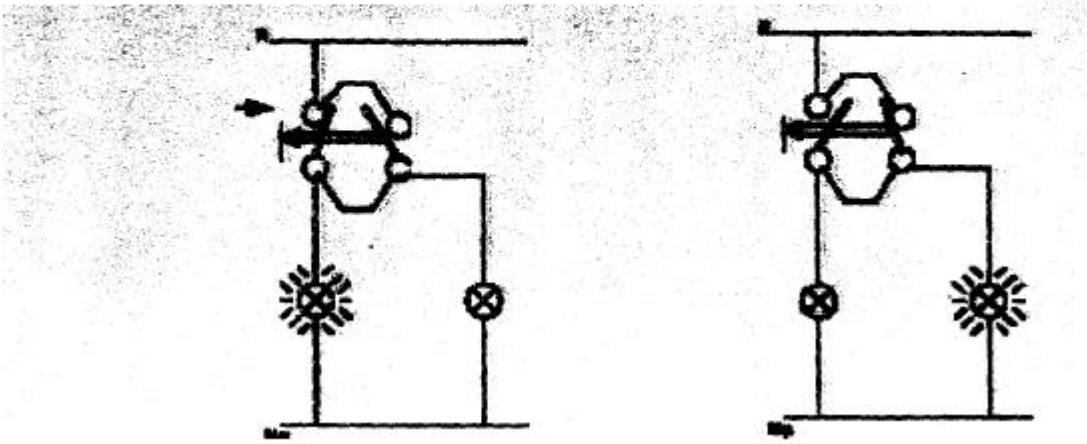
3.1.1.2. İKİ YOLLU BUTONLAR

En az iki kontak takımı bulunan butonlardır. Normalde kapalı ve açık olmak üzere iki kontak takımı vardır. İki kontak da bir mekanizmaya bağlı olarak birlikte hareket ettirilir. Butona basılınca üstteki kapalı kontak açılır,alttaki açık kontak kapanır.

Butona uygulanan baskı kuvveti kalktığında,kontaklar yayın itme kuvvetiyle eski konumlarını alırlar.



Şekil 3-1 Buton sembolleri



Şekil 3-2 İki yollu start-stop butonunun çalışma şekli

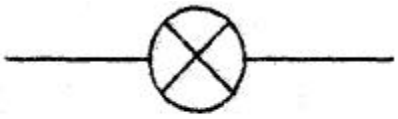
3.1.2. KALICI TİP BUTONLAR

Kalıcı tip butonlar basmalı, çevirmeli ve anahtarlı olarak yapılırlar. Kalıcı butona basıldığı ya da çevrildiğinde buton durumunu değiştirir. Kalıcı buton serbest bırakıldığında önceki konumuna dönmez. Yani basıldığı ya da çevrildiği şekilde kalır. Bir yollu ya da iki yollu olarak yapılabilirler. Uygulamada birden fazla kumanda butonları aynı koruyucu içine alınmak suretiyle ikili, üçlü, dörtlü ve çoklu buton grupları oluşturulur. Böylece start ve stop butonları aynı merkez içerisine alınır.

Kumanda devrelerinde kullanılan butonlar, devrelerine bağlanan bobinlerin endüktif etkisi nedeniyle çok yüksek ani gerilim darbesinin etkisinde kalırlar. Bu nedenle kontaklarda kullanıcı ve toprak arasında iyi bir yalıtım sağlanmalıdır.

Sinyal Lambaları : Bir kumanda devresinin veya elemanının çalışıp çalışmadığını belirlemek için sinyal lambaları kullanılır. Bir fazlı ve üç fazlı devrelerde elektrik enerjinin olup olmadığının anlaşılmasına yarar. 6 volt ile 380 volt arası standart gerilimlere uygun neon ampuller vardır. Bu ampuller kumanda devrelerine aydınlatma, kuvvet pano ve tablolarında bulunan sinyal lambasında kullanılırlar.

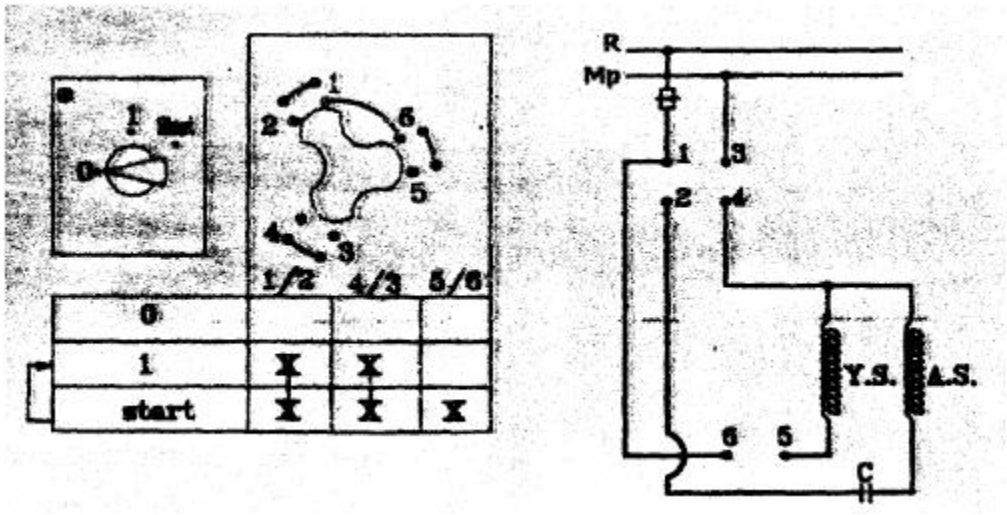
Çeşitli renkte olanları vardır.



Şekil 3-3 Sinyal lambası

3.2. PAKET ŞALTERLER

Bir eksen etrafında dönebilen, art arda dizilmiş birkaç dilimden oluşan çok konumlu şalterlere **paket şalterler** denir Elektrikle çalışan aygıtlara kontaktörlerle veya rölelerle kumanda etmek her zaman ekonomik olmaz. Bu nedenle küçük güçlü, basit makinelerin çalıştırılması genellikle paket şalterlerle yapılır. Paket şalterler kumanda devrelerinde butonların yerine kullanılabilir.



Şekil 3-4 Paket şalter çalışma prensibi

Start konumunda 3 kontak da kapalıdır. Motor yol alıp, devrinin %75' ine ulaştığı zaman bırakıldığında şalter 1 konumuna gelir.Böylece, 1-2 ve 3-4 kontakları kapalı iken, 5-6 kontakları açılır ve yardımcı sargı devre dışı olup ana sargı devredeyken çalışmasına devam eder.

Paket şalterler elektrik devrelerinde yapacağı göreve göre çok kontaklı ve çok konumlu olarak imal edilirler. Paket şalterler elektrik devrelerinini kumanda etmeye,elektrik kontrol devrelerine gerilim vermeye veya program seçimine yararlar.

Ölçü Aletleri Komütatörleri: Ampermetre ve voltmetre komütatörü olarak kullanılırlar.

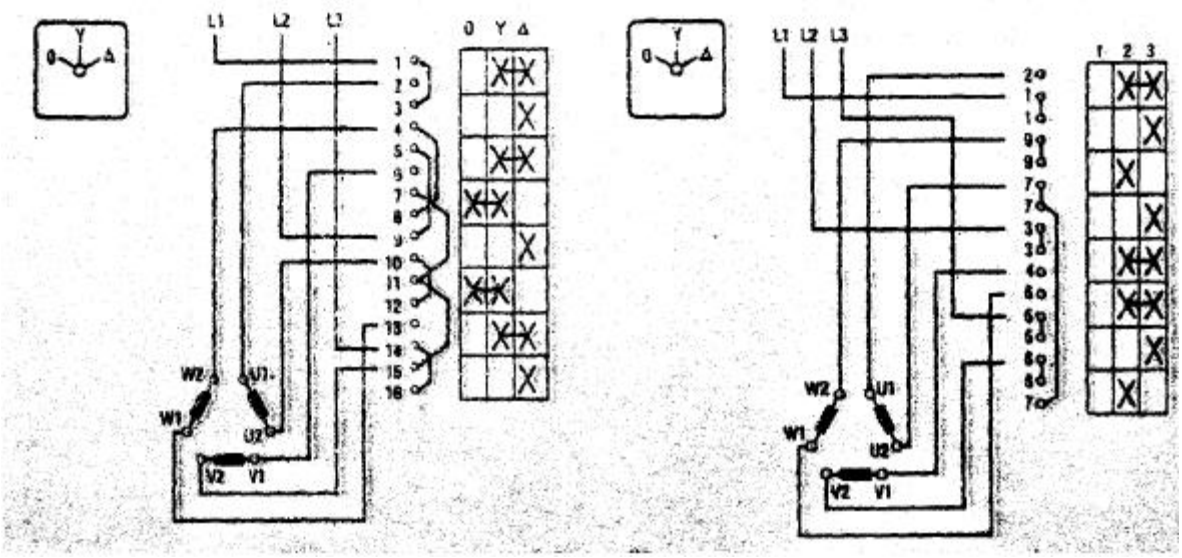
Isıtıcı Şalterleri: Bölümlere ayrılmış çeşitli dirençleri değişik biçimlerde gruplayarak toplam direnç gücünü değiştirirler.

Işık Şalterleri : Akkor lambalar, kompanzasyonlu ve kompanzasyonsuz flüoresan ve civa buharlı, sodyum buharlı lambalar gibi tüm ışık kaynakları devresinde kullanılırlar.

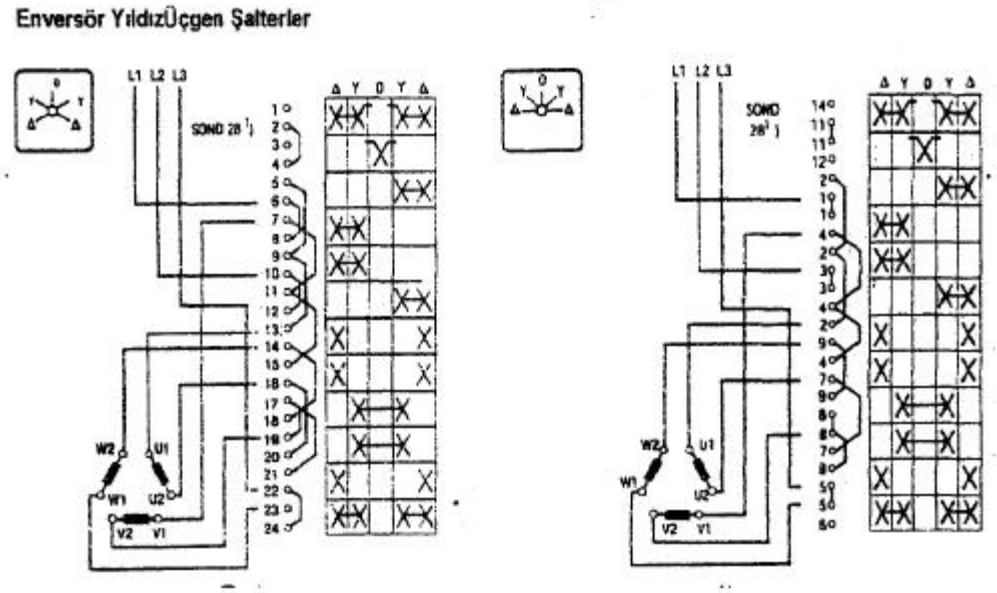
3.2.1. PAKET ŞALTER ÇEŞİTLERİ

Paket şalterler kapama, ana bakım, komütatör, enversör, yıldız-üçgen, çok devirli motor şalteri, kilitleme bağlantı, tek fazlı yol verme, ölçü aleti komütatörleri, ısıtıcı şalterleri, kademe şalterleri, kumanda şalterleri olarak kullanılırlar.

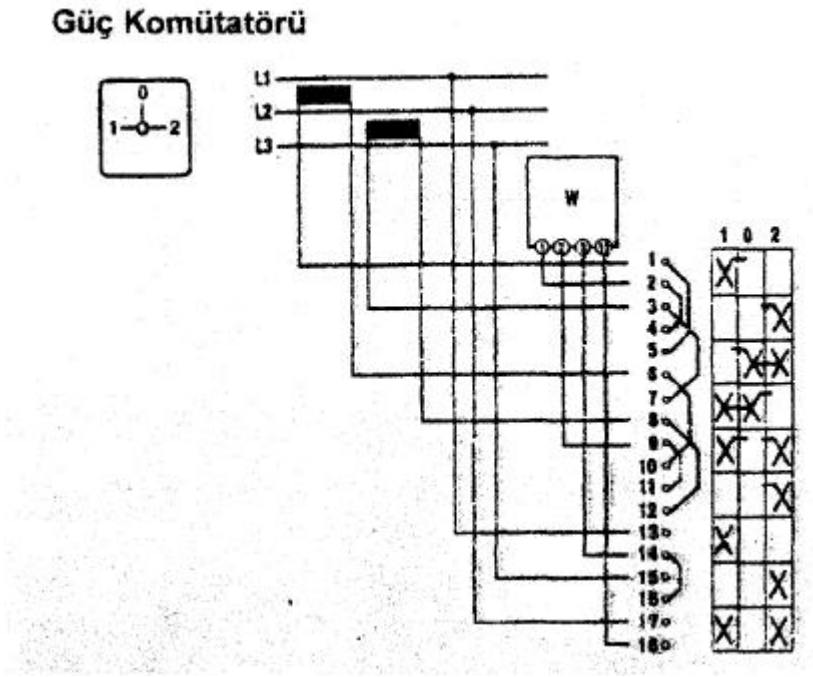
Yıldız Üçgen Şalterler



Şekil 3-5 Yıldız-üçgen şalter

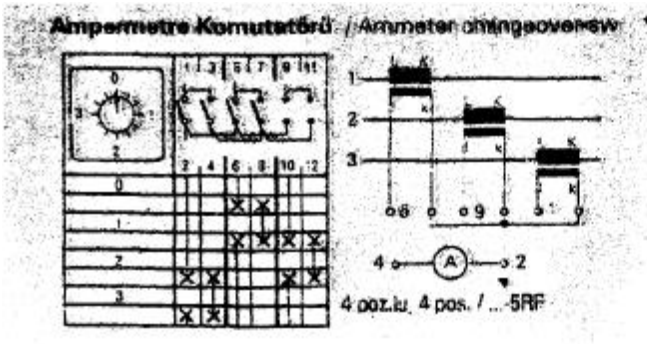


Şekil 3-6 Enversör yıldız/üçgen şalter

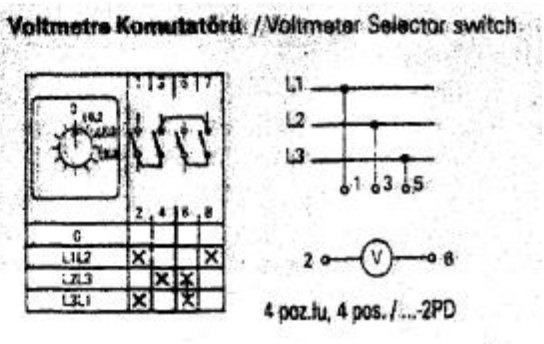


Şekil 3-7 Wattmetreye bağlı güç komütatörü

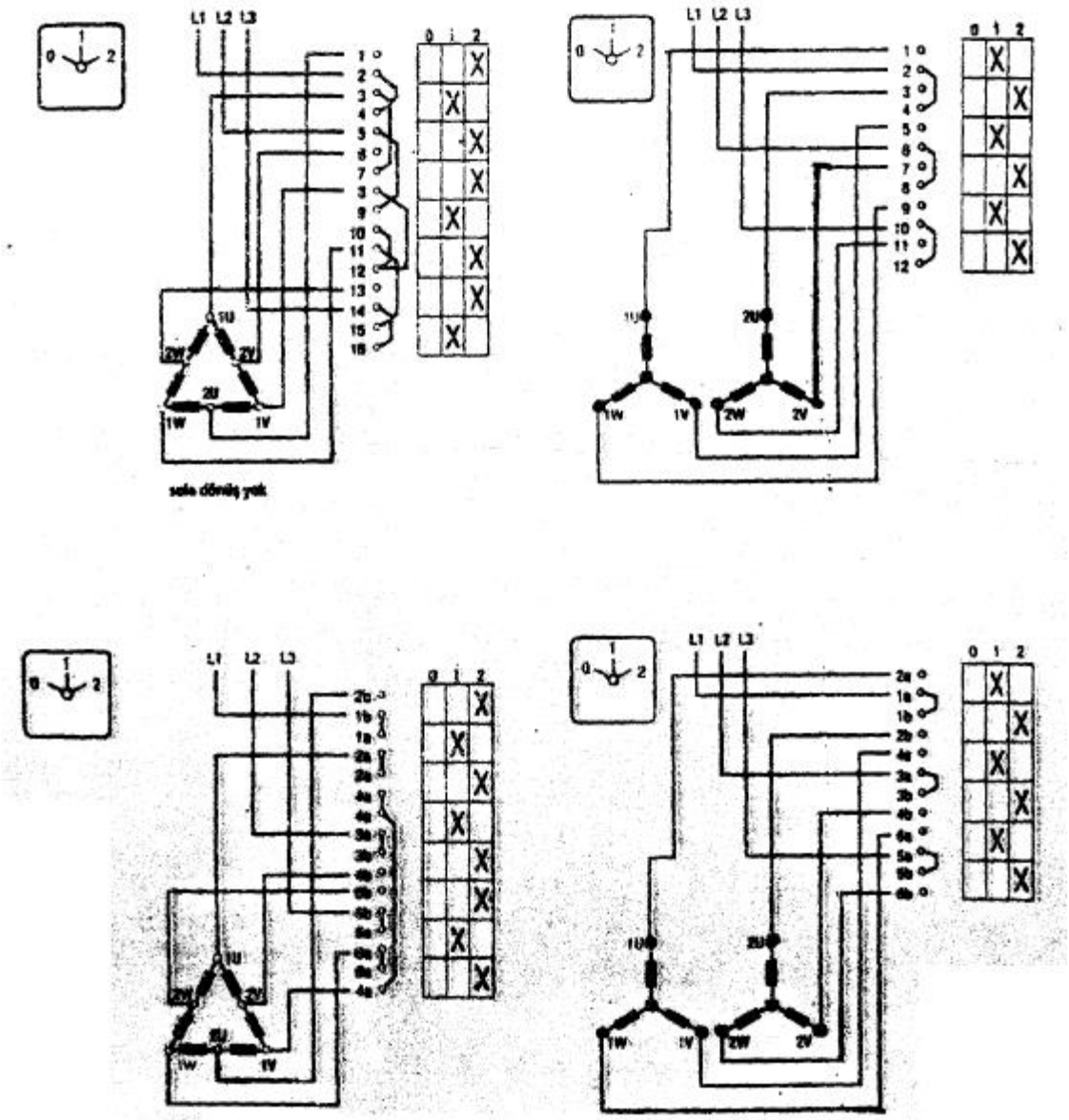
Gelişigüzel (dengesiz) yüklenmiş üç telli tesisler için iki wattmetre yöntemi (Aron bağlantısı) kullanılır. Her iki kısmi gücün toplanması ile toplam güç ortaya çıkar. Dört telli tesislerde Aron bağlantısı, ancak üç faz akımlarının toplamı sıfır olduğunda doğru ölçme elde edilebilir, yani dört telli sistemin eşit olarak yüklenmiş olması gerekir.



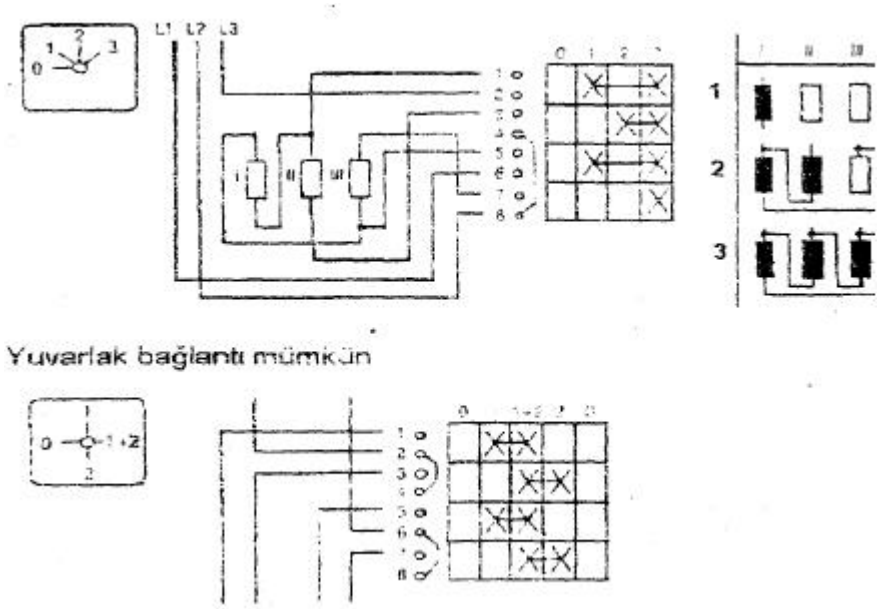
Şekil 3-8 Ampermetre için paket şalteri



Şekil 3-9 Voltmetre paket şalteri



Şekil 3-10 Çok devirli motor şalterleri



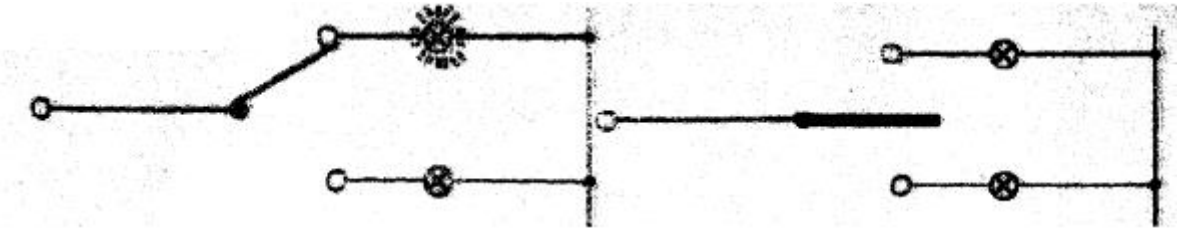
Şekil 3-11 Elektrikli ısıtıcı şalteri

3.3. MEKANİK SINIR ANAHTARLARI VE MİKRO ANAHTARLAR

3.3.1. MİKRO ANAHTARLAR

Yapıları çok küçük olduğu için bu anahtarlara mikro anahtarlar (switchler) denmiştir. Buzdolaplarının veya arabaların içinde bulunan lambalar, kapı kenarlarına bağlanan mikro anahtarlar ile yakılıp söndürülebilir. Ayrıca mikro anahtarlar yapılarının küçüklüğü nedeniyle zaman rölelerinde, elektronik cihazlarda, vitrin otomatiklerinde, basınç anahtarlarında, matkap ve çeşitli tezgahlarda kullanılır. Mikro anahtarlar ani temaslı yapıldıkları gibi kalıcı olarak da yapılırlar.

Mikro anahtarlarda normalde açık veya normalde kapalı bir kontak bulunduğu gibi hem normalde açık hem de normalde kapalı kontağı olan mikro anahtarlar da vardır. Ayrıca üzerinde ikiden fazla açık ve kapalı kontağı bulunan mikro anahtarlar da vardır.



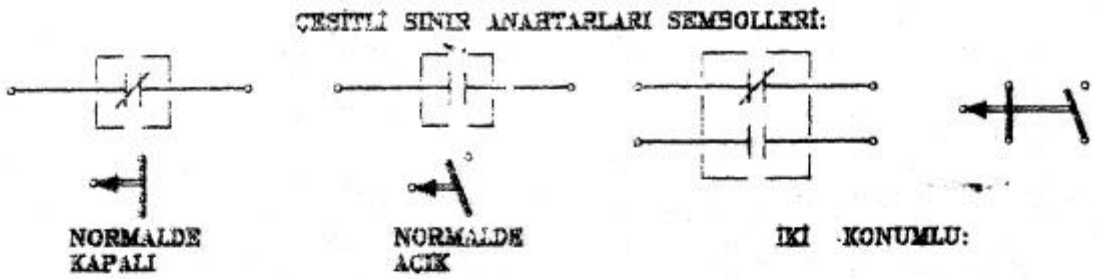
Şekil 3-12a) Tek noktadan açmalı iki konumlu anahtar

Şekil 3-12b) Tek noktadan açmalı konumlu anahtar

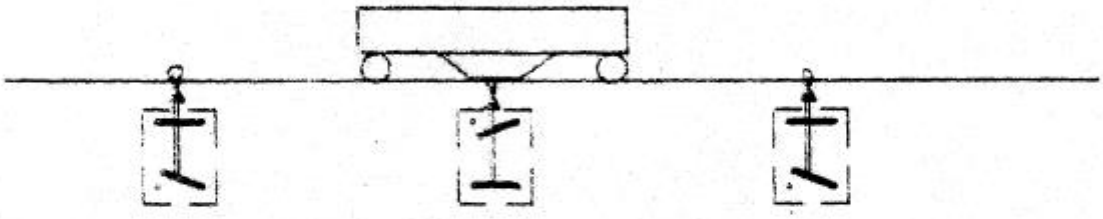
3.3.2. SINIR (LİMİT) ANAHTARLARI VE YAKLAŞIM KONTROLÜ

Sınır anahtarları elektrik makinelerini çalıştırmak, durdurmak,hızını ve dönüş yönünü değiştirmek için manyetik yol vericilerin (kontaktörlerin) kontrol devrelerinde pilot eleman olarak kullanılılar. Hareketli aygıtlarda bir hareketi durdurup, başka bir hareketi başlatan, aygıtın hareket eden elemanı tarafından çalıştırılan kumanda elemanına, **sınır anahtarı** adı verilir.

Sınır anahtarlarının biri normalde kapalı, diğeri normalde açık iki kontağı vardır. Fakat iki kontaktan fazla kontağı olanlar da vardır. Yapılarına göre sınır anahtarları; makaralı, pimli ve manyetik olmak üzere üç kısma ayrılır.

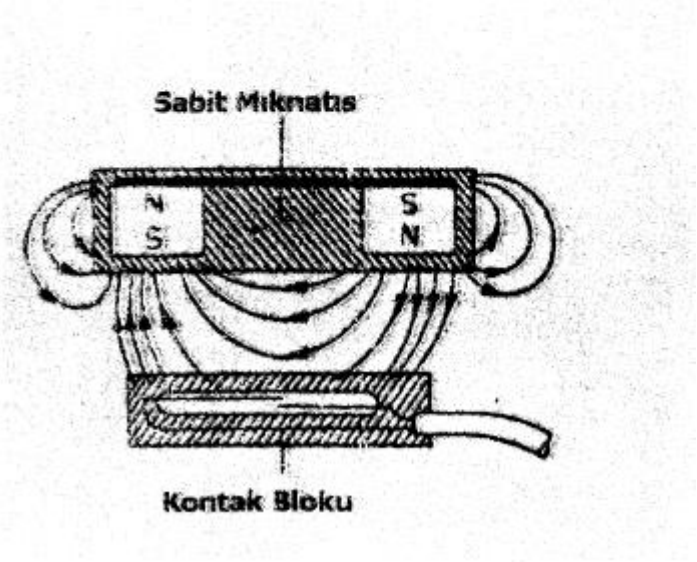


Şekil 3-13



Şekil 3-14 Doğrusal bir hareketi denetleyen sınır anahtarı

Şekil 3-15 Manyetik sınır anahtarının yapısı



Şekil 3-15 Sınır anahtarı ile yapılmış kontrol devresi

Şekil 3-16 Manyetik sınır anahtarının yapısı

3.4. SENSÖR ALGILAYICILAR

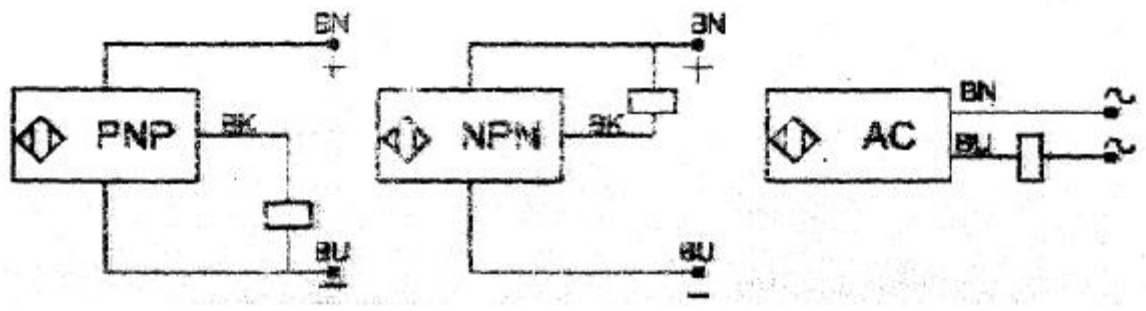
Yakınındaki ya da yakından geçen bir nesne ile çalışabildikleri için bu ismi almışlardır. Yarı iletken yaklaşma anahtarları ve fotoelektrik kontrolün bir çeşididir.

3.4.1. KAPASİTİF YAKLAŞIM ŞALTERLERİ

Kapasitif yaklaşım şalteri katı, sıvı veya toz halindeki maddeleri elektriksel iletken olsun olmasın temassız olarak tespit ederler. Bu maddeler cam, seramik,plastik, ahşap, tahta, yağ,su,kağıt veya karton olabilir. Doğru akım kumanda ile veya rölelerle kumanda edilebilirler. Alternatif akım kumandada yük (kontaktör veya magnetventil) ile kapasitif yaklaşım şalteri seri olarak (öncelikle 220V 50 Hz) alternatif akım kaynağına bağlanabilir.

Çalışması: Kapasitif sensörün aktif yüzeyi, iki adet yoğunlaştırılmış elektrottan müteşekkil olup, elektrotları katlanmış kondansatörler olarak düşünülebilir. Kondansatörlerin A ve B yüzeyleri herhangi bir cisimle yüz yüze gelmedikten sonra yüksek frekans osilasyonunun geri beslemesini yapamazlar. Eğer sensörlerin aktif yüzeyine bir cisim yaklaşırsa elektrotların yüzeyinde bir elektriksel alan meydana gelir. Bu kuplaj kapasitenin yükselmesini sağlayarak osilatörün çalışmasını temin eder. Meydana gelen titreşimin genliği bir değerlendirme devresi üzerinden röledeki aç veya kapa komutunu anahtarlamaya dönüştürür.

Kapasitif algılayıcılar sıvı seviye kontrolü, öğütülmüş ya da toz haline getirilmiş malzemeleri algılamak için uygundur.

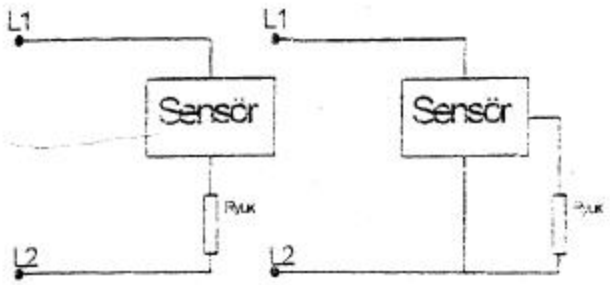


Şekil 3-16 Endüktif yaklaşım şalterlerinin prensip şeması

3.4.2. ENDÜKTİF YAKLAŞIM ŞALTERLERİ

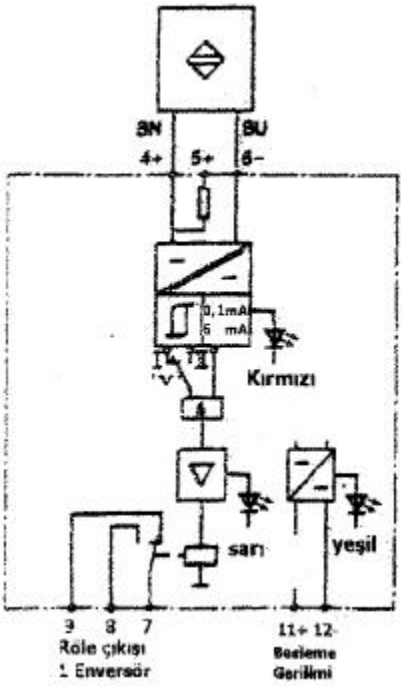
Endüktif algılayıcılar temas etmeksizin bütün metallerin varlığını seçmek için tasarlanmıştır. Geliştirilmiş bazı modelleri enerjinin olduğunu, anahtarın kapatıldığını, kısa devre durumunu ve bir nesnenin algılandığını gösteren ışık yayıcı diyotlar(Led) ile donatılmıştır.

Endüktif yaklaşma anahtarları girdap akımları esasına göre çalışır. Bir metal nesne algılama başlığının elektromanyetik alanı içerisinde hareket ederse bu nesnede girdap akımları indüklenir. Bu olay elektromanyetik alanı üreten elektronik devrenin (osilatör) yüklenmesine dolayısıyla bir çıkış elemanının çalıştırılmasına neden olur.



Şekil 3-17 Endüktif yaklaşım sensörlerinin prensip şeması

Şekildeki manyetik sınır anahtarı sabit mıknatıs ve kontak kısmı olmak üzere iki kısımdan oluşur. Kontak kısmı örneğin asansörün sabit kuyudaki kat hizasına, sabit mıknatıs ise kabine monte edilir. Kontak parçalarından biri manyetik maddeden yapılır. Hareket eden asansör kabinindeki sabit mıknatıslar, kat hizasındaki kontak kısmı ile karşı karşıya konduklarında sabit mıknatıs kontağın manyetik parçasını kendine doğru çeker ve kontaklar konum değiştirir.

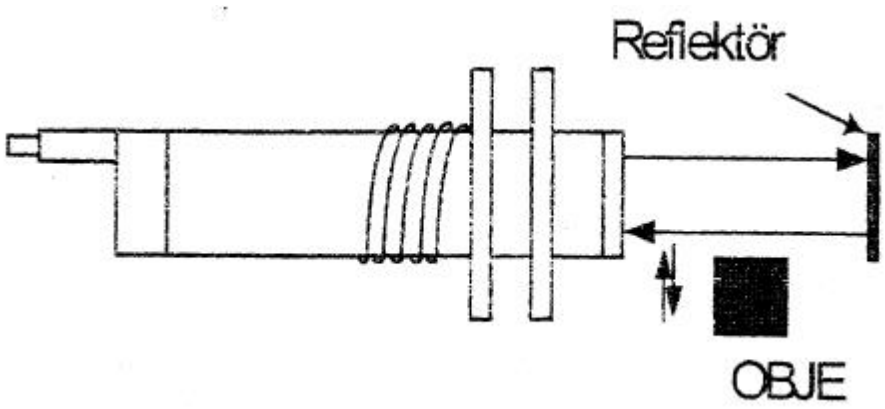


Şekil 3-18 Endüktif sensör çalışma şeması

3.4.3. OPTO-ELEKTRONİK SENSÖRLER(FOTOSELLER)

Şalterin optoelektronik sensörü kızılötesi ışıkla çalışır. Böylece; görülebilen ışık, çalışmasını etkilemez. Kızılötesi ışık, çok yoğun kir ve pasları da geçtiğinden güvenli bir işlev sağlanmış olur. Optik yaklaşım şalterinin alıcı ve vericisi arasındaki karşılıklı uyum sağlanmıştır. Sensörün alıcısı entegre edilmiş bir bant geçiş filtresi ile öncelikle verici frekansını kuvvetlendirilir, diğer tüm frekanslar zayıflatılır.

Her yana ışık saçan refleksiyon ışık şalteri algılama objesine ışık gönderir. Alıcıya ulaşan bu ışığın küçük bir bölümü güçlü bir kumanda sinyali için yeterlidir. Algılama alanında bir objenin olması veya olmaması değerlendirilir. Algılanacak obje yüzeyinin refleksiyon derecesi çalışma alanını etkiler. Değişik refleksiyon özellikleri, malzemelerine göre düzeltme faktörleri ayrıca verilir. Cihaz saydam objeleri de algılayabilecek biçimde ayarlanabilinir.



Şekil 3-19 Refleksiyon ışık şalteri

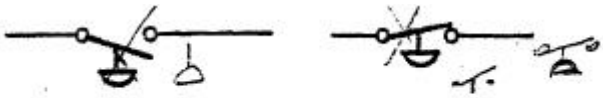
Optik ve elektronik kelimelerinin birleştirilmesi ile optoelektronik kelimesi oluşturulmuştur. Anlamı dokunmadan bir cismi optik olarak algılama, sonra elektronik olarak değerlendirme ve sinyale dönüştürme demektir.

Endüktif ve kapasitif sensörlere ek olarak günümüz otomasyon teknolojisinde optik sensörler daha önem kazanmaktadır. Bunlar dokunmaksızın makine hareketlerini algılama ve daha önemlisi fabrikalarda farklı ürünleri emniyetli olarak algılama olanağı sağlar.

Endüktif ve kapasitif sensörlerde, sensörle hedef cisim arasındaki mesafe 60-100 mm dolayındadır. Optik sensörlerde bu mesafe birkaç metre alanı kontrol eder.

3.5. BASINÇ ANAHTARLARI

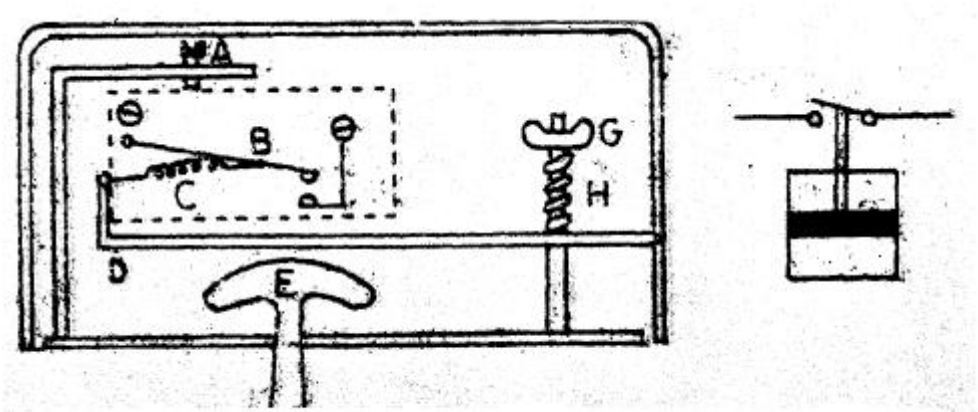
Basınç anahtarları, basıncı hisseder ve sistemi kontrol etmek için basınçtaki değişiklikleri kullanırlar.



Şekil 3-20 Basınç anahtarı sembolü

Elektrik motoru ile çalıştırılan basınçlı(hava, su, gaz, vs.) sistemlerde basınç ayarı için kullanılan elemanlara **basınç anahtarı** adı verilir. Basınç anahtarları sistemin basıncını iki sınır arasında sabit tutarlar. Örneğin, bir hava deposundaki basıncın 3-4 atü arasında kalması istenirse basınç anahtarları bu değerlere ayarlanır.

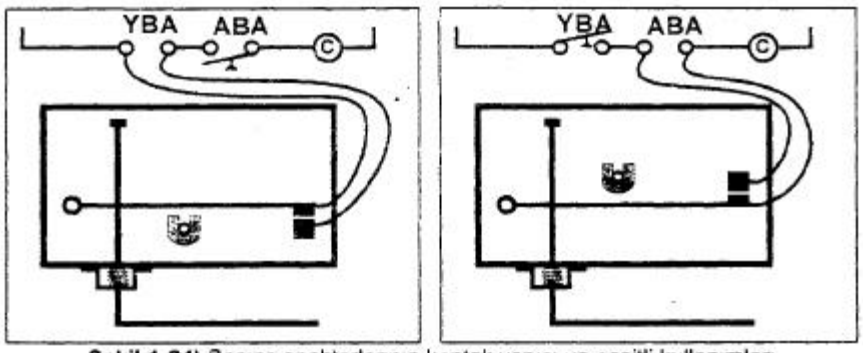
• Basınç 3 atü ye düştüğünde basınç anahtarı kontaklarını kapatır, motor çalışır.
• Basınç 4 atüye yükseldiğinde basınç anahtarı kontaklarını açar, motor durur.
• Otomasyon için elektrik sinyalleri gereklidir.
• Mekanik, elektronik switch gibi çeşitleri vardır.
• Mekanik switchlerde basınç ayarı çok hassasiyet göstermez.



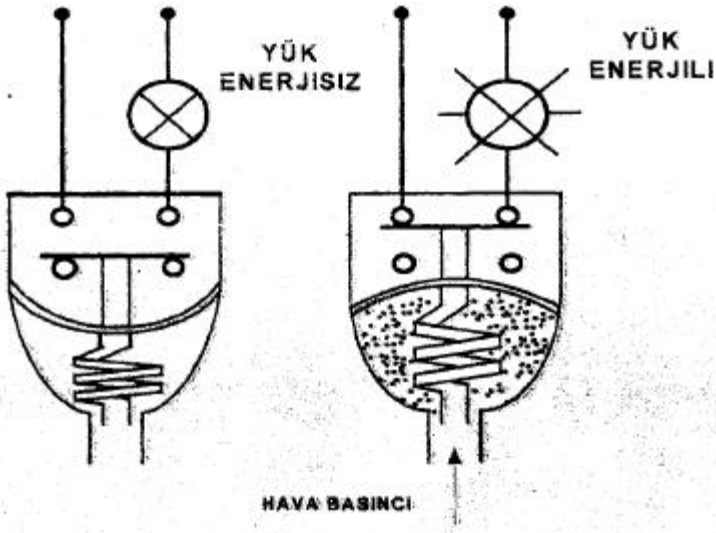
Şekil 3-21 Basınç anahtarlarının iç yapısı

Şekil 3-21'de görüldüğü gibi, basınçla çalışan bir mekaniksel tertibat ve ihtiyacı karşılayacak radar kontak vardır. Basınç anahtarının depoya bağlandığı E borusundan gelen basınçlı hava, E diyaframını yukarıya doğru iter. D çubuğu bir mafsal etrafında dönerek kapalı kontağı açar. H yayı, D çubuğunu diyaframa doğru bastırır. Yayın basılı kuvveti, G somunuyla ayarlanır. Eğer yay sıkıştırılmışsa, D çubuğunun yukarıya itilmesi güçleşir. Yani bu çubuk daha yüksek basınçta itilebileceğinden, kontaklar daha yüksek bir basınç değerinde açılırlar. G somunuyla, basınç anahtarının açma basıncı ayarlanır. H yayı sıkıştırıldıkça açma basıncı büyür. Yay gevşetildikçe açma basıncı küçülür. Basınç anahtarları, daha küçük bir basınçla kontaklarını kapatırlar. Açma ve kapama basınçları arasındaki farka **diferansiyel** denir. Açma basıncı dolayısıyla diferansiyel A vidası ile ayarlanır. Bu vidanın ucuna

bağlı olan kontak, mekanizmayı aşağı-yukarı kaydırarak B kontak çububuğunun C yayına göre konumunu değiştirir. B kontak çubuğu C yay eksenine yaklaştığında, diferansiyel büyür. Basıncın etkisiyle D çubuğu yukarı kalktığında, C yayının sol ucu hemen B kontak çubuğunun üstüne geçer ve kapalı kontağın açılmasına sebep olur. Kontağın tekrar kapanması için, yayın sol ucunun çok fazla aşağıya inmesi gerekir. Bu da basıncın çok düşmesiyle gerçekleşebilir. Eğer B kontak çubuğu, C yay ekseninden uzaklaştırılırsa, diferansiyel küçülür. Bu durumda kontağın açılması için D çubuğunun daha uzun mesafe kat etmesi gerekir. Kontak açıldıktan sonra D çubuğunun aşağıya doğru küçük hareketinde, C yay ekseni B kontak çubuğunun altına düşer ve açılmış olan kontak hemen kapanır.



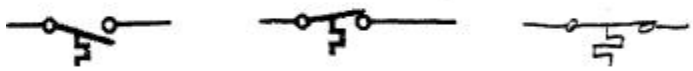
Şekil 1-24) Basınç anahtarlarının kontak yapısı ve çeşitli kullanımları



Şekil 1-25) Basit bir basınç anahtarlı kontrol

Şekil 3-22 Basınç anahtarlarının kontak yapısı,çeşitli kullanımları ve basit bir basınç anahtarlı kontrol

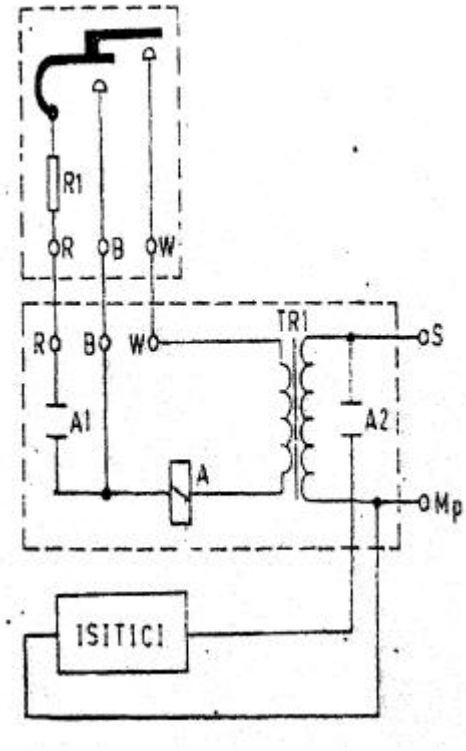
3.6. TERMOSTATLAR

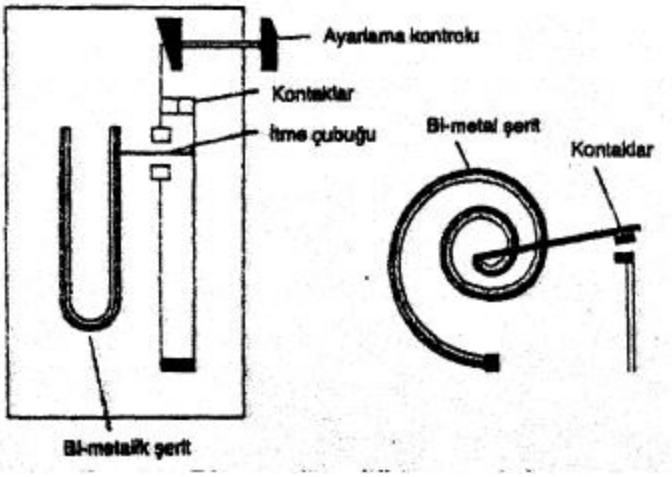


Şekil 3-23

Termostat, bir kontrol elemanıdır. Havalandırma, soğutma ve ısıtma sistemlerinde, tıbbi cihazlarda, fırınlarda ortamın sıcaklığını hissederek bir sistemi çalıştırma ve durdurma işlemini yapan kontrol elemanıdır. Bir termostat önceden belirlenmiş bir sıcaklıkta soğutma veya ısıtma sistemini başlatır veya durdurur.

Termostatlar bimetalli,diyaframlı,elektronik ve daha birçok prensibe göre çalışırlar.Su termostatları,su ve yağ(fuel-oil) gibi sıvıların sıcaklık derecelerinin sabit tutulmasında kullanılan termostatlardır.Bunlardan düz çalışan termostatlar ısıtıcılarda,ters çalışan termostatlar soğutucularda kullanılır.



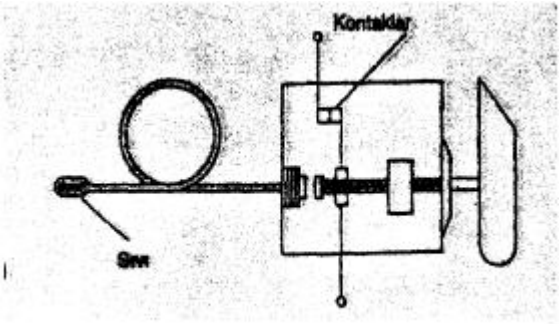


Şekil 3-25 Bi-metal şeritli termostat

Şekil 3-24 Termostat kullanılmış bir uygulama

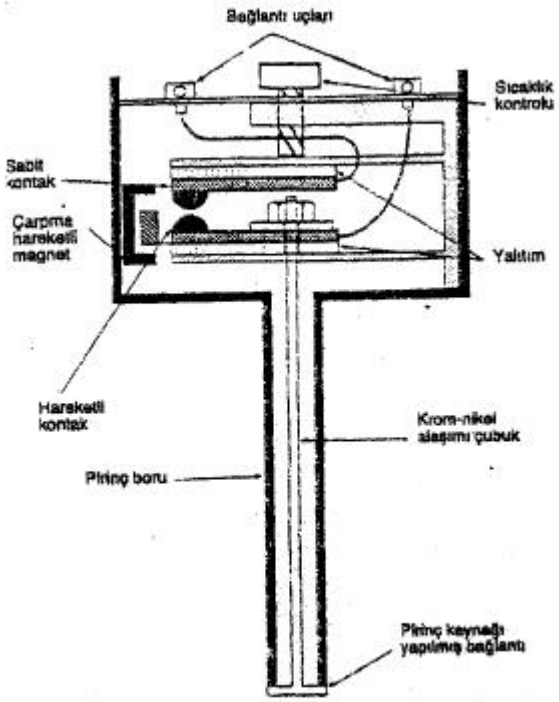
Bi-metal olanları genellikle oda termostatlarında kullanılır ve hava ısıtıcılarının sıcaklığını kontrol ederler. Duyarlı eleman, farklı iki metalin üst üste yapıştırılmasından oluşur. Sıcaklık değişimiyle, her iki metal farklı miktarlarda genleşeceğinden, bi-metal şerit bükülür. Bu hareket, bir anahtarı çalıştırmak için kullanılır. Nispeten küçük sıcaklık değişimlerinde büyük bir eğilme hareketi elde etmek için bazen uzun bir bi-metal şerit, helezon veya helis şeklinde bükülebilir(Şekil 3-25).

Hazne ve körük mekanizması, oda termostatlarında en az kullanılan tiptir. Sistem uçucu bir sıvı ile kısmen doldurulur.



Şekil 3-26 Körüklü tip termostat

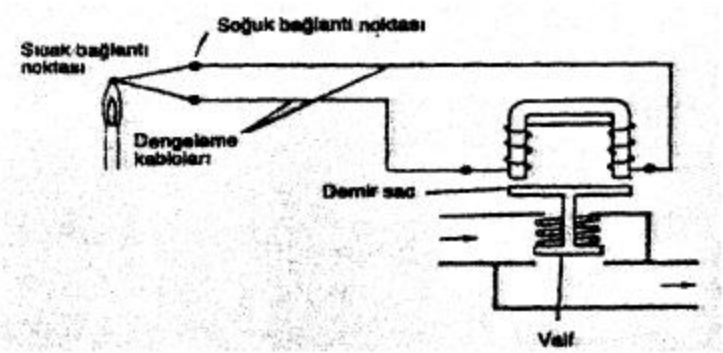
Bu durumda, körükler arasındaki mesafe (körük açıklığı) sıvının buhar basıncına bağlı olacaktır. Bazen de sistem sıvı ile tamamen doldurulur ve körüğün hareketi sıvının genleşme ısıl katsayısına bağlı olur. Hangi tip kullanılırsa kullanılsın, körüğün hareketi bir anahtarı açıp-kapamak için kullanılır (Şekil 3-26).



Şekil 3-27 Diferansiyel genleşmeli termostat

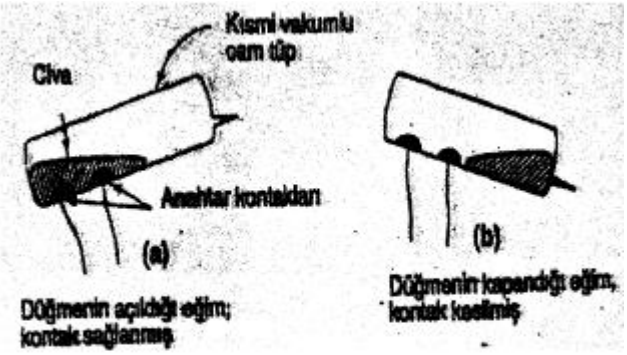
Diferansiyel Genleşmeli Termostat: Bu cihaz, pirinç boru içinde bir krom-nikel alaşımlı çubuktan oluşur. İki metal farklı miktarlarda genleşir (diferansiyel genleşme). Bu hareket bir manivela ile büyütülür ve önceden ayarlanmış bir elektrik kontak çiftini açıp kapayacak şekilde düzenlenir (Şekil 3-27).

Termokupl: Sıcaklık değişikliklerini algılayan bir eleman olup,bir ölçü aletidir. Eğer farklı iki metal bir uçlarından birleştirilir ve birleşme noktası bir ısı kaynağına açık tutulursa, molekül hareketlerindeki farklı seviyeler bir akım geçmesine sebep olacaktır. Bu akım hissedilebilir ve gaz akışını kesen bir valfi çalıştırabilir. Bu prensibi açıklayan şekil aşağıda Şekil 3-28'de gösterilmiştir.



Şekil 3-28 Termokupl ile çalışan termostat

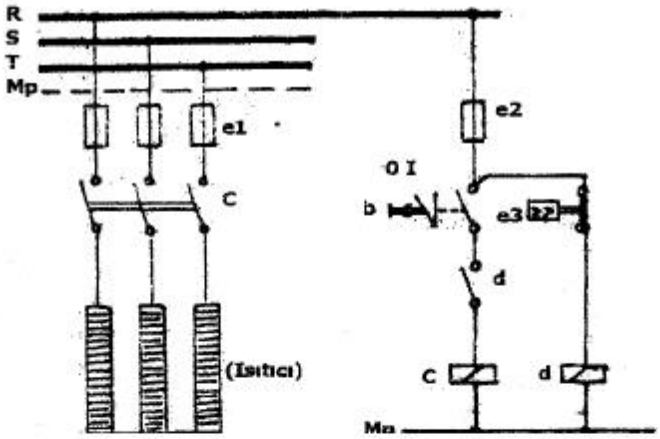
Cıvalı Anahtarlar: Termostatlarda kullanılan anahtar iki metal kontağı bulunan cam bir tüpten ibarettir.Tüp içinde bulunan az miktarda cıva, iki metal kontak arasında bir köprü oluşturarak bir elektrik devresini tamamlayabilir. Eğer tüp eğilirse, cıva öbür uca akar ve devre tekrar kesilir (Şekil 3-29).



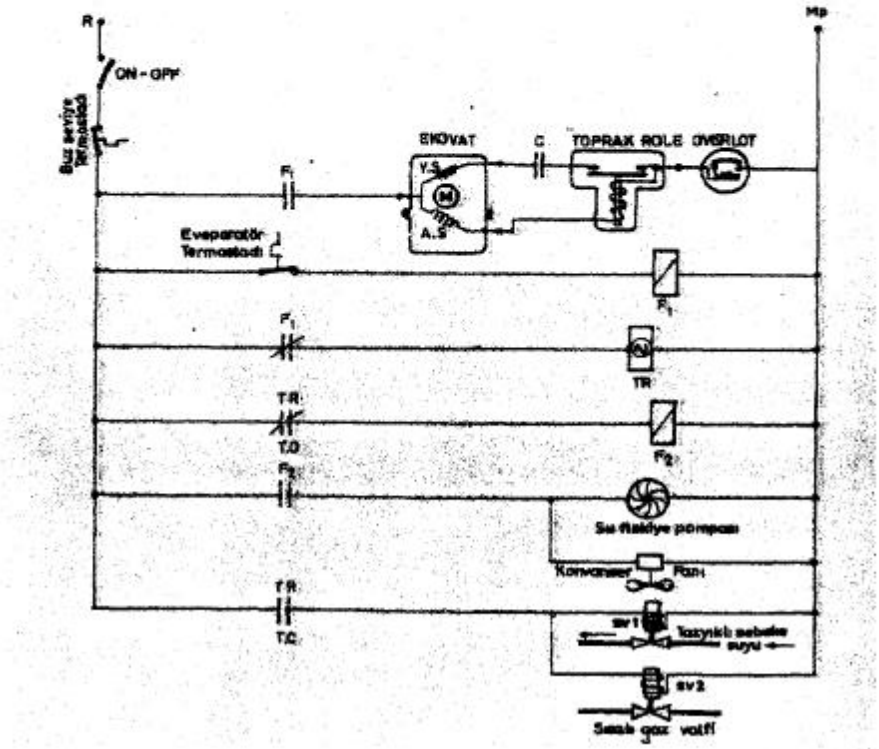
Şekil 3-29 Cıvalı tip termostat

Cıvayı temiz tutmak ve ark oluşumunu minimuma indirmek için tüp hidrojenle doldurulur ve kapatılır. İki kontak fleksibi iletkenlere bağlanır.Anahtar, duyarlı eleman

tarafından eğilen sert bir taşıyıcı üzerine monte edilebilir veya bazı oda termostatlarında olduğu gibi, doğrudan doğruya bir bi-metal şerit üzerine monte edilebilir. Bu tip termostatlarda, uzunca bir bi-metal şerit spiral bir şekilde sarılmıştır. İçteki uç termostat gövdesine bağlanmış, dıştaki uçta ise cıvalı bir anahtar bulunur. Sıcaklık değişimi spiralin açılması veya kapanmasına sebep olur ve cıvalı anahtar eğik duruma getirilir. Cıvalı anahtarlar çok duyarlıdırlar ve cıva çok hareketli olduğu için çabuk etkilenirler



Şekil 3-30 Üç fazlı ısıtıcının termostat kontrollü kumanda devresi

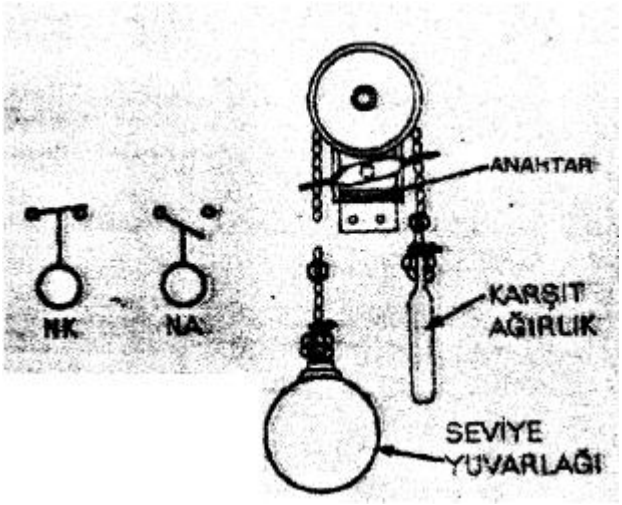


Şekil 3-31 Termostat kontrollü buz makinesi

.

3.7. SEVİYE ANAHTARLARI

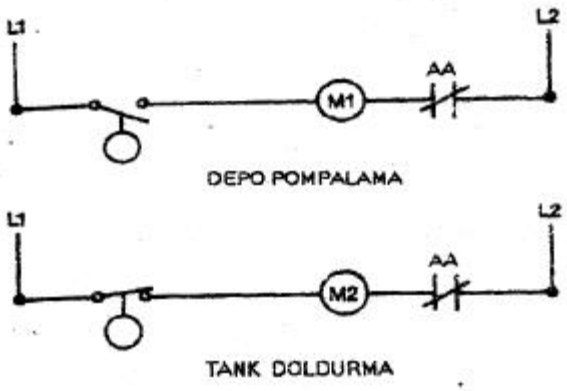
Bir deponun ya da tankın su ya da sıvı seviyesindeki değişikliklere göre, bir pompa motorunun çalıştırılıp durdurulması gerektiğinde kullanılır. Seviye anahtarları, AA ve DA pompa motorları manyetik yol vericilerinin otomatik kontrolünü ve küçük motorlu yüklerin doğrudan otomatik kontrolünü yapabilecek şekilde tasarlanır.



Şekil 3-32 Zincir çalışmalı seviye anahtarı ve normalde açık,normalde kapalı kontaklarının bağlantı sembolleri.

Seviye Anahtarlarının Çalışması: Bir su deposuna yerleştirilen seviye yuvarlağının aşağı ya da yukarı hareketi ile kontrol edilir. Seviye yuvarlağının hareketi, Şekil 3-32'de görüldüğü gibi zincir ve karşı ağırlığın hareketine neden olur. Sonuçta elektrik kontaklarının açılıp kapanması sağlanır.Seviye anahtarlarının kontakları normalde açık ya da kapalı olabilir.

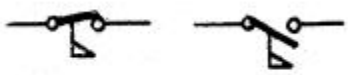
Depo(tank) pompalama işlemi ya da depo doldurma işlemi için kullanılan bir seviye anahtarının hat şemaları Şekil 3-33'de verilmiştir.



Şekil 3-33 Seviye anahtarının kontrol devreleri

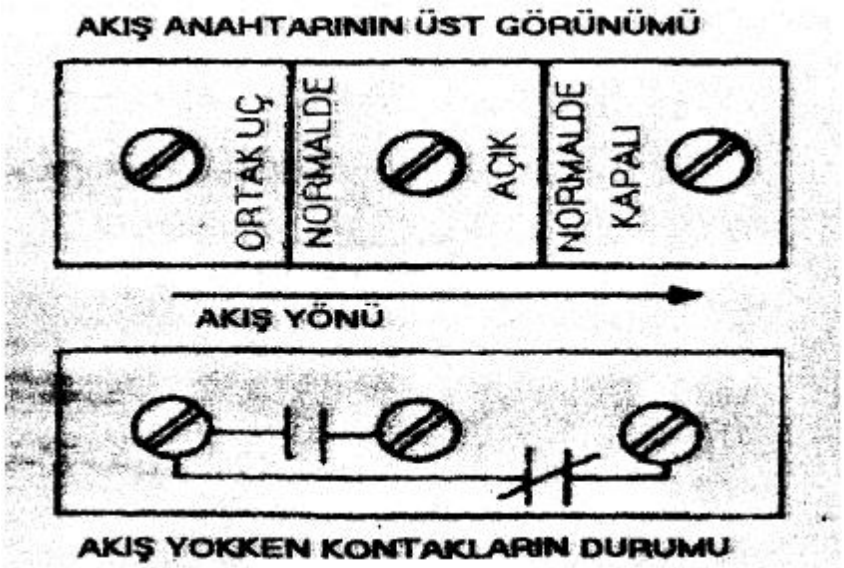
Sıvı seviyesinin kontrolünde normal seviye anahtarlarının yerine elektronik kontrol yöntemleri kullanılabilir. Bu yöntemlerde elektrotlu algılama, elektronik dalga yayma ve seçme ya da diğer işlemler uygulanabilir.

3.8. AKIŞ ANAHTARLARI

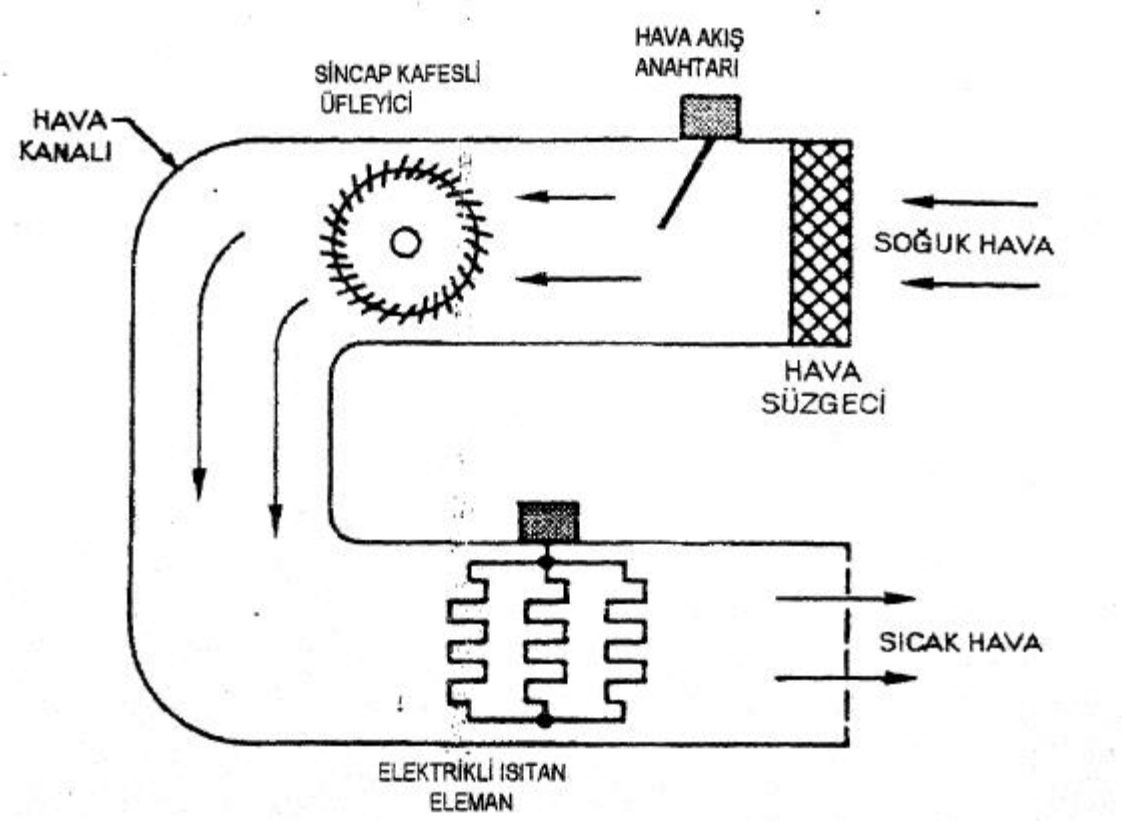


Şekil 3-34 Akış anahtarı sembolü

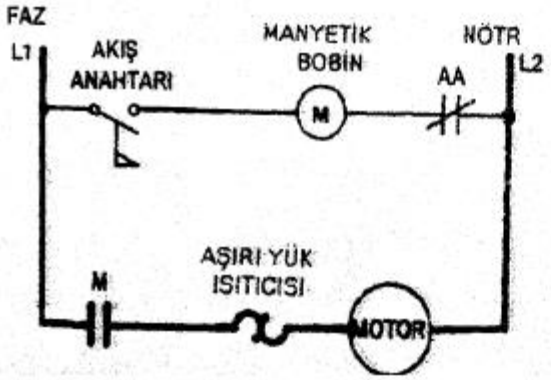
Akış anahtarı; bir boru içerisine sıkıştırılarak borudan geçen sıvı ya da havanın, anahtarın pedalına karşı geçmesiyle kontakları konum değiştiren bir kontrol elemanıdır. Akış anahtarı, elektrik kontak takımlarını açar ya da kapatır. Kontaklar ise, motor yol vericilerinin bobinlerini ya da işaret lambalarını çalıştırmak için bağlanabilir. Genelde bir akış anahtarında, normalde açık ve normalde kapalı kontakların her ikisi de bulunur.



Şekil 3-35



Şekil 3-42



Şekil 3-37 Bir fazlı devrede kullanılan akış anahtarı

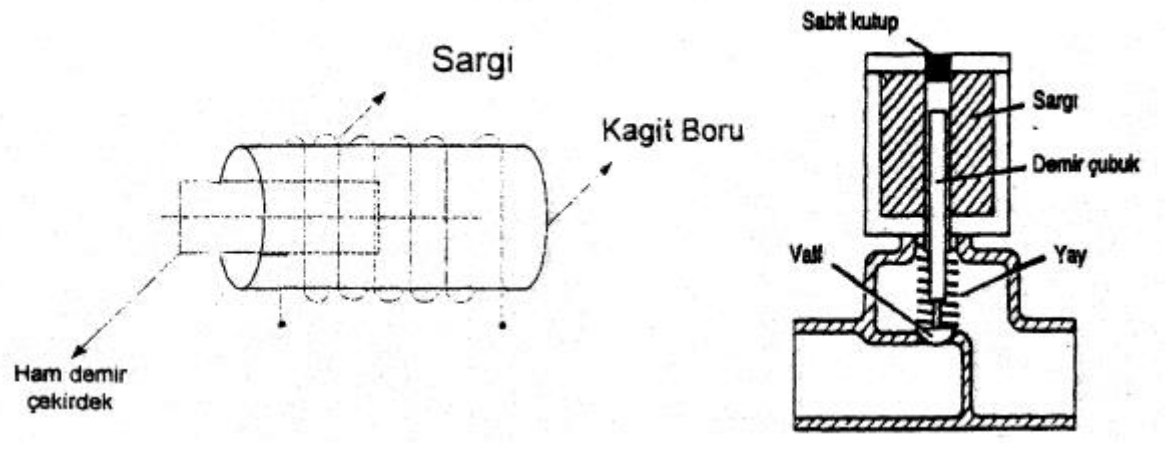
Şekil 3-37'deki bağlantı şeması, bir akış anahtarının elektriksel bağlantısını göstermektedir.Akış olduğunda motor çalışır,akış olmadığında motor durur. Yeterli bir sıvı ya da hava akışı ile akış anahtarının kontağı kapandığında M bobini enerjilenir.Enerjilenen M rölesi motor devresindeki büyük kapasiteli M kontağını kapatarak motoru çalıştırır. Klima sistemlerinin kanallarında, hava akış ya da kanatlı anahtarlar da kullanılabilir. M bobini, Şekil 3-36'da görüldüğü gibi hava kanallı ısıtma sistemlerindeki elektrikli ısıtma elemanlarını enerjilemek için kullanılan bir kontaktör

olabilir. Bu ısıtma elamanları, yeterli hava akışında normal değerlerinde çalışacak şekilde tasarlanırlar. Yeterli hava akışı olmazsa ısıtma elemanı bozulabilir. Akış anahtarı ısıtıcıyı çalıştırmadan önce hava akışını algılayarak ve yeterli hava akışı yoksa ısıtıcıyı durdurarak ısıtıcının bozulmasını önler. Bu olay, soğutma sistemlerininkine benzer. Buzlanma bobinleri hava akışını kısıtlayacaktır. Soğutma bobinleri üzerindeki yetersiz hava akışını algılayarak soğutma kompresörünü durdurmak ve buz çözme sürecini başlatmak için akış anahtarı kullanılır. Hava akış anahtarlarının yapısı, sıvı akış anahtarlarınkinden farklı olmakla birlikte elektriksel bağlantıları birbirinin benzeridir.

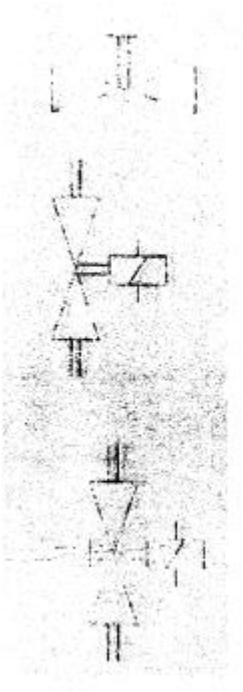
3.9.SELENOİD VALFLER

Kapama valf!eri, geri tepme(çek) valfinden ayrı olarak elektrik enerjisiyle çalışan musluklara veya vanalara **selenoid valf** adı verilir. Soğutma sisteminde sıvı ve gaz haldeki refrijeranın akışını elektrik sinyaliyle uzaktan kumandalı bir şekilde açıp kapatabilmeye yararlar.

Selenoid Etkisi: Manyetik alanı tutmayan bir malzemenin (kağıt, plastik vs.) üzerine bir iletken sarılıp buna elektrik akımı verilirse meydana gelen manyetik alanın etkisiyle borunun iç deliğine yaklaştırılan örneğin bir yumuşak demir çubuk kuvvetli bir şekilde manyetik alanın içine yani delik boşluğuna çekilir. Buna **selenoid etkisi** denir.



Şekil 3-38 Selenoid valf ve selenoid valfin çalışma yapısı



Elektromıknatısla kumandalı selenoid valf ,elle kumandalı

Elektromıknatısla kumandalı selenoid valf,iki kumandalı

Elektomıknatısla kumandalı selenoid valf,üç kumandalı

Şekil 3-39 **Şekil 3-46**

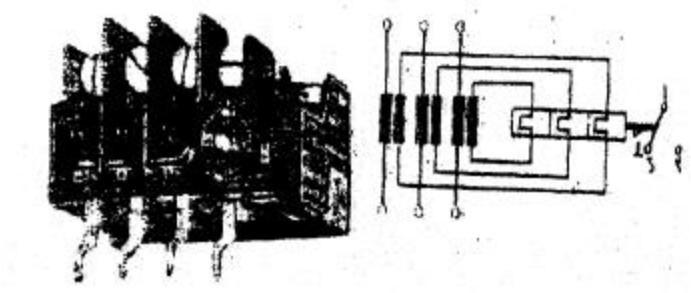
3.10. RÖLELER

Röleler genel olarak devrenin açılıp kapanmasını sağlarlar. Ana devreyi ise aşırı akım, düşük ve yüksek gerilim gibi tehlikelere karşı korurlar. Ayrıca ana devrenin çalışma süresini belirlemek, kumanda etmek için kullanılan cihazlardır.

Röleler hem A.C. hem D.C.'de çalıştırmak üzere kullanılabilirler. Genel olarak; röleler anahtar(switch) ve ölçen röleler olmak üzere ikiye ayrılırlar. Ayrıca; röleler çalışma, kullanılış maksadı ve devreye bağlanış şekline göre de gruplandırılırlar.

Çalışma Şekline Göre Röleler:

1. Termik röle(iki bi-metalin ısı etkisiyle farklı uzama katsayısı esasına göre çalışır),
2. Elle kurularak bir zembereğe potansiyel enerji depolayan
3. 3-Elektrik motoru ile kurularak bir zembereğe potansiyel enerji depolayan
4. Elektrik motoru ile doğrudan tahrikli
5. Hava basıncı ile tahrikli
6. Elektronik transistörlü vs. gibi çeşitleri vardır.



Şekil 3-40 Termik röle ve bağlantısı

Kullanılış Maksadına Göre Röleler:

1-Koruma Röleleri;

- **a)** Aşırı akım rölesi,
- **b)** Düşük akım rölesi,
- **c)** Düşük gerilim rölesi,
- **d)** Aşırı gerilim rölesi,
- **e)** Ani çalışan röle,
- **f)** Ayarlı bağlama röleleri.

2-Zaman Röleleri;

- **a)** Zaman geciktirme röleleri,
- **b)** Zaman ayar röleleri,
- **c)** Zaman program röleleri,
- **d)** Zaman ayarlı ani çalışan röleler.

Devreye Bağlanış Şekline Göre Röleler:

1-Primer röle olarak,

2-Sekonder röle olarak.

Bunlardan başka; kademeli röleler, endüstri röleleri, faz sırası rölesi, start zaman rölesi, yıldız-üçgen çalıştırma rölesi gibi çeşitli tipte olanları da vardır.Ölçen rölelerin çalışma değerleri belirlidir(20 amperde açmak ,200 voltta kapamak gibi).

3.10.1. AŞIRI AKIM RÖLELERİ

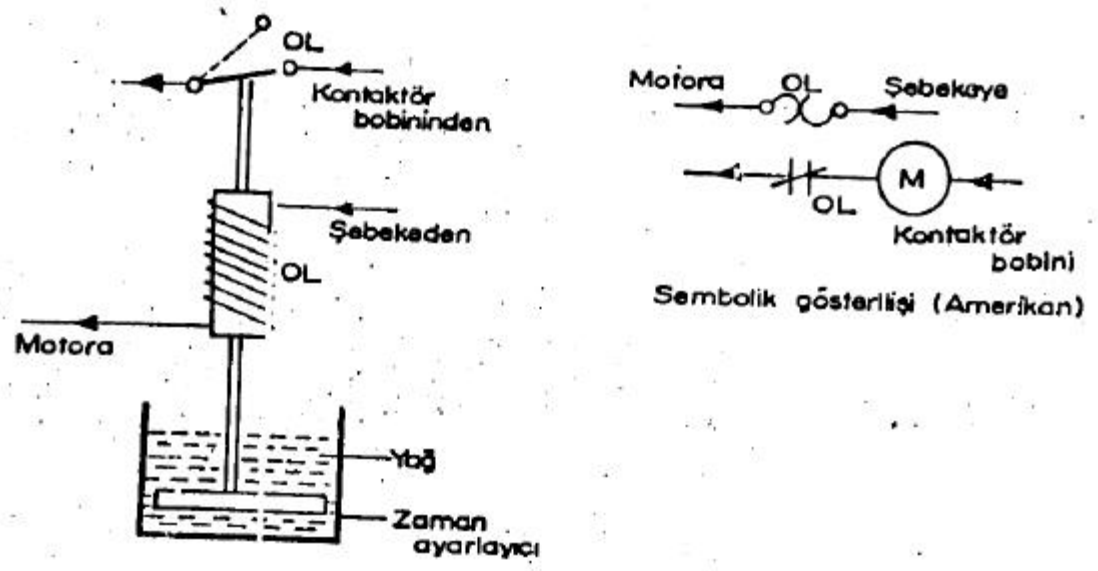
Motorları tehlikeye sokan ve aşırı akım çekmesine neden olacak etkiler kısa süreli ise motor için tehlike yoktur. Ancak aşırı akımın bir süre devam etmesi, motor sargılarındaki ısıyı kısa sürede arttırır. Bu durum sargıların yanmasına neden olabilir. Motorların kalkışı sırasında fazla akım çektikleri düşünülürse, kısa süreli aşırı akımlarda görev yapmayan bir koruma rölesi ile motorun korunması gerekir.

Aşırı akım röleleri ana akım devresine bağlanırlar. Böylece röleden motor akımı geçer. Sürekli olarak devreden geçen akımın termik veya manyetik etkisini kontrol eden ve ısınma, izin verilen belirli üst seviyeyi geçtiğinde, kontaktörün bobin devresini açarak enerjinin kesilmesini sağlayan bir ölçme rölesidir. .

Üzerinden fazla akım geçerek çalışan rölenin tekrar görev yapması için, röle üzerinde bulunan reset butonuna basılır. Anca bazı rölelerde bu buton yoktur. Devrenin açılmasını sağladıktan sonra bir süre sonra otomatik olarak görev yaparak normal konumlarına dönerler.

3.10.1.1. MANYETİK AŞIRI AKIM RÖLELERİ

Akımın manyetik. etkisiyle çalışırlar. Şekil 3-41'de görüldüğü gibi elektromıknatıs, kontak, geciktirici eleman olmak üzere üç kısımdan oluşurlar.

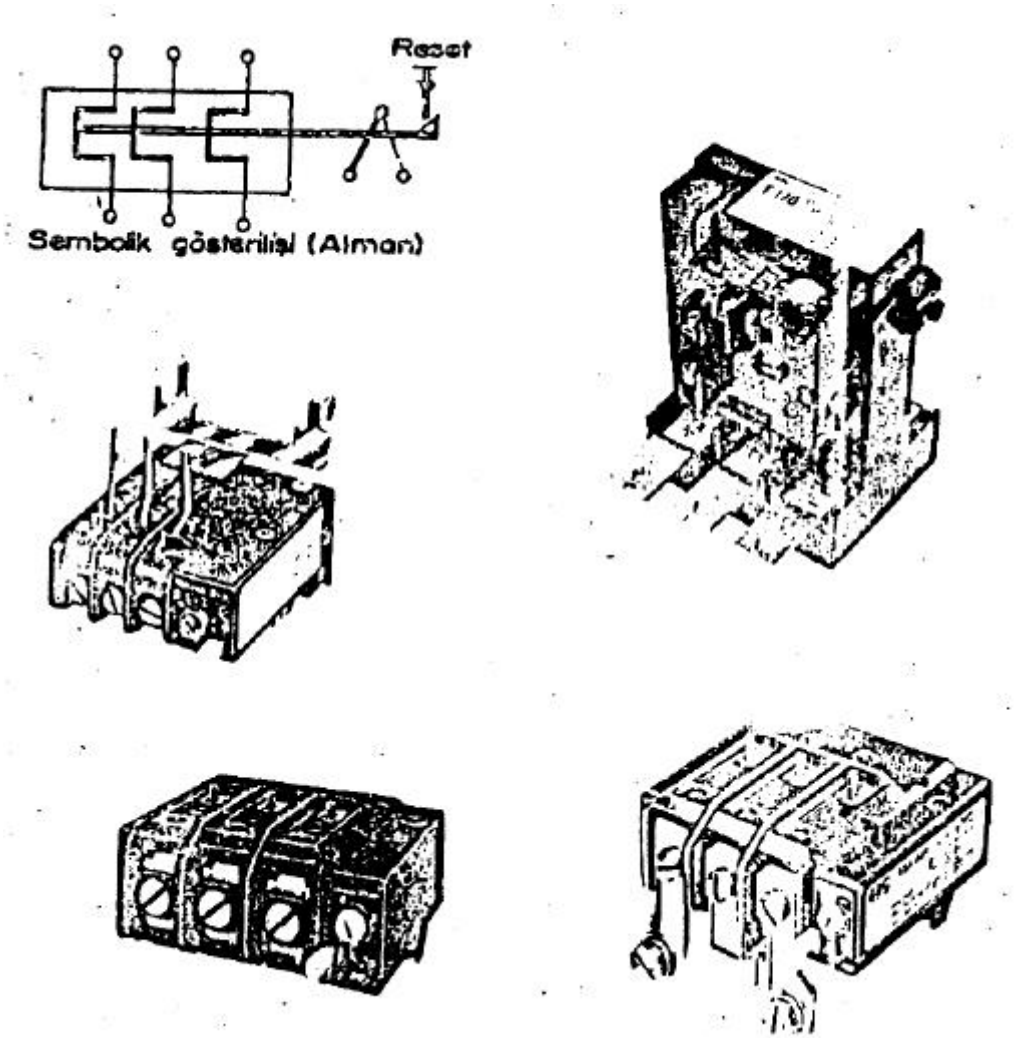


Şekil 3-41 Manyetik aşırı akım rölesi

Elektromıknatıs bobini, motora normalde kapalı kontak, kontaktör bobinine seri olarak bağlanır. Kontak açılınca, kontaktörün enerjisi kesileceğinden motor durur. Kısa süreli aşırı akımlarda rölenin çalışıp kontağını açması, yağ dolu silindir içinde hareket eden pistonla önlenir. Herhangi bir nedenle motor, ayarlanan akımın üzerinde bir akım çekerse, elektromıknatıs etkilenerek kontağını açmak ister. Ancak elektromıknatısın demir nüvesi hareketi silindir içindeki yağdan dolayı yavaştır. Eğer aşırı akım, çok kısa süreli ise yavaş hareketten dolayı kontak açılmaz.

3.10.1.2. TERMİK RÖLELER

Uygulamada en çok kullanılan röledir. Akımın ısı etkisi ile çalışır. Şekil 3-42'de bu tip rölelerden örnek resimler ve rölenin gösterilişi görülmektedir.



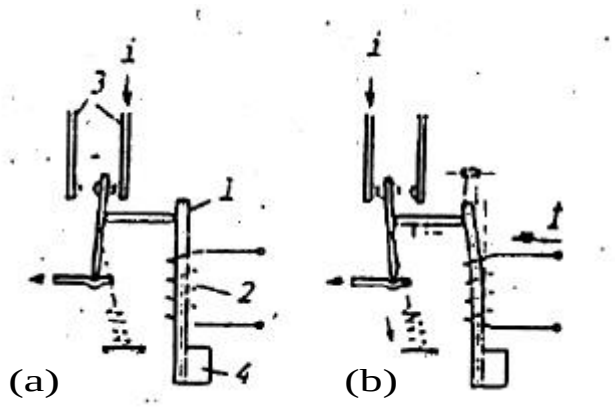
Şekil 3-42 Çeşitli tip termik aşırı akım röleleri ve sembolü

3.10.1.2.1. TERMİK RÖLENİN YAPISI VE ÇALIŞMASI

Termik röle ana akım yoluna seri bağlanır ve motorun çektiği akımın termik etkisi sürekli olarak kontrol edilir: Bunun için bimetal çubuklardan yararlanır.

Bimetal çubuk, ısı karşısında uzama katsayıları farklı olan iki madeni şeridin bir araya gelmesinden oluşur. Bu farklı madeni şeritler, basınçlı kaynak, haddeleme, perçin veya kaplama yolu ile birbirinden ayrılmayacak şekilde üst üste tespit edilirler. Madeni şeritlerin uzama katsayılarının farklı olması sebebi ile ısındığı zaman bimetal çubuk eğilir. Çubuğun hareketi ile oldukça büyük bir kuvvet gelişir. Bundan yararlanarak bir kumanda kontağının açılması ve kapanması sağlanır. Çubuk soğuduğunda başlangıç durumuna geri gelir ve yeniden çalışmaya hazır olur.

Şekil 3-43'de bimetal çubuğun sükunet konumu ile ısınma sonucunda eğilerek kontağı kumanda etme konumu gösterilmiştir.



Şekil 3-43 Termik rölenin yapılışının ve çalışmasının prensip şeması[a) Sükunet konumu b) Çalışma konumu]

Termik röle hem doğru ve hem de alternatif akımda kullanılabilir. Ancak akım transformatörü veya bir reaktans bobini üzerinden bağlanan röleler, alternatif akımda kullanılabilir.

3.10.2. ZAMAN RÖLELERİ

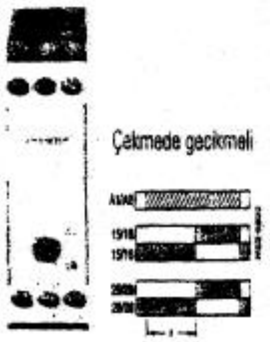
Kumanda devrelerinde hareket başlangıcından itibaren ya da bu hareketin sonlandırmasında zaman gecikmesi sağlayan devre elemanıdır.Bobinine ya da devresine enerji verildiğinde ayarlanan süre sonunda veya devre enerjisi kesildiğinde ayarlanan süre sonunda, kontakları konum değiştiren rölelere **zaman rölesi** denir.

Bazı zaman rölelerinde gecikme ile konum değiştiren kontaklar yanında kontaktör ve rölelerde olduğu gibi ani konum değiştiren kontaklar da bulunur.

Çalışma durumuna göre zaman röleleri; düz zaman röleleri (çekmede gecikmeli tip), ters zaman röleleri(düşmede gecikmeli tip) olmak üzere iki şekilde sınıflandırılırlar.

3.10.2.1. DÜZ ZAMAN RÖLELERİ(ÇEKMEDE GECİKMELİ TİP)

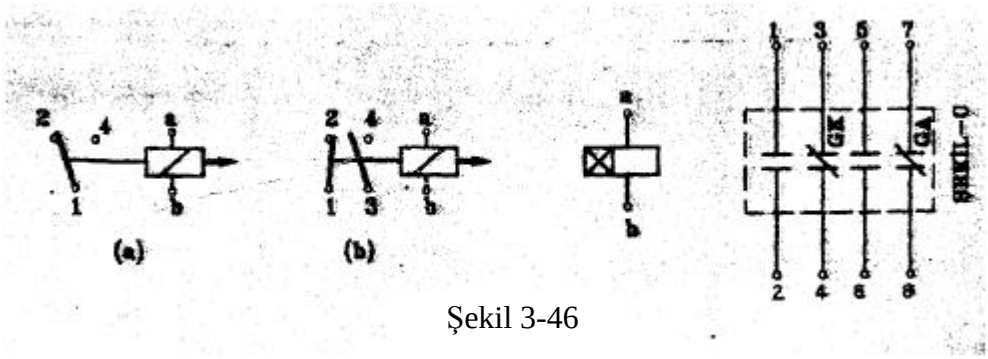
Bobinine ya da devresine enerji verildiğinde, kontakları ayarlanan süre sonunda konum değiştiren rölelerdir.



Şekil 3-44

Şekil 3-45

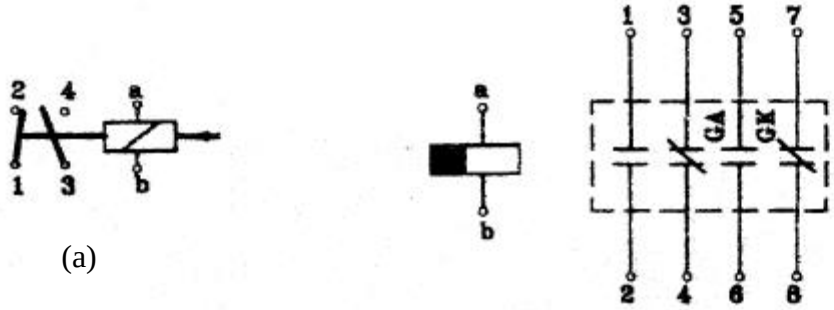
Bobini enerjilenince ayarlanan süre kadar kontaklar normal konumdadır. Ayarlanan süre sonunda Şekil 3-46'daki 1-2 numaralı kontaklar açılır, 3-4 veya 1-4 numaralı kontak kapanır. Bobin enerjili kaldığı sürece bu konumunu muhafaza eder. Bobinin enerjisi kesilince kontaklar ani olarak normal konumunu alır.



Şekil 3-46

3.10.2.2. TERS ZAMAN RÖLESİ

Bobin enerjilenince ani olarak kontakları konum değiştirir. Bobin enerjili kaldığı sürece bu konumunu muhafaza eder. Bobinin enerjisi kesilince, ayarlanan süre kadar enerjili haldeki konumunu korur. Gecikme süresi sonunda kontakları normal konumunu alır. Yani, röle bobinin enerjisinin kesilmesinden belirli bir süre sonra, daha önceden kapanmış olan kontaklar açılır,açılmış olan kontaklar ise kapanırlar.



(b)Pistonlu ters zaman rölesi

Şekil 3-47 Ters zaman rölesi ve kontak yapısı

Şekil 3-47a 1-2 normalde kapalı, zaman gecikme ile kapanan kontaktır.
Şekil 3-47a 7-8 normalde kapalı, zaman gecikme ile kapanan kontaktır.
Şekil 3-47a 3-4 normalde açık, zaman gecikme ile açılan kontaktır.
Şekil 3-47b 5-6 normalde açık, zaman gecikme ile açılan kontaktır.
Şekil 3-47b 1-2 ve 3-4 ani olarak çalışan kontaktır.

3.10.2.3. ZAMAN RÖLELERİNİN TİPLERİ BAKIMINDAN ÇEŞİTLERİ

Zaman röleleri tipleri bakımından şu şekilde sınıflandırılırlar:

1. Pistonlu zaman rölesi

2. Motorlu zaman rölesi
3. Termik zaman rölesi
4. Termistörlü zaman rölesi
5. Elektronik zaman rölesi
6. D.C. zaman rölesi
7. Programlı zaman rölesi

3.10.2.4. ZAMAN RÖLELERİNİN SEÇİMİ

Bir elektrik devresinde kullanılacak zaman rölesi seçilirken;

- İhtiyaç duyulan zaman gecikmesi(düz, ters zaman rölesi),
- İhtiyaç duyulan zaman miktarı,
- İzin verilebilir hata,
- Çalışma çevrimi ve geri gelme zamanı,
- Kontak konumu,
- Maliyet,
- Diğer istekler(kontak değerleri, çalışma sıcaklığı, ayar aralığı, boyutları).

3.11. KONTAKTÖRLER

Kontaktörler, genel anlamda elektrik devrelerini açıp kapamaya yarayan ve bir tahrik sistemi aracılığı ile uzaktan kumanda edilebilen bir tür elektrik anahtarlarıdır. Genellikle alçak gerilimde ve bazı özel hallerde orta gerilimde kullanılırlar.Kontaktörler, genellikle devreyi çok sık açıp kapamaya elverişlidir. Bir röle aracılığı ile tüketicileri aşırı yüklere karşı koruyabilirler.

Röleler, küçük akımlı değişik kumanda sistemlerinde, bir devreyi açıp kapama amacı ile, kontaktörler ise motor devrelerinde veya büyük akımlı devrelerde enerji şalteri olarak kullanılırlar.

Kontaktör ve rölelerin bobin çalışma gerilimleri genellikle küçük gerilimlidir. Böylece elektrik enerjisinden koruma önlemi alınmaksızın, çok büyük akımlı ve gerilimli devrelere emniyetle kumanda etmek mümkün olur.

3.11.1. KONTAKTÖRLERİN ÖZELLİKLERİ

Çalışma ve kullanma tarzı bakımından kontaktörü diğer anahtar türlerinden ayıran en önemli özelliği, devreyi çok sık açıp kapamaya ve aynı zamanda uzaktan kumandaya elverişli olmasıdır. Kontaktör, bir termik röle ile donatıldığında kumanda ettiği işletme aracını veya tesis bölümünü aşırı yüke karşı koruma görevini de yapar.

Alçak gerilim tesislerinde kullanılan bağlama cihazlarının ve anahtarlarının genel sınıflandırması açısından kontaktörler,

1. İşletme tarzı bakımından bir uzaktan kumandalı anahtar,
2. Bağlama kapasitesi bakımından bir kısmı, yük veya güç anahtarı ve motor anahtarı ve bir kısmı da kumanda anahtarı,
3. Ark söndürme bakımından kuru, yağlı ve vakumlu anahtar,
4. Akım türü bakımından, doğru veya alternatif akım anahtarı,
5. Tahrik sistemi bakımından, doğru ve alternatif akımla çalışan elekromanyetik kumandalı anahtar nadiren motorlu veya pnömatik kumandalı anahtar,
6. Kutup sayısı bakımından doğru akım sistemi için iki kutuplu, alternatif akım sistemi için iki, üç veya dört kutuplu ve kumanda sistemlerinde dört, altı, sekiz veya on kutuplu anahtardır.

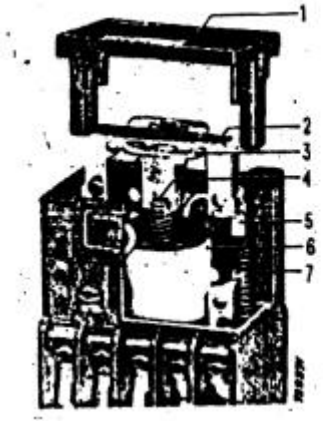
3.11.2.KONTAKTÖRLERİN YAPILIŞI

Genel olarak bütün anahtarlarda olduğu gibi, her kontaktörde her bir akım yolu veya faz başına bir çift kontak takımı vardır. Bunlardan birincisi sabit ve ikincisi hareketli kotaklardır. Kontaktörün esas özelliklerinden birisi devreyi çok sık açıp kapamak olduğundan, kontaktörlerde ana akım devreleri üzerinde bulunan ana kontakların önemi çok büyüktür. Akım devresinin kapanması söz konusu olduğu zaman, hareketli

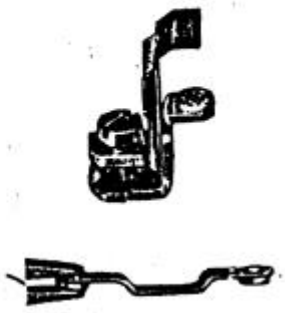
kontaklar, bir tahrik sistemi aracılığı ile sabit kontaklar ile temas haline getirilirler. Söz konusu tahrik sistemi nadiren pnömatik ve genellikle elektromanyetiktir.

Elektromanyetik tahrik sistemi bir demir çekirdekten, bir bobinden ve bir yaydan oluşur. Demir çekirdek iki parçalıdır. Bunlardan birincisi sabittir ve kontaktör gövdesine monte edilmiştir. Hareketli kontaklar ise, hareketli demir çekirdek parçası aracılığı ile, ya doğrudan doğruya veya bir tahrik kolu üzerinden hareket ettirilirler. Sükunet halinde hareketli parça yay tarafından çekilmiş olduğundan, kontaklar açık durumda bulunurlar. Kontaktörün kumanda ettiği cihazın devreye sokulması arzu edildiğinde manyetik bobin, dışardan bir kumanda gerilimine bağlanarak uyarılır. Böylece elde edilen manyetik çekme kuvveti, yay kuvvetini yenerek hareketli kontakları sabit kontaklar üzerine bastırır ve akım devresini kapatır. Bobin uyarıldığı sürece de devre kapalı kalır. Şu halde manyetik kuvvet, hem kontakları kapatır ve hem de kapalı kalmasını sağlar. Kontaklar, arasında iletimin iyi olması, aşırı ısınmayı önler ve ömürleri uzun olur. Bu sebepten kontak temasının iyi olması şarttır. Onun için de belirli kontak basıncının bulunması gereklidir. Kontak basıncını manyetik çekme kuvveti oluşturur. Şu halde manyetik kuvvet bir taraftan yay kuvvetini yenecek ve diğer taraftan belirli bir kontak basıncını oluşturacak kadar büyük olmalıdır.

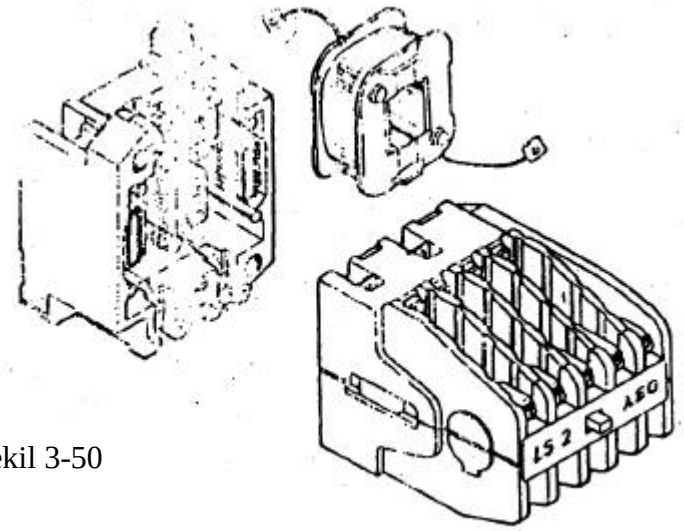
Şekil 3-48'de köntaktörün iç yapısı,Şekil 3-49'da kontakları ve Şekil 3-50'de de kontaktörün sökülmüş hali görülmektedir.



Şekil: 3-48 Kantaktörün iç yapısı



Şekil 3-49 Kontaktörün kontakları



Şekil 3-50

Kontakların kapanması, burada açıklandığı kadar kolay ve basit değildir. Zira bobinin uyarılması ile meydana gelen büyük manyetik çekme kuvveti etkisi ile kontaklar birbirine çarptıktan sonra geri sıçraması ve bu olayın mili saniye mertebesinde küçük zaman aralıkları ile tekrar ederek titreşimlerin baş göstermesi tehlikesi vardır. Her bir çarpma ve geri sıçrama küçük çaplı bir kapama ve tekrar açma olayına karşılıktır ve her seferinde bir kapama ve açma arkı oluşur. Ark, kontakların kısa zamanda harap olmasına yol açar. Çarpma ve titreşme olayına meydan vermemek için yay kuvvetinin manyetik çekme kuvvetini ve hareket eden kitlelerin dinamik kuvvetinin tam bir uyum içinde olmaları gerekir. Sıçramayı önlemek için kontaklar, yaylanabilen kontak taşıyıcılar üzerine oturtulurlar. Ayrıca nüvenin ön yüzünde küçük bir plastik pulcuk yapıştırılır. Böylece çekme anında artık mıknatısıyet etkisi ile paletin demir çekirdeğe yapışık kalması önlenir. Alternatif akımda çalışan kontaktörlerde, alternatif akımın değer ve yön değiştirmesi sonucu çekme kuvveti değişimlerinin yaratacağı titreşimleri ve gürültüyü önlemek için, demir çekirdeğin ön yüzüne açılmış kanala bakır halka yerleştirilir.

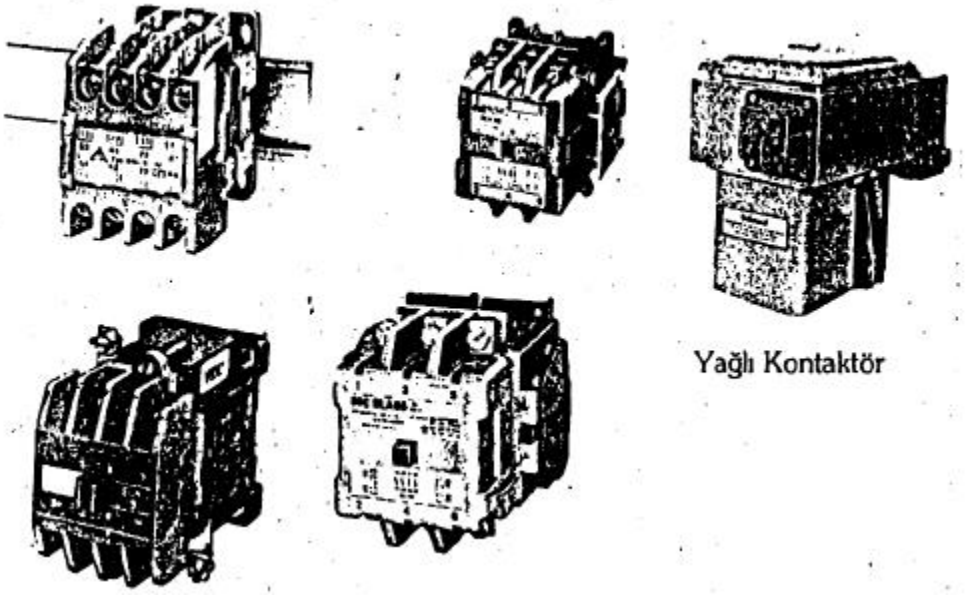
Hareket eden manyetik devre parçasının hareket ekseni üzerine ayrıca bir çok yardımcı kontaklar daha yerleştirilirler. Bunlar çeşitli yardımcı devrelere kumanda etmeye yararlar. Bu kumanda kontaklarından normalde açık kontaklara, **kapatıcı kontak** veya **kapayıcı kontak**, normalde kapalı kontaklara, **açıcı kontak** veya **açar kontak** denir.

Kontaktör bobinine uygulanan gerilim kesildiğinde manyetik çekme kuvveti sıfır olur ve serbest kalan yay kuvvetinin tesiri ile hareketli kontaklar geri çekilerek kontaklar açılır ve ana akım devresi kesilir.

Kontaktörlerde hareketli kısımlar az ve bunlarda aşınma önemsiz olduğundan, kontaktör ömrü uzundur. Ancak fazla yıpranan kısım kontaklardır. Dayanıklılığı arttırmak ve ömrü uzatmak için kontaklar özel gümüş alaşımdan yapılırlar. Açma veya kapama esnasında arkın yıpratıcı etkisini azaltmak için beher akım yolu başına seri bağlı çift kontak sistemi uygulanır.

Açma esnasında meydana gelen arkı söndürmek için belirli bir güçten sonra kontaktör, ark söndürme hücresi ile donatılır.

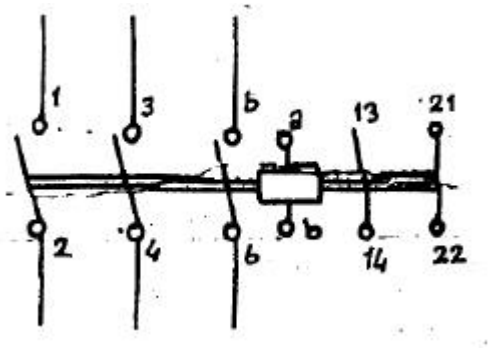
Kontakların ömrü yüke ve çeşitli işletme şartlarına bağlıdır. Yükün artması halinde veya ağır işletme şartlarında, örneğin cihazların kısa aralıklarla sık sık devreye sokulup çıkarılmaları ile kontakların ömrü kısalır. Kontaklar o şekilde yapılmışlardır ki, harap olan kontaklar gerektiğinde kolayca yenileri ile değiştirilebilirler. Bu sayede kontaktörün ömrü uzatılır.



Şekil: 3-51 Değişik firmalara ait çeşitli kontaktörler

Kontaktörler birbirleri ile paralel bağlanarak akım kapasitesi büyütülebilir veya kontak sayısı arttırılabilir. Fazla kontakları boş bırakmayıp kullanmak yararlıdır.Ayrıca kullanılmayan kontakların bağlantı vidaları mutlaka sıkıştırılmalıdır.

Şekil 3-52'de üç kutuplu bir kontaktörü oluşturan ana elemanlar şematik olarak gösterilmiştir.



a-b Bobin gerilim uçları
1-2, 3-4, 5-6 Ana kontaklar (kapatıcı kontak tipi)
13-14 Yardımcı kontak (kapatıcı kontak tipi)
21-22 Yardımcı kontak (açıcı kontak tipi)

Şekil 3-52 Üç kutuplu kontaktörün prensip şeması

3.11.3. KONTAKTÖRLERİN KULLANMA YERLERİ

Kullanıldığı yerler bakımından kontaktörler;

a) Güç kontaktörü, b) Kumanda kontaktörü, c) Yardımcı kontaktör olmak üzere üç ana gruba ayrılır.

Güç kontaktörü, daha ziyade alçak gerilim tesislerinde motorları, aydınlatma devrelerini, kondansatörleri ve elektrikli ısıtma cihazlarını kumanda etmeye yarar. Motorları devreye sokup çıkaran kontaktör için motor gücü sık sık devreyi açıp kapama, uzaktan kumanda ve aşırı yüke karşı koruma özellikleri önem taşır.

Güç kontaktörü, üç fazlı alternatif akımda 660 volta kadar ve doğru akımda 440 volta kadar kullanılır.

Motorlarda gerelim artıkça çekilen akım azaldığı halde ısıtma cihazlarında ve kondansatörlerde gerilim arttıkça çekilen akım da artar. Bu bakımdan kontaktör seçiminde çekilen akımın izin verilen işletme gerilimi sınırları içinde kalmasına dikkat edilmelidir. Kondansatörlerde yüksek harmoniklerin baş göstermesi sebebiyle akım değeri arttığından, kontaktör akımı, nominal kondansatör akımının 1,5 katı seçilir.

Pompa, kompresör ve vantilatör tahriki için kullanılan orta gerilim motorlarının ve kompanzasyon amacı ile kullanılan kondansatörlerin sık sık devreye girip çıkmaları gerektiğinden, bu gibi tesislerde vakumlu kontaktör kullanılması tercih edilir. Bunlar uzun ömürlü olup bir saatte 1200 defa açma kapama yapmaya elverişlidir.

Kumanda kontaktörleri ve yardımcı kontaktörler, kumanda, kilitleme, ihbar ve sinyalizasyon devrelerinde kullanılırlar ve bu devrelerin gerektiği şartlara göre seçilirler.

3.11.4. KARAKTERİSTİK BÜYÜKLÜKLER

Kontaktörlerin seçiminde ve kullanılmasında önemli karakteristik büyüklükleri şöyle özetleyebiliriz.

1. Akım Cinsi: Devrenin doğru veya alternatif akımla çalışmasına bağlı olarak, kontaktör de doğru veya alternatif akım için seçilir.

2.Nominal Frekans (f): Kontaktörün bağlanacağı şebekenin frekansı olup Türkiye'de 50 Hz kullanılır.

3.Nominal Gerilim (U_N): Kontaktörün kullanıldığı yerdeki şebeke geriliminin nominal değeri olup daima fazlar arası gerilimdir.

4.Nominal İşletme Gerilimi (U_e): Nominal işletme gerilimi, nominal işletme akımı ile birlikte kontaktörün kullanılıp kullanılamıyacağını tayin eder. Kontaktörün kapama ve açma kapasiteleri ile kullanma kategorisi işletme gerilimi ile ilgilidir.

5.Nominal İzolasyon Gerilimi (U_i): Kontaktörün izolasyon dayanımını belirleyen gerilim değeri olup izolasyon muayeneleri buna göre yapılır.

6.Nominal Çalıştırma veya Kumanda Gerilimi (U_c): Elektromanyetik kontaktörlerde bobine uygulanacak gerilim olup, kumanda akım devresinin çalıştırılması için bu gerilim esas alınır.Kontaktörler nominal kumanda geriliminin %85-110 sınırları arasında kusursuz olarak çalıştırılabilmelidir.

7.Nominal Akım (I_N): Kontaktör devreye girdiğinde sınır ısınmanın ve sınır sıcaklık derecesinin aşılmayacağı akım değerine denir.

8.Nominal İşletme Akımı (I_e): İmalatçı tarafından bildirilir. Nominal işletme gerilimine, nominal frekansa, işletme cinsine, kullanma kategorisine bağlıdır. Çoğunlukla nominal işletme akımı yerine nominal işletme gerilimi ile motorun en büyük gücü verilir. Buna kontaktörün **nominal işletme gücü** denir.

9.Bobin Tutma Gücü: Elektrornanyetik kontaktörlerde mıknatıs çekildikten sonra bobinden geçen akımla bobin çalışma geriliminin çarpımı olan güçtür. Alternatif akımda VA, doğru akımda W olarak verilir.

3.11.5. KULLANMA KATEGORİSİ

Kontaktör seçiminde kullanma kategorisi büyük önem taşır. VDE 0660'a göre kullanma kategorisi şöyle tanımlanmıştır. Kontaktörlerin kullanma amacı ve yüklenme durumları, nominal işletme akımı veya motor gücü, nominal gerilim ile birlikte kullanma kategorileri ile tayin edilir.

Kontaktörlerin standart kullanma kategorileri Tablo 3-1'de verilmiştir.

Kullanma Sınıfı		Örnek Uygulamalar
Alternatif Akım	AC-1	Endüktif olmayan veya çok az endüktif yükler, dirençli fırınlar
	AC-2	Bilezikli motorlar: Yol verme, yön değişmeli çalışma[1]
	AC-3	Sincap kafesli motorlar: Yol verme, çalışmakta olan motorların devre dışı edilmesi
	AC-4	Sincap kafesli motorlar: Yol verme, yön değişmeli çalışma[1], adımlı çalışma[2]
Doğru Akım	DC-1	Endüktif olmayan veya çok az endüktif yükler, dirençli fırınlar
	DC-2	Şönt motorlar: Yol verme, çalışmakta olan motorların devre dışı edilmesi
	DC-3	Şönt motorlar: Yol verme, yön değişmeli çalışma[1], adımlı çalışma[2]
	DC-4	Seri motorlar: Yol verme, çalışmakta olan motorların devre dışı edilmesi
	DC-5	Seri motorlar: Yol verme, yön değişmeli çalışma[1], adımlı çalışma[2]

1) Yön değişmeli çalışma, motorun durdurulması veya motorun çalışırken primer bağlantılarının aniden ters çevrilerek motor yönünün değiştirilmesi işlemidir.

2) Adımlı çalışma, motorun döndürdüğü düzende küçük hareketler elde etmek için motorun bir kez veya kısa aralıklarla tekrarlanarak enerjilenmesi işlemidir.

NOT – Kontaktörün rotor devrelerinin açılıp kapanması kondansatörlere veya tungsten filamanlı lambalara uygulanması şartları önceden belirlenmelidir.

Tablo 3-1

3.11.6. KONTAKTÖRLERİN OLASI DEVRE DIŞI KALMA NEDENLERİ

Kontaktörler kataloglarda verilen teknik verilere uygun olarak kullanılmadığı veya besleme şebekesindeki hatalar meydana geldiği taktirde, arızalar söz konusu olabilir. Genel olarak; kontaktörler, aslında kolay kolay arıza yapmayan cihazlardır. Seçim doğru yapıldıysa ve işletme şartları bozuk değilse, bir kontaktör milyonlarca kez güvenli bir şekilde açma-kapama yapabilir. Aşağıda, kontaktörlerde en sık karşılaşılan arızalar ile bu arızaların nedenleri ve çözümleri verilmiştir.

1-Kumanda (bobin devresinin) kablolarının aşırı uzun olması bazı sorunlara yol açabilir. Uzun kablolar boyunca gerilim düşümünün büyük olması kapamayı zorlaştırırken, aşırı büyük kablo kapasitansı açmaya engel oluşturur. Genellikle kumanda devresi için tavsiye edilen kablo kesit ve uzunluğu kataloglarda verilir. Kumanda kablosu tavsiye edilen değerlerden uzun oluyorsa daha büyük boyutta bir kontaktör kullanılması, daha düşük bobin gerilimi kullanılması veya bobine paralel bir direnç veya endüktif empedans bağlanması tavsiye edilir.

2-Kontaktör içerisinde kir veya yabancı parçacıkların olması, zorlu atmosfer koşulları ve korozyon, özellikle uzaktan kumanda ile kontaktörün kapanması işlemini engelleyebilir. Böyle bir hata ile karşılaşıldığında kir ve toza karşı kuvvetli bir temiz hava akımı ile kontaktör temizlenmeli, muhafaza daha kapalı ve korunaklı hale getirilmeli, devre kontrol edilmeli, iletkenliği bozucu bir etken varsa bertaraf edilmelidir.

3-Kontaktör bobini düşük veya yüksek gerilim sonucunda yanabilir. Ayrıca hava aralığındaki toz ve yabancı cisimler de bunu kolaylaştırır. Bobin yanmasıyla karşılaşıldığında önce gerilim ve frekans kontrol edilmeli, kararlı bir kumanda gerilimi sağlanmalıdır.

4-Kapasitif etkiden başka açmayı engelleyen bir başka olay da kontakların yapışmasıdır. Bu yapışmanın sebebi yüksek akımda anahtarlama, kısa devre veya yıldız-üçgen geçişindeki hata olabilir. Bir kısa devre oluşmuşsa önce kısa devrenin sebebi bulunmalı, ayrıca kontrol devresi sigortası yenilenmelidir.

5-Kontaktörün gürültülü çalışmasına sebep olan olaylar ise hava aralığında toz vb. yabancı parçacıkların bulunması, mıknatıs yüzeyinin uzun süre çalışmaktan yenmiş olması, uygun olmayan gerilim ve frekanstır.

Bunları engellemek için; nüve yüzeyinin temiz kalması sağlanmalı, gerekirse gerilim ve frekansa göre bobin değişikliği yapılmalıdır.

Bobin Değiştirme:

Kontaktörün iki yanında bulunan vidaları sökerek, üst parçaları ayırıp, alt kısmında kalan bobini yuvasından çekip alarak yerine yeni bobin takılır. Üst parça yerine yerleştirilerek kontaktör kapatılır. Ancak montaj esnasında yayın yerine oturmasına dikkat edilmelidir.

Açma Akımına Bağlı Kontak Ömrü:

Belli bir şalt cihazındaki kontak erime kaybı, genel olarak açma akımına bağlıdır ve kontak ömürleri diyagramlarla verilir. Kontaktörlerin en büyük kullanım alanı motorların işletilmesidir.

OTOMATİK KUMANDA DEVRELERİ

4.1.ASENKRON MOTORLARA DİREKT YOL VERME VE DEVRE ŞEMALARI

Basitliği, dayanıklılığı ve ekonomik olmasından endüstride en çok kullanılan asenkron motora, gücüne, işletme şartlarına ve şebeke durumuna göre çeşitli şekillerde yol verilir. Eğer başkaca bir zorunluluk yoksa en iyisi ve ekonomik olanı direkt olarak yol vermedir.

Direkt yol verme, kullanılacak kontaktör ve rölelerin azlığı, devrenin basitliği bakımından en ekonomik ve kolay yol verme metodudur. Bu yol vermede motor, yalnız bir kontaktör aracılığı ile şebekeye bağlanır.

Motora kumanda edecek kontaktör, normal koşullarda, motor gücüne, şebeke gerilimine ve nominal işletme türüne göre seçilir.

Nominal işletme türü olarak, sürekli işletme, kısa süreli işletme ve aralıklı işletme, söz konusu olur. Bu işletme türleri, motor ve kontaktör yapımcı firmalarını ilgilendirir.

Sürekli işletmede yol verilen motor, nominal gücü ile rejim sıcaklık derecesine ulaşıncaya kadar sabit yükle çalışır. Bu işletme türünde en güvenilir koruma, termik röle ile koruma olup, termik röle, motor nominal (anma) akımına ayarlanır.

Kısa süreli işletme türünde, motor yol aldıktan sonra nominal gücü ile yüklenir. Ancak işletme süresi çok kısa olduğundan, motor sıcaklığı rejim sıcaklık derecesine hiçbir zaman ulaşamaz. Motorun çalışmadan durduğu zaman aralığı uzun olduğundan, motorun ortam sıcaklık derecesine kadar soğuduğu kabul edilir. Bu işletme türünde de termik, motor nominal akım değerine ayarlanır. 10 dakikalık çalışma süresi, kontaktör için sürekli çalışma olarak geçerlidir.

Aralıklı işletme türünde, birbirine benzer işletme periyotları arka arkaya gelir. Örneğin, motora yol verildikten sonra, motor bir süre çalışır, sonra belli bir aralıkta durur ve motora yeniden yol verilerek çalışma başlar.Her işletme periyodunda motor, nominal gücü ile yüklenir. Bu çalışmalar motorun ısınmasını etkilemez. 10 dakikalık işletme süreleri, süreli çalışma olarak kabul edildiğinden, eğer daha kısa aralıklı çalışma periyotları kullanılacaksa, ya motor yükü düşürülür veya daha büyük kontaktör seçilir.

Yukarıda belli başlı işletme türleri açıklanmıştır. Bunun dışında yol almanın ve frenlemenin motorun ısınmasına yol açtığı işletme türleri ve benzerleri söz konusu olabilir.

Direkt yol alan motorlarda, yol alma yani kalkış akımları, nominal yani anma akımının 4-8 katı kadardır. Kalkış akımı, yük momentine bağlı değildir. Ancak yol alma süresi, yük momentine bağlıdır. Kolay yol alan motorlarda yol alma süresi 5 sn kadardır.Yük momenti büyük olan makinelerde yol alma süresi 10-sn gibi uzundur. Bu gibi makineler ısınma bakımından kontrol altında bulundurulurlar.

4.1.1. KONTAKTÖR SEÇİMİ

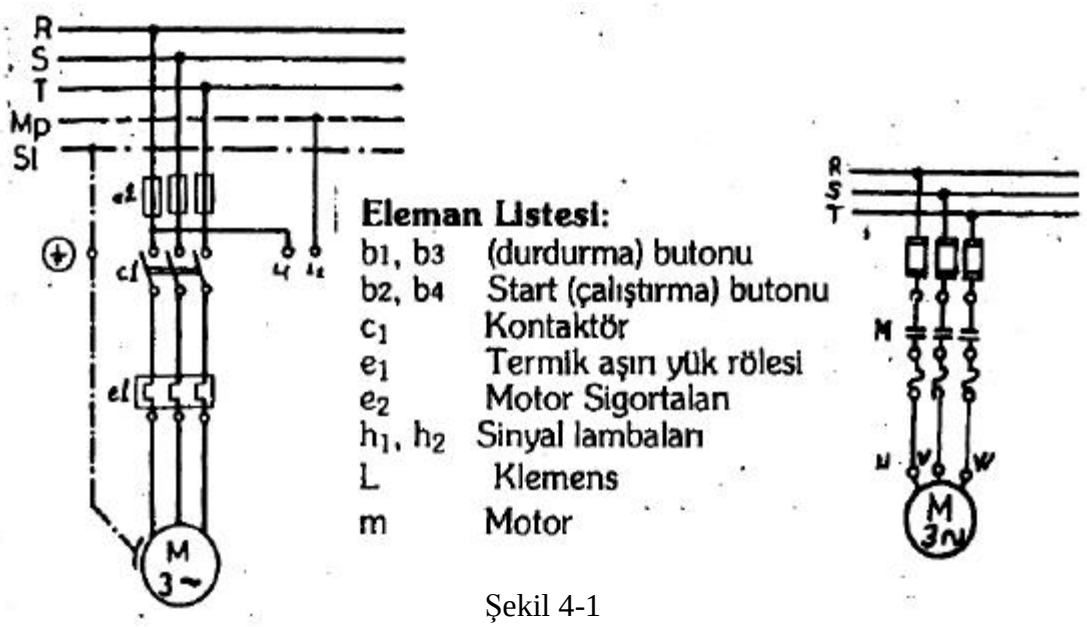
Direkt yol verilen asenkron motorlara yol verilmesi ve devreden çıkarılması, kullanma kategorisi AC 3'ün uygulama alanına girer.AC 3 kullanma kategorisinde, yol alma akımı nominal akımın 6 katı ($I_A = 6\ I_N$) esas alınmıştır. Eğer yol alma akımı, nominal akımın 6 katı büyükse, motor gücünden daha büyük kontaktör seçilmelidir.

Motorda yön değiştirme veya frenleme söz konusu olursa, bu tür çalışma, ağır bağlama koşullarına girer ve AC 3 sınıfı kontaktörlerin açma-kapama ömrü düşer. Onun için bu ve benzeri çalışmalarda AC 4 kullanma kategorisine göre kontaktör seçimi yapılmalıdır.Pratikte AC 4 işletmesi için seçilen kontaktör, AC 3 güç kademesinden ortalama iki boy daha büyük olur.

Eğer motorların yol alma akımı $I_A < 6 \cdot I_N$ ise, bu durumda AC 3 kullanma kategorisinde öngörülen değerden daha küçük bir kontaktör seçilebilir.

4.1.2. DİREKT YOL VERME DEVRE ŞEMASI

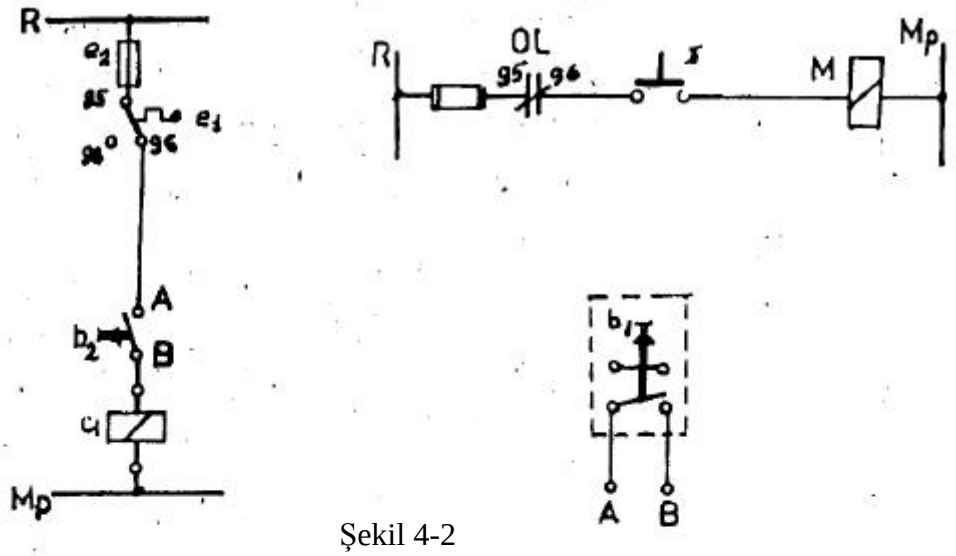
Örnek devre şemaları Alman normu ile çizilmektedir. Bilgi bakımından, aynı şekil numarası ile yanında Amerikan normu gösterilmiştir.



Şekil 4-1

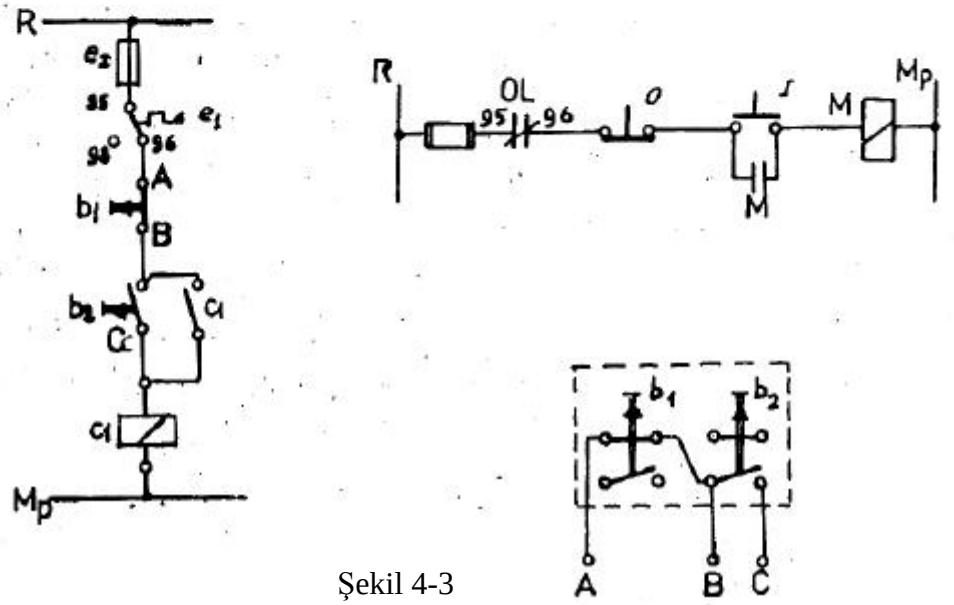
4.1.3.DEĞİŞİK DEVRE ÖZELLİKLERİ

a)Kesik Çalıştırma:



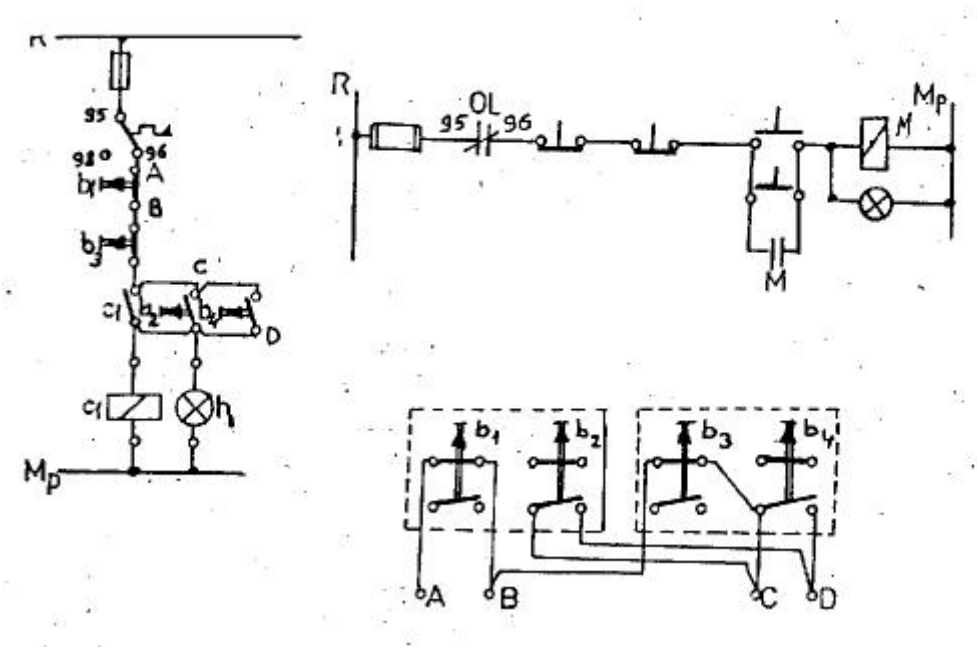
Şekil 4-2

b)Sürekli Çalıştırma:



Şekil 4-3

c)İki Kumanda Merkezli Çalıştırma:



Şekil 4-4

4.1.4.ÇİZİLEN DEĞŞİK DEVRELERE AİT ŞEMALARIN ÇALIŞMASI

a) Kesik Çalıştırma:

b_2 butonuna basıldığı sürece C_1 kontaktörü enerjilenir. Butondan temas kalkınca, C_1 kontaktörü enerjisi kesilir.

b) Sürekli Çalıştırma:

b_2 butonuna basılınca C_1 kontaktörü enerjilenir. Butondan temas kalkınca, kapanan mühürleme kontağı üzerinden kontaktör enerjili kalır. b_1 stop buntonuna basılınca C_1 kontaktörü enerjisi kesilir.

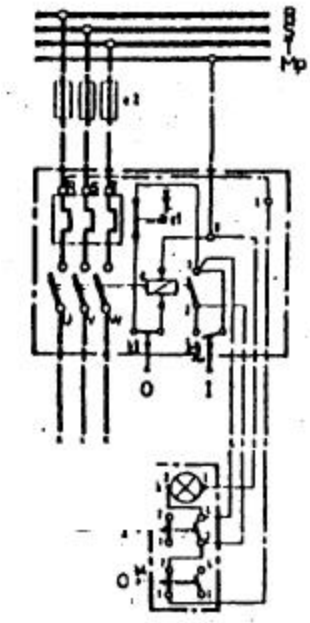
c) İki Kumanda Merkezli Çalıştırma:

Motoru, iki yerden kumanda edilebilmektedir. b_2, b_4 butonları çalıştırma; b_1, b_3 butonları durdurma butonlarıdır. Durdurma butonları, seri; çalıştırma butonları, paralel bağlanır. b_2 b_4 butonlanndan herhangi birisine basılınca, C kontaktörü enerjilenir. Kontaktörün yardımcı kapar kontağı kapandığından, kontaktör kendi kontağı üzerinden enerjili kalır. Böylece; b_2, b_4 butonlanna paralel bağlanan bu kontağa, **mühürleme kontağı** denir. Durdurma b_1, b_3 butonlarından herhangi birisine basılınca, C_1 kontaktörü enerjisi kesilir.

İki kumanda merkezli çalıştırma, prensip olarak bir lambanın iki ayrı yerden kumandasına (Vaviyen anahtarlı tesisat) benzer.

Uygulamada; b_1 , b_2 butonları bir grup, b_3 , b_4 butonları da ikinci bir grup olarak ayrı ayrı yerlerdedir. Birinci kumanda gurubu stop butonu ile ikinci kumanda gurubu stop butonu seri bağlıdır. İki kumanda gurubu arasında, 3 iletken çekilir. Eğer kumanda gurubunda, sinyal lambası bulunursa, 4 iletken çekilir.

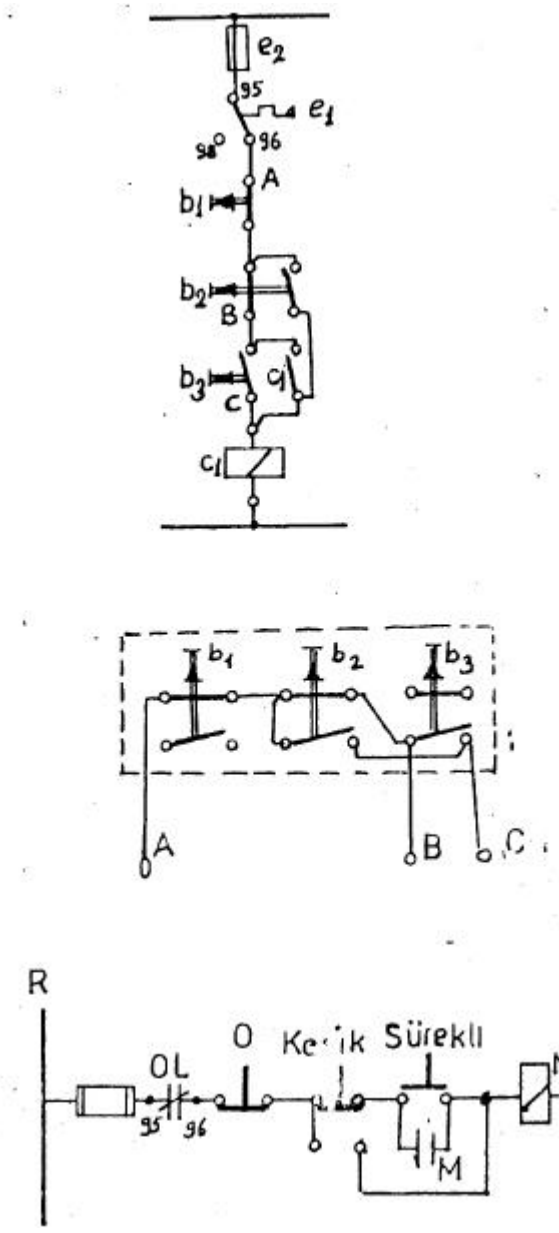
Devrenin daha iyi anlaşılması bakımından, aynı devre şeması Şekil 4-5'de komplike olarak çizilmiştir.



Şekil 4-5 İki kumanda merkezli çalıştırma

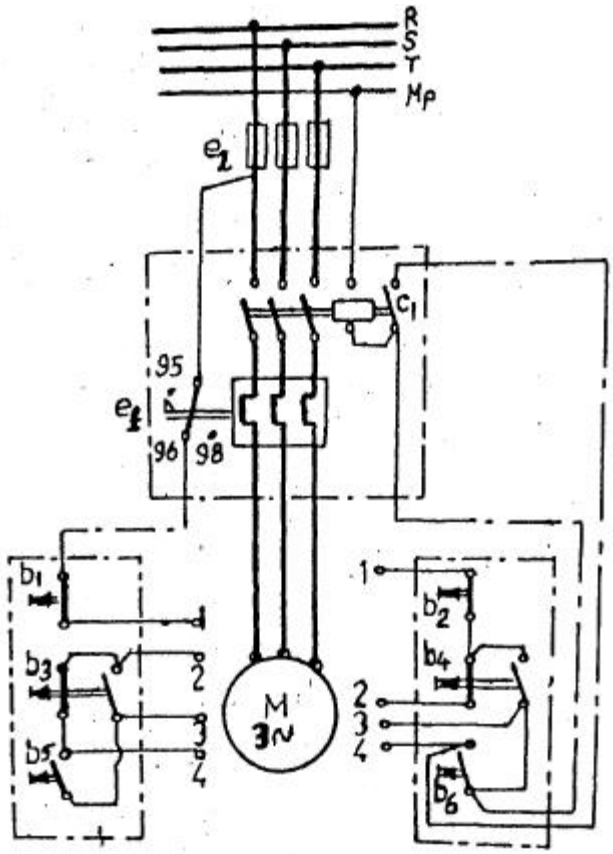
d) Kesik ve Sürekli Çalıştırma Devre Şeması:

Şekil 4-2 ve 4-3'deki çalıştırmanın birleştirilmiş halidir. b_1 durdurma butonu, b_2 kesik çalıştırma butonu, b_3 sürekli çalıştırma butonudur. b_2 butonunda, temas olduğu sürece, C_1 kontaktörü enerjilidir. b_3 butonuna basılınca, C_1 kontaktörü sürekli enerjili kalır.Kesik ve sürekli çalıştırmanın güç devresi, Şekil 4-1'de çizilen güç devre şemasının aynısıdır. Şekil 4-6'da kesik ve sürekli çalıştırmaya ait kumanda devre şeması görülmektedir.



Şekil 4-6 Kesik ve sürekli çalıştırma

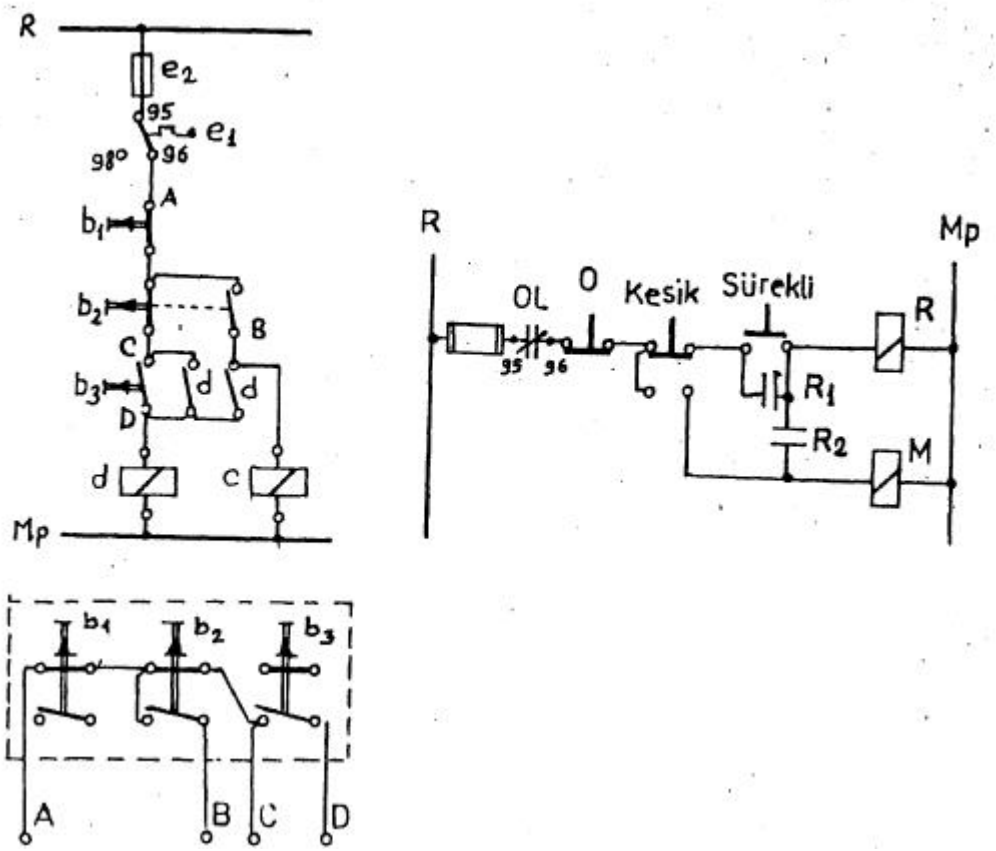
Şekil 4-6'da bir kumanda merkezli olarak çizilen, kesik ve sürekli çalıştırma devresinin, uygulamada iki kumanda merkezlisi de görülebilir. Şekil 4-7'de böyle bir devrenin komplike bağlantı şeması görülmektedir.



Şekil 4-7 İki kumanda merkezli kesik ve sürekli çalıştırma

Şekil 4-6 ve Şekil 4-7'deki devrede, b_2 kesik çalıştırma butonundan temas çok ani kaldırılırsa, mühürleme kontağı açılmadan sistem sürekli çalışmaya geçebilir. Bu durum, devre için sakıncalıdır. Böyle bir sakıncayı gidermek için, devrede yardımcı bir röle kullanılmalıdır.

Sakıncası giderilmiş, kesik ve sürekli çalışmaya ait, kumanda devre şeması Şekil 4-8'de görülmektedir.

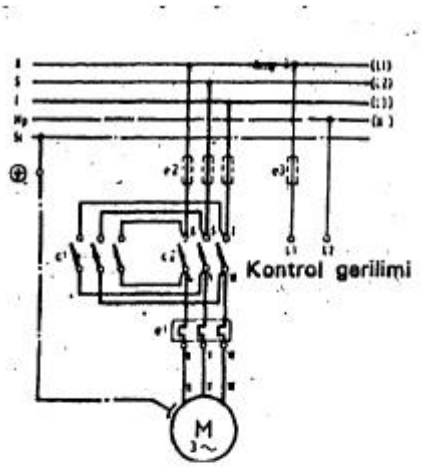


Şekil 4-8 Yardımcı röle eklemeli kesik ve sürekli çalıştırma kumanda devre şeması.

Şekildeki devrede; b_3 başlatma butonuna basıldığında, d rölesi enerjilenir. Kapanan d rölesi, kapar kontakları üzerinden, C kontaktörü enerji alır. Bundan dolayı C kontaktörü sürekli enerjilidir b_1 stop butonuna basılana kadar, motor çalışır. Ancak devre çalışırken b_2 kesik çalıştırma butonuna basılırsa, rölenin enerjisi kesilir. Devre kesik çalışmaya girer. Kesik çalışma halinde, buton ani olarak serbest bırakılsa dahi, C kontaktörü enerjisi mutlaka kesilir. Kesik çalışmadan, sürekli çalışmaya geçme olasılığı yoktur Bir röle yardımı ile Şekil 4-6 ve 4-7'deki sakınca giderilmiştir.

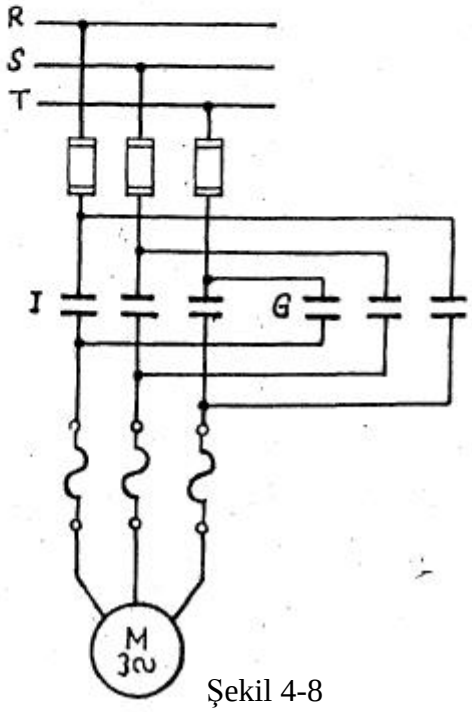
Kesik ve sürekli çalıştırma, vinç sistemlerine, torna ve benzeri tezgahların kumandasına uygulanabilir.

4.2. ASENKRON MOTORLARDA İKİ YÖNDE YOL VERME DEVRE ŞEMALARI (ENVERSÖR ÇALIŞTIRMA)



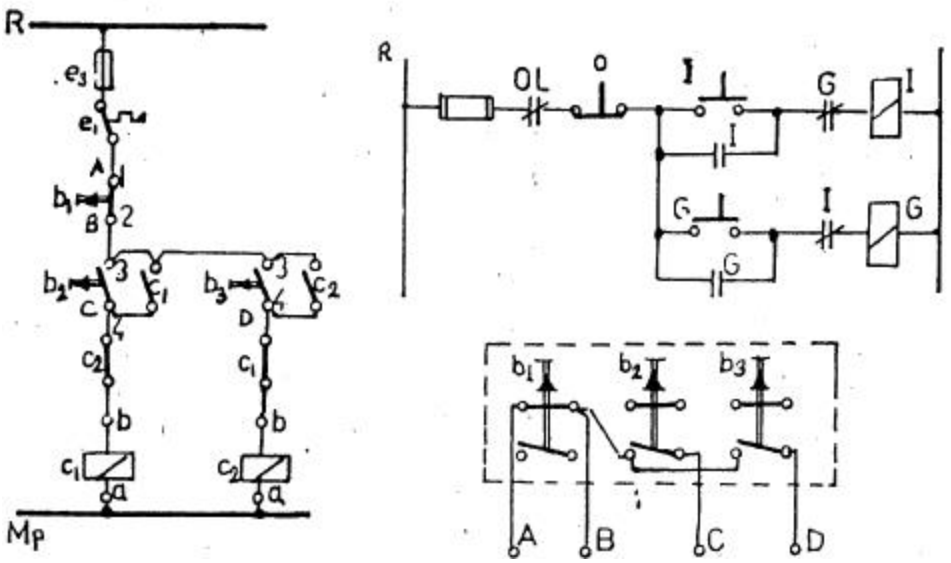
Elemán Listesi:

b_1-b_4	Stop butonları
b_2-b_5	Sağ yön start butonları
b_3-b_6	Sol yön start butonları
C_1	Sağ yön kontaktörü
C_2	Sol yön kontaktörü
e_1	Termik aşırı yük rölesi
e_2	Motor sigortaları
e_3	Kontrol sigortası
e_4	Sağ yön sınır anahtarı
e_5	Sol yön sınır anahtarı
h_1	Sağ yön sinyal lambası
h_2	Sol yön sinyal lambası
m	Motor



Şekil 4-8

Kontak Emniyetli Devir Yönü Değiştirme:



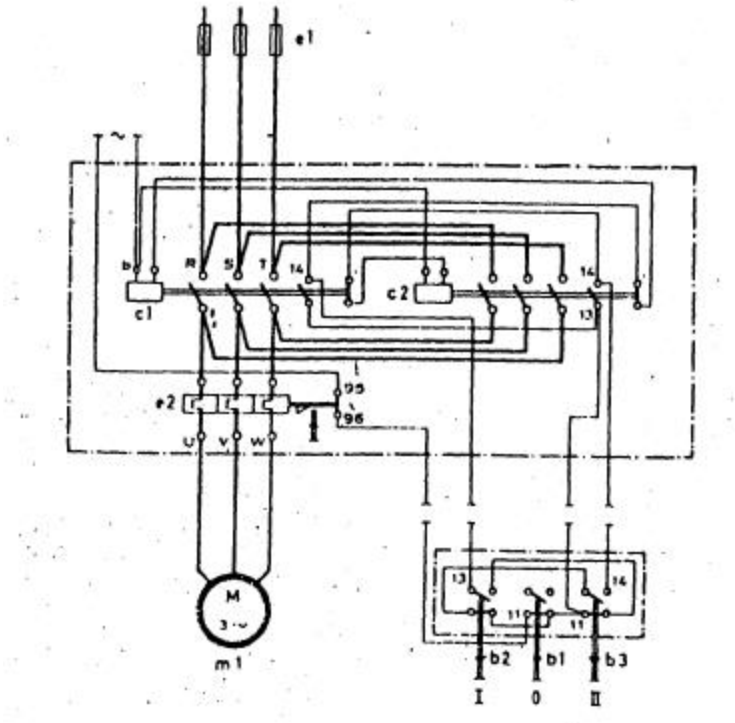
Şekil 4-9

b_2 sağ yön çalıştırma butonuna basıldığında, C_1 sağ yön kontaktörü enerjilenir. Motor, C_1 kontaktörü üzerinden enerjisini alır. C_1 sağ yön kontaktörü bobini devresinde C_2 sol yön kontaktörü açar kontağı (açıcı kontak) bulunmaktadır. b_3 sol yön çalıştırma butonuna basıldığında, C_2 sol yön kontaktörü enerjilenir. Motor, C_2 kontaktörü üzerinden enerjisini alır. C_2 sol yön kontaktörü bobini kontaktörü devresinde, C_1 sağ yön kontaktörü açar kontağı bulunmaktadır. Motor, C_1 kontaktörü üzerinden enerjilenirse, şebeke ile motor arasındaki bağlantı; R-U, S-W, T-V durumundadır. Motor, C_2 kontaktörü üzerinden enerjilenirse, şebeke ile motor arasındaki bağlantı, R-U, S-V, T-W durumundadır.

Dikkat edilirse, iki farklı kontaktörün enerjilenmesinde, motora gelen fazlardan ikisinin yeri değişmektedir. C_2 kontaktörü devresinde C_1'in, C_1 kontaktörü devresinde C_2'nin açar kontağının bulunması emniyeti sağlar. Çünkü; herhangi bir nedenle C_1 kontaktörü enerjili iken C_2, C_2 enerjili iken C_1 devresi açıktır. Bu amaçla kullanılan kontaklara, **emniyet** veya **kilitleme kontağı** adı verilir. Eğer, bu emniyet alınmaz ise, C_1 sağ yön kontaktörü çalışır iken, C_2 sol yön kontaktörü de herhangi bir kişi tarafından enerjilendirilebilir. Bu durum, güç devresinde görüleceği gibi, faz kısa

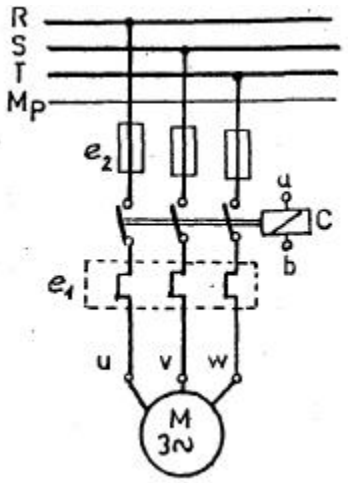
devresi meydana getirir. Onun için, enversör çalışmada, açıklanan bu emniyet önemlidir.

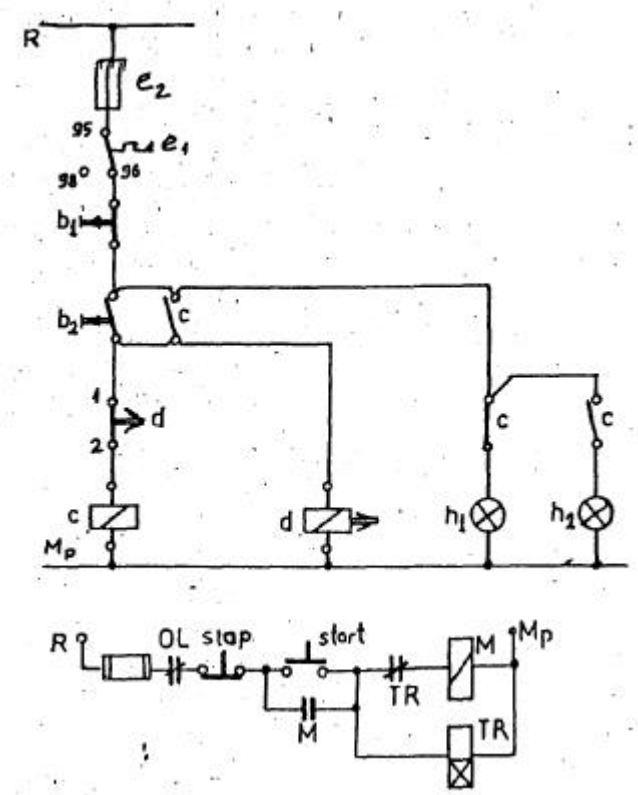
Güç ve kumanda devresi olarak ayrı ayrı çizilen bu devrenin komplike devre şeması Şekil 4-10'da görülmektedir.



Şekil 4-10 Elektriksel kilitlemeli enversör şalterin komplike devre şeması

4.3. MOTORUN ZAMAN AYARLI ÇALIŞARAK DURMASI





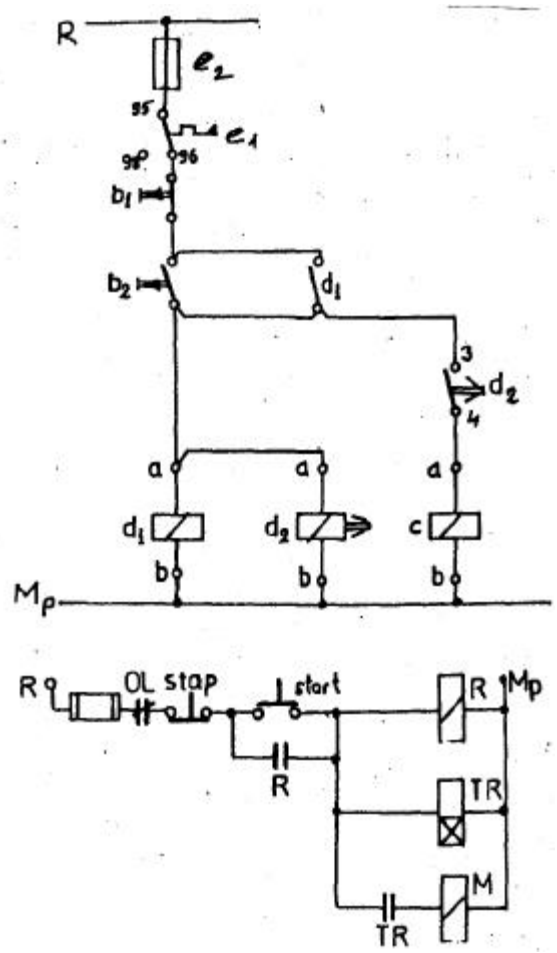
Şekil 4-11

Bazı uygulamalarda, başlatma butonuna basıldıktan sonra, motorun ayarlanan süre kadar çalışması ve süre sonunda otomatik durması istenilebilir. Şekil 4-11'de buna uygun bir devre şeması görülmektedir.

Bu devrede, zaman rölesi kullanılmaktadır. Onun için, çok nadir rastlanan bu uygulama örneği, zaman rölesinin devredeki bağlantısını ve çalışmasını açıklamak amacıyla seçilmiştir.

b_2 başlatma butonuna basıldığında, C kontaktörü ve zaman rölesi enerjilenir. C kontaktöründen enerji alan motor çalışır. Zaman rölesi, ayarlanan süre sonunda, zaman gecikme ile açılan 1-2 nolu kontağını açar ve C kontaktörünün ve kendisinin enerjisini keser. Böylece motor durur. Motor dururken h_1 lambası çalışıyor iken h_2 lambası yanar.

Motorun Starta Basılınca Ayarlanan Sure Sonunda Çalışması:

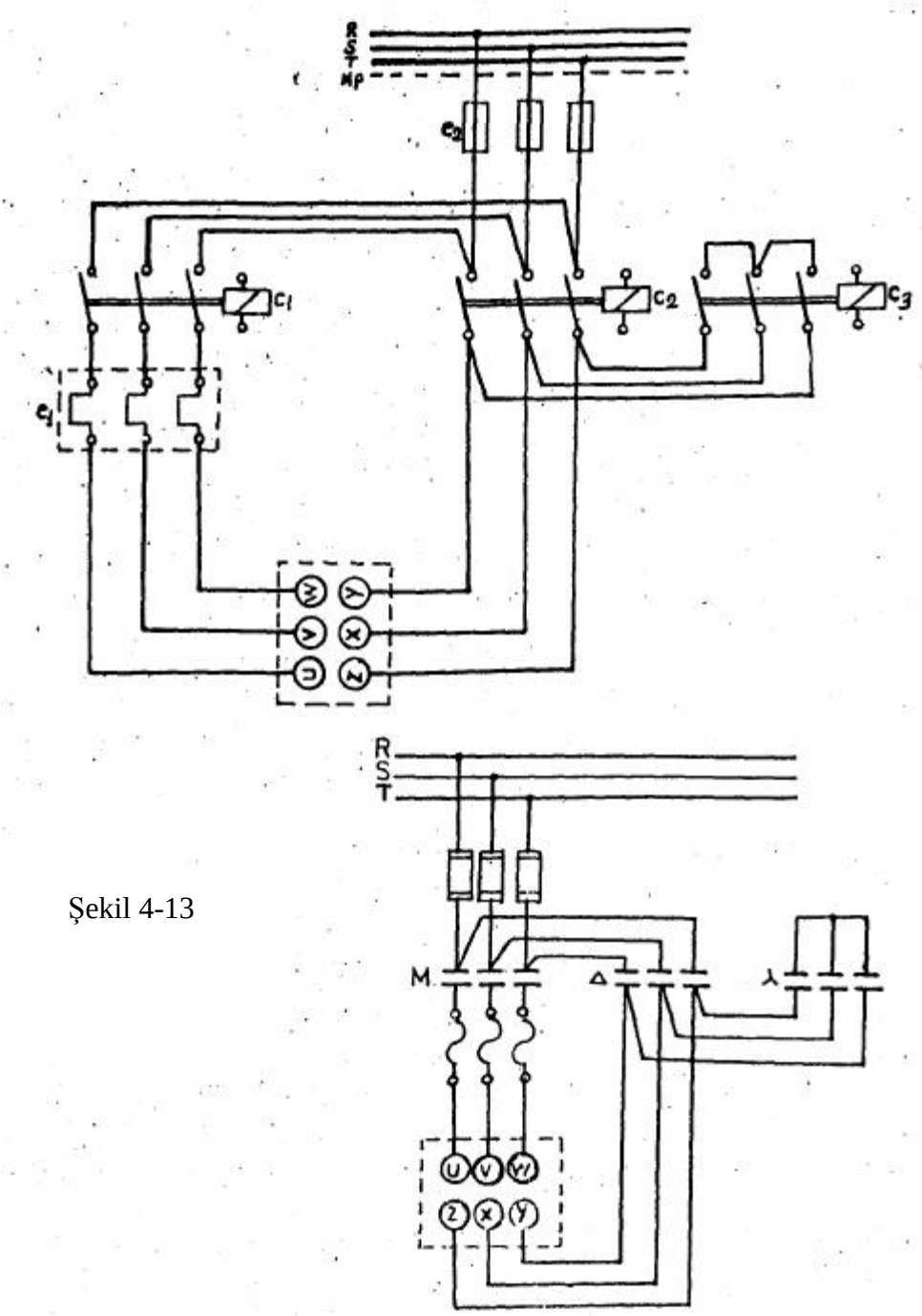


Şekil 4-12

Şekil 4-11'deki devrenin çalışma şeklinin tersidir. Bu devreye uygulamada rastlanmaz. Zaman rölesinin gecikme ile kapanan kontağının kullanılması amaçlanmıştır.

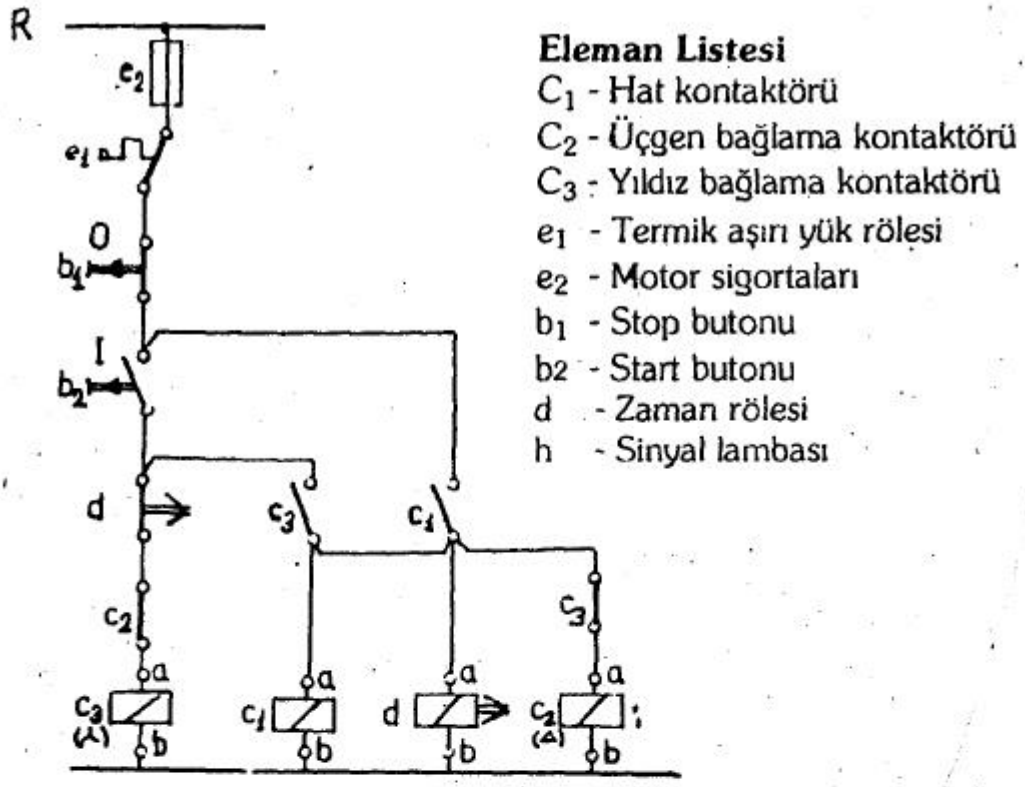
b_2 start butonuna basılınca d_1 rölesi enerjilenir ve startı mühürler. Aynı zamanda, C_2 zaman rölesi de enerjilenir. Ayarlanan süre sonunda, zaman rölesi, 3-4 nolu zaman gecikme ile kapanan kontağını kapatır, C kontaktörü enerjilenir, güç devresindeki kontaklarını kapatarak motoru çalıştırır. b_1 stop butonuna basılıncaya kadar, motor çalışmasını sürdürür (Güç devresi Şekil 4-11'in aynısıdır).

4.4.YILDIZ/ÜÇGEN YOL VERME GÜÇ DEVRE ŞEMASI

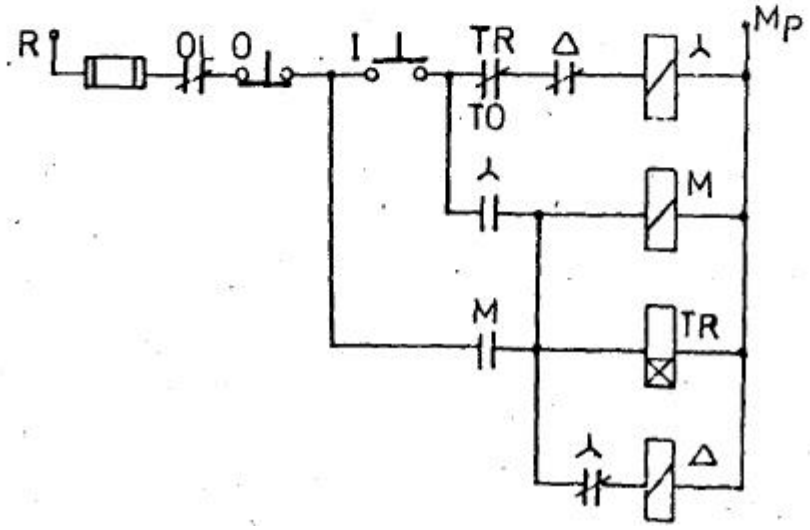


Şekil 4-13

Şekil 4-13'de çok kullanılan yıldız-üçgen yol verme kumanda devresi görülmektedir.



C_1 Kontaktörü,1 kapar kontaklı
C_2 Kontaktörü,1 açar kontaklı
C_3 Kontaktörü,1 kapar,1 açar kontaklı
Zaman rölesi sürekli devrede
Zaman rölesinin,zaman gecikme ile açılan kontağı kullanılıyor.



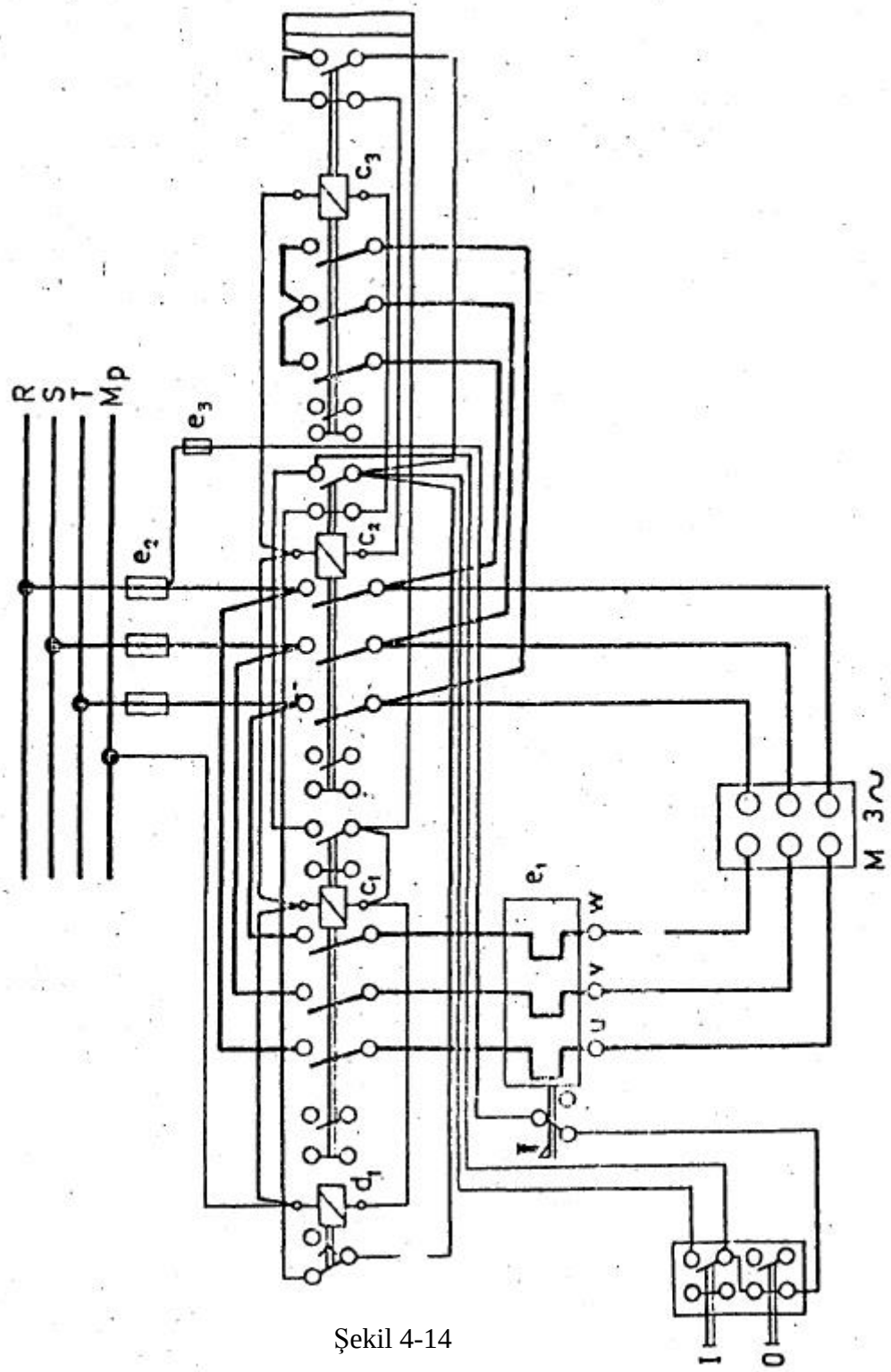
Şekil 4-13 Yıldız-üçgen yol verme kumanda devresi

Devrenin Çalışması: b_2 start butonuna basılınca, C_3 yıldız kontaktörü enerjilenir. Motor sargıları yıldız bağlanır. C_3 yardımcı kontağı ile C_1 kontaktörü ve zaman rölesi enerjilenir. Motor, yıldız bağlı yol alır. C_1 kontaktörü yardımcı kontağı ile kumanda devresinde mühürleme yapılır. Motorun yol alma süresine uygun ayarlanmış d zaman rölesi,ayarlanan süre sonunda C_3 kontaktörü enerjisini keser. Güç devresindeki motorun yıldız bağlantısı açılır. C_2 devresindeki C_3 kontaktörü yardımcı kontağı kapanır ve C_2 üçgen bağlama kontaktörü enerjilenir. Motor, C_2 kontaktörü üzerinden üçgen bağlanır.

Dikkat edilirse, yıldız bağlama kontaktörü enerjisi kesildikten sonra üçgen bağlama kontaktörü enerjilenmektedir. Eğer, yıldız kontaktörü enerjsi kesilmeden üçgen kontaktörü enerjilenirse, şebeke kısa devresi meydana gelir. O halde yıldız ve üçgen kontaktörü, beraberce hiç enerjilenmemelidir. Bunun için, devrede kontaktör kilitlemesi yapılmalıdır. C_2 kontaktörü devresine C_3 kontaktörü açıcı kontağını, C_3 kontaktörü devresine C_2 kontaktörü açıcı kontağı bağlanmalıdır.

Uygulamada, çok değişik yıldız/üçgen kumanda devreleri düşünülebilir. Amaç, yol alma süresince, motorun yıldız bağlanması anma hızının %93'ünde motorun üçgen bağlı olarak çalışmasıdır.

Yıldız - Üçgen Devre Bağlantısının Komplike Şeması:



Şekil 4-14

ÖLÇÜM ALETLERİ VE ÖLÇME TEKNİĞİ

Ölçme, bir büyüklüğün sayısal değerini saptamaktır ve bu saptama sonucu ölçü aletinde okunan değere **ölçüm değeri** denilir.

Herhangi bir ölçü aleti tarafından gösterilen ölçüm değerini uygun etolon bir değer ile karşılaştırarak eşitleme işlemine **kalibrasyon** denilir. Etolon değerler hiç hata payı bulunmayan standart değerlerdir.

5.1. ÖLÇÜ ALETLERİNİN SEÇİMİ

- Ölçü aletinin kalite sınıfı, ölçüm yapılacak yerin gerek ve koşullarına uygun olmalıdır.
- Okuma hatalarından sakınmak için, büyük yapılı ölçü aletleri seçilmelidir.
- Yanlış değer okunmasından kaçınmak için, skala taksimatları açık ve basit olmalıdır. Skala taksimatlarının sayısı o ölçü aletinin kalitesi hakkında bir kıstas olamaz. Labratuarlarda kullanılan çok duyarlı ölçü aletlerinde genellikle bir skala taksimatı bulunur.
- Çok duyarlı ölçü aletlerinde saha transferi son derece açık ve basit olmalıdır. Karışık yapıda ,ölçü aletleri genellikle yanlış kullanma sonucu tahrip olurlar.
- Bir çok büyüklük ve büyüklük türü (örneğin: akım, gerilim, kapasite...) ölçen aletleri kullanılırken aşırı dikkatli olmak gerekir. Bu tür ölçü aletleri unutkanlıkları ve yanlış kullanımları asla bağışlamaz. Bu nedenle kişi önce kendi yeteneklerini tanımalı ve bilgisinin üstündeki ölçü aletlerini ne kullanmalı ne de satın almalıdır.

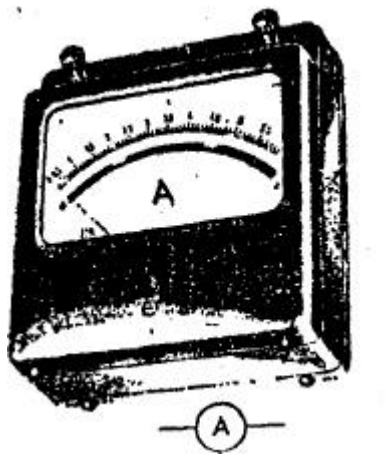
5.2.AKIM VE GERİLİM ÖLÇÜLMESİ

5.2.1. AKIM ÖLÇÜLMESİ — AMPERMETRELER

Biz burada yalnız aletin bir elektrik devresine nasıl bağlandığını göstereceğiz.Elektrik akım şiddetini ölçmeğe yarayan aletlere **ampermetre** denir ve bunlar devreye daima seri olarak bağlanırlar (Şekil 5-2a).Çünkü ampermetrenin görevi; bir elektrik devresinden kaç amper geçtiğini ölçmektir. Alıcıdan geçen akım aynı zamanda ampermetreden de geçtiğinden alet, alıcı (yük veya cihaz) ile arka arkaya bağlanmalıdır, bu bağlantı şekline **seri bağlama** denir.

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

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

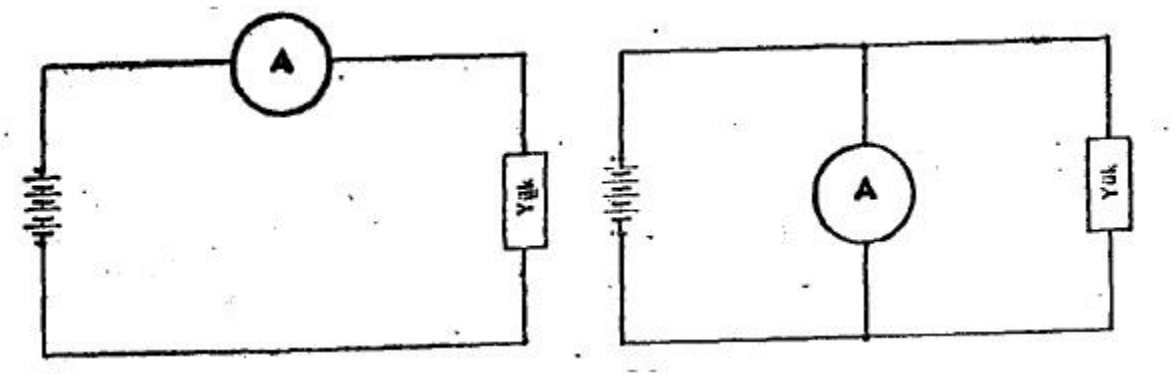


Şekil 5-1 Ampermetreler

Ampermetreler devreye daima seri olarak bağlanmalıdır (Şekil 5-2a), eğer. (Şekil 5-2b) deki gibi bağlanacak olursa (paralel bağlama) alet tehlikeye düşer. Zira ampermetrenin bobini çok küçük bir dirence sahipse sanki devrenin iki ucu bir iletkenle birleştirilmiş gibi kısa devre etkisi gösterir. Dolayısıyla ampermetreden büyük bir akım geçeceğinden, aletin bozulması (yanma) ihtimali her an mevcuttur.

Bu sebepten;ampermetre hiç bir zaman paralel bağlanmamalıdır.

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



Şekil 5-2

(a)Ampermetre,devrenin daima bir iletkeni arasına bağlanır

(b)Ampermetre,hiçbir zaman devvrenin iki iletkeni arasına bağlanmaz.

Özet olarak;

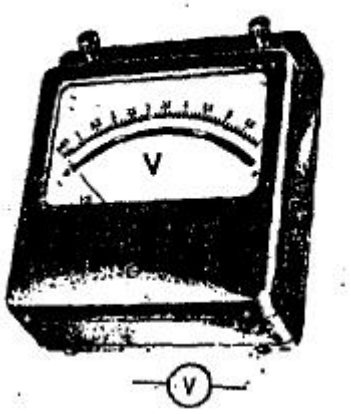
1. Alçım şiddetini ölçen aletlere, **ampermetre** denir.
2. Ampermetre devreye, akımı ölçülecek cihazla seri bağlanır.
3. Ampermetreler, devreye asla paralel bağlanmazlar.
4. Ampermetreler, yalnız akım şiddetini ölçen aletlerdir.
5. Ampermetre, küçük bir ölçü aletidir.
6. Alet için tehlikeli olabilecek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

Ampermetreleri hemen tanımak için; akım şiddeti birimibaş harfi olan A ampermetre kadranı üzerine yazılmıştır. Ampermetreler, ölçtüğü akımın büyüklüğüne göre isim alırlar ampermetre, miliampermetre ve kiloampermetre)

5.2.2. GERİLİM ÖLÇÜLMESİ - VOLTMETRELER

Elektrik devrelerinde gerilim ölçmeye yarayan ölçü aletlerine **voltmetre** denir. Diğer bir deyimle voltmetre, bir elektrik devresinde iki nokta arasındaki potansiyel farkının (gerilimin) ölçülmesine yarayan bir ölçü aletidir. Ampermetrelerin tamamen aksine, elektrik devresinin veya bir gerilim kaynağının uçları arasına doğrudan doğruya bağlanır. Bu bağlama şekline **paralel bağlama** denir (Şekil 5-4a). Voltmetreler, devreye bağlandıkları zaman önemli bir değişiklik meydana getirmemelidir. Yani; devrenin veya kaynağın gerilimini düşürecek kadar büyük bir akım çekmemelidir. Bu akımın küçük olması için, voltmetrenin iç direnci ampermetrelerin aksine, büyük olmalıdır. Bu yüzden voltmetrelerin bobin teli, ince olup sarım sayısı da fazladır. Bu sebepten alet, devreden kendini çalıştırabilecek kadar çok küçük bir akım çeker ve devredeki cihazdan geçmesi beklenen akımda da önemli bir değişiklik yapmaz. Yüksek gerilimlerin ölçülmesinde kullanılan voltmetrelerin iç dirençleri daha büyüktür.

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



Şekil 5-3 Voltmetreler

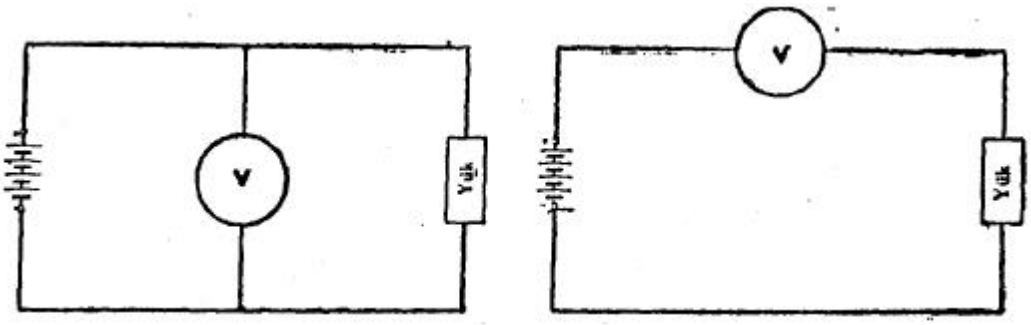
Voltmetreler, devreye yanlışlıkla ampermetreler gibi seri bağlananacak olursa (Şekil 5-4 b), devrenin direncini yükselteceğinden geçen akım çok küçük olur (bu değer de, voltmetrelerin özelliğine bağlıdır). Bu durumda devredeki alıcılar, örneğin; lamba ise, ya flamanları kızarır veya hiç yanmaz. Buna sebep; voltmetrenin direnci büyük olduğu için, devre geriliminin büyük bir kısmı aletin bu bobini üzerine düşer, fark gerilim ise alıcıların normal çalışma geriliminden çok küçük olduğundan, alıcılar bu gerilim altında ya normal çalışmazlar veya hiç çalışmazlar.

Bu sebepten;voltmetreler devreye seri olarak bağlanmazlar.

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

Özet olarak:

1. Gerilim ölçmeye yarayan aletlere **voltmetre** denir.
2. Voltmetreler, devreye paralel bağlanırlar.
3. Voltmetreler, büyük dirençli bir ölçü aletidir.
4. Alet için, tehlikeli olabilecek gerilim değerlerinin ölçülmemesi gerekir.
5. Aleti tanımak için, gerilim birimi Volt'un baş harfi V aletin üzerine yazılmıştır. Voltmetreler, ölçtüğü gerilimin büyüklüğüne göre isim alırlar (Mikrovoltmetre, milivoltmetre, kilovoltmetre ve megavoltmetre gibi).



Şekil 5-4

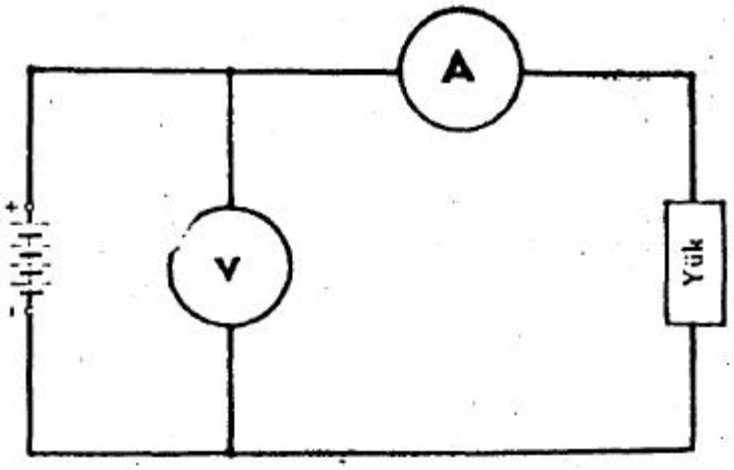
(a)Voltmetre,devrenin daima iki iletkeni arasına bağlanır.

(b)Voltmetre,hiçbir zaman devreye seri bağlanmaz.

5.2.3.AMPERMETRE VE VOLTMETRE ARASINDAKİ FARKLAR

1. Ampermetre akım ölçer, voltmetre gerilim ölçer.
2. Ampermetre devreye seri, voltmetre ise paralel bağlanır.
3. Ampermetre küçük, voltmetre büyük dirençli ölçü aletidir.
4. Her ampermetreye; uygun bir direnç seri bağlanırsa, voltmetre olarak kullanılabilinir.
5. Akım ölçme, elektrik alıcılarının normal çalışıp çalışmadıklarını kontrol için gereklidir. Akım ölçmek suretiyle çeşitli devrelerdeki yüklerin normal olup olmadığı ve çok fazlı devrelerin dengeli olup olmadığı kontrol edilebilir.

Bir elektrik devresine ampermetre ile voltmetrenin beraber bağlanması gerekiyorsa devre; (Şekil 5-5) de görüldüğü gibi tertiplenir.



Şekil 5-5 Ampermetre ve Voltmetrenin bir devreye bağlanışı

5.3.ELEKTRİK SAYAÇLARI

Elektrik enerjisinin üretildiği şebekeler ile bu enerjiyi abonelerine satan firmalar, abonelerinin belli zaman aralıklarında harcadıkları (tükettikleri) enerjiyi işletme emniyeti bakımından bilip öğrenmek isterler. İşte bu harcanan elektrik enerjisini (işini) watt-saat (Wh) veya kilowatt-saat (kWh) cinsinden ölçen aletlere **elektrik sayacı** veya doğrudan doğruya **sayaç** denir.Yani, elektrik işi: watt x zaman olarak ölçülür.

Buraya kadar incelediğimiz ölçü aletlerinde akımın etkisi ile dönen sistem belirli bir açı kadar sapmakta idi. Sayaçlar da ise dönen sistem devamlı bir dönme hareketi yapar ve bu dönme hareketinin hızı, sarf edilen elektrik gücüyle orantılıdır. Bu aletler de karşı koyma momenti yerine, hareketli sistemin hızıyla orantılı olan frenleyici moment etkisini gösterir. Frenleyici moment ise, hareketli sistemle aynı mil üzerine tespit edilen alüminyum bir diskin daimi mıknatıs kutupları arasında dönmesiyle sağlanır.

Bu aletler de, doğru ve alternatif akım sayaçları olmak üzere iki tiptirler.

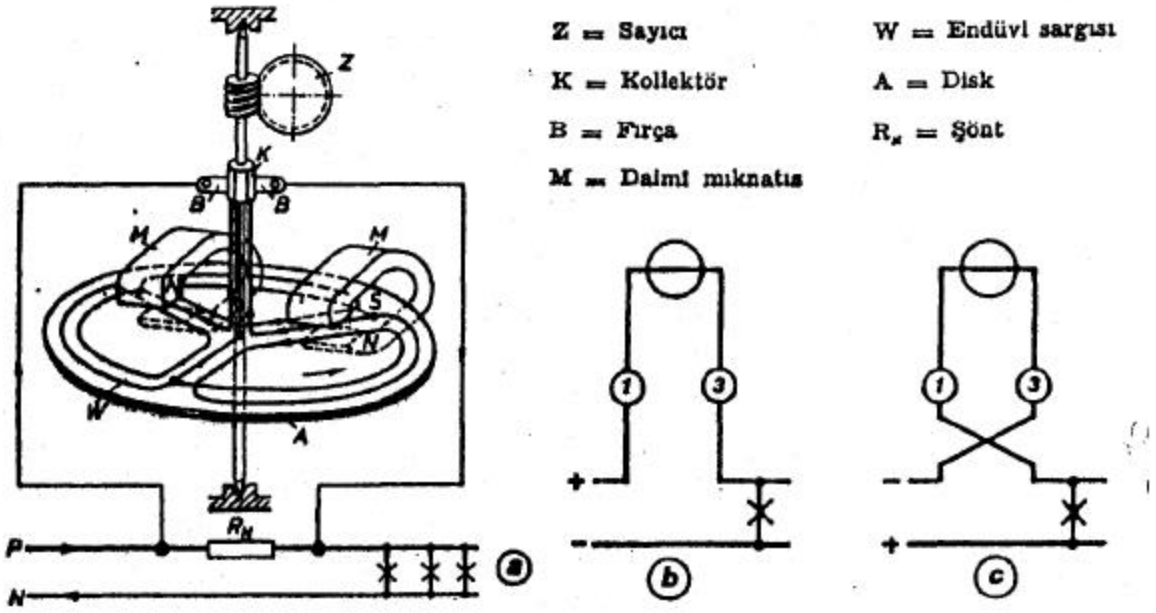
5.3.1. DOĞRU AKIM SAYAÇLARI

Bu sayaçlar da iki çeşittir.

5.3.1.1. MANYETO MOTOR SAYAÇLARI (AMPER - SAAT SAYAÇLARI)

Bunlar yalnız sabit gerilimli doğru akım devrelerinde kullanılırlar.Bu sayaçlar, küçük boyda daimi mıknatıslı bir doğru akım motoruna benzerler.

Sayacın Yapısı: (Şekil 5-6a) da görüldüğü gibi sayacın endüvisi, içi boş alüminyum disk (plak) içerisine yerleştirilen üç yassı bobin ve bobinin uçlarının bağlandığı kollektör, sonsuz bir vida aynı eksene bağlanarak iki daimi mıknatıs arasında dönebilecek şekilde tertiplenmiştir. Diskin devri, sonsuz bir vida ile devir sayıcısına iletilir.



Şekil 5-6 Amper-saat sayacı bağlantısı

Sayacın Çalışması: Endüvi sargılarından geçen akımın meydana getirdiği manyetik alan ile, daimi mıknatıslara ait manyetik alan arasında doğan etkiden bir döndürücü kuvvet (moment) hasıl olur. Bu etkiyle disk dönmeğe başlar. Diskin devri, mıknatıs alanı ve endüvi akımı ile orantılıdır. Daimi mıknatısın alanı sabit olduğuna göre diskin devri yalnız endüvi akımına tabidir. O halde bu sayaç, devreden geçen elektrik miktarını ölçer ve amper-saatleri kaydeder. Onun için bu aletler, **amper-saat sayacı** olarak kullanılırlar. Eğer istenirse ölçülen değer, uygulanan sabit gerilimle çarpılarak Wh cinsinden elektrik işi hesaplanabilir veya alet, enerjiyi kaydedecek şekilde yapılır.

Sayaç çalışırken diski frenlenmezse, devir gittikçe artar. Ölçmenin,doğru olması için disk devrinin endüvi yani yük akımı ile orantılı olması icap eder. Bu frenleme işini, iki daimi mıknatıs yapar.

Yük akımının tamamı, endüviden geçmesi bazı sak doğurduğundan, alete bir şönt bağlanmıştır. Sayacın ölçme alanı, aynı zamanda bu şöntün değerine de bağlıdır. Bu tip sayaçların devreye doğru bağlanmaları için, bağlantı uçlarına + ve — işaretleri konmuştur. Her hangi bir sebeple,sayacın uçları devreye ters bağlanırsa, disk ters döneceğinden önceki yazdıklarını siler. Şayet böyle bir yanlışlık olursa (Şekil 5-6c)de gösterildiği gibi endüvinin bağlantı uçları değiştirilir.

Sayacın Özellikleri:

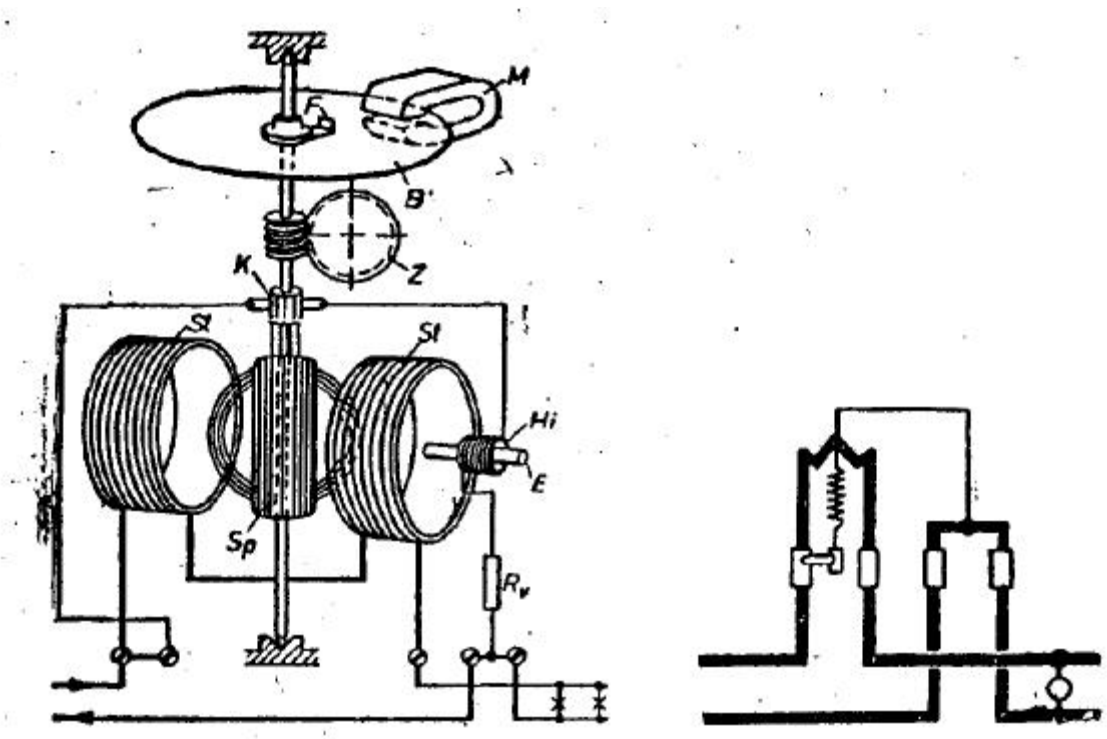
1. Diskin hızı, endüvi akımına tabidir.
2. Diskin devir yönü, endüviden geçen akım yönüne bağlıdır.
3. Bu tip sayaçların sarfiyatları çok küçük olup, tam yükte % 1 watt kadardır.
4. Yapımları kolay, basit ve maliyetleri düşüktür.
5. Sayacın ölçme alanı, endüvi şöntünün değerine bağlıdır.

5.3.1.2. ELEKTRODİNAMİK (DİNAMOMETRİK) SAYAÇLAR

Yapısı: (Şekil 5-7) de görüldüğü gibi aletin, devreye seri bağlanan iki sabit akım bobini(St), bu bobinlerin arasında ve birbirlerine çapraz tutturulmuş iki endüvi bobini (Sp); kollektör (K), fırçalar, küçük bir (Hi) bobini ve (Rv) ön direnci ile birlikte devreye paralel bağlanmıştır. Endüvinin dönme sayısı, sonsuz bir vida yardımıyla (Z) sayıcısına iletilir. Sayacın kontrol kuvveti, aynı mile bağlı (B) alüminyum diski ve (M) daimi mıknatısı ile sağlanır.

Sayacın Çalışması: Bu tip sayaçlar, elektrodinamik wattmetrelere benzediklerinden çalışma prensipleri de aynıdır. Şöyle ki; alet devreye bağlanınca sabit ve hareketli bobinlerin meydana getirdikleri alanların birbirine yaptıkları mekanik etkiden dolayı, hareketli bobin (endüvi) dönmeye başlar. Başka bir ifadeyle, bobinler o şekilde tertiplenmiştir ki meydana getirdikleri alanlar birbirlerine dik olacak şekilde sabit bobinin alanı, endüvi alanı üzerine etki ederek endüviyi döndürür.

Endüvinin dönme hızı, sabit bobinlerin ve endüvi alanının şiddeti ile orantılıdır. Sabit bobinlerin alanı, alıcıların akımı ile endüvi alanı, alıcıların uçlarındaki gerilimle doğru orantılıdır. O halde endüvinin dönme hızı; belirli zaman içerisinde tüketilen devrenin gücü (U·I) ile doğru orantılı olduğundan bu sayaç, elektrik işini watt-saat veya kilowatt-saat cinsinden ölçer.



Şekil 5-7 Elektrodinamik sayaç ve bağlantısı.

Sayacın zayıf yüklenmeleri esnasında, milin yataklara ve fırçaların kollektöre sürtünme momentleri, dönme hızı üzerindeki etkileri oldukça fazladır. Sürtünmenin bu zararlı etkisini mümkün mertebe azaltmak için endüviye seri olarak küçük bir (Hi) bobini bağlanır. Bu bobinden geçen endüvi akımından dolayı oluşan gelen manyetik alan, sürtünmeleri karşılayacak büyüklükte bir döndürme momenti (yardımcı moment) meydana getirir. Yardımcı momentin ayarı, Hi bobinini endüviye yaklaştırılıp uzaklaştırılmakla yapılır. Bu yardımcı moment, devrede yük olmadığı zaman da vardır. Bu yüzden sayaç yüksüz ve devreye bağlı iken endüvinin dönmemesi için, (B) alüminyum disk üzerine, (F) demir parçası (fren çengeli) takılmıştır. (M) daimi mıknatısı bu demir parçasını çekerek dönmeyi önler.

Sayacın doğru bir değer göstermesi için, yükle değişen orantılı hızının sabit tutulması icap eder. Bu işi de, endüvi miline bağlı ve daimi mıknatıs arasında dönen (B) alüminyum diski sağlar (fukolt frenli sistem). Sayacın ayarı da daimi mıknatısın yerini değiştirmekle yapılır.

Sayacın Özellikleri:

1. Bu sayaçlar yalnız doğru akım devrelerinde kullanılır.
2. Aletin sabit ve hareketli bobinlerinden akım geçtiği için sarfiyatları fazladır. Ayrıca, alet yüksüz iken dahi döner kısmında 1,5 ile 2 watt kadar enerji kaybı vardır.
3. Bu tip sayaçlar hassas ve doğru ölçme yaparlar.
4. Elektrodinamik sayaçlar; alternatif akım tesislerinde ancak özel hallerde, (bazen doğru ve bazen alternatif akımla beslenen sistemlerde veya alçak frekanslı tesislerde) kullanıldıklarından şehir şebekelerinde hemen hemen hiç kullanılmazlar. Bu bakımdan doğru akım sayaçları pek büyük bir özellik taşımamaktadır.

5.3.2. ALTERNATİF AKIM SAYAÇLARI(İNDÜKSİYON SAYAÇLARI)

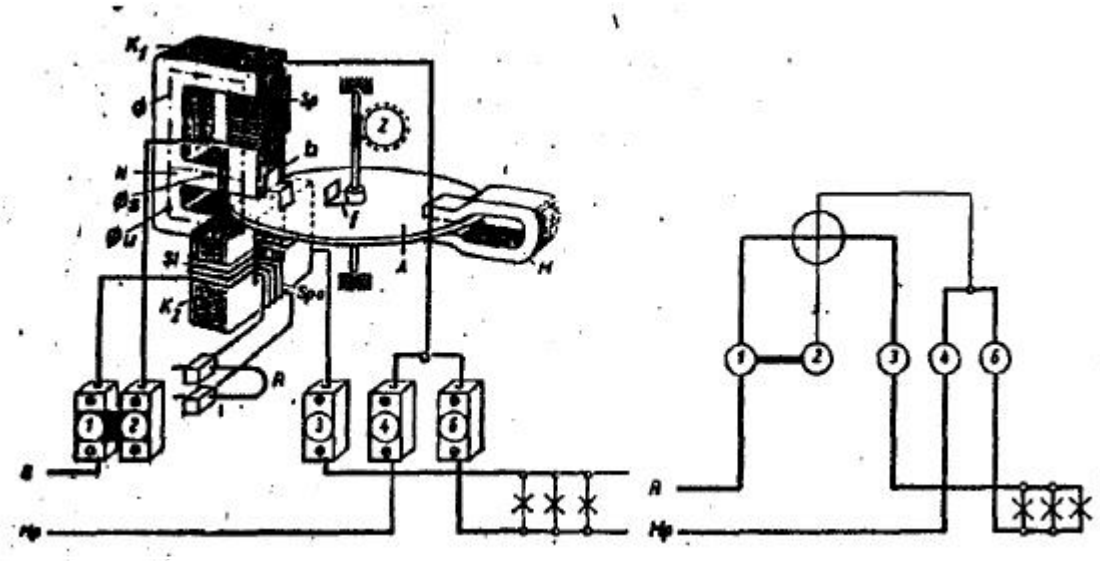
Bugün alternatif akım sayaçları denince elektrik işini, kWh cinsinden kaydeden ve yalnız alternatif akım devrelerinde kullanılan indüksiyon tipi sayaçlar hatıra gelir. Bunlar da bir ve üç fazlı olmak üzere imal edilirler.

5.3.2.1. BİR FAZLI İNDÜKSİYON SAYAÇLARI

Yapısı: (Şekil 5-8)de görüldüğü gibi sayaç, G ve U biçimindeki K_1 K_2, elektromıknatıslarla A alüminyum diski ve M sabit mıknatısından ibarettir. K_1 nüvesi üzerine ince kesitli çok sarımlı gerilim bobini, K_2 nüvesi üzerine de kalın kesitli az sipirli akım bobini sarılmıştır. Ayrıca K_2 nüvesinin üzerinde, uçları bir R direncine bağlı birkaç sipirli bir bobin daha vardır. Alüminyum disk, K_1 ve K_2 elektromıknatısın kutupları arasında serbestçe dönebilecek şekilde yaltaklandırılmıştır.

Zaman bakımından değişen ve bir alan içinde bulunan bu disk üzerinde akım indüklenir. O halde diske (rotora) akım iletmek için doğru akım sayaçlarında olduğu gibi fırça ve kollektöre ihtiyaç yoktur; zira diskte akım , indüksiyon yolu ile sağlanır. Üzerinden akım geçen disk, içinde bulunduğu alanın etkisi ile bir dönme momenti uygulanır ve böylece disk dönme hareketi yapar. Diskin devri ise, nihayetsiz bir vida

ile Z devir sayıcısına iletilir. M sabit mıknatısı da bundan evvelki sayaçlarda olduğu gibi diski frenlemeye yarar. Yukarıdaki kısa açıklamalardan anlaşıldığı gibi indüksiyonlu sayaçlar, indüksiyon makineleri adı verilen kısa devre rotorlu asenkron makinelere aynen benzemektedir.



Şekil 5-8 Bir fazlı indüksiyon sayacı ve bağlantı şeması

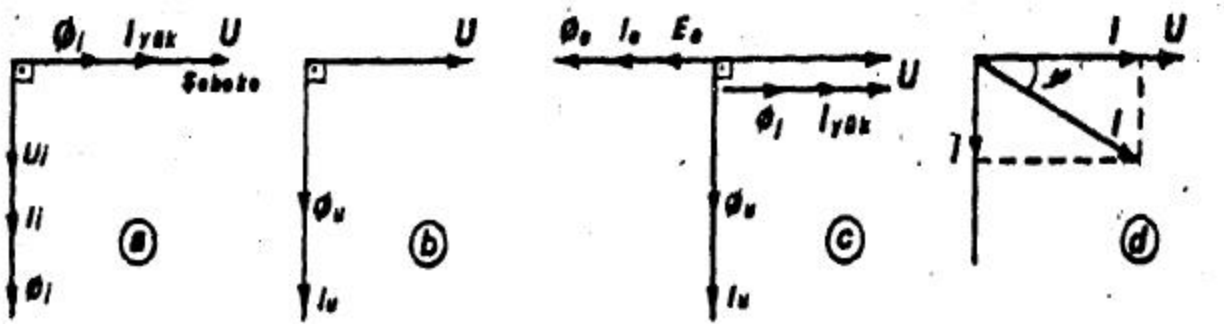
Sayacın Çalışması: Bu sayaçlarda döndürücü moment, döner diskli indüksiyon ölçü aletlerinde olduğu gibi elde edilmektedir. Şöyle ki; K_1 ve K_2 elektromıknatısların alet içindeki yerleştirme durumlarına göre gerilimin bobininin meydana getirdiği Φ_u akısı ile akım bobininin meydana getirdiği Φ_1 akısının birbirine olan etkisi ile disk üzerinde bir döndürme momenti meydana gelir.

Şimdi sayacın çalışmasını, devresine bağlanan yük durumuna göre açıklayalım:

a) Sayaç, omik yüklü bir devreye bağlı ise; akım bobininden geçen akım gerilimle aynı fazdadır. Dolayısıyla bu akımın, akım bobininde meydana getirdiği Φ_1 akısı da U şebeke gerilimiyle aynı fazdadır. Bu akı kestiği alüminyum disk üzerinde, kendisinden 90° geride bir U_i disk gerilimi indükler. İndüklenen U_i disk gerilimi de disk üzerinde

kendisi ile aynı fazda olan I_i disk fuko akımlarını meydana getirir. Bu akımlarında meydana getirdiği Φ_i disk akıları, U_i disk gerilimiyle aynı fazdadır. (Şekil 5-9a).

Gerilim bobini çok sipirli ve demir nüveli olduğundan indüktif özellik gösterir. Yani gerilim bobininden geçen I_u akımı, U şebeke geriliminden 90^0 geridedir. Bu akımın gerilim bobini üzerinde meydana getirdiği Φ_u akısı, I_u akımı ile aynı fazdadır. Dolayısıyla şebeke geriliminden 90° geridir (Şekil 5-9b). Bu durumu, akım bobinini de dikkate alarak ve birlikte bir vektör üzerinde gösterirsek; akım bobini akısının disk üzerinde indüklediği fukolt akımlarının meydana getirdiği Φ_1 akısı ile gerilim bobininin Φ_u akılarının aynı fazda olduğu görülür (Şekil 5-9c). İşte bu iki alanın etkisi ile meydana gelen döndürme momenti (T_1) diski döndürür.



Şekil 5-9

Aynı şekilde gerilim bobini akısı da değişken olduğundan disk üzerinde bir fukolt akımı (I_c) indüklenmesine sebep olur. Bu akım, gerilim bobini akısından 90° geridir. Dolayısıyla meydana getirdiği Φ_c akısı da, gerilim bobini akısından 90° geridir. Omik yüklerde, akım bobininin Φ_1 akısı ile gerilim bobininin disk üzerinde meydana getirdiği Φ_c akısı arasında 180° faz farkı vardır. Bu iki akının birbirine olan etkisi ile meydana gelen döndürme momenti (T_2) diski döndürür. T_2 momenti ile daha önce izah edilen T_1 momenti ise aynı yönlüdür.

b) Sayaç, indüktif yüklü bir devreye bağlı ise; gerilim ile akım arasında Π kadar bir açı farkı olacağından (Şekil 5-9d)de gösterildiği gibi yük akımının iki bileşeni vardır. Bunlardan biri gerilimle aynı fazda diğeri de gerilime 90° geri fazdadır. Gerilimle aynı fazda olan i akımı yani omik bileşen, yukarıda izah edilen omik yükün akımı gibi

incelenir ve diski döndürür. Gerilime göre 90° geri fazda olan i_1 akımının burada hiç bir moment teşekkülüne katkısı olmaz. Bu reaktif bileşenin disk üzerinde indükleyeceği akımların akısı ile gerilim bobini akısı arasında 90^0 faz farkı vardır. Bu akıların değişim fonksiyonları çizilip incelenirse, meydana getirdikleri momentlerin bir alternansta iki defa yön değiştirdiği görülür. Bu durum ise bir momentin doğmasına engel olur. Ancak bu akımın (reaktif bileşen) disk üzerinde indüklediği akımın akısı ile akım bobini akısı arasında 180° faz farkı olduğu görülür. Fakat bunların gerek miktarları gerekse, birbiri ile bulundukları mekanik pozisyon bir moment teşekkülüne müsait değildir. Dolayısıyla reakif akımlar wattmetrelerde olduğu gibi sayaçlarda da bir döndürme momenti meydana getirmedikleri için, bu aletler tarafından kayıt edilemezler. Elektrik şirketlerinin zararına olan bu kayıp enerjiyi, ayrıca ölçüp kaydeden aletler yapılmıştır ki adına da **reaktif sayaçlar** denir.

Özet olarak; buraya kadar olan açıklamalardan anlaşıldığı üzere, indüksiyonlu sayaçlarda devre yükü ne olursa olsun disk üzerinde iki çift döndürme momenti vardır.

1- Akım ile gerilim arasında faz farkı yok ise:

a) Birinci döndürme momenti; I_i ile Φ_u nun karşılıklı etkisinden doğan T_1 döndürme momenti.

b) İkinci döndürme momenti; I_c ile Φ_1 nin karşılıklı etkisinden doğan T_2 döndürme momenti.

Toplam döndürme momenti ise; $T = T_1 + T_2$ dir.

2- Akım ile gerilim arasında faz farkı var ise:Akım ile gerilim arasında φ açısı kadar faz farkı, omik yüklü devrelerde izah ettiğimiz disk akımları ile bobin akıları arasında da belireceğinden meydana gelen döndürme çifti; yalnız akım ve gerilim ile değil bu açının cos φ ile de orantılı olur ($T = U .I. \cos \varphi$).

İndüksiyon sayaçlarının hatasız bir şekilde ölçme yapabilmeleri için akım ve gerilim bobinlerinin akıları arasında 90^0 lik bir faz farkı olması icap eder. Bunun için de Sp gerilim bobini imkan dahilinde saf indüktif, St akım bobini ise mümkün olduğu kadar

omik dirençli yapmak suretiyle sağlanır. Bu durumda; gerilim bobininin manyetik akısı şebeke geriliminin 90^0 gerisinde ve akım bobininin akısı ise, yük akımı ile aynı fazda olacaktır. Yalnız bu hal, ideal bir durumdur veya ideal bir sayaç için düşünülebilir. Çünkü, tatbikatta kullanılan sargılar ne tam omik ve ne de tam indüktif dirençli yapılamaz. Bu bakımdan gerilim bobininin indüktif direnci yanında bir de omik direnci olduğundan; bu bobinin meydana getirdiği akı şebeke gerilimi ile tam 90^0 olmayıp, 90° den biraz daha az geride, akım sargısı ise biraz indüktif olacaktır. Bunun için de aşağıda izah edilen suni yollara baş vurulur.

1) Gerilim bobininin meydana getirdiği akı şebeke geriliminden tam 90° faz farklı olabilmesi için, K_1 gerilim nüvesine manyetik bir paralel kol (N parçası) ilave edilmiştir. Bu N şöntleme parçası ile K_1 nüvesi arasındaki hava aralığı o şekilde ayarlanmıştır ki gerilim bobininin meydana getirdiği Φ akısının büyük bir kısmı (Φ_s), A diskinden geçmeden bu hava aralığı ile N şöntlemesinden geçer. Diklik şartı aranılan Φ_u akısı ise diskten geçirilerek amaca ulaşılır.

2) Bu gerilim bobininin alanı ile akım bobini arasındaki dikliği de, K_2 nüvesi üzerine müstakil olarak sarılmış birkaç sipirli Spa sargısı (geriletme bobini) ile sağlanır. Bu bobinin uçlarını kısa devre eden R direncinin ayarlanması ile akım akısını yükleyerek bu açıyı istendiği kadar büyütmek imkanı mevcuttur. Aynı zamanda, ayar bobini akımının indüktif bileşeni ile akım bobini akımının indüktif bileşenleri birbirine zıt olduğundan bu bobin yardımıyla akım bobininin tam omik olması da sağlanmış olur. Esasen sayaçların ayarlanması ve etalonajı için bu usulden istifade edilir.

Demek ki; bir sayaçta akım bobini ne kadar omik, gerilim bobini de ne kadar indüktif karakterli ise say o kadar doğru ölçme yapar.

Pratik olarak; sayaç, yüklerde kullanılırken diski hızlı dönüyorsa R direnci artırılır, şayet yavaş dönüyorsa direnci azaltılır. Kapasitif yükler de ise bu olay ters olacağından R direncinin ayarları da ters yapılır. Bu ayarlardan sonra, yükler müşterek dahi olsa sayaç yine doğru değerler kaydedecektir.

Sayacın frenleyici momenti, önceki sistemlerde olduğu gibi yine M daimi mıknatısı yardımıyla temin edilmektedir. Döndürücü ve frenleyici momentlerin her ikisi de aynı değerde alüminyum diskin direnciyle ilgili olduklarından göstergeli indüksiyonlu aletlerden farklı olarak bu tip sayaçlara, sıcaklığın tesiri azdır Sayaç yüksüz iken veya yük altında dönerken, yükü kaldırıldığı zaman diskin daima aynı yerde durması için, mil üzerine konan f demir çengeli, K_1 nüvesi üzerindeki b manyetik çengeli karşısına gelince disk durur (penceresinden görülen kırmızı boyalı kenarı). Sayacın ayarı; M daimi mıknatısının, yerini değiştirmekle temin edilir.

Bu tip sayaçlar, bir fazlı alternatif akımla çalışan bütün cihazların (lamba, ütü, fırın, motor,... vb) sarfettikleri elektrik enerjisini kWh cinsinden kaydederler.

İndüksiyon sayaçlarının çalışmalarını kısaca özetlersek;

-Akım ve gerilim bobinleri, sayacın diski üzerine geçen akım ve tatbik edilen gerilim ile orantılı olarak bir kuvvet tatbik ettiklerinden diskin dönüş hızı; tesisat tarafından çekilen güç ile birlikte artar.

-Diskin dönmesi için iki şart lazımdır:

a) Diskin içinde bir elektrik akımı dolaşmalıdır.

b) Bu akım bir manyetik alanın etkisi altında bırakılmalıdır.

-Bilindiği gibi; bir iletken, değişen bir manyetik alanın etkisi altında kalırsa o iletken içinde bir elektrik akımı doğar.

-Bu manyetik alanın değişimi alternatif akım ile temin edilir.

-Değişen bir mıknatısiyet, böylece iletkenlerin içinde değişken bir elektrik akımının doğmasına sebep olur.

-İçinden değişken bir akım geçen sayacın gerilim bobini, değişken bir manyetik alan meydana getirir. Bu değişken manyetik alan iletken içinde bir elektrik akımı yaratır.

-İçinden elektrik akımı geçen ye manyetik alan etkisi altında bulunan her iletken hareket eder.

-O halde; sayacın gerilim bobinleri tarafından meydana getirilen manyetik alanın diskte doğurduğu akım, akım bobini tarafından meydana getirilen manyetik alanın etkisiyle diski hareket ettirir.

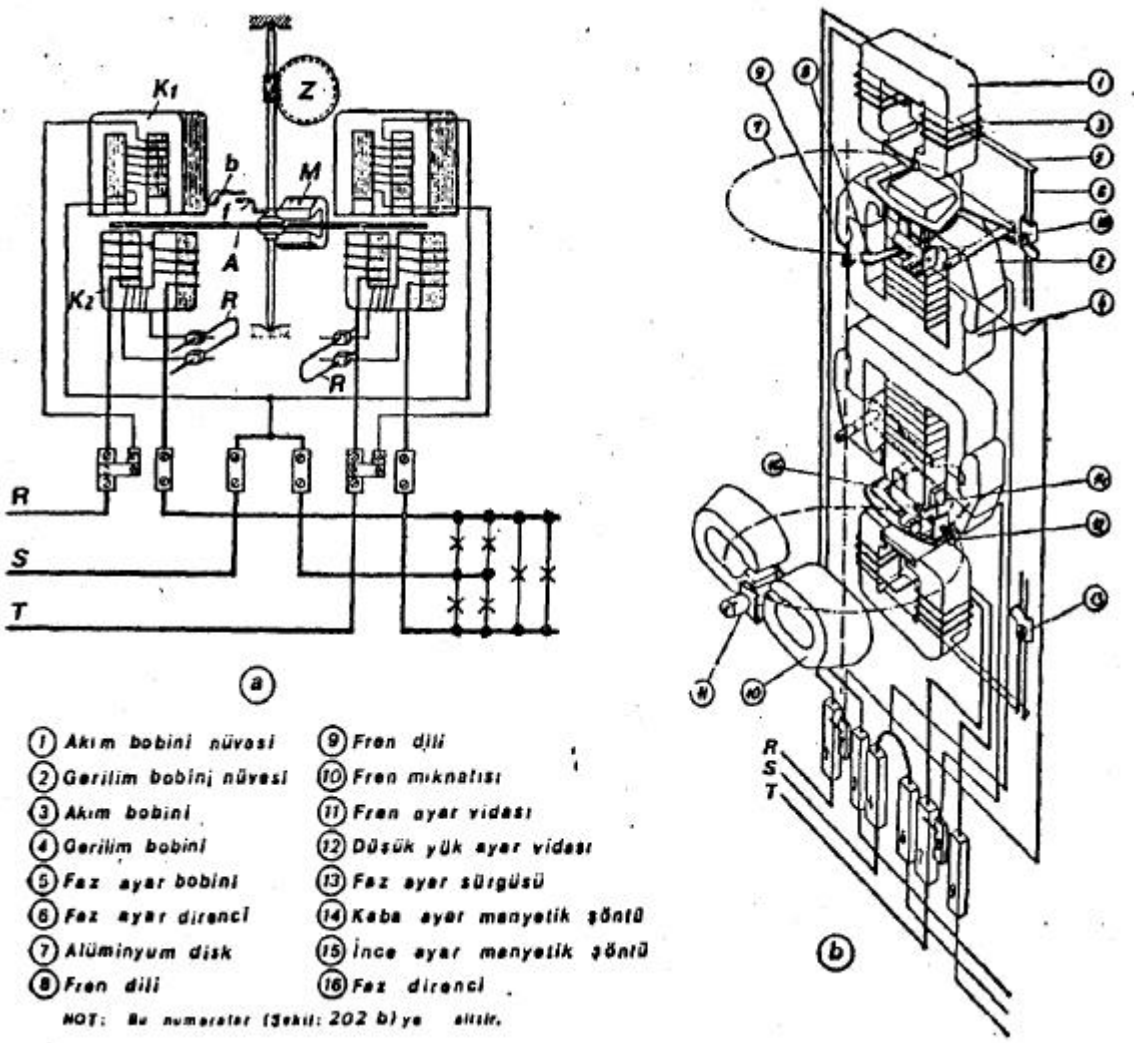
-Sayacın diski, sarf edilen enerjiyi kayıt eden saat mekanizmasını çalıştırır.

-Bir daimi mıknatıs yardımı ile bu disk frenlenmek suretiyle dönüş hızı ayarlanabilir.

5.3.2.2. ÜÇ FAZLI İNDÜKSİYON SAYAÇLARI

Bu sayaçlarda, üç fazlı üç telli ve üç fazlı dört telli dağıtım sistemlerinde enerji ölçmek için, iki tipte imal edilirler. Bunlar; iki veya üç adet bir fazlı indüksiyon sayaçlarının bir araya getirilmesinden meydana geldiği için, çalışma prensipleri ve özellikleri bir fazlıların aynıdır. Yapı bakımından tek farkı, her sayaca ait alüminyum disklerin, bir mil (aynı eksen) üzerine tespit edilmeleridir.

(Şekil 5-10a) da üç fazlı üç telli dağıtım sistemlerinde kullanılan böyle bir sayacın şekli gösterilmiştir. Bu tip sayaçlar da bir disk bulunduğundan iki elektromıknatıs aynı diske etki ederler Aynı mile bağlı iki diskli olan tipleri de vardır (Şekil 5-10 b). Bunlar, çift wattmetre usulünde olduğu gibi devreye bağlanıp (aron bağlantılı) ve her faza ait hattın, toplam sarfiyatını kWh cinsinden kaydederler.

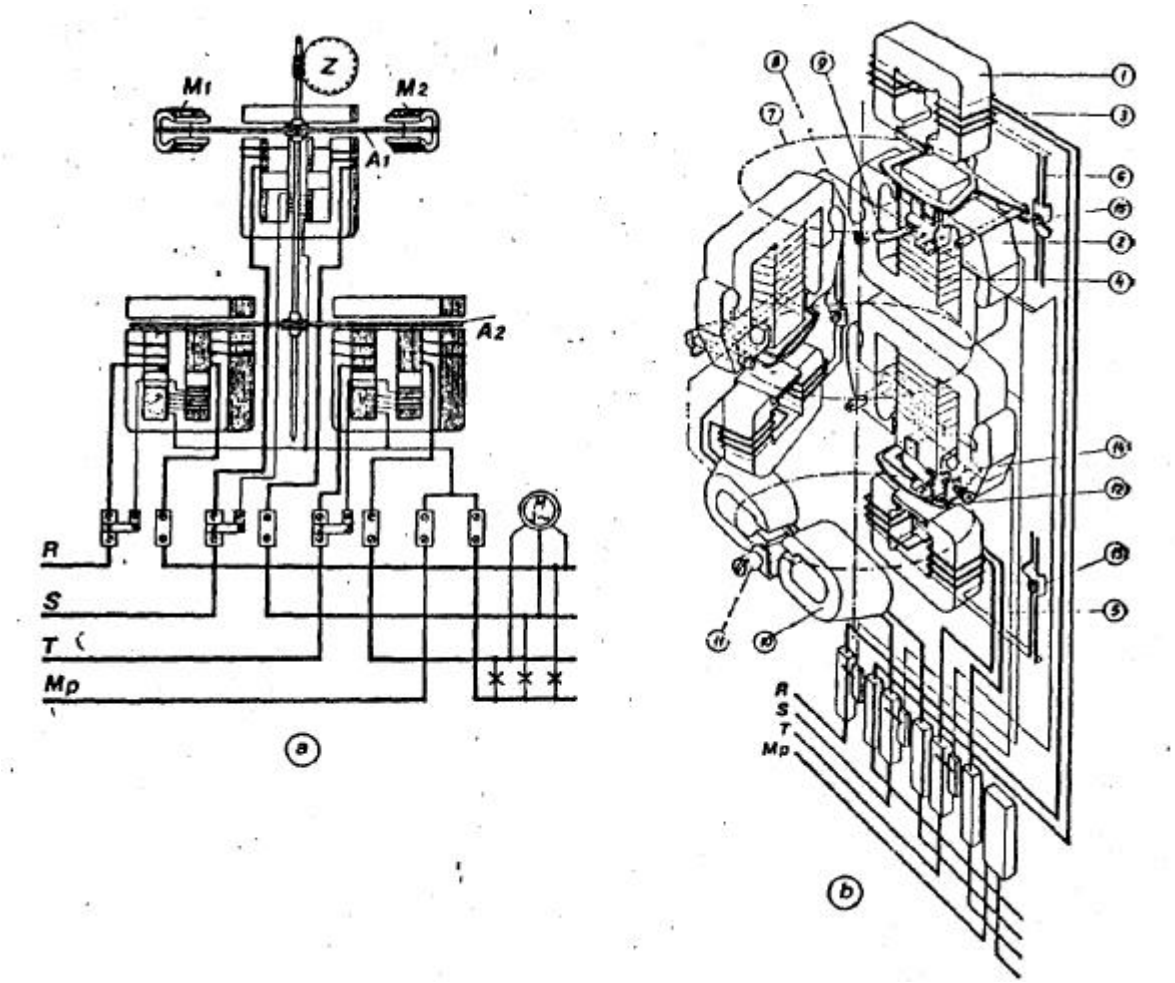


Şekil 5-10 Üç fazlı üç hatlı devrelerde kullanılan indüksiyon sayaçları (aron bağlantılı)

Üç fazlı dört telli dağıtım sistemlerinde ise, aynı mil üzerine tespit edilmiş iki diskli (Şekil 5-11a) veya üç diskli (Şekil 5-11b) olan tipleri kullanılır. Bu sayaçlar, nötr hatlı olduğundan dengeli veya dengesiz bütün alıcılara bağlanarak (motor, ışık gibi) üç fazın toplam enerjisini kWh cinsinden kaydederler.

Sayaçların Ayarı: Sayaçların ayarı; tam yükte, ufak yükte ve faz ayarı olmak üzere üç şekilde yapılır.

a)Tam yük ayarı**:** Bu ayar cos φ = 1 iken, nominal gerilim ve akım da 1 kWh deki diskin dönüş sayısı zamanının, ölçülen zamana eşit çıkmasını temin için yapılan ayardır.



Şekil 5-11 Üç fazlı dört hatlı devrelerde kullanılan indüksiyon sayaçları

b) Ufak yük ayarı: Yine cos Π = 1 iken nominal gerilimde ve nominal akımın % 5 değeri alınarak geçen enerjinin, sayacın hatasız kaydetmesini temin için yapılan ayardır.
c) Faz ayarı: cos φ = 0,5 iken, nominal gerilim ve akımda geçen enerjiyi sayacın normal göstermesi için yapılan ayardır.

Bu ayarlarda; gerilim bobinine ait manyetik şöntleme, akım bobinine ait R direnci ve frenleme momentini temin eden daimi mıknatısların yerlerini değiştirmekle yapılır. Sayaçların bu çeşit ayarları yalnız, şirketin kendi bünyesi içerisindeki yetkili kontrol ve ayarlama elemanları tarafından, özel olarak hazırlanmış sayaç ayar masalarında yapılır. Çünkü, sayacın mühürlü muhafazası yalnız yetkili kimseler tarafından açılabilir.

Biz ancak elimizdeki sayacın doğru yazıp yazmadığını deney yapmak suretiyle kontrolünü yapabiliriz. Bu kontrollar da pratik olarak, şu usullerden biri ile yapılır;
a) Standart sayaçlarla kontrol: Kontrolu yapılacak sayaç, belirli bir süre tam ve ufak yükte, ayrı ayrı çalıştırılarak kaydettiği değerler bir yere yazılır. Şimdi bu sayaç devre dışı edilerek yerine standart (etalon) bir sayaç bağlanır. Aynı şartlar altında çalıştırılan bu sayacın kaydettiği değerlerle karşılaştırılır. Değerler tutuyorsa, muayenesi yapılan sayaç doğrudur, değilse ayarlamaya gönderilir.
b) Hesap yoluyla kontrol (hata tayini):Sayaçların etiketleri üzerinde; gerilimi, akımı, frekansı ve bir kilowatt-saat için dönüş sayısı gibi yazılı olan nominal (normal) değerleri dikkate alınarak çok kısa bir zamanda ve hassas olarak yapılan bir deneydir. Yalnız bu kontrolda zamanı ölçmek için, ayrıca bir kronometreye ihtiyaç vardır.

Sayaç sayıcısının gösterdiği değer ile diskin devir sayısı arasındaki münasebet, etalon kat sayısı ile verilmiştir. Sayaçların 1 kWh e denk gelen toplam devir (Ck), sayacın etiketinde yazılıdır. Buna **hakiki etanolaj kat sayısı** ismi de verilir. Diğer taraftan sayaçla yapılan deneyle, 1 kWh için toplam devir sayısı (Cd), hesaplanabilir.

Bunun için, P(watt) gücü ile yüklenen sayacın n devrini yaptığı t (saniye) zamanı yukarıda da belirtildiği gibi bir kronometre yardımı ile tespit edilir.

Buna göre:

$$Cd = \frac{3600 \cdot 1000 \cdot n}{P \cdot t} \qquad (5.1.)$$

Hata ise,

$$H = \frac{Cd - Ck}{Ck} \cdot 100\ (\%) \quad \text{bulunur.} \qquad (5.2.)$$

Örnek: 220 V ve 5 A'lik bir sayacın etiketinde 1 kWh için, 3000 devir yazılıdır. Bu sayaç 1110 vatlık bir yük ile yüklendiği zaman sayaç diski, 50 devrini 54,8 saniyede tamamlamaktadır. Buna göre,

$$Cd = \frac{3600 \cdot 1000 \cdot 50}{1110 \cdot 54{,}8} = 2959 \quad \text{devir/kWh bulunur.}$$

Buradan,sayacın hatası formül (5.2.)ye göre hesaplanırsa,

$$H = \frac{2959 - 3000}{3000} \cdot 100 = -\ \%\ 1{,}4 \quad \text{bulunur.}$$

Bu örnekte de görüldüğü gibi sayaçta okunan değerler gerçek değerden büyük ise hata pozitiftir, küçük ise yukarıdaki gibi negatiftir. Bu bakımdan sayaçlar genellikle işletme değerlerinin ancak belirli sınırları dahilinde doğru gösterirler ve bu sınırların haricinde yanlış değerler kaydederler. Onun için, sayaçlar etiketi üzerinde yazılı nominal değerlerine göre yüklenmelidirler (ancak ± % 5 kadar bir gerilim değişmelerine müsaade edilebilir).

Sayaçların Devreye Bağlanması: Sarfiyatın doğru ölçülmesi için, ancak sayacın devreye doğru olarak bağlanması ile mümkündür. Sayaçlar devreye tıpkı wattmetreler gibi bağlanırlar (akım bobini devreye seri, gerilim bobini paralel olarak). Her sayacın bağlantı şeması genellikle sayaçların kapakları içinde vardır. Bunların devreye bağlanmaları için, üç olanak vardır.

a) Direkt bağlama: Alçak gerilim şebekelerinde ve alıcıların çektiği akımın büyük olmadığı yerlerde (evlerde olduğu gibi), sayaçlar doğrudan doğruya tesise bağlanırlar (Şekil 5-13a,e). Direkt olarak şebekeye bağlanan bir fazlı sayaçlar genellikle; 5, 10, 20, 30 Amper, 125 ve 220 Volt olarak normalize edilmiştir.

b) Akım ölçü transformatör'ü ile bağlama: Alçak gerilim şebekelerinde alıcıların çektiği akımın büyük olduğu tesislerde (bazı fabrika ve atelyelerde olduğu gibi) akım bobinine, bir ölçü transformatörünün sekonder uçları bağlanır (Şekil 5-13 f ve n) de olduğu gibi. Böyle yerler için, sayacın akım bobini 5 A'lik ve gerilim bobini de, şebekeye doğrudan doğruya bağlanacak şekilde tertiplenmiştir.

c) Akım ve gerilim ölçü transformatörleri ile bağlama: Yüksek gerilimli tesislerde sarfiyatı ölçmek için, sayaçlar ölçü transformatörleri ile birlikte bağlanırlar (Şekil 5-13m ve o) da görüldüğü gibi. Böylece, yüksek gerilimin değeri sayaç için (100 veya 110 V'a), uygun bir seviyeye düşürüldüğü gibi aynı zamanda sayaç, yüksek gerilim devresinden de yalıtılmış olur.

Bazı tip sayaçlar (primer sayaçlar gibi), ölçü transformatörlü dahi olsa sarfiyatı doğrudan doğruya kWh cinsinden gösterdikleri halde, bazı tip sayaçlar (sekonder sayaçlar) ise ölçü transformatörleri ile kullanıldıkları zaman sayacın gösterdiği değeri, transformatörlerin dönüştürme oranlarıyla çarpmak lazımdır.

Örnek: Akım transformatörünün dönüştürme oranı nj,gerilim transformatörünün dönüştürme oranı n_u ve sayaçta okunan değer de K ise ölçülen enerji:

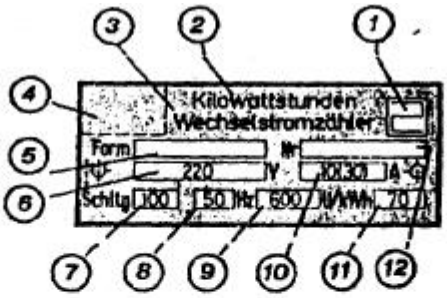
$$A = K \cdot n_i \cdot n_u \text{ dur.} \qquad (5.3.)$$

Günün her saatinde müşteriler tarafından aynı miktarda enerji çekilmez. Enerjinin kullanıldığı maksada göre her müşteri belirli saatlerde, muhtelif miktarda elektrik enerjisi sarfeder. Bir saat zarfında çekilen enerji miktarı müşterinin saatlik gücünü gösterir. Ayrıca bu güçlere göre çizilen grafiklere **müşterilerin yük grafiği** denir. (Yatay düzlemde gün, dikey düzlemde güç değerleri alınır.)

Bir santral ne kadar çok devamlı olarak maksimum yüküne yakın çalışırsa yani ortalama yükü, ne kadar yüksekse o kadar çok enerji üretir ve satar. Bir santral ne kadar çok enerji üretirse, enerjinin maliyeti o kadar düşük olur. Günün sadece muayyen saatlerinde yüksek güçte enerji çeken, diğer saatlerinde az enerji çeken müşterileri besleyen bir santralin ortalama yükü düşüktür. Dolayısıyla satılan enerji de, santralin üretebileceği enerji yanında az olduğundan maliyeti daha yüksektir. Ayrıca, müşterilerin çektikleri yükle ilgili olarak ikinci bir ücret talep edilmektedir. Bu tarifeye **çift terimli tarife** veya **çifte tarife** denilir.

Sayaçların Dönüş Yönü: Sayaçlarda diskin dönüş yönü soldan sağa doğru olup, bu durum bir okla sayaç kapağı üzerine işaret edilmiştir. Sayacın çalışıp çalışmadığını anlamak için disk kenarına kırmızı bir işaret daha konmuştur. Bu işaret aynı zamanda, devir sayısını saymaya da yarar.

Sayaçların Etiketleri ve Bağlama Şemaları: Her elektrik sayacının üzerinde, sayacın nominal değerlerini belirten bir etiket olup, bunların her biri, o sayaç hakkında önemli bilgiler verir. Yalnız bunların içersine de etikette, yapım resmini gösteren 1 nolu sembol vardır ki açıklanmasında fayda vardır (Şekil 5-12). Çünkü, bu sembolün veya 7 nolu bağlantı içersine yazılan üç rakamlı (100 - 212 - 410 gibi) sayıların her biri o sayacın karakteristiği hakkında (cinsini, akımını, hangi devrelere ve nasıl bağlanacağı vs.) geniş bilgiler verir(Tablo 5-1).



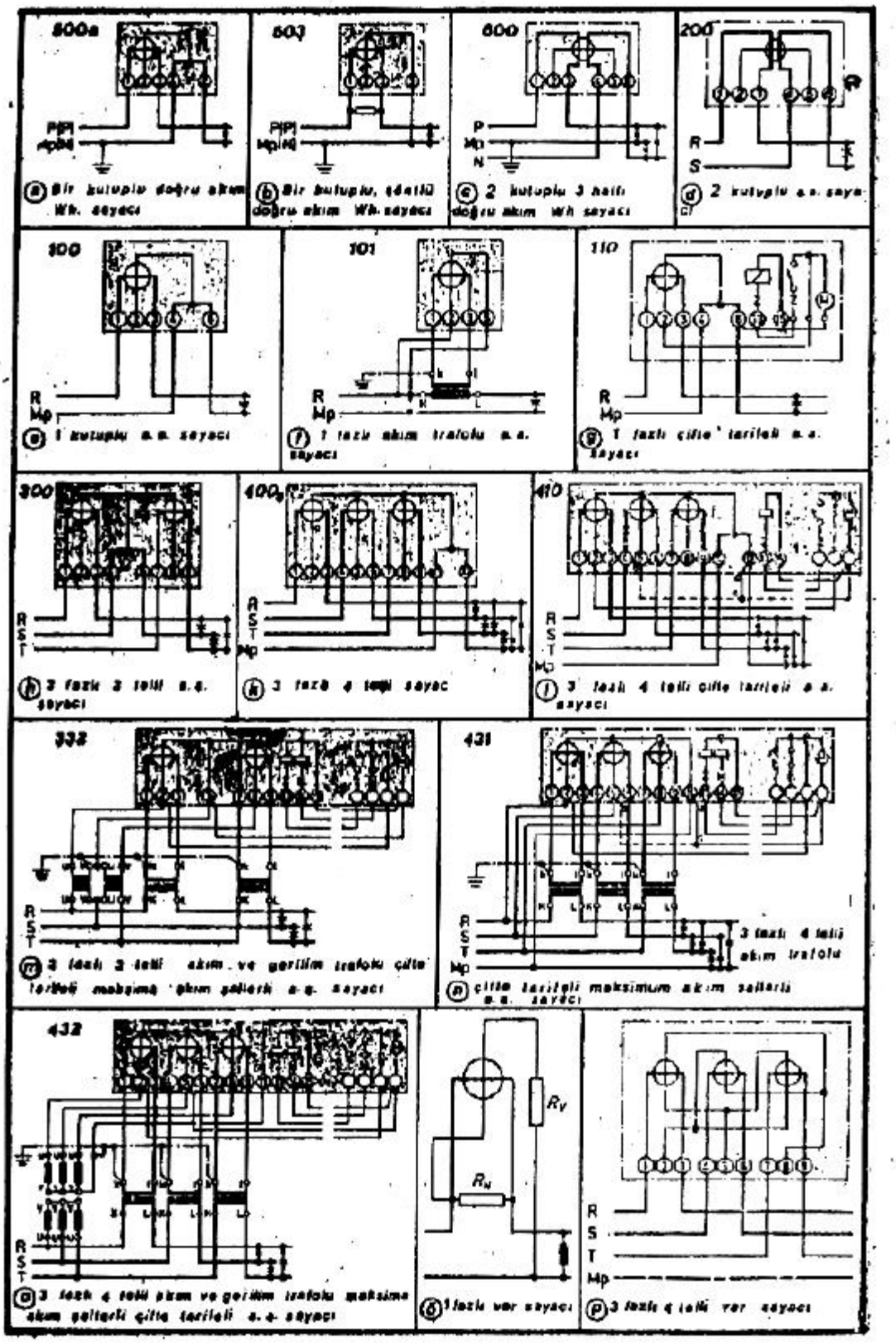
Şekil 5-12 Sayaç etiketi

1) Yapım resmi
2) Ölçtüğü birim
3) Kullandığı akım
4) Firma adı
5) Yapım şekli
6) Nominal gerilimi
7) Bağlantı numarası
8) Nominal frekansı
9) Sayaç sabiti
10) Nominal akımı
11) Yapım tarihi
12) Fabrika nosu

Tablo 5-1

Sayıların					
6 7				sayacı. 2 kutuplu 3 hatlı doğru akım Wh sayacı. Doğru akım Ah sayacı.	
	0 1 2 3		Klemens bağlantı yeri	Tarifesi için klemensi yoktur. Çift tarife ek klemens bağlantısı vardır. Maksimum yükler için klemens bağlantısı vardır. Çift tarifeli maksimum yükler için klemens bağlantısı vardır.	Sayacın ilâve kısmındaki harfler: Z: Çift tarifeli şalterli sayaç. M: Maksimum iş sayıcısı. (M): Sayıcısının motoru.
		0 1 2	Bağlantı yeri	Orta uçsuz bağlantılı. Akım trafosu bağlı. Akım ve gerilim trafoları bağlı.	

3
3


500a
a Bir kutuplu doğru akım Wh. sayacı
500j
b Bir kutuplu, çıkatlı doğru akım Wh. sayacı
600
c 2 kutuplu 3 telli doğru akım Wh sayacı
200
d 2 kutuplu a.a. sayacı
100
e 1 kutuplu a.a. sayacı
101
f 1 fazlı akım trafolu a.a. sayacı
110
g 1 fazlı çifte tarifeli a.a. sayacı
300
h 3 fazlı 3 telli a.a. sayacı
400
k 3 faza 4 telli sayac
410
l 3 fazlı 4 telli çifte tarifeli a.a. sayacı
332
m 3 fazlı 3 telli akım ve gerilim trafolu çifte tarifeli maksimum akım şalterli a.a. sayacı
431
n çifte tarifeli maksimum akım şalterli a.a. sayacı
3 fazlı 4 telli akım trafolu
432
o 3 fazlı 4 telli akım ve gerilim trafolu maksimum akım şalterli çifte tarifeli a.a. sayacı
Rv
Rn
6 1 fazlı var sayacı
p 3 fazlı 4 telli var sayacı

Şekil 5-13

(Şekil 5-13) de gösterilen çeşitli elektrik sayaçlarının bağlantı şemaları üzerinde, bu üç rakamlı sayılar da belirtilmiştir.Örneğin;

100 numaralı sayaçta;birinci hane 1 olduğuna göre; bir fazlı alternatif akım devresine bağlanan bir kutuplu sayaç olduğu anlaşılır. Diğer iki hanesi de sıfır olduğundan bu sayacın, başka bir bağlama ucu yoktur.

431 numaralı sayaçta;birinci hane 4 olduğuna göre; 4 telli devreye bağlanan 3 fazlı bir sayaçtır.İkinci hane 3 olduğuna göre; bu sayaç, çifte tarifelidir.Üçüncü hane 1 olduğuna göre; bu sayaca, akım ölçü transformatörünün bağlanacağı anlaşılır.

Ayrıca; sayaç numarasının sonuna yazılan a harfi, sayaç klemenslerinin tümü devreye bağlı, b harfi ise; sayacın, devreye noksan bağlantılı olduğu anlaşılır.

5.3.2.3. İNDÜKSİYON SAYAÇLARININ ÖZELLİKLERİ

a) Tüketim yerlerine konmuş sayaçlar genellikle ayda bir kere okunur. Harcanan enerjinin fiyatı geçen sefer okunan miktar ile son okunan miktar arasındaki farka göre hesaplanır. Bu değerler arasındaki farkın bedeli tüketiciye ödetilir.

b) Sayaçlar, genellikle 110, 220 ve 380 volta göre yapılıp yükün çektiği akıma göre anılırlar(Örneğin,monofaze (bir fazlı) sayaçlar 5 - 10 - ve 30 amperlik,üç fazlı (trifaze) sayaçlar ise 3x10, 3x30, 3x100 ve 3x200 amperlik sayaç diye anılırlar). Tesisin durumuna göre (genellikle 50 amper ve yukarısı için) sayaçlara, akım trafoları ve yüksek gerilim devrelerinde ise, gerilim trafoları bağlanır.Bizde, makine ve kimya endüstrisi kurumunun imal etmiş olduğu alternatif akım elektrik sayaçlarının,monofaze tipleri: 10 (en çok 30) amper, 220 volt, 50 Hz. ve 675 devir/kWh;trifaze tipleri :10 (en çok 30) amper, 380/220 volt, 50 Hz. ve 165 devir/kWh dır.Avrupa sayaçları ise, aşağıda verilen akım ve gerilim kademelerine göre yapılırlar. Bir fazlı tipleri: 2,5-3-5-10-15-20-30-50 amper,100-110-120-200-220-230 volt, 50 veya 60 frekanslıdır.Üç faz üç telli, iki elemanlı tipleri: 2,5-3-5-10 -15-20-30-50 amper ve 100-110-220-350-380-400-440 volt, 50 veya 60 frekanslıdır.Üç fazlı dört telli, üç

elemanlı tipleri: 2,5-3-5-15-20-30-50 Amper ve 190/110 - 208/120 - 220/127-350/200- 380/220-400/230 volt, 50 veya 60 frekanslıdır.

c) Sayaçlar; bir taraftan bir wattmetre gibi devamlı surette gücü ölçerler ve diğer taraftan bunun zamana göre entegralini alıp bu değeri kaydederler.

d) İndüksiyon sayaçları; işletme emniyeti, ölçü doğruluğu ve ucuzluk bakımından elektrodinamik sayaçlara nazaran daha üstündür.

e) Sayaçların yanlış ölçmesine sebep olan muhtelif faktörlerden ileri gelen hataların azaltılması için, çeşitli ayar imkanları varsa da bu ayarlar genellikle imalatçılar tarafından yapıldığından sayaç üzerinde herhangi bir değişiklik yapmaya ihtiyaç kalmaz.

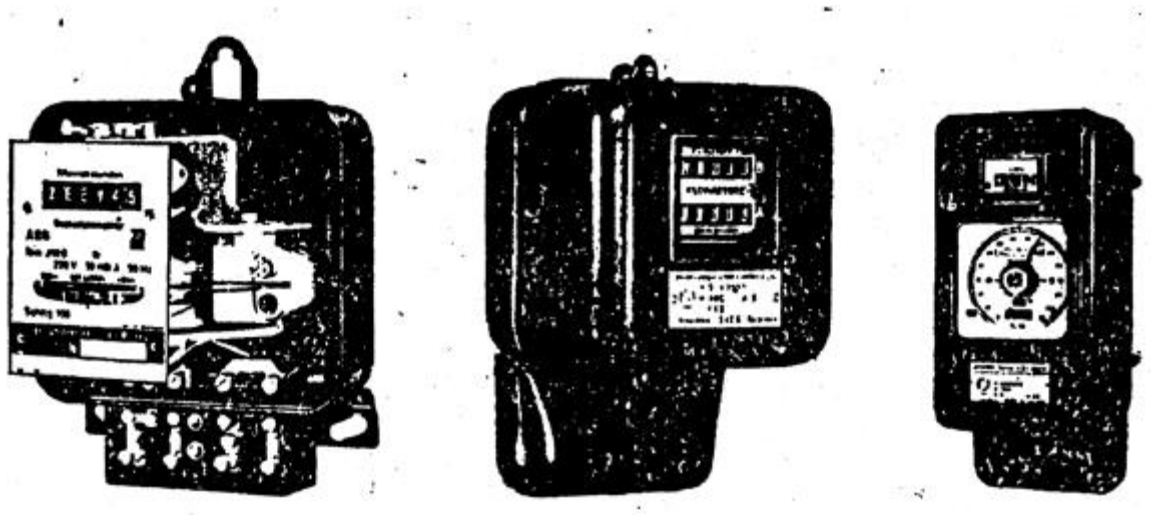
f) Sayaçlar, on seneden fazla olmamak kaydı ile belirli zamanlarda bakım ve kontrola tabi tutulmalıdırlar.

g) Pratikte nasıl ki, aktif enerjiyi kWh cinsinden ölçen cihazlara **sayaç** diyorsak, devrede kayıp olan reaktif enerjiyi ölçen cihazlara da **kilovarsaatmetre (kVARh)** denir.

h) Monofaze indüksiyon sayaçlarında, sayacın klemensine bağlanan fazın yeri değiştirilirse yani; giriş yeri çıkış, çıkış yeri giriş olarak kullanılırsa diskin dönüş yönü değişir.

ı) Üç fazlı sayaçlarda, fazlardan ikisinin yeri veya üç fazın üçünün de giriş çıkış yerleri değiştirilirse, diskin dönüş yönü değişir.

(Şekil 5-14) de indüksiyon sayaçlarının üç ayrı tipi birlikte gösterilmiştir.



Şekil 5-14 İndüksiyon sayaçlarından bazıları

5.3.3. ÖZEL SAYAÇLAR

Önceki bölümlerde açıkladığımız sayaçlara **adi sayaçlar** veya **adi tarifeli sayaçlar** denir. Bunlar, memleketimizde olduğu gibi enerji fiyatının sabit olduğu yerlerde kullanılırlar. Bir de bu sayaç tipinden başka, bizde kullanılmayan ve aşağıda bahsolunan özel veya tarifeli sayaçlar vardır.

a) Çifte tarifeli sayaçlar: Bu tip sayaçlar genellikle bir muhafaza içerisine yerleştirilmiş iki ayrı adı sayaç ile bir saat rölesinden ibarettir Sayaçlar ayrı tarifelere göre ayarlanmışlardır. Sayaçların akım bobinleri birbirlerine seri bağlı olup gerilim bobinleri ise bir saat rölesi yardımı ile ve günün belirli zamanlarında ayrı ayrı devreye girer. O halde bu sayaçlar, günün muhtelif saatlerinde değişik fiyatlarla elektrik enerjisi satılan yerlerde kullanılır (Batı Almanya gibi) . Örneğin; akşam saatleri şebekenin en fazla yüklü olduğu saatlerdir ve bu zaman zarfında enerji pahalıya satılır ki tüketicilerin normal ihtiyaçlarından (ocak, fırın vb. çalıştırarak) fazla enerji sarfetmemesi sağlanır. Şebekenin yükü az olduğu zamanlarda ise, enerjinin fiyatı düşük olarak satılır.

b) Fiyat sayaçları: Fiyat sayaçlarında ödenen miktar elektrik şebekelerinin yük karakteristiğine tabidir ve bu değer günde birkaç defa değişir. Sayaç, sarfiyatı doğrudan doğruya fiyatlandırılır. Şebekenin yük karakteristiğine göre sayaç içindeki özel bir zaman saati, sayacın hızını değişik dişlilerin devreye girmesiyle değiştirir.

c) Zaman sayaçları: Sarfiyatı daima sabit olan alıcı ve tesisatta, enerjinin tüketim zamanın bildiren sayaçlardır. Böyle sayaçlarla sarfiyatın hesaplanması kolay olur.

d) Paralı (jetonlu) sayaçlar: İçerisine atılan belirli bir para, karşılığında elektrik enerjisi geçiren sayaçlara **paralı sayaçlar** denir. Elektrik alabilmek için, sayaca tekrar para atmak icap eder. Elektrik enerjisinin bedeli önceden ödendiğinde ay sonunda, herhangi bir hesaba lüzum kalmaz.

e) Akım sınırlayıcı: Küçük tesisatta sayaç masrafından kurtulmak için, akım sınırlayıcıları kullanılır. Bu nevi tesisatta elektrik masrafı ay sonunda belirli bir miktar üzerinden toptan alınır. Sayacın sarfiyatı göstermesine lüzum yoktur. Alıcılar, satıcı ile önceden anlaştıkları bir bedel üzerinden ödeme yaparlar. Akım şiddeti belirli bir değeri aştığı zaman akım sınırlayıcı, devreyi açıp açıp kapattığından ışık titremeye başlar. Titreyen ışık rahatsız ettiği gibi diğer alıcılar da normal çalışmadıklarından müşteri, sarfiyatı azaltmağa mecbur kalır.

KAYNAK YAPITLAR

ERNA,Haluk, ‘Pratik Elektrik ve Uygulamalarıyla Modern Elektroteknik’,İnkılap Kitabevi (4. basım),İstanbul(1999).

‘SANKO Tekstil İşletmeleri San. ve Tic.A.Ş. Eğitim Dökümanları’,Gaziantep(2001).

KARACA,Ahmet Duran, ‘Kumanda Tekniği Uygulamaları Ders Notları’ ,Mersin Üniversitesi,Mersin(2002).

HÜRER,Ali, ‘ElektrikTesisat Bilgisi II’ ,M.E.B. (4. basım),İstanbul(1991).