



3I

GÜDEK

Güvenlik Denetim Kontrol

BÖLÜM:

3- ORTAM TEHLİKELERİ

KONU:

3I- ELEKTRİK ÜRETİMİ- DAĞITIMI ve KULLANIMI

İçindekiler

ELEKTRİK ÜRETİMİ- DAĞITIMI ve KULLANIMI	4
Elektrik üretim çeşitleri	4
Elektrik devreleri	4
Alçak gerilim,	5
Orta gerilim,	5
Yüksek gerilim,	6
Elektrik Enerji taşımalarında güvenlik	6
Kontrol altına alınması gereken ana unsurlar	6
Yüksek Gerilimde Açma Kapama	7
Kumanda için kullanılan bazı enstrümanlar	7
Akım trafosu	7
Ofis kat panosunda yanan Akım trafoları	8
Gerilim trafosu	8
ENERJİ KESİCİ VE AYIRICILARI	9
Kesiciler	9
Ayırıcılar	10
ELEKTRİK ÜRETİMİ	10
Doğru akım dinamosu	11
Redresörler	12
Tek fazlı alternatörler	13
Üç fazlı alternatörler	13
ELEKTRİK ENERJİ NAKLİ	14
Elektrik enerji nakil hatları	14

.....	15
Binalarda elektrik dağıtımı.....	16
Transformatörler (Trafolar).....	16
Transformatör Çalışma Prensibi.....	16
Transformatör Dönüştürme Oranı.....	17
Elektrik motorları.....	18
Doğru akım Motorları.....	19
Fırçalı DC motorlar.....	19
Fırçasız DC motorları.....	19
Fırçasız DC Step Motorları.....	20
Servo Motorlar.....	21
Alternatif akım Motorları.....	22
Asenkron motorlar.....	22
Bilezikli Asenkron (indüksiyon) motorlar.....	23
Gölge kutuplu asenkron motor.....	24
Elektrikli lineer aktüatör.....	25
Elektro manyetik alan kayıpları.....	26
Fuko kayıpları.....	26
Lorentz Yasası.....	26
Manyetik histeresis kayıpları.....	27
Senkron motorlar.....	27
Senkron motorda start.....	28
Senkron motorların kullanım alanları.....	28
Elektrik birimleri ve deyimleri.....	29
İletkenlerin, iletkenlikleri, dirençleri ve erime noktaları Tablosu.....	31
Elektriğin farklı devrelerinde oluşan dirençler.....	31
Omik devrede direnç.....	32
Self devrede direnç.....	33
Kapasitif devrede direnç,.....	35
Z Empedansı.....	36
Elektrikte kullanılan kanunlar ve formülleri.....	37
Ohm kanunu.....	38
Üç fazlı bir AC devrede güç formülü.....	39

Kompanzasyon işlemi	40
Kompanzasyon Hesabı	41
Elektrikte bazı yalıtkanların delinme gerili	44
Bazı önemli birimler ve formülleri	45
Elektrik akımı (Amper) (A. – Amp.) (su örneği)	45
Elektrikte kullanılan bazı formüller	46
Harfleri belirlediği değerler	46
Çok kullanılan formüller	47
Piller ve akümülatörler	47
Elektrikle ilgili web adresleri	48

ELEKTRİK ÜRETİMİ- DAĞITIMI ve KULLANIMI

Elektrik üretim çeşitleri

Elektrik ilk olarak kehribarın çuhaya sürtünmesi ile oluşan statik elektrik olarak tanındı, daha sonra 1800 yıllarında ilk volta pili ve diğer tipleri yapılarak laboratuvarlarda, telgraf ile haberleşmede ve küçük aydınlatma ve küçük sistemlerin çok düşük elektrik beslemeleri için kullanıldı. Maddelerin kimyasal reaksiyonlarından faydalanarak üretilen piller ile düşük gerilim ve akımlarda sanayide kullanıldı. Tek kullanımlık primer piller ve şarj edilebilir sekonder piller ve akümülatörler sanayi kullanımına girdi. Bu (DC) doğru akım düşük gerilim elektrik üreticileri olarak kullanıldı. (1- 48 Volt)

Daha sonra mekanik olarak DC üreten dinamolar devreye girmiş ve doğru akım enerji dağıtımı ile bölgesel dış aydınlatmayı Edison yapmıştır. Ancak doğru akımda çok yüksek gerilimler elde edilemeyince Edison'un kullandığı DC elektrik gerilimi yükseltme imkânı olmayınca çok uzaklara elektrik enerjisi taşınamamıştır. Bunun yerine aynı tarihlerde Nikola Tesla AC alternatif akımı elde etme yöntemi ile trafoyu keşfederek gerilimi yükseltmeyi sağlamıştır. Gerilimi yükselttilen elektriğin çok uzak noktalara taşınabilir hale getirilmiştir.

Alternatif akım elektrik üretimleri (hidrolik, termik, doğalgaz, rüzgâr ve güneş elektrik santralleri) şehirlerden sanayiden ve evlerden uzak yerlerde olduğu için belirli teknik güvenlik sistemleri kullanılarak gerilimi çok yüksek değerlere çıkarıp elektriğin kullanım noktalarına getirilmesi sağlanmıştır. Alternatörlerde Elektrik Orta Gerilim olarak (6- 10kV.) üretildikten sonra (10, 20, 34.5, 134 ve 380 kV.) standart gerilim ve frekansta havai hat veya yeraltı kabloları ile kullanım noktalarına kadar iletmektedir.

Elektrik devreleri

Elektrik devrelerinde başlıca ve ana unsurlar, üreteçler, almaçlar, enerji iletenler, devre ayırıcıları ve güvenlik sistemleri olarak ayrılabilir.

- a. Üreteç:** Elektrik enerjisini üreten alet ve makineler ile elektrik üretilir. Kimyasal olarak Piller ve mekanik enerjiyi manyetik etki ile elektrik enerjisine çeviren Dinamolar (DC) doğru akım, Alternatörler ise (AC) alternatif akım üretirler.
- b. Almaç:** Elektrik enerjisini başka enerjilere çeviren alet veya makinelere almaç denir. Bu almaçlar elektrik motorları, selenoidler, Ampuller, ütü, çamaşır makinesi, buzdolabı, bulaşık makinesi, vantilatör, kurutucular radyo gibi ekipman ve cihazlardır.

- c. İletken:** Üretilen yüksek gerilim elektriği, iletilecek mesafeye göre gerilimi yükseltilerek havai hatlarda çelik özlü çevresi bakır veya alüminyum iletkenlerle burularak sarılmış havai hatlarla izolatörlere asılarak, yeraltında ise yine aynı tip iletken üzerleri yalıtkan maddelerle izole, çelik zırh gibi koruyucu hale getirilmiş kablolar ile iletilir. Alçak gerilim de ise kablo ve kordonlarla iletilir. Bakır veya alüminyum kablolar buna örnektir. Manyetik endüksiyon akı ile hat gerilimini değiştiren Transformatörler elektrik iletimi için gerekli gerilim değerine değiştirir. Böylece elektrik enerjisi istenen yere iletilir.
- d. Anahtar:** Elektrik devrelerinde açma ve kapama işlemleri tekniğine uygun yapılmazsa büyük kazalar oluşur. Açma işlemlerinde meydana gelen arkların kesilen gücün boyutuna göre kesici kontakların hasarlanmasına hatta çevrenin de yanmasına neden olur. Bunun için üretiminde çok özel önlemlerin alınması gerekir.
- e. Sigorta:** Elektrik devre hatlarını, devrede bulunan almaç ve üreteçlerin aşırı akımdan dolayı veya kısa devre durumlarında büyük hasarlardan korunması için hesap sonucu belirlenen değerlerde devreyi kesecek tek kullanımlı eriyen telli buşonlar veya otomatik sigortalar ile korunması ve güven altına alınması gerekir. Aksi halde bu aşırı akımlar almaç, üreteç ve iletkenlere zarar verebilir. Bunu önlemek için aşırı akımda devreyi kesen sistem veya sigortalar kullanılır.

Yukarıda bahsedilen bütün bu konular aşağıda daha detaylı olarak anlatılmaya çalışılmıştır.

Elektrik sistemi

Elektrik enerjisinde 1000 Voltun altında olan gerilimler alçak gerilim 34,5 kV olanlara orta gerilim, üstü olanlar ise yüksek gerilim 64, 154 ve 380 kV olanlar yüksek gerilim olarak sınıflandırılmaktadır.

Alçak gerilim,

Elektrik kullanıcılarını beslemek için orta gerilimden trafolarla indirilen gerilimler, konut ve endüstride kullanılan gerilimlerdir. Üç fazlı devrelerde gerim değerleri fazlar arası 380 Volt faz nötr arası gerilim ise 220V. tur. Ülkemizde eskiden kalan bazı yerlerde 190V. 110 V. olan yerler vardır.

Orta gerilim,

Küçük yerleşkeler veya sanayi bölgelerine daha güçlü enerjiye ihtiyaç olduğu için elektrik taşıma işleminde 1.000 Volt – 34.500 Volt arası olan fazlar arası gerilim ile enerji taşınır.

Yüksek gerilim,

Yüksek gerilimden çok daha yüksek gerilim seviyelerinde iletilen elektrik enerjisidir. Şehirler arası, ülkeler arası taşınan elektrik enerjisidir. Ülkemizde kullanılan çok yüksek gerilimin etkin değeri 154.000 Volt ve 380.000 Volt tur. Bu sistemde çok özel kontrol ve kumanda sistemleri ile yönetilmektedir.

Elektrik Enerji taşımalarında güvenlik

Elektrik enerjisini dağıtımında meydana gelebilecek ana tehlikeleri başlıca şöyle sıralayabiliriz,

- 1) İnsan temasında, insan için ölüme varabilen tehlike yaratması,
- 2) Uygun olmayan ortam ve mesafelerde ark atlama tehlikesi yaratması,
- 3) Akım geçen iletken kesiti müsait değilse iletkenin izolasyonunu eritmesi,
- 4) Akım geçme yolunda iletkenin kesiti müsait değilse aşırı akımla iletkeni eritmesi,
- 5) Meydana getirdiği manyetik alan ile çevresindeki elektronik aletlerin bozulmaları,
- 6) Statik elektrik ile Patlayıcı ortamda meydana getirdiği arklar ile tehlikeler yaratması
- 7) Tek iletken etrafında oluşan manyetik alan kablo çevresindeki metaller üzerinde fuko akımları meydana getirerek ısınmalar oluşması, (*Benzer olay bölüm 12 de kaza kök nedenleri dosyalarında kablo rafında yaşanan olayda anlatılmıştır.*)
- 8) İzolasyonu zayıf iletkenlerden kaçak akım oluşturarak tehlikeler yaratması,
- 9) Statik elektrik birikimleri sonucu insanda istem dışı refleks hareket oluşturması,
- 10) Bağlantı noktalarında gevşek bağlantı sonucu ısınma ve yangın meydana gelmesi.

Kontrol altına alınması gereken ana unsurlar

1. Uygunluk sertifikası olan elamanın elektrik bakımlarının yapmasının sağlanması,
2. Elektrik enerjisi bulunan noktaların İnsana temasının önlenmesi,
3. Elektrik enerjisi bulunan baraların önüne şeffaf pleksiglas plakalar konulması,
4. Kaçak elektrik önlenmesi ve etkilerinin yok edilmesi için önlemlerin alınması,
5. İnsanların dikkatsizlikle yaklaşabilecekleri elektrik olan noktalar için önlem alınması,
6. Arıza sonucu oluşan aşırı akımı veya kısa devre akımı kesilme sisteminin olması,
7. Arıza sebebiyle ışıkların sönmesi ihtimaline karşı yedek aydınlatma olması,
8. Bakım için enerji kesmelerinde kilitleme sistemi uygulanabilir olması,

Yüksek Gerilimde Açma Kapama

Yüksek gerilimli sistemlerde devreyi açıp kapatma temelinde 3 durum vardır:

1. Yüklü durumda açma kapama,
2. Açık devre (boşta yüksüz enerjisiz olma) durumda açma kapama,
3. Kısa devre (arıza) durumunda devreyi kesme.

Bunlardan en önemlisi arıza nedeniyle devrenin açılmasıdır. Bu açma kapamaları güvenli olması için kullanılan yüksek gerilim güç anahtarları başlıca ikiye ayrılır:

1. Ayırıcılar (Seksiyoner)
2. Kesiciler (Disjöntör)

Kumanda için kullanılan bazı enstrümanlar

Ölçü cihazları devreye doğrudan bağlanamaz bunun için araya akım trafosu, gerilim trafosu gibi ölçü trafoları kullanılır. Bunlarla akım veya gerilim değerleri düşürülerek kullanılır.

Bunların izolasyonu yağlı veya kuru tip olarak yapılmıştır.

Akım trafosu

Şebeke gerilimine ve akım değerine göre muhtelif Akım trafoları yapılmaktadır. Birkaç örnek ölçü trafoları aşağıda gösterilmiştir.



Görsel 3I- 1a



Görsel 3I- 1b



Görsel 3I- 1c



Görsel 3I- 1d

(Görsel 3I- 1a) Yüksek gerilim bara veya kablo bağlantı tipi akım trafosu, yağlı tip

(Görsel 3I- 1b) Orta gerilim tekli kablo tipi için akım trafosu, kuru tip,

(Görsel 3I- 1c) Alçak gerilim bara üzerine geçirilip bağlanan akım trafosu, kuru tip

(Görsel 3I- 1d) Muhtelif tip bara veya kablo üzerine geçirilen akım trafoları, kuru tipler

Ofis kat panosunda yanan Akım trafoları

Yabancı bir firmada kat elektrik panosunda akım trafolarının patlama olayı,

Buradaki olayın açıklaması ise, tabloda geçen akım 35 Amper, ampermetrelerin çalışma akımı ise hassasiyetine göre 0,25 veya daha küçük Amperdir. Yani $50 / 0,25 = 200$ oranındadır, Primer devredeki bara sargı üzerinde 5V. düşse sekonde uçları açık olduğunda bu uçlarında 1000V. ürer. Sekonder sargı izolasyonu bu gerilime dayanamaz ve sargılar arasında sızıntı akımlar başlar sekonder sargıyı çok ısınır sonuçta yakar. Bu ısı akım trafosunun bakalit kısmını da yaktığı görülmüştür.

(Görsel 3I- 2a) da görülen ampermetrelere bağlanmış akım trafoları görülmekte diğer (Görsel 3I- 2b) de ise uçları açık bırakıldığı için yanmış ve sökülmüş akım trafosu görülmektedir.



Görsel 3I- 2a



Görsel 3I- 2b

Bu konuda yapılan araştırma ve çalışmalar (12 Kaza köknedenleri) bölümünde (12 F Dosyasında) daha geniş bir şekilde açıklanmıştır.

Önemli Not: Akım trafolarının Ölçü aletine bağlanan sekonder uçları hiçbir zaman (ölçü aleti çıkarıldığında) açıkta bırakılmaz. Ampermetre çıkarıldığında ampermetreden sökülmüş uçlar ikisi kısa devre yapılarak bırakılır.

Gerilim trafosu

Alçak gerilim devrelerinde (500V) voltmetreler çoğunlukla devreye doğrudan bağlanır. Orta gerilim veya yüksek gerilim devrelerin Gerilim trafoları kullanılır.

(Görsel 3I- 3a) Orta gerilim devrelerinde kullanılan gerilim trafosu, kuru tip,

(Görsel 3I- 3b) Yüksek gerilim devrelerinde kullanılan gerilim trafosu, yağlı tip

(Görsel 3I- 3c) Enerji dağıtım istasyonlarında kullanılan akım ve gerilim trafoları



Görsel 3I- 3a



Görsel 3I- 3b



Görsel 3I- 3c

ENERJİ KESİCİ VE AYIRICILARI

Orta ve yüksek gerilimde akım miktarı arttıkça yük altında veya kısa devrede akımı kesme sırasında kontaklarda büyük arklar meydana gelir. Oluşan arklar zamanla kontaklara büyük zarar verir. Bunun için yük altında devre kesicileri (disjonktör) ile kesilir. Bu kesicilerde ark söndürücülerinin ve kumanda sisteminde muhtelif tipleri mevcut.

Kesiciler

Kesiciler enerji varken devreyi kesen ekipmanlardır. Akım kesilirken kontaklar arasında geçen akımın büyüklüğüne göre ark meydana gelen ark bir şekilde yok edilmezse kesici kontaklarında hasar meydana gelir.

Arkın söndürüldüğü ortama göre (disjonktör) başlıca kesici çeşitleri,

- Tam Yağlı Kesiciler
- Az Yağlı Kesiciler
- Vakumlu Kesiciler
- Basınçlı Havalı Kesiciler
- Manyetik Üflemlili Kesiciler
- SF6 Gazlı Kesiciler



Görsel 3I- 4a



Görsel 3I- 4b



Görsel 3I- 4c



Görsel 3I- 4d

(Görsel 3I- 4a) Alçak gerilim devre kesicileri, Kuru tip

(Görsel 3I- 4b) Orta gerilim devre kesicisi, yağlı tip,

(Görsel 3I- 4c) Orta gerilim devre kesicisi

(Görsel 3I- 4d) Yüksek Gerilim harici tip hat kesicisi,

Ayırıcılar

Akım kesilmiş devrelerde devre ayırıcıları kullanılmakta Y.G (66 kV. 154 kV. ve 380 kV.) ve Orta Gerilim: (10 kV. 35 kV. 66 kV. 154 kV. 380 kV) devrelerde kullanılmaktadır.



Görsel 3I- 5

(Görsel 3I- 5) Direk tipi trafo için ayırıcı ve sigorta grubu görülmektedir. Orta ve yüksek gerilim hatlarında devre açılacağı zaman öncelikle devre kesiciler ile akım kesilir sonra ayırıcılarda devre enerji dışı bırakılır.

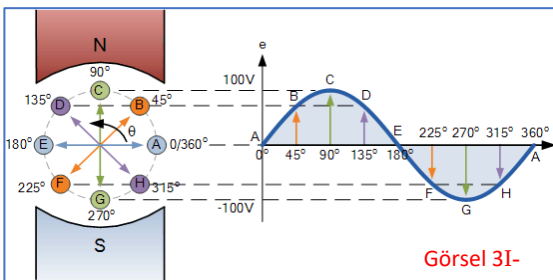
Ayırıcılar kesinlikle yük altında açma kapatma gibi işlemler yapılamaz ayırıcıyı açma ve kapama işlemleri için aşağıdaki yol izlenmelidir. (Buna örnek 1 Kaza videoları bölümünde görsel olarak oluşan ark gösterilmiştir)

Bir elektrik devresinde elektriğin kesilmesi için,

- İlk olarak hattaki kesici ile akım kesilir.
- Daha sonra kesicinin giriş ve çıkışındaki ayırıcılar açılır.
- Devreye enerji verirken de ilk önce ayırıcılar kapatılır ve daha sonra kesici kapatılarak hatta enerji verilir.
- Tesiste kesici bulunmuyor ise sistemdeki bütün yükler devren çıkartıldıktan sonra, ayırıcı ile açma, kapama işlemleri yapılmalıdır.

ELEKTRİK ÜRETİMİ

(1E Elektrik Akımının İnsanlara Etkileri) dosyasında elektrik nedir ve elektron akımının



Görsel 3I-

elektrik akımı konusu, (3H Elektromanyetik Alan Etkileşimi) dosyasında elektrik akımı ve manyetik alan etkileşimi konuları geniş bir şekilde açıklamaya çalışılmıştır. Bu bilgiler çerçevesinde (güneş, rüzgâr, hidrolik, gaz, petrol) mekanik enerjiye çevrilmiş döndürme enerjisi ile, elektrik

enerjisi elde edilmesinden kısa olarak bahsedilecektir.

Öncelikle bir manyetik alan içinde dönen bobinde elektromanyetik İndüksiyon ile bir EMK (Elektro Motor Kuvveti) indüklenir. (Görsel 3I- 6) görselinde bu indüklenmede meydana gelen gerilimin sinüzoidal dalga durumu görülmektedir.

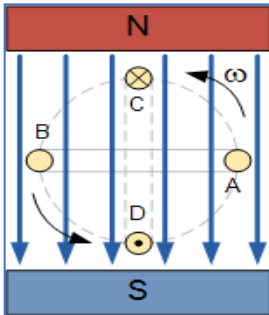
Yukarıda elektromanyetik alan içinde bobinlerin dönme hareketi ile elde edilen elektrik enerjisi, şematik resimleri görülmektedir. Elektrik üretim çeşitlerine göre jeneratör çeşitleri hakkında bazıları aşağıda verilmiştir. Bunlar;

- (Görsel 3I- 7) Doğru akım üreten Dinamo görseli
- (Görsel 3I- 8) Alternatif akım üreten Alternatör görseli,
- (Görsel 3I- 9) Üç fazlı alternatif akım üreten Trifaze Alternatör görseli,
- (Görsel 3I- 10) Gerilimi değiştirmek için kullanılan Transformatör görseli,

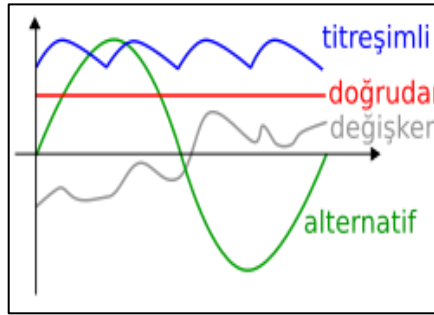
Bunlar sıra ile aşağıda incelenmiştir.

Doğru akım dinamosu

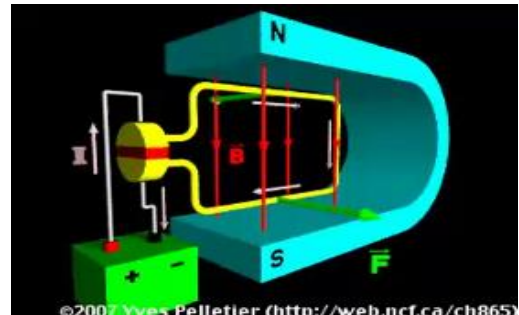
Sabit kısımda (statorda) manyetik kutuplar oluşturulur, çok küçük dinamolarda sabit mıknatıslar kullanılır, güçlü dinamolarda sargılara gönderilen DC gerilim ile manyetik alan yaratılır. Dönen kısım (rotor) üzerinde sarılmış bobin uçları (Görsel 3I- 7c) de kolektör denenen dilimlere lehimlenmiş bobinden oluşur.



Görsel 3I- 7a



Görsel 3I- 7b



Görsel 3I- 7c

Manyetik alan içinde dönen bobinin dönüşüne “C” pozisyonuna göre bobin iletkeninde akan elektronların yönü iletkenin içeri doğru giden elektronları (okun arkasındaki yön kanatları gibi) daire içinde (X) olarak, “C” pozisyonunda elektronların gelişini (okun ucu gibi) daire içinde (.) olarak gösterilmiştir. Bobinin yatay pozisyonu A ve B olarak gösterilmiştir. Bu pozisyonda bobin dönerken manyetik alan hatları kesmediği için EMK ürememiş ve elektron akışı olamadığı için işaret konulmamıştır. Bobinin C ve D dikey pozisyonunda manyetik alanı dik olarak en yüksek oranda kestiği için (Görsel 3I- 6) da görüldüğü gibi en yüksek EMK üremiş olduğu görülür. Bobin 90 derece döndüğünde (Görsel 3I- 6) da görüldüğü gibi kolektördeki fırçalar kutup değiştirir ve akım yön değiştirmeden tekrar aynı yönde EMK tekrar yükselmeye başlar. Meydana gelen akım kolektörden aldığı akım tek kutuplu dalgalanan akım elde edilir. (Görsel 3I- 7b) de görüldüğü gibi titreşimli mavi renkte akımın

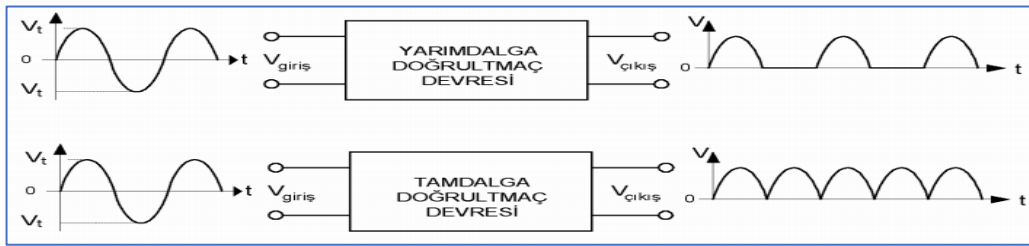
dalgası, self ve kapasitör kombinasyonu ile yapılmış olan redresör ile **kırmızı** çizgi olarak görülen tam doğru akım yakın elde edilir. Esas pillerin verdiği akım **kırmızı** çizgi olarak görüldüğü gibi tam doğru akım şeklindedir. Bu redresörler hakkında bilgi aşağıda verilmiştir. Diğer **yeşil sinüzoidal** dalga şekli eğer bobin uçlar, kolektör yerine çift bilezik üzerine kaynak edilmiş olsaydı meydana gelecek akım sinüzoidal AC olurdu

(**Görsel 3I- 7c**) de sabit kısımda manyetik alan, dönen kısımda bobin ve akımı aynı yönde çıkışını sağlayan kolektörden yarım dalga elde edilmektedir. Bu yarım dalga olarak üretilmiş gerilim tam doğru dalgaya yakın şekilde gerilim için redresörler kullanılmaktadır.

Redresörler

Redresör, doğru akım (DC) elde etmek için alternatif akım (AC) elektriği düzenlemek veya dönüştürmek amacıyla kullanılan elektriksel bir cihazdır. Diyotlar, akım bir yönde geçiren ve diğer yönde akımın geçmesini engelleyen bu özelliği sonucu AC akımını doğru akıma dönüştürmede kullanılan Redresörler, (**Görsel 3I- 8a**) temelde iki ana kategoriye ayrılır:

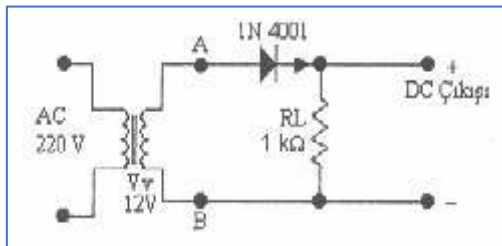
Yarım dalga redresörler (**Görsel 3I- 8b**), Tam dalga redresörler. (**Görsel 3I- 8c**)



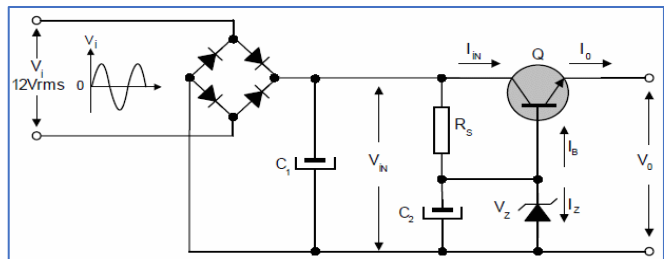
Görsel 3I- 8a

Yarım Dalga Redresör: Bu tip redresör, alternatif akımın sadece pozitif veya negatif yarısını kullanarak doğru akıma çevirir. Bu, çıkışta (**Görsel 3I- 8b**) dalgalı bir doğru akım sinyali oluşturur.

Tam Dalga Redresör: Bu redresör tipi, AC sinyalinin her iki yarısını da kullanarak daha kararlı ve sürekli bir doğru akım sağlar. (**Görsel 3I- 8c**)



Görsel 3I- 8b



Görsel 3I- 8c

Dalgalı akım alternatörleri

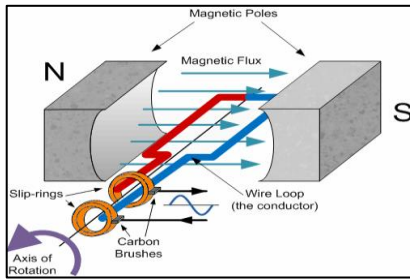
Dalgalı akım alternatörlerinde büyük güçlerde çoğunlukla manyetik alan rotor üzerinde oluşturulur. Büyük akımların kullanılan alternatörlerde kalın sargılar stator (hareketsiz) üzerinde bulunur. (Görsel 31- 9b)

Dinamo ve alternatörlere genel olarak elektrik üreten **Jeneratörler** denilmektedir.

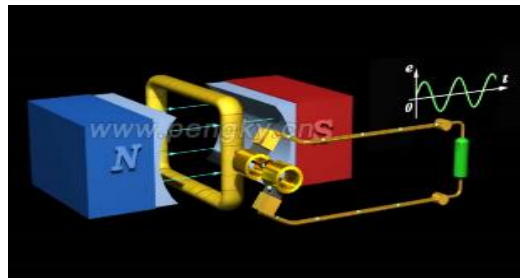
Alternatörler tek fazlı ve üç fazlı (trifaze) olmak üzere iki türde üretilmektedir.

Tek fazlı alternatörler

Alternatörler dinamolara nazaran tek farkı kolektör yerine bobin uçları iki ayrı bilezik üzerine (Görsel 31- 9a) da görüldüğü gibi lehimlenmiştir. Ürettiği gerilim tek yönlü değil sinüzoidal olarak dalgalı akım olarak üretir. (Görsel 31- 9b) de tek fazlı bir alternatörün sabit mıknatıslı statoru rotor olarakta bobini ve iki bileziği görülmektedir. Ürettiği Sinüzoidal gerilim dalga şekli de gösterilmiştir.



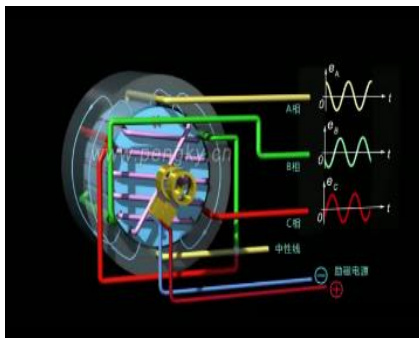
Görsel 31- 9a



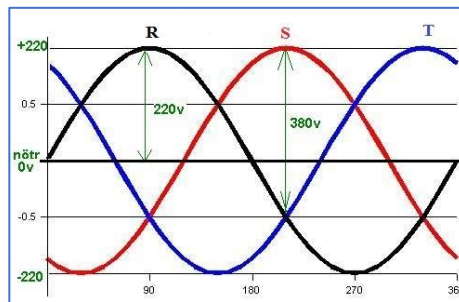
Görsel 31- 9b

Üç fazlı alternatörler

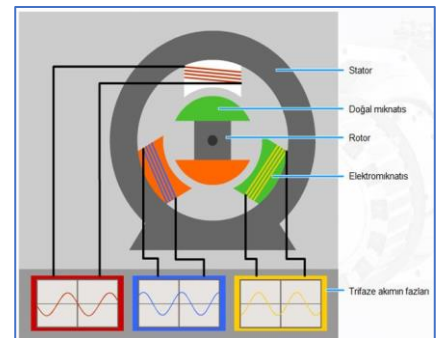
Ancak alternatörün üretimi ve üretilen enerjinin iletimi daha ekonomik olduğu için alternatif elektrik enerjisi üç fazlı olarak üretilmektedir. (Görsel 31- 9a), (Görsel 31- 9c)



Görsel 31- 9a



Görsel 31- 9b



Görsel 31- 9c

Bu alternatörlerde manyetik alan *rotor da oluşturulmaktadır. Küçük alternatörlerde manyetik alan sabit mıknatıslarla, büyük alternatörlerde rotor üzerinde* (Görsel 31- 9a) bilezikler

vasıtası ile dışarıdan DC ile beslenerek rotorda da manyetik alan oluşturulmakta kalın sargılara ihtiyaç duyulan bobinler statorda bulunmaktadır. Üç faza ait sargılarda üç ayrı bilezik trifaze sinüzoidal dalgalı akım vermektedir. Üretilen sinüzoidal üç faz arasında 120 derece faz farkı oluşturmaktadır (Görsel 3I- 9b) de fazların 120 derece faz farkı ve faz nötr ile fazlar arası gerilimler görülmektedir.

ELEKTRİK ENERJİ NAKLİ

Alternatif akım elektrik devrelerinde güç değeri veren genel formüller aşağıda verilmiştir. Bunlar,

Tek faz sadece omik (direnc) olan devrelerde formül “A” kullanılır,

Üç fazlı omik devrelerde formül “B” kullanılır,

Üç fazlı indüktif ve kapasitif devrelerde formül “C” kullanılır,

Hattan geçen akım değerine göre ısı olarak kaybolan enerjide formül “D” kullanılır,

$$N = U \times I$$

A

$$N = \sqrt{3} \times U \times I$$

B

$$N = \sqrt{3} \times E \times I \times \cos\phi$$

C

$$J = 0.24 \times R \times I^2 \times t$$

D

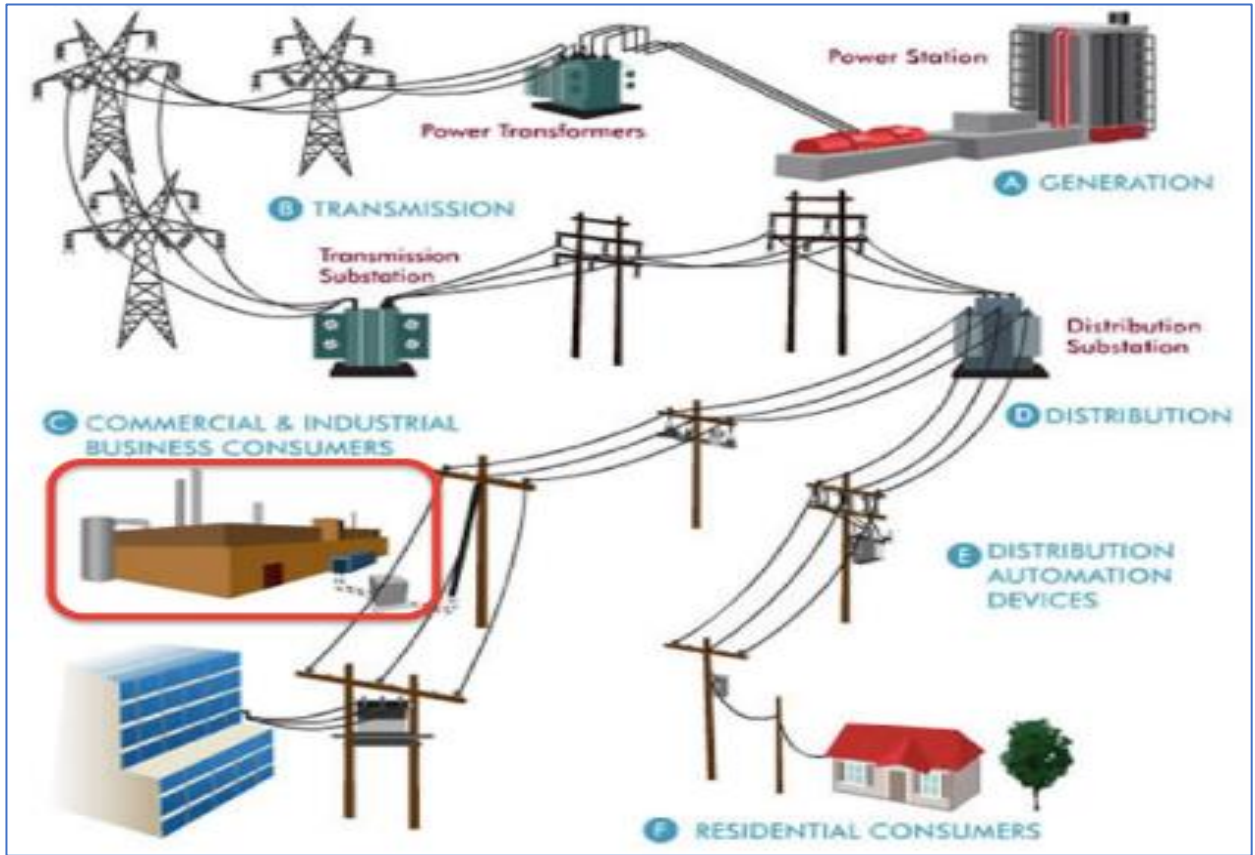
Elektrik enerji nakil hatları

Elektrik enerji naklinde hatlarda geçen akımın karesi ile orantılı ısı olarak enerji kayıpları meydana gelir. Formül “D” de gösterilen formülü ohm kanunu formülüne benzeterek şöyle yazabiliriz. ($J = 0.24 \times R \times I^2 \times t$) > ($J = 0.24 \times R \times I \times I \times t$) > ($J = 0.24 \times U \times I \times t$) olur.

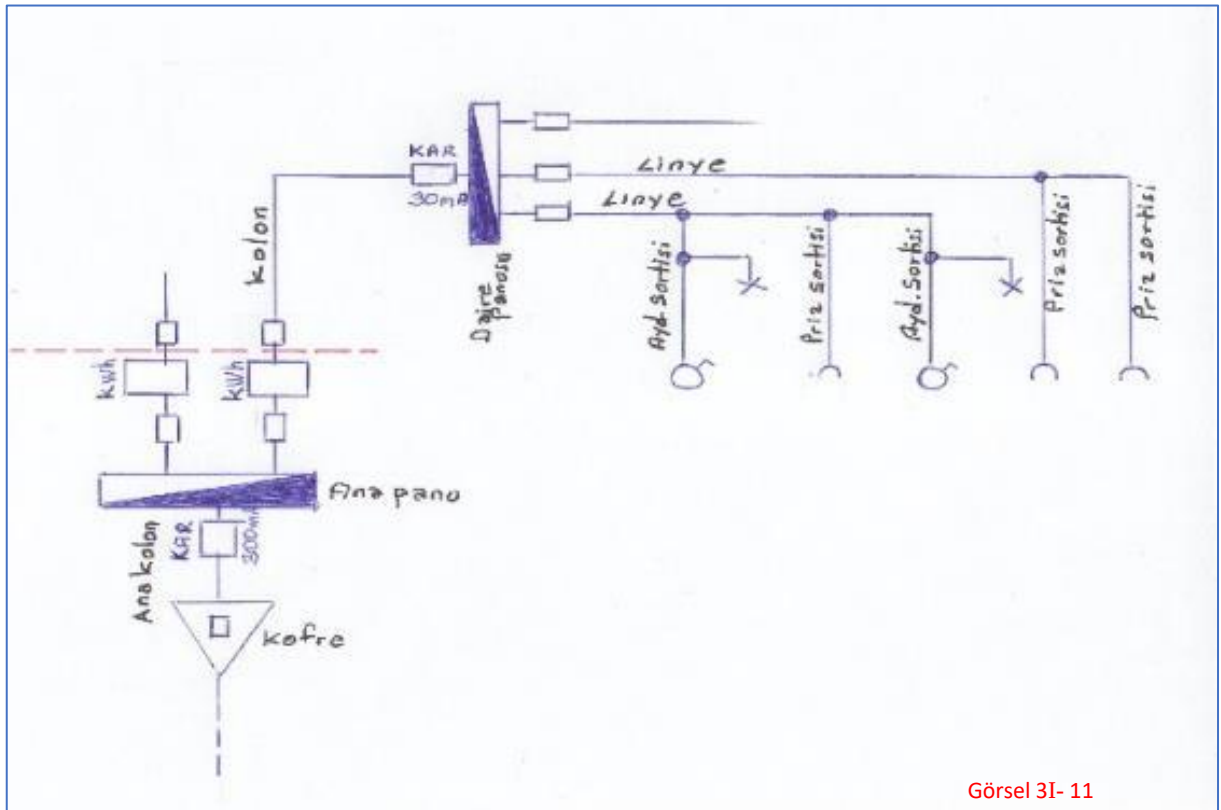
Burada aynı sürede, aynı enerjiyi taşımak için gerilimi yükselirse akım değeri düşer, ısı kaybını oluşturan akımın değerinin düşmesi demek ısı kaybının düşmesi demektir.

(Görsel 3I- 10) görülen Elektrik enerji nakil hatlarında (D) işaretli formülde görüleceği gibi taşınacak elektrik enerjisinde (U) gerilim yükseltilerek (I) akım düşürülür. Böylece (D) işaretli formülde görüldüğü gibi akımın (I) karesi ile orantılı olduğundan akım düşerse Joule enerji kaybı da düşer. Gerilimi yükseltmek veya düşürmek için trafolar kullanılır.

Şehirlerarası elektrik enerji nakil hatlarında uluslararası standart olan 154 kV ve 380 kV kullanılır, Şehir içinde dağıtım merkezlerinden köy ve mahalle aralarındaki trafo merkezlerine dağıtımda 60kV ve 34,5 kV ile dağıtım yapılır. Fabrika ve sitelerdeki trafo hücrelerine 34,5 kV ile Evlerde ise katlara tek faz 220 V. tek faz veya üç faz 380 V. olarak dağıtılır. (Görsel 3I- 10)



Görsel 3I- 10



Görsel 3I- 11

Binalarda elektrik dağıtımı

Binaların elektrik dağıtım sistemi de (Görsel 3I- 11) de gösterilmektedir. Burada yeraltından Özel kablo ile binaya giren elektrik enerjisi, kofre denen içinde idarenin ana sigortaları bulunan kofre kutusuna girer. Buradan bina ana panosunda ana giriş şalterine ve buraya 300 mA. Yangından koruma kaçak akım rölesi devreye bağlanır.

Burada ana baraya dairelere gidecek kolon sigortası ve daireler sayaç sistemine bağlanır. Sayaç öncesi konulan sigorta ve sayaç idare tarafından mühürlüdür, sayaç sonrası sigorta daire ana kolon hattı sigortasıdır. Daire girişinde daire ana sigortası ve 30 mA insan koruma kaçak akım rölesi üzerinden daire pano girişi yapılır. Burada Linye sigortası üzerinde priz veya aydınlatma sortilerine gönderilir.

Transformatörler (Trafolar)

Transformatörler frekans değeri değiştirilmeden, santralden çıkan elektrik enerjisinin standartlara uygun gerilime yükseltilecek havai hatlarla sanayi bölgesi ve şehir girişlerinde bulunan düşürücü trafolarla gerilim orta gerilim seviyesine düşürülüp burada da dağıtım için yine trafo ile düşük gerilime düşürüp kullanım yerlerine dağıtılır. (Görsel 3I- 12)

Transformatörler, iki veya daha fazla devre arasındaki elektrik enerjisi aktarımını elektromanyetik indüksiyonla sağlayan bir sistemdir. Transformatörler, elektrik enerjisinin voltaj seviyesini değiştirirken devre frekansını değiştirmez.

Transformatörler tek faz üzerinde birincil ve ikincil sargılar olarak adlandırılan iki ana bobinden (sargı) oluşur. Üç faz üzerinde bu sistem aynı iki sargıdan oluşur. Bunlar kendi araların özel kombinasyon ile bağlanarak trifaze elektrik enerjisi gerilimi değiştirerek çıktı sağlarlar. Bu sargılar, manyetik bir çekirdek üzerinde bulunan sargılardır

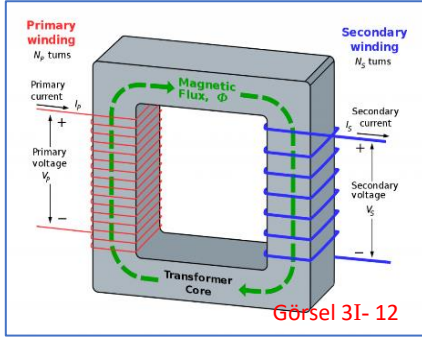
Transformatörlerin çalışma prensibi, elektromanyetik indüksiyon yasasına dayanır. Trafolar DC (Doğru Akım) devrelerinde değil, AC (Alternatif Akım) devrelerinde kullanılır.

Transformatörler frekans değeri değiştirilmeden, gerilim ve akım değerlerinde istenilen değişimi gerçekleştirirler.

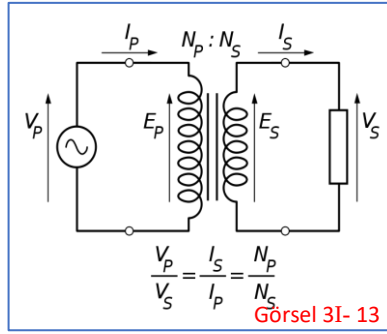
Transformatör Çalışma Prensibi

Transformatörün yapısı en basit halde, iki bobinden ve nüveden oluşmaktadır. Nüvedeki bobinlerden (Görsel 3I- 13) birinin üzerinde gerilim uygulandığında nüve üzerinde bir manyetik akı oluşur. Oluşan manyetik akının yönü ve şiddeti sürekli değişir. Bu yönü ve

şiddeti değişen manyetik akı, çıkış bobini üzerinde bir gerilim indüklenmesini sağlar. Çıkış (sekonder) sarım sayısı giriş (primer) sarım sayısından fazla ise çıkış gerilimi giriş geriliminden daha yüksek olur.



Görsel 3I- 12



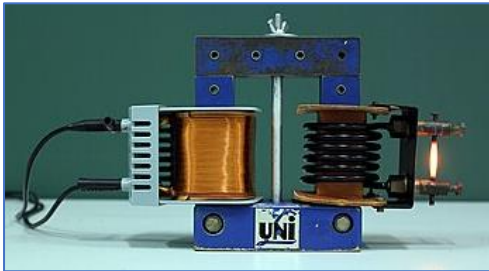
Görsel 3I- 13



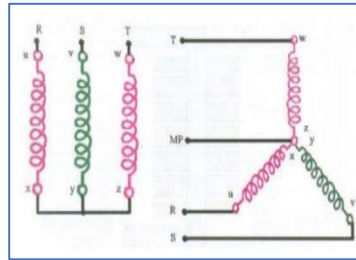
Görsel 3I- 14

Transformatör Dönüştürme Oranı

Trafoda bulunan primer ve sekonder bobin sarım sayıları oranları ile bobinler arasındaki gerilim oranı, akım oranı bağıntısı (Görsel 3I- 13) te belirtilmiştir.



Görsel 3I- 15



Görsel 3I- 16



Görsel 3I- 17

Primer sargısı çok ince tel ve çok sarımlı, sekonder sarımı kalın telli az sarımlı bir punto kaynak trafosu görülmektedir. (Görsel 3I- 15) Sekonder devresinde düşük gerilim çok yüksek akım ile iki metali noktasal olarak basınçla ve yüksek akımla eriterek kaynak yapılabilmektedir. Bu konu (3K Kaynak İşlemleri Yöntemleri) dosyasında detaylı bir şekilde anlatılmıştır.

Üç fazlı bir trafonun primer devresi üçgen bağlı, sekonder devresi yıldız bağlı yapılmış sekonder devresinde orta (yıldız) noktasında nötr ucu çıkarılmıştır. (Görsel 3I- 16) Burada çıkış uçlarında R, S, T Faz uçları arası 380 Volt, (Mp) nötr ucu ile fazlar arası ise 220 Volt olduğu ölçülür. Bir trifaze trafonun bitirilmiş sargıları izole madde ile muhafazaya alınmış bobinleri görülmektedir. (Görsel 3I- 17)

ELKTRİĞİN KULLANIMI

Üretilen elektriğin kullanımında ekipmanlara ve insanlara etkileri alınacak önlemler konusunda (1E- Elektrik akımının insana etkileri) dosyasında oldukça geniş bahsedilmiştir. Burada biraz elektrik enerjisini mekanik harekete döndüren motor ve selenoidlerden bahsedilecektir.

Elektrik motorları

Elektrik motoru, elektrik enerjisini mekanik enerjiye dönüştüren bir ekipmandır. Motorlar, elektrik akımının manyetik alan oluşturması ile elektromanyetik kurallarına uygun dönme hareketleri üreten ve birçok endüstriyel ve ev kullanımında yaygın olarak kullanılan cihazlardır. Elektrik motoru, rotor (makinenin dönen kısmı) ve stator (makinenin sabit kısmı) manyetik alanlarını kaçık hizada tutarak tork oluşturur.

Elektrik motorları, temelde, doğru akım (DC) motorları fırçalı, fırçasız ve sabit mıknatıslı step ile değişken relüktans step motorları gibi çeşitlere ayrılır. Alternatif akımla (AC) çalışan motorlar da kendi aralarında senkron ve asenkron motorlar olarak ikiye ayrılır.

Elektrik motorları, uygulamalarına göre türleri:

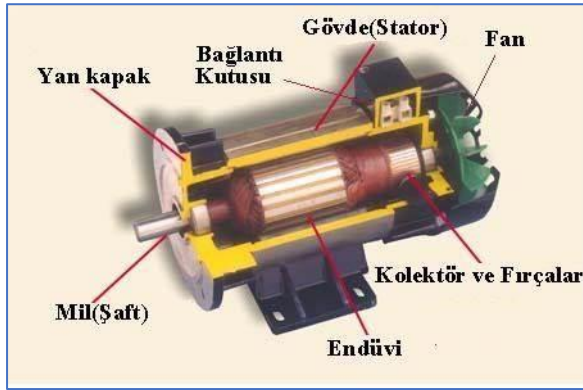
1. DC Motorlar
 - a. Fırçalı (kolektörlü) DC motorlar
 - b. Fırçasız DC motorlar
 - c. Sabit mıknatıslı step motorları,
 - d. Değişken relüktans step motorları
2. AC Motorlar
 - a. Asenkron motor, statorda döner manyetik alan, rotorda sincap kafes olan
 - b. Senkron motor, statorda döner manyetik alan, rotorda sabit mıknatıs olan
3. Step Motorları: Step motorları, adım adım döner manyetik alanlarla çalışır. Bu motorlar, hassas pozisyonlama ve kontrol gerektiren uygulamalarda kullanılır. Bunlar da üçe ayrılır
 - a. Sabit mıknatıslı step motorlar
 - b. Değişken relüktans step motorları
 - c. Hibrit senkron motorlar

Doğru akım Motorları

Doğru akımda statorda oluşturulan manyetik alan ile rotorda farklı yöntemlerle oluşturulan açı farklı manyetik alan sonucu rotorda dönme momenti ile rotorun dönmesini sağlayan yapıda olan motorlardır. Bu manyetik alan açı farkı yaratılmasında başlıca iki metot uygulanan motor tipi vardır.

Fırçalı DC motorlar

Fırçalı motorlarda rotor üzerinde çok sayıda metal temas parçasına bölünmüş komütatöre (kolektöre) bobin uçları lehimlenir, rotor üzerindeki sargılara grafit gibi yumuşak (kömürler) fırçalarla akım iletilir. Bu akım kolektör üzerinden manyetik açı farkı yaratılmış sargıların ürettiği manyetik alan ile rotorun dönmesi sağlanır.



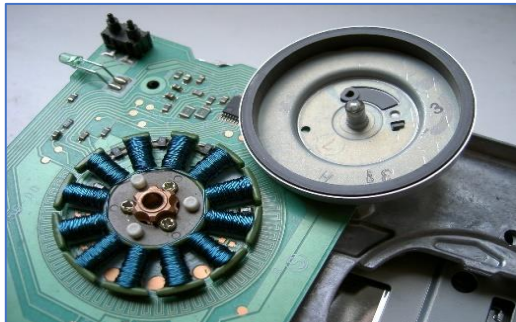
GörSEL 3I- 18

Rotor döndükçe, farklı sargı uçlarının bağlı olduğu kolektör dilimlerine fırçalar kanalı ile doğru akım verilir, rotor döndükçe kolektör de diğer sargılara sırayla akım vererek rotorda oluşturduğu dönen manyetik alan ile statordaki kutup sargılarından geçen akımın oluşturduğu sabit manyetik alan arasında manyetik çekim alanı oluşur. Böylece rotorda bir tork oluşarak

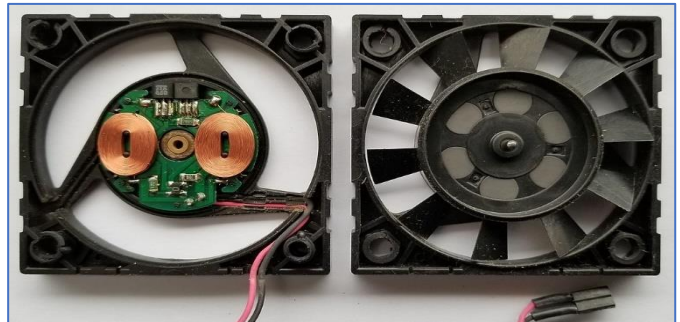
dönme momenti sağlanır. (GörSEL 3I- 18)

Fırçasız DC motorları

Fırçasız doğru akım motorları, BLDC motor (**Brushless Direct Current motor**) manyetik alanın rotorla beraber dönen bir manyetik alan ile manyetik alanın sabit olduğu bir stator yapısına sahiptir. Fırçasız doğru akım motorları (BLDC motor), fırçalı motorların aksine, komütatör ve fırçalar yerine elektronik kontrol devreleri kullanarak çalışır. (GörSEL 3I- 19) ve (GörSEL 3I- 20)



GörSEL 3I- 19



GörSEL 3I- 20

DC fırçasız kanallı fan. Baskılı devre kartındaki iki bobin, fan düzeneğindeki altı yuvarlak sabit mıknatısla etkileşir. Fırçasız doğru akım motoru, motorun her fazını bir kapalı döngü kontrolörü aracılığıyla alternatif akım şeklinde elektrik üreten bir invertör anahtarlama güç kaynağı ile döner alan benzeri alan üreterek doğru akımla çalışan senkron motorlardır.

Elektronik devre Kontrolörü ile motorun hızı ve torku kontrol edilebilir. Motor sargılarına akım darbeleri gönderilerek bu sağlanır. (Görsel 3I- 19) ve (Görsel 3I- 20)

Bunlar yüksek hız, anında hız ve tork kontrolü, yüksek verimlilik ve az bakımlı motorlardır. Fırçasız motorlar, bilgisayar, el tipi elektrikli aletler ve modern çamaşır makinelerinde kullanılmaktadır.

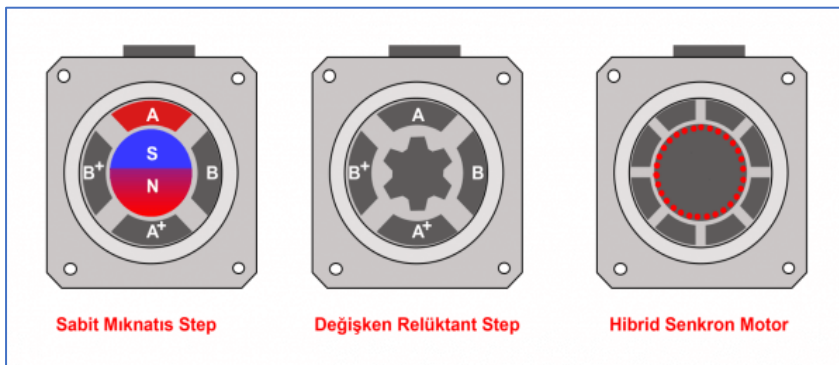
Komütatörün (kolektörün) dezavantajları

Bu dezavantajlar

- Kolektör üzerinde fırçaların sürtünme kayıpları
- Fırçaların zamanla değiştirilme zorunluğu,
- Fırçaların yarattığı kıvılcımların patlamalı ortamda tehlikeleri,
- Yakınındaki mikroelektronik devrelere elektromanyetik etkisi

Fırçasız DC Step Motorları

Step motoru adım adım dönen fırçasız bir DC motordur. Geri besleme sensörü olmadan tam olarak konumlandırılabilir bir motordur. Step motorları kalıcı mıknatıs olan bir rotor ve stator sargılara belirli bir sırayla akım gönderilerek adım adım hareket sağlayan bir motordur. Örneğin 200 adım yapısına sahip olan step motor 360 derece dönmesi için 200 akım impulsu gönderilir. Bu da $360/200=1,8$ derece dönüş sağlar. 500 adım sayısına sahip olan bir motor ise $360/500=0,72$ derecelik adım sağlar.



Görsel 3I- 21



Görsel 3I- 22

İstenen dereceye göre dizayn edilen bu motorlara gönderilecek akım darbeleri sayısına motorun istenen tur sonunda hangi derecedeki noktada duracağı çok kolay biçimde ayarlanabilir. (Görsel 3I- 21) görselinde üç tip step motoru gösterilmiştir.

Motorun fotoğrafları (Görsel 3I- 22) de gösterilmiştir.

Oluşan bu her elektromanyetik itmeye step denir ve step motorların çalışma prensibini oluşturur. Yapısal olarak yukarıda belirtilen 3 farklı tipte step motor kullanılmaktadır. Bunlar sabit mıknatıslı step, değişken relüktans step ve hibrid senkron step motorlardır.

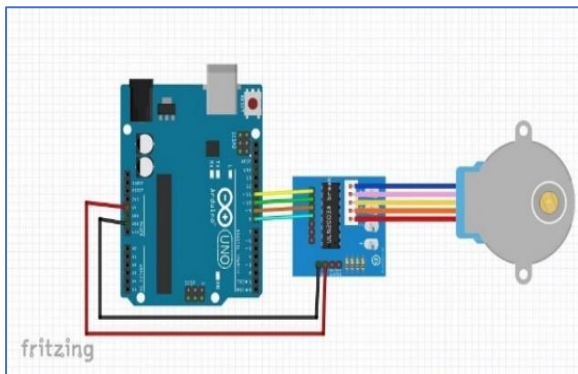
Servo Motorlar

Servo, mekanizmalardaki açısal-doğrusal pozisyon, hız ve ivme kontrolünü hatasız bir şekilde yapan tahrik sistemi olarak tanımlanır.

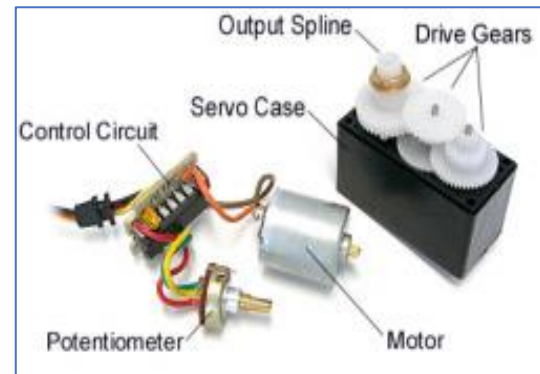
Servo motor, hassas konum kontrolü ve hız ayarı gerektiren uygulamalarda kullanılan özel bir motor türüdür. (Görsel 3I- 23) ve (Görsel 3I- 24) görsellerinde servomotor kiti ve kullanılan parçaları görülmektedir.

Servomotorlar, İstenilen pozisyonu alması ve yeni bir komut gelmediği sürece bulunduğu pozisyonu değiştirmemesi amacıyla tasarlanmakta uzaktan kumandalı model araçlarda arabanın direksiyonunda, forkliftleri 90° ye varan arka tekerleklerde, uçağın kanatlarının hareketi gibi durumlarda kullanılmaktadır. Genellikle 180° varan çalışma açılarında kullanılmaktadır. İstenilen konuma gitmesi ve herhangi başka bir komut gelmediği sürece bulunduğu konumda sabit kalması istenen yerler için tasarlanmışlardır.

Servo motorlar, içinde bir dişli mekanizması ile milinin dönüş miktarını ve motor sürme miktarını kontrol için bir potansiyometreden konum bilgisini almasıyla istenilen konum konumu sağlar.



Görsel 3I- 23



Görsel 3I- 24

Servo motor, bir **geri besleme sistemi** ile çalışır ve genellikle bir kontrol devresi, bir motor, bir sensör ve bir sürücü devreden oluşur. Bu bileşenler, servo motorun istenen konuma doğru hareket etmesini ve belirli bir hızda çalışmasını sağlar.

Not: Doğru akım motorları, düzgün ve güçlü tork veren, hızı kolayca ayarlanan yüksek verimli ve dönüş açısı ve miktarı istenildiği gibi ayarlanan motorlardır. Doğru akım motorlarının gücü çok yüksek megawatt değerlerine kadar ulaşabilmektedir.

Alternatif akım Motorları

AC (Alternatif Akım) Motorları başlıca iki grupta belirtilir. Asenkron motorlar ve Senkron motorlardır. Bunlarda kendi aralarında farklı tiplere ayrılır.

Asenkron motorlar

Statorda bulunan sargılarda üç fazlı sinüzoidal akımın oluşturduğu döner manyetik alanın rotor üzerinde kayarak sincap kafes üzerinde yarattığı elektrik akımı ile rotor üzerinde kendine has manyetik alan meydana gelir. Statordaki döner manyetik alan peşine takılarak dönen rotoru olan motorlardır. Bu motorların da başlıca üç grupta belirtilen tipleri vardır.

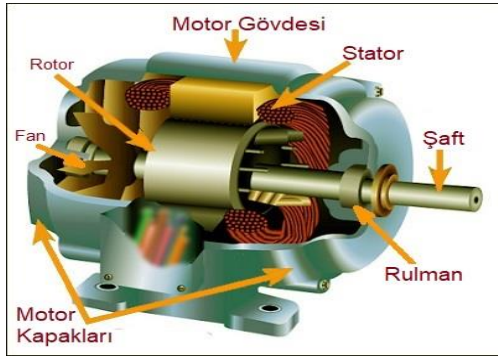
- Trifaze (üç fazlı) asenkron motorlar,
- Bilezikli Asenkron motorlar
- Sabit mıknatıslı asenkron motorlar
- Tek fazlı asenkron motorlar,

Asenkron motorlar statorda üç faz sargıları rotorda sincap kafe sargısı olan motorlardır.

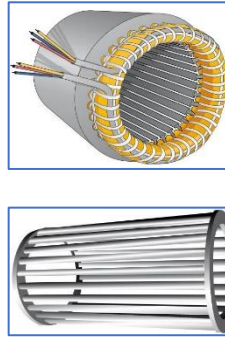
Diğer gövde kapak soğutma fanı olan bir yapıya sahiptir.



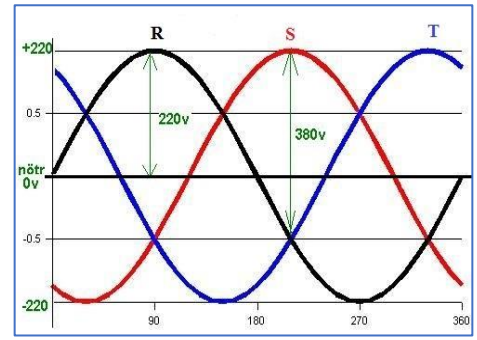
Statorda meydana bulunan üç faza bağlanan sargılar (**Görsel 3I- 24c**) görselinde görülen sinüzoidal dalganın 120 derece fark ile oluşan gerilimin yükselip alçalması ile statorda (**Görsel 3I- 24c üste**) manyetik bir döner alan oluşur. Oluşan bu manyetik alan rotordaki (**Görsel 3I- 24b altta**) sincap kafes üzerinde (trafoda olduğu gibi) elektrik akımı üretir. Sincap kafes üzerinden geçen bu akımın da rotor üzerinde manyetik alan üretmesi sonucu stator ve rotor farklı kutupların birbirini çekmesi ile bir dönme torku oluşur.



Görsel 3I- 24a



Görsel 3I- 24b



Görsel 3I- 24c

Rotorda oluşan dönme torku motorun milinin dönmesini sağlar. (Görsel 3I- 24a) Stator sargıları yapılarına göre yıldız veya üçgen bağlantı tipleri mevcuttur. (Görsel 3I- 16) da görülen sargı bağlantıları örneğinde verilmiştir.

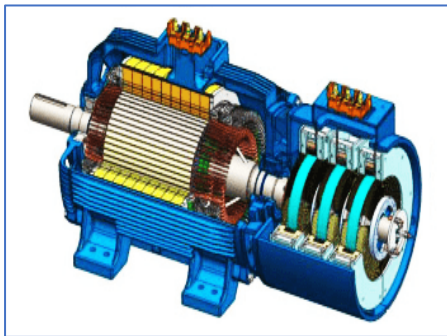
Büyük asenkron motorların kalkış (demeraj) anında çektiği akımlarının enerji hattını yüklememesi sigortaların atmaması için sincap kafes çubuklarında farklı şekillerde yapılmıştır.

Bilezikli Asenkron (indüksiyon) motorlar

Asenkron motorların tork gücünü ve devirlerini kontrol edebilmek için bilezikli asenkron motorlar yapılmıştır. Bileziklerden beslenen rotor verilen alternatif akımın frekans ve gerilimi ayarlanarak torku ve devri ayarlanmaktadır. 1200 kW 6000 volt gibi yüksek değerlerde bilezikli asenkron motorlar kullanılmaktadır.

(Görsel 3I- 25a) motorun kesiti,

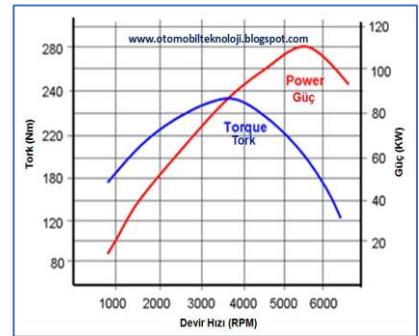
(Görsel 3I- 25b) bilezikli rotorun görüntü (Görsel 3I- 25c) bilezikli rotorun tork ve güç eğrisi,



Görsel 3I- 25a



Görsel 3I- 25b



Görsel 3I- 25c

Rotoru sargılı motor olarak da bilinen, **Bilezikli asenkron motor**, rotor sargılarının kayma halkaları aracılığıyla harici dirence bağlandığı bir tür indüksiyon motorudur. Direncin

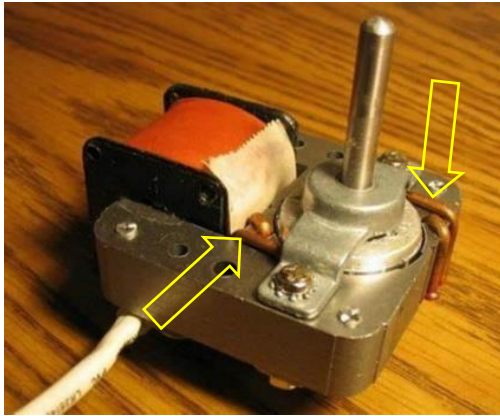
ayarlanabilmesi elektrik motorunun hız/tork karakteristiğinin kontrol edilmesini sağlar. Bu sayede motorlar, rotor devresine yüksek direnç eklenerek düşük ani akımla çalıştırılabilir; motor hızlandıkça direnç azaltılabilir.

Bilezikli asenkron motoru faydaları

- Yüksek kalkış torki ile yüklü kalkış emniyeti,
- Düşük kalkış akımı ile yüksek sayıda dur/kalk,
- Pik döküm gövde/kapaklar ve sfero döküm ayaklar ile sağlamlık,
- Yapılarının özellikleri gereği değişken yüklerde çalışan Vinçlerde kullanma,
- Değişen hızlarla kullanılan Konveyörlerde kullanma,

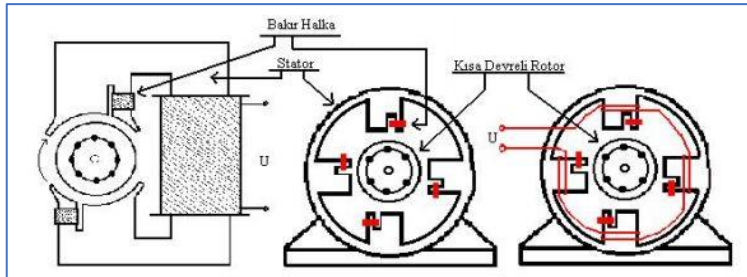
Gölge kutuplu asenkron motor

Buna karşın tek fazlı asenkron motorları statorunda döner alan oluşmadığı için gölge kutup



Görsel 3I- 25

ile ilk hareket başlatılmaktadır. Gölge kutup için statorda ayrıca kutup sincap kafeste akım ve manyetik alan oluşturma prensibine dayanan kalın bakır tel sargı üzerinde 90 derece gecikme ile akım ve manyetik alan yaratılmıştır. Bu faz farkı döner alan oluşturmakta ve sincap kafes sargılı rotorda oluşan tork dönme sağlanmaktadır. (Görsel 3I- 25) te görülen karşılıklı iki kutup okla işaretlenmiştir.



Görsel 3I- 26

Dört kutuplu bir başka küçük motor modelinde gölge kutup oluşturma şekli (Görsel 3I- 26) da görülmekte Tek fazlı AC ile stator bobinlerinin bağlantısı verilmiştir. Tek fazlı indüksiyon motorlarda gölge kutup

yaratılarak ilk hareket sağlanır.

Çoğunlukla ev cihazları gibi küçük yükler için kullanılır. Genellikle sabit devir hizmetinde kullanılmasına rağmen, indüksiyon motorların değişken frekanslı sürücülerde değişken hızlı hizmetlerde kullanımı vardır. Değişken frekanslı sürücüler, değişken tork santrifüj fan, pompa ve kompresör gibi uygulamalarda enerji tasarruf açısından özellikle önemlidir.

Üç fazlı sincap kafes indüksiyon motorlar güvenilir, ekonomik ve kendi kendine start alıp dönmeye başlayabilirler ancak tek fazlı AC olan monofaze devrelerde döner alan oluşmadığı için monofaze motorlarda gölge kutup oluşturma durumu doğmuştur.

Elektrikli lineer aktüatör

Elektrikli lineer aktüatör ve elektro hidrolik itici ürünler aynı zamanda kombine çalışan ürünlerdir. Elektrikli lineer aktüatör, pistonlu bir elektrikli tahrik cihazıdır. Birçok endüstride, itme ve çekme hareketini tamamlamak için elektrik motorunun ileri ve geri dönüşü kullanır. Elektrikli lineer aktüatörler, hidrolik yağlı ile çalışan sistemleri konum durumlarını sabit tutarak mekanik sistemlerde güvenlik sağlar.



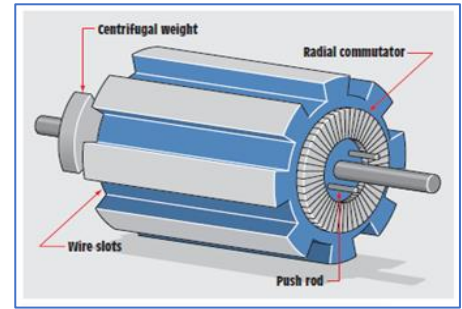
Görsel 3I- 27a



Görsel 3I- 27b



Görsel 3I- 27c



Görsel 3I- 27d

Yağlı sistemlerin kullanılması istenmeyen ofiste, masa sandalye özel somya gibi çeşitli karmaşık veya basit teknolojik işlemlerde, uzaktan merkezi kontrol veya otomatik kontrol gerçekleştirmek için elektrikli mekanik aktüatör kullanılır. Elektrikli lineer aktüatör, pistonlu bir elektrikli tahrik cihazıdır. (Görsel 3I- 27a-b-c)

Çeşitli tip elektrik motoru kullanılarak sonsuz vida ve dişli sistemi ile doğrusal hareket elde edilen bazı motorlarda (Görsel 3I- 27d) de görülen elektrikli itme çubuğu esas olan rotorlar kullanılmaktadır. Rotor, bir metal itme çubuğu ve bir kontrol cihazından oluşur. Uzaktan kumanda ve merkezi kontrol sistem ile elektrikli itme çubuğunun stroku sınır konumuna ulaştığında veya nominal itme kuvvetinin belirli bir değerini aştığında, itme çubuğu aşırı yük koruması sağlamak ve motorun ve bileşenlerin hasar görmesini önlemek için otomatik olarak çalışmayı durdurur ve motor dönmeye devam eder.

Ofis tipi çok küçük tiplerinin yanında itme gücü 4000Kg'a ve çalışma hızı ~50mm/s' ulaşabilir. Bunun için güç kaynağı olarak 380V üç fazlı motor kullanılan tipleri vardır.

Elektro manyetik alan kayıpları

Sinüzoidal elektrik ile üretilmiş dalgalı Manyetik alan indüklenebilir metallere girerken kendisine dik açıda girdap elektrik akımları üretir. Bu girdap akımlarına Fuko akımları denir.

Elektromanyetik alanların noktasal yük üzerinde oluşturduğu elektrik ve manyetik kuvvet bileşkesi burada bir elektrik akımı üretir. Bu Lorenz kanunudur.

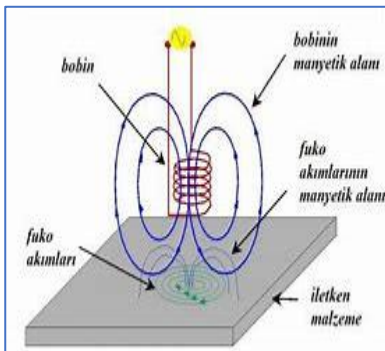
Demir gibi ferromanyetik maddeler harici bir manyetik alan içerisine girdiğinde o maddeyi oluşturan atomlarda elektronlar aynı yönde dönecek şekilde dizilirler. Bu da maddenin mıknatıs özelliği göstermesini sebep olur. Bu dalgalı akımda elektronların dönüş yönleri devamlı değişmek durumunda olur. Bu da kayıplara neden olur bu kayıplara histerizis kayıpları denir.

Fuko kayıpları

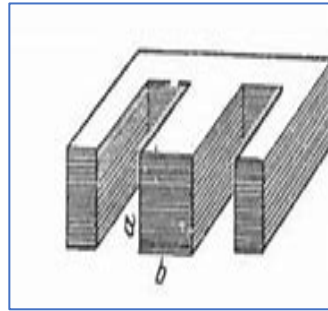
Elektrik motorları ve trafolarla elektrik akımı geçen bobin sargıların bulunduğu demir nüvelerin içinde geçen manyetik alan hatlarına dik yönde dairesel fuko elektrik akımları oluşur. Bu fuko akımları demir nüve üzerinde ısı oluşturur. (Görsel 3I- 28) Bu oluşan fuko akımlarına karşı elektrik direnç değerini artırmak için iki tarafı yalıtkan madde ile kaplanmış (0,35 mm) lamine silisli sac lar yan yana getirilerek motor veya trafo Böylece akım yol kesitleri küçültülerek fuko akımlarının yarattığı elektrik akımları azaltılarak ısınmalar sınırlandırılmış olur. (Görsel 3I- 29)

Lorentz Yasası

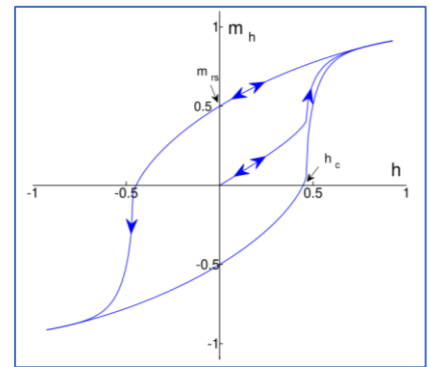
Lorentz kuvveti, fizikte, özellikle elektromanyetik alanda, elektromanyetik alanların noktasal yük üzerinde oluşturduğu elektrik ve manyetik kuvvetlerin bileşkesidir. Bundan istifade Rotordan beslenen motorlarda rotor, dönen bilezikler üzerinden akım şebekesine bağlanır. Stator sargıları kısa devre edilmiştir. Akım şebekesinden beslenen rotor üzerinde bir döner alan oluşur. Bu döner alan stator sargıları üzerinde indüksiyon sebebiyle bir akım ve bunun



Görsel 3I- 28



Görsel 3I- 29



Görsel 3I- 30

sonucu stator döner alanını oluşturur. Ancak bu defa stator kendi döner alanının ters yönünde döner.

Manyetik histeresis kayıpları

Demir gibi ferromanyetik maddeler harici bir manyetik alan içerisine girdiğinde o maddeyi oluşturan atomlarda elektronlar aynı yönde dönecek şekilde dizilirler. Bu da maddenin mıknatıs özelliği göstermesini sebep olur. Manyetik alan ortadan kalksa dahi atomların elektronlarının bir kısmının dönüş yönleri bozulmaz ve madde mıknatıslık özelliğinin bir kısmı devam eder. Alternatif akım yön değiştirdiğinde bu kez bu atomların elektronlarının dönüş yönleri de yönlerini değiştirmek için enerji kaybı ile diğer atomların elektronları diğer yöne dönmeye başlar bu durum alternatif elektriğin frekans değerine göre devamlı değişir ve bu durum da enerji kaybına neden olur. Bu da Histerizis kayıplarıdır. (Görsel 3I- 30)

Senkron motorlar

Senkron motor, frekans ve kutup sayısına bağlı olarak sabit bir hızda dönen “A” alternatif akım motorlarıdır. Üç fazlı sinüzoidal akımın oluşturduğu döner alanın yarattığı manyetik çekim kuvveti ile rotor aynı hızda döner.

Statordaki döner alan devir sayısı:

$$n_s = \frac{60f}{p}$$

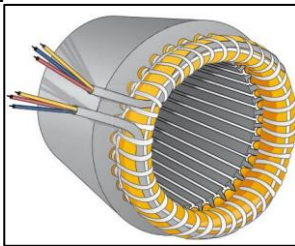
A

f = Frekans
p = Kutup çifti sayısı

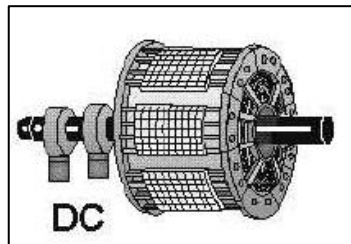
Senkron motorların en büyük sorunu ilk kalkış momenti için özel yol verme yöntemine ihtiyaç duyulmasıdır. Rotorun dönme hızını stator döner alan hızına yakın bir hıza kadar çıkarıp, rotorun stator döner alanına bağlanıp senkron hızla dönmeye başlaması sağlanır. Bundan sonra rotor tatbik edilen frekansa bağlı olarak sabit hızda devam eder.

Start için uygulanan bazı yöntemler,

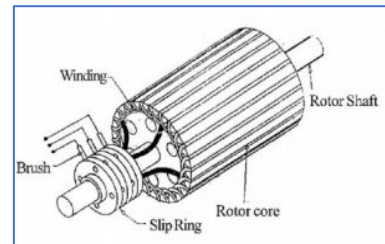
Bunlardan ile ilk hareket sağlanır ve rotor senkrona yakın hıza yaklaştığında rotorun hızı manyetik döner alanla senkronize olur ve rotor döner alan hızında sabit dönmeye devam eder.



Görsel 3I- 31



Görsel 3I- 32



Görsel 3I- 33

Trifaze Stator (**Görsel 3I- 31**) asenkron statorunun aynıdır. Rotor yapıları ise farklı olarak yapırlar örnek olarak,

- Hem sincap kafes hem de doğru akımla beslenen (**Görsel 3I- 32**) sargıları olan rotorlar,
- Üç bilezik ve fırça ile üç fazlı enerji ile beslenerek (**Görsel 3I- 33**) rotorda da döner alan yaratıp senkron hızda döner

Senkron motorda start

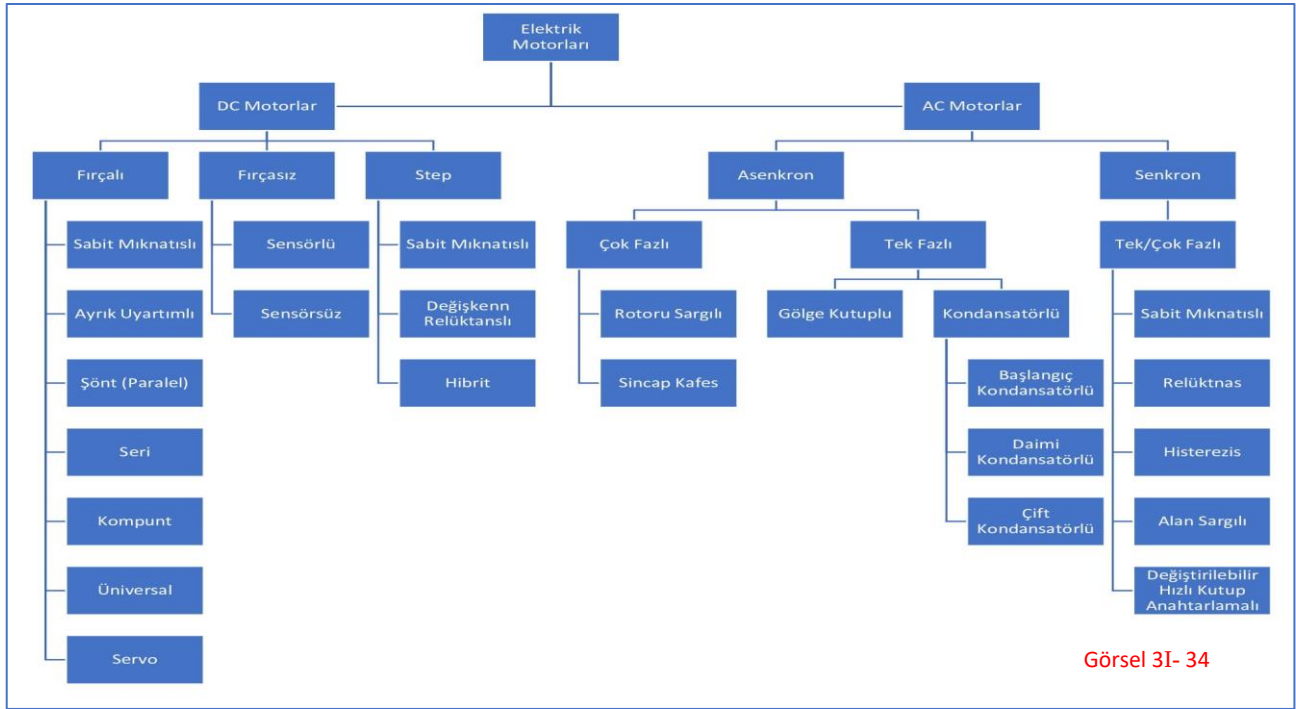
Hem sincap kafes hem de DC elektrik ile beslenen rotor motorun kalkışında ilk hareketi sağlayıp döner alan hızına yakın devre kadar rotorun dönmesini sağlayıp doğru akımla beslene rotor üzerindeki sabit elektromıknatıs ile senkron devirde dönmesinin sağlandığı rotor görülmektedir. (**Görsel 3I- 32**)

Diğer bir tip senkron motor ise Rotor dış yüzeyine açılan oluklara 120 derece faz farklı üç fazlı alternatif akım sargısı yerleştirilen rotor üzerinde gruplara ayrılmış sincap kafes sargıları üç adet bilezik ile üç fazlı alternatif akım (AC) ile beslenerek rotor üzerinde döner alan meydana getirilmiş rotor (**Görsel 3I- 33**) da görülmektedir. Stator sargıları kısa devre edilmiş olup rotorun meydana getirdiği döner alan stator bobinlerinde indüklemeye ile elektro manyetik alan meydana gelir. Sargı uçları, yıldız ve üçgen bağlandıktan sonra uçlar rotor mili üzerinde bulunan milden yalıtılmış üç adet pirinç bronzdan yapılmış bileziklere bağlanır. Sargılara akım, bu bileziklere basan fırçalar ile sağlanır. Burada rotor bir yere sabitlenmiş olur, stator döner. Örneğin tavana asılmış bazı vantilatörler gibi.

Senkron motorların kullanım alanları

- Bu nedenle sabit hızın gerekli olduğu tüm endüstriyel kullanılmaktadır.
- Elektrik sistemlerinde kompensatör olarak güç katsayısının düzeltilmesinde,
- Yüksek kararlılık gerektiren konumlama makineleri bulunduran düşük güç uygulamalarında ve robot işleticilerde,
- Hava kompresörleri, santrifüj pompaları, kırma makinelerinde gibi alanlarda kullanılır.

Elektrik motorlarının yapım açısında genel çeşitleri aşağıda gösterilmiştir. (Görsel 3I- 34)



Motorlar, çalışırken yüksek sıcaklıklara ve titreşimlere maruz kalabilir. Elektrik motorlarında kullanılan yalıtım sistemleri, genellikle ısıya dayanıklı malzemelerden yapılmıştır. Bu malzemeler, motorun içinde oluşan ısıyı dışarıya yaymaz ve motorun belirli bir sıcaklıkta çalışmasını sağlayarak performansını da artırır.

Elektrik birimleri ve deyimleri

Direnç, 1 mm² kesitinde, 106,3 cm boyunda cıva silindirin 0°C deki direnci **1 Ohm** (1Ω) olarak tanımlanmıştır.

Akım, Bir devreden 1 saniyede 1 klon geçtiğinde değeri **1 Amper** olarak tanımlanmıştır. (6,25x10¹⁸ elektron = 1 klondur).

Gerilim, Direnci 1Ω olan bir devreden 1 amper geçiren gerilim birimi **1 Volt** olarak tanınmıştır.

Ohm (Ω): Elektrik direncini ifade eden birimdir. Bir malzemenin elektrik akımına karşı gösterdiği direnç değerini belirtir. Su borusundaki su akış hızını düşürmesi gibi,

Amper (A): Elektrik akımının şiddetini ifade eden birimdir. Bir devreden geçen elektrik yükünün miktarını belirtir. Su borusundan bir saatte akan su miktarı gibi.

Volt (V): Elektrik potansiyel farkını ifade eden birimdir. Tıpkı su borusundaki basınç gibi, volt da elektronların bir devrede hareket etmesine neden olur.

Watt (W): Elektrik gücünü ifade eden birimdir. Bir elektrik devresindeki enerjiye dönüşüm gücünü belirtir. Bir su kovalasını doldurma gücünü belirtmesi gibi,

Kilowatt-saat (kWh): Elektrik enerji birimidir. Bir kilowatt gücündeki bir cihazın bir saat çalıştırıldığında tükettiği elektrik enerji miktarıdır. Elektrik faturalarında görülen değer.

Henri: 1 A değerindeki AC akımın 1 saniyedeki değişimi ile 1 voltluk zıt elektromotor kuvveti üreten bobinin indüktif değeri **L= 1 Henri**'dir.

Farad: Kondansatörde yüklenen Klon miktarının volt değerine bölünmesiyle bulunan değerdir. Birimi **Farad** dır. Değeri **C= Farad** dir. Farad yüksek bir sığa birimi olduğu için mikrofard (μF) olarak kullanılır. (**C= Q/V**)

İndüktans birimi: 1 A değerindeki AC akımın 1 saniyedeki değişimi ile 1 voltluk zıt elektromotor kuvveti üreten bobinin indüktif değeri **L= 1 Henri**'dir.

Frekans: Alternatif akımın bir saniyedeki devir sayısı. Hertz (Hz) ile ölçülür.

Faz: Alternatif akımın belirli bir anda aldığı değer.

Cos ϕ : Akım gerilim arasındaki Faz farkını açı cinsinden değerini belirtir.

Kaçak akım: İzolasyonun zayıflığı nedeniyle tehlike arz eden sızıntı akım gibi

Aşırı akım: Devreden geçmesi gereken akımın üzerinde akımın geçmesi durumu,

Kısa devre: Bir elektrik devresinde iki iletkenin birbirine temas etmesi sonucu oluşan aşırı akım durumu.

Açık devre: Bir elektrik devresinde bir kopukluk akımın kesilmesi (akımın geçmemesi) durumunu belirtir.

Kapalı devre: Bir elektrik devresinde kontrollü olarak anahtarın kapatılması sonucu akımın geçmesi durumu,

Seri devre: Bir elektrik devresinde dirençlerin, motor sargılarının uçlarının birbirine arka arkaya bağlanması durumu,

Paralel devre: Bir elektrikte deresinde motorların, ampullerin, tüm ekipmanların devreye bağlanma durumları,

Toprak kaçağı: İzolasyon hatası nedeniyle elektriğin toprağa akması ile meydana getirdiği hasar sebebi,

Topraklama: İzolasyon hatası nedeni ile kaçma ihtimali olan akımın kontrollü bir şekilde toprağa akmasını sağlamak

Ekranlama: Manyetik alan etkilerinden koruma maksadı ile yapılan tel kafes gibi sistemle manyetik alanın ürettiği elektriği toprağa vererek koruma alanını manyetik alanı keserek korumak

XXXXXXXX: eyyy

İletkenlerin, iletkenlikleri, dirençleri ve erime noktaları Tablosu

METALLERİN İLETKENLİKLERİ, DİRENÇLERİ VE ERİME NOKTALARI				
Metal	Elektrik İletkenliği (mega-siemens/m)	Isı İletkenliği (W/mK)	Elektriksel Direnç Nano Ohm Metre	Erime Sıcaklığı (°C)
Gümüş (Ag)	63	406	1678	961
Bakır (Cu)	59	385	17	1083
Altın (Au)	43	314	23	1063
Alüminyum (Al)	36	205	28	660
Tungsten (W)	18,2	180	55	3410
Çinko (Zn)	16	112	62	419
Nikel (Ni)	12,9	99	78	1455
Demir (Fe)	9,5	80	105	1539
Platinyum (Pt)	9,4	72	106	1773
Titanyum (Ti)	2,4	22	420	1668
Paslanmaz Çelik	1,11	14- 16,3	898	--

Elektrikte kullanılan metalleri elektriğe karşı gösterdikleri durumlar,

Elektrik iletkenliği direncin karıştıdır, (G) dir.

G= 1/R = 1/V

G iletkenlik, **R** direnç, **V** gerilim **σ** öz iletkenliği

G= σ.A/l

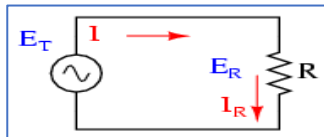
A iletken kesit alanı, **l** iletken uzunluğu, **σ** öz iletkenliğine sahip iletkenin iletkenliği

Isı iletkenliği, Isı miktarı **Q** , malzemenin kalınlığı **L** ve birim zaman **t**, yüzey alanı **A** ve ısı farkı **ΔT** ısı transferi sadece sıcaklık ısı akış oranı × mesafe / (alan × sıcaklık farkı)

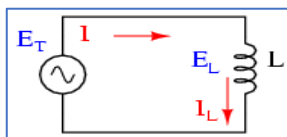
Kaynak: <https://diyot.net/metallerin-iletkenlik-ve-diger-ozellikleri>

Elektriğin farklı devrelerinde oluşan dirençler

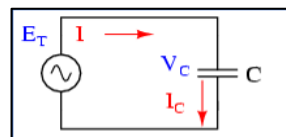
Elektrik AC devrelerinde frekansa göre farklı dirençler gösterir. Seri veya paralel bağlanmalarına göre elde toplam direnç ve empedans değerleri farklı hesaplanır.



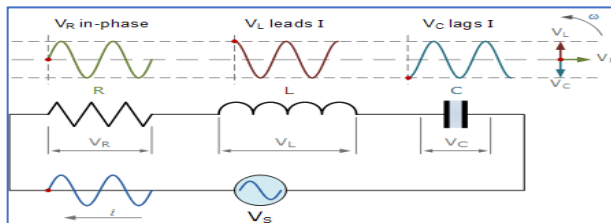
Omik devre



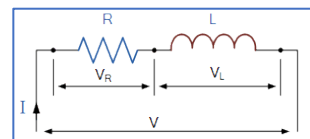
İndüktif devre



Kapasitif devre



Omik İndüktif Kapasitif ve Dalga formları



Omik İndüktif

Yukarıda omik, indüktif ve kapasitif Elektrik devreleri sembolik olarak gösterilmiştir. Alternatif Devrelerde frekans değerlerine göre self ve kapasitif dirençlerde değişiklikler görülür.

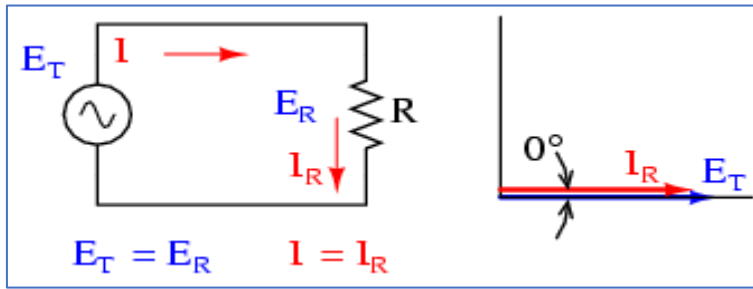
İndüktif devrelerde kullanılan bobin teli ile sarıldığı için indüktif devrenin omik direnci de seri bağlı elaman gibi hesaba alınır.

Kapasitif, İndüktif ve omik devre seri bağlanmış AC devresinde faz farkları da üst tarafında gösterilmiştir.

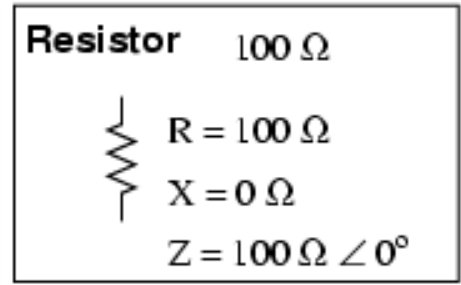
Omik devrede direnç

Sadece direnç olan bir devrelerde (DC) Doğru Akım da olduğu gibi (AC) Alternatif Akımda da gerilim ve akım aynı fazda hareket eder. (Görsel 3I- 35c)

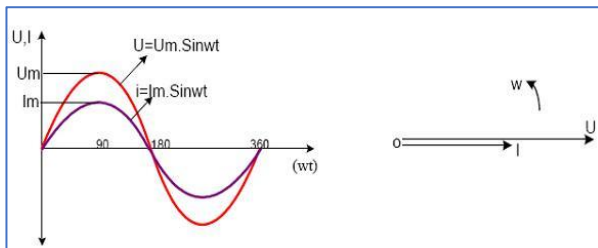
- Akım ile gerilim aynı fazdadır. (Görsel 3I- 35a) Burada $\cos\phi$ değeri 1 yani akım gerilim faz farkı "0"dır. (Görsel 3I- 35b)



Görsel 3I- 35a



Görsel 3I- 35b



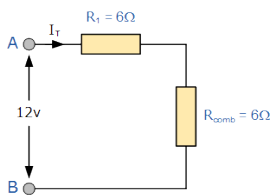
Görsel 3I- 35c

Akım ile gerilim aynı fazdadır. (Görsel 3I- 35a) $\cos\phi$ değeri "1"dir.

Z ile R değeri aynıdır. (Görsel 3I- 35b) Gerilim ve akım sinüzoidal dalga durumu (Görsel 3I- 35c) de görüldüğü gibi aynı fazda hareket ederler.

Seri bağlı omik devrelerde toplam Direnç

$$\sum R_S = R_1 + R_2 + R_3 + \dots R_n$$



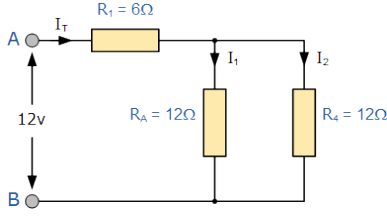
Örnek

$$R_1 = 6 \text{ ohm } (\Omega)$$

$$R_2 = 6 \text{ ohm } (\Omega)$$

$$\sum R_S = R_1 + R_2 = 6 + 6 = 12 \text{ Ohm } (\Omega)$$

Paralel bağlı omik devrelerde toplam Direnç $\sum \frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots \frac{1}{R_n}$



$R_1 = 6 \text{ ohm } (\Omega)$
 $R_A = 12 \text{ ohm } (\Omega)$
 $R_4 = 12 \text{ ohm } (\Omega)$
 $\sum \frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_A} + \frac{1}{R_4}$
 $\sum R_S = R_1 + R_p$

Örnek

Öncelikle paralel olanları hesaplayalım
 $\frac{1}{R_p} = \frac{1}{12} + \frac{1}{12} = \frac{2}{12} \gg R_p = \frac{12}{2} = 6 \Omega$

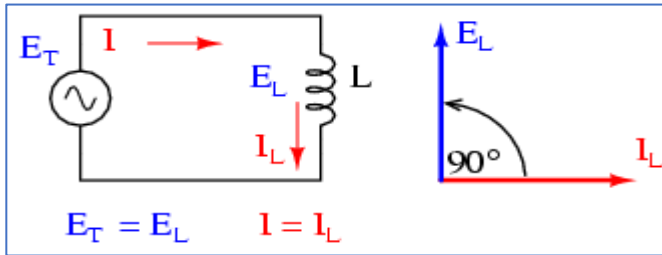
Sonra toplam paralel ile R_1 direnci seri
 $\sum R_S = R_1 + R_p \gg \sum R_S = 6 \Omega + 6 \Omega = 12 \Omega$

Kaynak: <https://devreyakan.com/seri-ve-paralel-bagli-direncler>

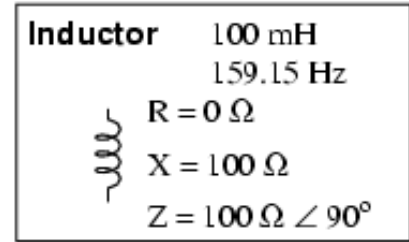
Self devrede direnç

Bobin devrelerinde alternatif akım sinüzoidal dalga frekansına bağlı olarak değişen manyetik alan hatları, bobin halkaları arasında manyetik alan etkisi ile ters bir Elektro Motor Kuvvet (EMK) üremesine ve 90 derecelik gecikmeli akım etkisi doğmasına neden olur. Ancak bobin iletkeninin omik direnci ile (Görsel 3I- 36d) de görüldüğü gibi belirli bir açıda akım olur.

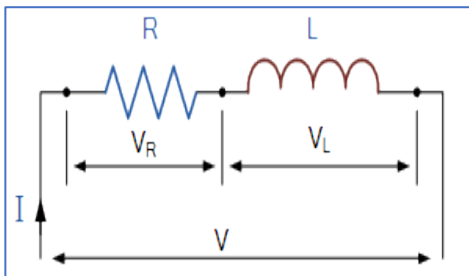
Akım gerilimden 90 derecelik gecikmeli bir faz farkı olur, bu gecikme (Görsel 3I- 36a) Yani omik direnç teorik olarak "0" kabul edildiğinde bu fark 90 derece gerilim ilerde görülür. Bu rakamsal değerler (Görsel 3I- 36b) de görülmektedir.



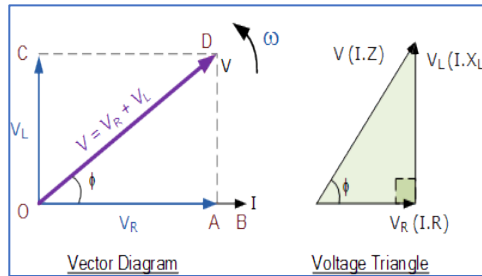
Görsel 3I- 36a



Görsel 3I- 36b



Görsel 3I- 36c



Görsel 3I- 36d

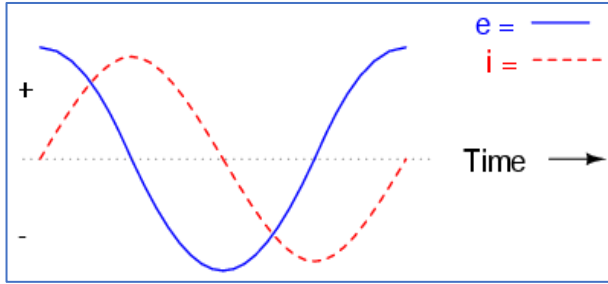
$(V)^2 = (V_R)^2 + (V_L)^2$
 $V = \sqrt{(I \times R)^2 + (I \times X_L)^2}$

Görsel 3I- 36e

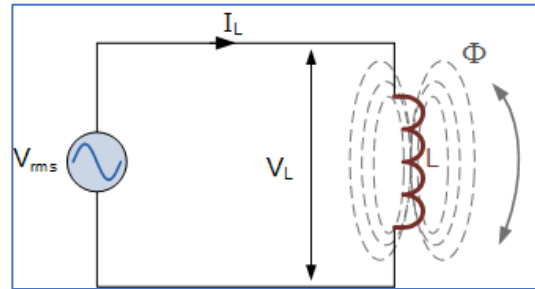
Vektörel durumda gerilimin belirli bir açı ile önde olduğu (Görsel 3I- 36d) de görülmektedir. Bunun matematiksel yazılımı da (Görsel 3I- 36e) de görülmektedir.

Burada omik devre üzerinde düşen gerilim (U_R), indüktif devre de düşen gerilim (U_L), devre gerilimi de (V) bir dik üçgendir. (Görsel 3I- 36d)

Akım ve gerilimin faz farkı sinüzoidal görsel olarak (Görsel 3I- 36f) ve meydana getirdiği manyetik hat çizgileri de (Görsel 3I- 36g) de gösterilmiştir.



Görsel 3I- 36f



Görsel 3I- 36g

Bobin, alternatif akım devrelerinde frekansla doğru orantılı olarak değişen indüktif bir direnç gösterir. Bu dirence endüktif reaktans denir. Birimi **Ohm** dur.

AC devrelerinde (Görsel 3I- 36a) görülen

Endüktif devrenin reaktansı X_L ile gösterilir ve $X_L = 2\pi \cdot f \cdot L$ Formülü ile hesaplanır.

$X_L = 2\pi \cdot f \cdot L$ formülü ile hesaplanır. Birimi: **Ohm** (Ω)

$$X_L = 2\pi \cdot f \cdot L$$

f: AC devresi geriliminin frekansı, **Hertz** (Hz),

L: Bobin indüktansını, **Henri** (H) değerini ifade eder

Henri: 1 A değerindeki AC akımın 1 saniyedeki değişimi ile 1 voltluk zıt elektromotor kuvveti üreten bobinin indüktif değeri **L= 1 Henri**'dir.

$$L = \frac{\mu \cdot N^2 \cdot A}{l}$$

Toplam indüktif direnç değeri ise,

Seri bağlı indüktif devrelerde toplam indüktans $\sum L_s = L_1 + L_2 + L_3 + \dots L_n$

Paralele bağlı indüktif devrelerde toplam indüktans $\sum \frac{1}{L_p} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} + \dots \frac{1}{L_n}$

Bir bobinin endüktans hesabı

L: Bobin endüktansı, Henry (H)

μ : Manyetik geçirgenlik Henry/metre (H/m)

N: Sarım sayısı,

A: Bobin kesit alanı, santimetrekare (m²)

l: Tel uzunluğu, santimetre (m) ifade eder.

$$L = \frac{\mu \cdot N^2 \cdot A}{l}$$

Bir kapasitif hesabı

F: Kondansatör kapasitansı, Farad (F)

C: kondansatör üzerinde (6,25.10¹⁸ elektron) Klon miktarı

V : Devreye tatbik edilen gerilim,

$$1F = 1C / 1V$$

AC devrelerinde (**Görsel 3I- 37b**) görülen kapasitif devrenin kapasitansı XC ile gösterilir ve birimi **ohm** dur. Yandaki formülü ile hesaplanır.

$$XC = 2\pi \cdot f \cdot C$$

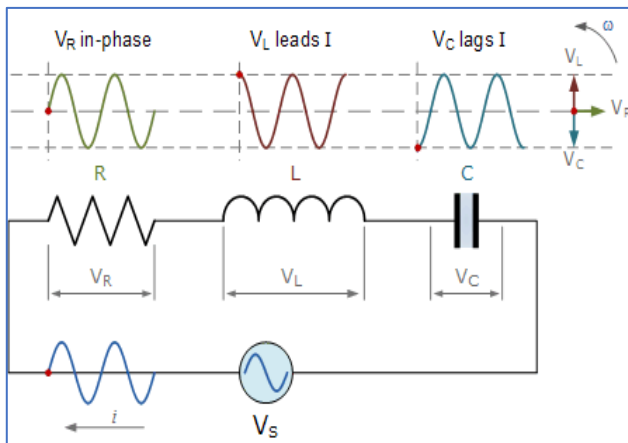
Seri bağlı Kapasitif devrelerde toplam Kapasitans $\sum C_s = C_1 + C_2 + C_3 + \dots C_n$

Paralele bağlı kapasitif devrelerde toplam kapasitans $\sum \frac{1}{C_p} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots \frac{1}{C_n}$

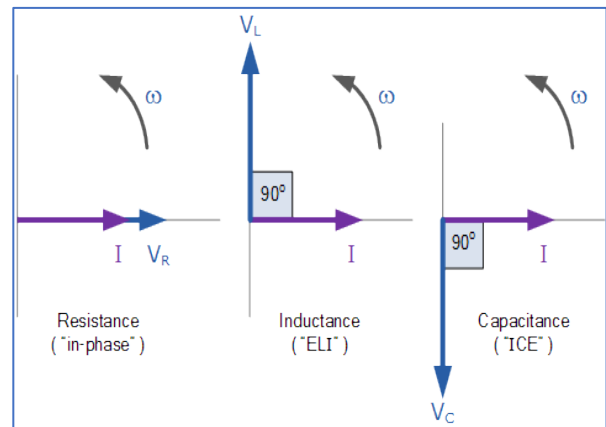
Z Empedansı

(Z= 100 Ω) hem omik hem de kapasitiftir. Bunun sinüzoidal gösteriminde (**Görsel 3I- 37d**) gösterilmiştir. Vektörel gösterimi de (**Görsel 3I- 37c**) de gösterilmiştir.

Devrede omik, self ve kapasitif devrelerin seri bağlanmış durumda gerilimin sinüzoidal durumları gösterilmiştir. (**Görsel 3I- 38a**) da devreye tatbik edilen dalga pozisyonu ile omik, self ve capasitif devrelerde sinüzoidal dalga şekillerinin durumu tetkik edilebilir. Diğer (**Görsel 3I- 38b**) de sinüzoidal dalganın ilerleyişi saat yönünün aksi olarak alınmış buna göre akım ve gerilimlerin durumlarını vektörel olarak gösterilmiştir.

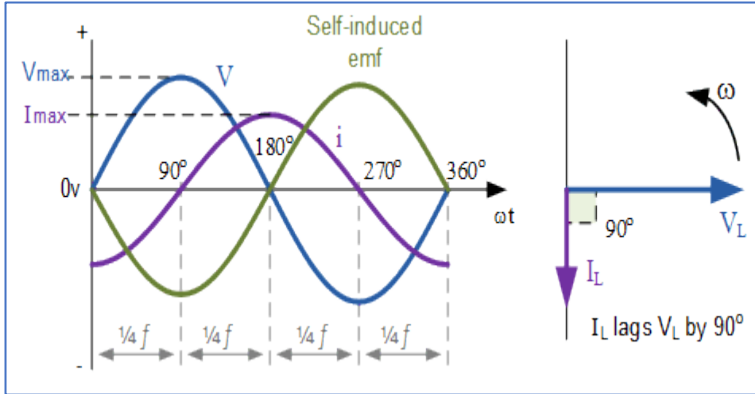


Görsel 3I- 38a

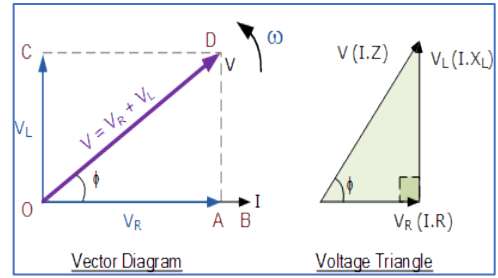


Görsel 3I- 38b

Empedans değeri, bir alternatif devrede (**Görsel 3I- 38a**) seri veya paralel bağlı olma durumlarına göre ve üzerlerinde düşen gerilimlere göre vektörel olarak hesaplanabilir. Bu devrenin direnci ohm cinsinden bulunur ve buna Z empedans değeri denir. Z empedans değeri $Z = \Omega$ değerindedir. Yalnız (**Görsel 3I- 39a**) de görüldüğü gibi akım geçişinde “R” omik direncin değerine göre “ ϕ ” açısı faz farkı oluşturur. (**Görsel 3I- 39b**)



Görsel 3I- 39a



Görsel 3I- 39b

Her alternatif akım devresinde frekansla doğru orantılı olarak değişen bir reaktans oluşur. İndüktif reaktans X_L ile kapasitif reaktans X_C ve omik devre sonuç birimi Ohm (Ω) olarak bulunur. Ohm cinsinden bobin sargılarının direnci ve kapasitif ile sınırlıdır ve Ohm kanununda belirtilen ($I = V/R$) ile belirlenir ve “ ϕ ” açısı faz farkı kadar indüktif ve kapasitif değere göre akım geri kalır veya ileri olur. (**Görsel 3I- 39b**)

“Z” empedansının değeri $Z = \sqrt{R^2 + X_L^2 + X_C^2}$ formül ile bulunur.

“U” gerilimin “ ω ” açılı değeri $U = \sqrt{(IX_R)^2 + (IX_X_L - IX_X_C)^2}$ formül ile bulunur.

Devrenin faz açısını bulmak için $\cos \phi = \frac{R}{Z}$ formülü kullanılır.

Elektrikte kullanılan kanunlar ve formülleri

Burada elektrik hesaplamalarında çok kullanılan bazı kanun ve formüllerinden basit bir şekilde bahsedilecektir.

- Ohm kanunu ve
- Kirşof kanunlarını bilmekte yarar vardır.

Ohm kanunu daha ziyade devreden geçen akımı, devrede düşen gerilimi ve devre direncini bulmak için kullanılır.

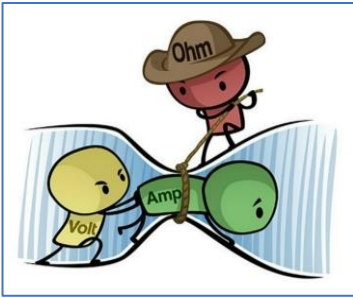
Kirşof kanunları

(1.) ise bir devrede düşen gerilimlerin toplamı devreye tatbik edilen gerilime eşittir.

(2.) Bir düğüm noktasına gelen akımların toplamı düğüm noktasından ayrılan akımların toplamına eşittir.

Bu kurallardan istifade ederek hesap yapılır. Tabi ki bu işin en kolayı bu değerleri ölçü aletleri ile bulmaktır. Ama formülünü de bilmekte fayda vardır.

Ohm kanunu



Ohm kanunu, Bir devresi üzerinden geçen akım o devrenin veya iletkenin direnç değeri ile çarpıldığında devre veya iletken üzerinde düşen gerilim değerini verir. $u = I \times R$ “1” numaralı formül.

İletken üzerinde meydana gelen ısı ise $J = 0.24 \times R \times I^2 \times t$ “4” numaralı formülde görüldüğü gibi Joule değeri olarak bulunur.

Bu değer hatta düşen enerji kaybını verir. Mizahi resimde görülen gerilim, akım ve direnç ilişkisi, görüldüğü gibi gerilim akımın ilerlemesi için basınç uyguluyor buna karşın dirençte akımın geçmesine zorluk çıkarıyor. Doğru akım devrelerinde “R” direnç (Ohm) olarak, alternatif akım devrelerinde “Z” empedans (Ohm değeri” olarak kullanırız).

Formül olarak

Doğru akımda kullanılan formüller.

$u = I \times R$ (1)	$R = U / I$ (2)	$I = U / R$ (3)	$J = 0.24 \times R \times I^2 \times t$ (4)
----------------------	-----------------	-----------------	---

- **u = Volt** Elektrik devresi veya Nakil Hattın başında ve sonunda (iki ucunda) ölçülen gerilim (düşen gerilim)
- **U= Volt** Şebeke gerilimi
- **I = Amper** Hat üzerinden geçen akım
- **R = (Ω) Ohm** Elektrik Devre veya Hattın uçlarından ölçülen direnç değeri
- **J = Joule** Isı, iş veya enerji miktarlarından üretilmiş olan bir ölçü birimidir. $J = \text{kg} \times \text{m}^2$
- Bu yasa tüm doğru akım elektrik devrelerinde kullanılan en basit hesaplamaadır.

Bu hesaplama alternatif akım devrelerinde kullanıldığında bazı farklılıklar gösterir. Devrede bobin (İndüktif) ve kondansatör (kapasitif) ekipman bulunduğu ayrıca faz farkı ($\cos\phi$) değerini hesaba katılmak gerekir.

Üç fazlı bir AC devrede güç formülü

P= Watt (W): Güç birimidir. Alıcılarda self veya kapasitif komponentler olduğunda gerilimle akım arasında faz farkı dikkate alınarak hesaplanan değerdir. Formülde görüldüğü gibi bu faz farkı dikkate alınarak yapılan hesaplamayı bulmaya yarar.

$$N = \sqrt{3} \times U \times I \times \cos\phi$$

Q= Volt Amper Reaktif (VAR): AC devrelerindeki aktif olarak görünen gücün yani normal aktif sayaçların gösterdiği gücün yanı sıra, bu sayaçların gösteremediği Reaktif Güç denilen güç vardır. Bu kayıp güç olarak kabul edilen “volt-amper reaktif” (VAr) olarak adlandırılır. Üç fazlı devrelerde reaktif gücü de ölçen ayrıca sayaçlar vardır.

$$Q = \sqrt{3} \times E \times I \times \sin\phi$$

Bu güç kayıp güç olarak değerlendirilir ve belirli bir seviyenin üzerine çıkması istenmez ve bu durumun düzeltilmesi istenir. Aksi halde iş yerinin ceza ödemesine neden olur.

S= Volt-amper (VA): Görünür güç birimidir. Alıcılarda self veya kapasitif komponentler olan alternatif devrelerinde gerilimle ve akım arasında bir faz farkı ($\cos\phi$) meydana gelir.

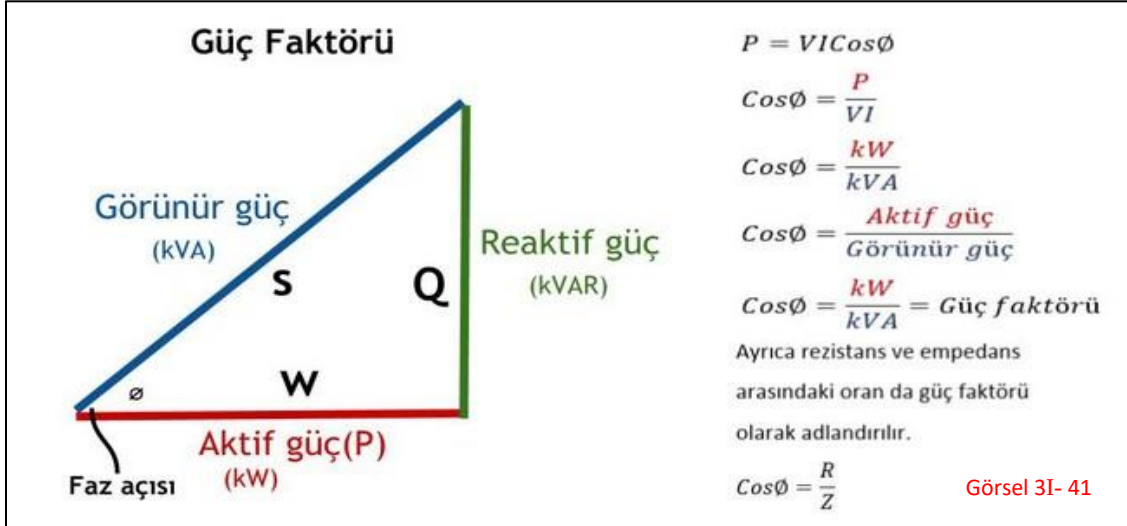
Watt-saat (Wh): Enerji birimidir ve bir cihazın belirli bir sürede ne kadar enerji tüketildiğinin göstergesidir. Tek fazlı veya üç fazlı elektrik devrelerinde kullanılan enerji miktarını ölçen sayaçların gösterdiği Wh değerinin 1.000 katı olan (kWh) kilovat saat değeri olarak belirtilir. Enerji bedelleri bunun üzerinden hesaplanır.

Reaktif güç VA değeri 1000 ile çarpılarak (kVA) kilo Volt Amper olarak değerlendirilir. Bunun bedeli ayrıca alınır. Bu kVA değeri belirli bir değer üzerinde çıktığı görülürse tahsil edilen bedellere ek olarak cezalar da kesilir.

Bu cezaların kesilmemesi için **$\cos\phi$** değeri “1” değerine getirilme için kompanzasyon tesisi kurulur. ($\cos\phi$) değeri %95 altına düşmesi halinde istenmez. düzeltilmesi beklenir

Kompanzasyon işlemi

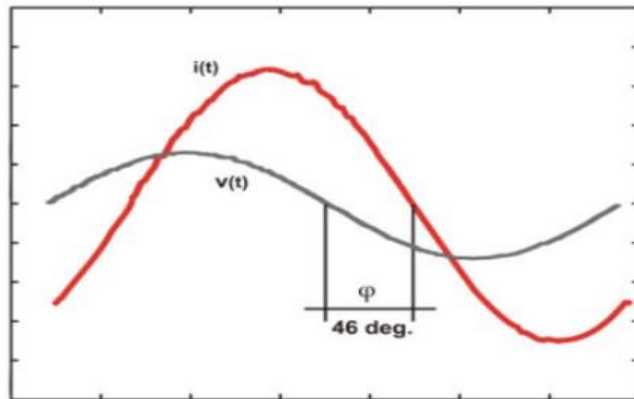
Kompanzasyon, elektrik motorların, bobinlerin bulunduğu çalışma ortamlarında endüktif etkiler sonucu oluşan gerilim ile akım arasındaki faz farkı %95 değerinin altında olursa fazla akım geçmesine rağmen aktif güç ($kW = U \times I \times \cos\phi$) değeri düşer düşer. (Görsel 3I- 41)



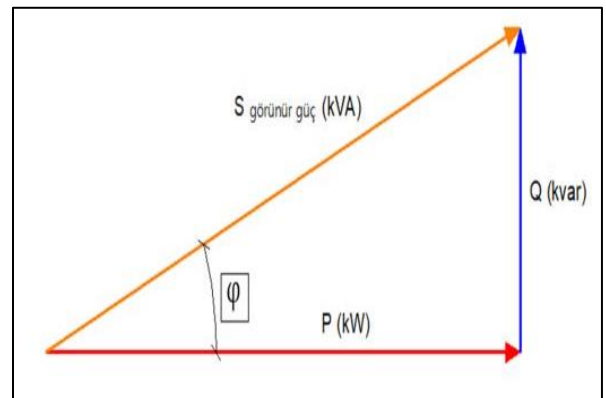
Yani (S) akımı çekilmesi hatlarda (I^2) akımın karesi ile orantılı geçen akım hatlarda ısı yaratarak enerji kaybına sebep olur.

Bu kaybı önlemek için devreye kapasitif (kondansatör veya senkron motor) konularak faz açısı "0" değerine yaklaştırılarak ($S = W$), ($\cos\phi = 1$) değerine yaklaştırılmaya çalışılır.

Elektrik sarfiyatı ölçen aktif sayaçlar yanında sanayide reaktif gücü de ölçerek çalışma ortamında aktif ve reaktif değerleri ölçülerek bedelleri alınır. Faydalanılamayan reaktif enerji bedeli ödenmez.



Görsel 3I- 38



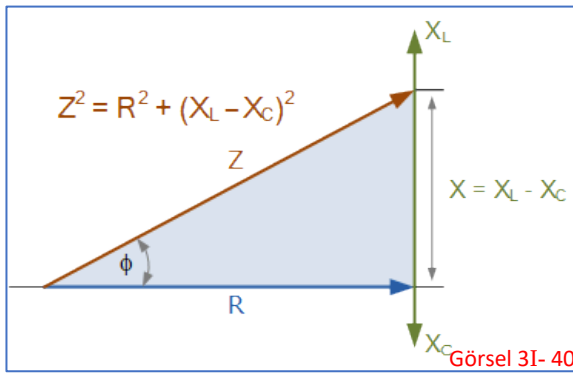
Görsel 3I- 39

Bunun için yapılan işlemlerin tümüne, güç kat sayısının düzeltilmesi veya kompanzasyon işlemi denir.

Gerilim akım dalga formunda görüldüğü gibi güç faktörünün %45 olduğunu gösteren akım gerilim (Görsel 3I- 38) de gösterilmiştir. (Görsel 3I- 39) da güçlerin durumu gösterilmiştir.

Kompanzasyon Hesabı

Elektrik şebekelerin de gerilim ile akım arasında faz farkı olmaması tercih edilir. Tesislerde



kapasitif ve indüktif yükler olduğunda gerilim ile akım arasında faz farkı meydana gelir ve sistem olumsuz yönde etkilenir. Tesislerde bu oluşan faz kaymasını düzelterek elektrik enerjisini verimli kullanmak için kurulan sisteme **kompanzasyon** (reaktif güç katsayısını) olarak da adlandırılır.



Görsel 3I- 41

Büyük çoğunlukla kompanzasyon sistemi kondansatörler kullanılarak yapılır. Çok büyük kapasiteli tesislerde büyük senkron jeneratörün başka bir devri ayarlanabilen motorla senkron motor kutup sayısına göre daha yüksek devirin üzerinde çevrilerek devrede kapasitif etki oluşturulur.

Kondansatörlerle ve kademeli olarak çalışan kontaktörler ve Cosφ ölçen ölçü aleti kombinasyonu ile oluşturulmuş pano görüntüsü (Görsel 3I- 41) de gösterilmiştir.

Elektrik Dağıtım Şebekeleri Teknik Şartnamesi ne göre kurulacak tesisin olası faz farkı Cosφ 0.7 kabul edilip Kompanzasyon sistemi kurulması için aşağıda örnek olarak yapılan hesapta faz farkının düşürmek için kondansatörler koyarak Cos φ 0.95 ten yukarı değerde olacak şekilde başlangıçta önlem almak gerektiği bildirilir. Bunun için devreye kapasitif devre hesaplanıp (kondansatörler) konur. İşletmede motor güçleri devamlı devreye girip çıkıyorsa o zaman kapasitif yüklerin otomatik olarak devreye girerek sistemin güç katsayısını düzeltecek sistem kurulur. Bunun için aşağıda örnekler verilmiştir.

Örnek 1

1000 KVA trafosuna sahip olan bir işletme için; kompanzasyon hesaplaması,

$S = 1000 \text{ KVA}$

$\cos\phi = 0,7$

$\cos\phi = 0,95$ istenilen

Aktif güç; $P = S \times \cos\phi \gg P = 1000 \times 0,95 = 950 \text{ KW}$,

$\cos\phi = 0,7$ den $\cos\phi = 0,95$ çıkarılması için “k” faktörü 0.69 bulunur. (Görsel 31- 42)

$Q_c = \text{Talep Gücü (P)} \times (\text{k}) \text{ faktörü katsayısı} \gg Q_c = 950 \times 0.69 = 655.5 \text{ kVAR}$ bulunur.

İSTENİLEN $\cos\phi$ DEĞERİNE ÇIKARMAK İÇİN “k” FAKTÖRÜ																
	$\cos\phi_2$	0,70	0,75	0,80	0,82	0,84	0,85	0,86	0,87	0,88	0,90	0,92	0,94	0,95	0,96	0,97
	$\tan\phi_2$	1,02	0,88	0,75	0,70	0,64	0,62	0,59	0,57	0,53	0,48	0,43	0,36	0,33	0,29	0,25
$\cos\phi_1$	$\tan\phi_1$	" k "														
0,40	2,28	1,26	1,40	1,53	1,58	1,64	1,66	1,69	1,71	1,75	1,80	1,85	1,92	1,95	1,99	2,03
0,45	1,98	0,96	1,10	1,20	1,28	1,34	1,36	1,39	1,41	1,45	1,50	1,55	1,62	1,65	1,69	1,73
0,50	1,73	0,71	0,85	0,98	1,03	1,09	1,11	1,14	1,16	1,20	1,25	1,30	1,37	1,40	1,44	1,48
0,52	1,64	0,62	0,76	0,89	0,94	1,00	1,02	1,05	1,07	1,11	1,16	1,21	1,28	1,31	1,35	1,39
0,54	1,56	0,54	0,68	0,81	0,86	0,92	0,94	0,97	0,99	1,03	1,08	1,13	1,20	1,23	1,27	1,31
0,56	1,48	0,46	0,60	0,73	0,78	0,84	0,86	0,89	0,91	0,95	1,00	1,05	1,12	1,15	1,19	1,23
0,58	1,41	0,39	0,53	0,66	0,71	0,77	0,79	0,82	0,84	0,88	0,93	0,98	1,05	1,08	1,12	1,16
0,60	1,33	0,33	0,45	0,58	0,63	0,69	0,71	0,74	0,76	0,80	0,85	0,90	0,97	1,00	1,04	1,08
0,62	1,27	0,25	0,39	0,52	0,57	0,63	0,65	0,68	0,70	0,74	0,79	0,84	0,91	0,94	0,98	1,02
0,64	1,20	0,18	0,31	0,45	0,50	0,56	0,58	0,61	0,63	0,67	0,72	0,77	0,84	0,87	0,91	0,95
0,66	1,14	0,12	0,26	0,39	0,44	0,50	0,52	0,55	0,57	0,61	0,66	0,71	0,78	0,81	0,85	0,89
0,68	1,08	0,06	0,20	0,33	0,38	0,44	0,46	0,49	0,51	0,55	0,60	0,65	0,72	0,75	0,79	0,83
0,70	1,02		0,14	0,27	0,32	0,38	0,40	0,43	0,45	0,49	0,54	0,59	0,66	0,69	0,73	0,77
0,72	0,96		0,08	0,21	0,26	0,32	0,34	0,37	0,39	0,43	0,48	0,53	0,60	0,63	0,67	0,71
0,74	0,91		0,03	0,21	0,21	0,27	0,29	0,32	0,34	0,38	0,43	0,48	0,55	0,58	0,62	0,66
0,76	0,86			0,16	0,16	0,22	0,24	0,27	0,29	0,33	0,38	0,43	0,50	0,53	0,57	0,61
0,78	0,80			0,11	0,10	0,16	0,18	0,21	0,23	0,27	0,32	0,37	0,44	0,47	0,51	0,55
0,80	0,75			0,05	0,05	0,11	0,13	0,16	0,18	0,22	0,27	0,32	0,39	0,42	0,46	0,50
0,82	0,70					0,06	0,08	0,11	0,13	0,17	0,22	0,27	0,34	0,37	0,41	0,45
0,84	0,65						0,03	0,06	0,08	0,12	0,17	0,22	0,29	0,32	0,36	0,40
0,86	0,59								0,02	0,06	0,11	0,16	0,23	0,26	0,30	0,34
0,88	0,54										0,06	0,11	0,18	0,21	0,25	0,29
0,90	0,48											0,06	0,12	0,15	0,19	0,23
0,92	0,43												0,07	0,10	0,14	0,18
0,94	0,36													0,03	0,07	0,11

Görsel 31- 42

Örnek 2:

Bir tesisin aktif gücü 80 kW, $\cos\phi=0,67$ den 0,96’a yükseltmek isteniyor. Bunun için gerekli olan kondansatör değerini hesaplayalım.

$\cos\phi=0,67$ den $\cos\phi=0,96$ çıkarılması istendiğine göre “k” faktörü kat sayısı “k” faktörü cetvelinden (Görsel 31- 40) 0,67 değeri bulunur. $Q_c = \text{Talep Gücü (P)} \times (\text{k}) \text{ faktörü katsayısı} \gg Q_c = 80 \times 0.67 = 53,6 \text{ kVAR}$ bulunur.

$\cos\phi = 0,7$ den $\cos\phi = 0,95$ çıkarılması için “k” faktörü 0.69 bulunur. (Görsel 31- 42)

Y.G. Elektrik devrelerinde emniyet mesafeleri tablosu

Yüksek Gerilim bulunan ortamlarda gerilim değerlerine göre emniyet mesafelerine dikkat etmek gerekir. Bunun için aşağıda bu mesafe değerlerini belirten tablo konulmuştur.

Yüksek gerilim hücrelerinde çıplak baraların bulunduğu ortamda olması gereken güvenlik mesafeleri (**Görsel 3I- 43**) te verilmiştir.

Havai hatlarda direkler arası mesafelere göre değişebilir hatlar arasındaki mesafeler,

380 kV. İletkenler arası mesafe 9,5 m. *Şehirler arası uzun mesafe yüksek enerji nakli,*

154 kV. İletkenler arası mesafe 7 m. *Dağıtım merkezleri yüksek enerji naklinde*

34,5 kV. İletkenler arası mesafe 6 m. *Şehir içi merkezi trafo hücreleri, fabrika trafo hücreleri*

Emniyet mesafelerinde toprak veya topraklanmış mesafelere bırakılacak mesafeler,

380 kV. Emniyet mesafesi ise 32,9,5 m. *Dağıtım istasyonları açık hava kumanda sahasında,*

154 kV. İletkenler arası mesafe 13,3 m. *Dağıtım istasyonları açık hava kumanda sahasında,*

34,5 kV. İletkenler arası mesafe 6 m. *Kapalı -Açık trafo merkezlerinde topraklanmış bölgelere*

Tabloda (**Görsel 3I- 43**) te gerilim değerlerine göre güvenlik mesafeleri ayrı ayrı verilmiş durumda, ayrıca enerji kesildikten sonra da girilmesine müsaade edilen geçiş yollarında bırakılması gereken mesafeler de belirtilmiştir. Burada değerler “mm” olarak verilmiştir.

Y.G. ELEKTRİK DEVRELERİNDE EMNİYET MESAFELERİ ELEKTRİK KUVVETLİ AKIM TESİSLERİ YÖNETMELİĞİ RG 30.11.2000 / 24246 Müsaade edilen yükseklik (380 kV.-9,5m.) (154kV-7m.) (34,5kV-6m.) Emniyet mesafeleri (380kV. 320cm), (154kV. 133cm),(34,5kV 60cm.)							
U _n (kV) Anma gerilimi (Ur-U _s - Ut)	U _n (kV) İzin verilen en yüksek işletme gerilimi	a _p (mm) Topraklan mış parça ile en küçük açıklık	a (mm) Gerilim altındaki parçalar arası	H ₁ (mm) Gerilim ile zemin arası en küçük mesafe	A (mm) Tel çit ile gerilim arası en küçük mesafe	B (mm)	C (mm)
3	3.6	100	100	2500	1900	600	1350
6	7.2	105	130	2500	1910	600	1360
30	36	320	390	2720	2120	600	1570
154	170	1330	1600	3730	3130	1430	2580

Geçit yolları
Gerilimsiz
duruma
getirilmeden
girilmez

NI1001306 **Elektrik tehlikeleri ve İSC**

Görsel 3I- 43

BAZI YALITKANLARIN DELİNME GERİLİMLERİ	
YALITKANIN İSMİ	DELİNME GERİLİMİ
Hava	30.000 V/cm
Teflon	600.000 V/cm
Polistren	240.000 V/cm
Kâğıt	160.000 V/cm
Pireks (Cam)	140.000 V/cm
Silikon	150.000 V/cm
Bakalit	240.000 V/cm
Kuvartz	80.000 V/cm
Mika	800.000 V/cm

Görsel 3I- 44

Elektrikte bazı yalıtkanların delinme gerili

Elektrikte güvenlik sağlamak için ortamı yalıtkan maddeler kullanırız. Kullandığımız maddelerin hangi gerilimde delinip tehlikeli olacağının iyi bilmek gerekir. Bu yalıtkan maddeler için verilen kalınlıklar som olarak alınmıştır. Örneğin kâğıt sayfalarını üst üste koyarak elde edilen 1 cm. kâğıt kalınlığı, 160.000 V/cm izolasyonu sağlayamaz. Som kalınlıkta kâğıt olması gerekir. (Görsel 3I- 44)

Kullanılacak yalıtkanlarda kalınlıklar burada belirtilen kalınlıklara göre oranlayarak hesaplanır ve en az 3 kat emniyet katsayısı kullanılmalıdır.

Bu yalıtkanları kullanırken hasar durumlarına güneşte kalarak izolasyon maddelerinin çatlama durumları sertleşmiş durumları kontrol edilmelidir.

Ortamın rutubet durumu tozlu durumu sivri uçların yaklaştırılması havanın yalıtkanlığını düşürür.

Kâğıt kat kat değil som olması ve nem almamış olmasına çok dikkat edilmelidir.

Bazı önemli birimler ve formülleri

Elektrik akımı (Amper) (A. – Amp.) (su örneği)

Atom çekirdeği etrafında dönen elektronların akımıdır, saniyede geçen klomp miktarıdır.

Bir klomp $Q = 10^{17}$ Elektrona eşittir. Bu değerın mukayesesi (Ekvatör 40×10^6 km.)

Bu 10^{17} miktarındaki elektronları 1cm bilye boyutuna getirirsek bu bilyeler dünya etrafını 2.500.000.000 defa dönerdi.

Elektriki direnç (Ohm.) (Ω) (su örneği)

Elektronların geçişine karşı gösterilen dirençtir. (Elektronların atomundan koparılma zorluğudur) Sabit kesit alanlı 106,3 cm uzunluğunda sıcaklığı 0° C olan 14,4521 gram ağırlığındaki cıva sütununun elektrik gerilimine karşı gösterdiği direnç 1 Ohm' dur. İnsanın ortalama direnci 1000 Ω

Elektrik Gerilimi (Volt) (V.) (su örneği)

Potansiyel farkı (Elektronlar üzerindeki basınç) (elektromotor kuvveti)

1 ohm luk bir direnç üzerinden 1 Amper geçiren potansiyel farkı 1 Volttur

İletken madde

Elektron geçişine zorluk göstermeyen malzemelerdir. Maddelerin atomlarının dış yörüngelerinde serbest elektronların fazlalığı, elektrik potansiyeli karşısında elektronların hareket ederek akımı sağlayan maddelerdir.

$\rho =$ Öz direnç $= 1/K$ (ohm.mm² 20⁰C/m) (Cu $\rho=0,0178$) (Al $\rho=0,0294$)

$K =$ İletkenlik katsayısı (m/ohm x mm² 20⁰ C) (Bakır Cu- $K=56$) (Alüminyum Al- $K=34,8$)

Yalıtkan madde

Yalıtkan maddelerin atomlarının dış yörüngelerinde sekiz veya sekize yakın sayıda elektron bulunduran maddelerin elektronları atom çekirdeğine sıkı sıkıya bağlıdır. Bu yapılarından dolayı elektrik akımına büyük zorluk gösteren maddelerdir. Yalıtkan maddelerin yalıtkanlık değerleri (Görsel 3I- 44) te verilmiştir.

Elektrikte kullanılan bazı formüller

$$N = \sqrt{3} x E x I x \cos\varphi \quad (1)$$

$$u = I x R \quad (2)$$

$$P = I^2 x R \quad (3)$$

$$P = \sqrt{3} x E x I \quad (4)$$

$$I = P/E \quad (5)$$

$$E = I x R \quad (6)$$

$$I = E/R \quad (7)$$

$$J = 0,24 x R x I^2 t \quad (8)$$

$$L = \frac{\mu \cdot N^2 \cdot A}{l} \quad (9)$$

$$XL = 2\pi \cdot f \cdot L \quad (10)$$

$$1F = 1C / 1V \quad (11)$$

$$XC = 2\pi \cdot f \cdot C \quad (12)$$

$$\sum R_s = R_1 + R_2 + R_3 + \dots R_n \quad (13)$$

$$\sum \frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots \frac{1}{R_n} \quad (14)$$

$$\sum L_s = L_1 + L_2 + L_3 + \dots L_n \quad (15)$$

$$\sum \frac{1}{L_p} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} + \dots \frac{1}{L_n} \quad (16)$$

$$\sum C_s = C_1 + C_2 + C_3 + \dots C_n \quad (17)$$

$$\sum \frac{1}{C_p} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots \frac{1}{C_n} \quad (18)$$

$$\omega = 2\pi f \text{ rad/s} \quad (19)$$

$$N_s = \frac{60xf}{p} \quad (20)$$

$$U_d = \frac{(2 x L x I)}{(K x s)} \quad (21)$$

$$(J = 0,24 x R x I^2 t) > (J = 0,24 x R x I x I x t) > (J = 0,24 x U x I x t) > (J = 0,24 x P x t) \quad (21)$$

Harfleri belirlediği değerler

N= Watt (W) (self ve kapasitif devrelerde)

P= VA Omik devrelerde (self ve kapasite olmayan)

E= Volt (V)

u= Volt (V) İletim hattında düşen gerilim

I= Amper (A)

R= Ohm (Ω) Hattın direnci

F = *Fırat Kondansatör kapasitesi*

H = Henri Self bobin devre kapasitesi

L = Metre Akım devresinde iletken boyu (formülde hat gidiş ve geliş olduğu için 2Lolarak alınmaktadır.)

S = mm² İletkenin kesiti

Cosφ= Akım ve gerilim arasındaki faz farkı (% değer)

J= joule, Hattan geçen akıma karesi ile oluşan ısı kayıpları

f= Şebeke frekans Hz (Herz)

p = Motor veya Generatör

ω = Açısal frekans (ω), birim zamandaki radyan cinsinden açı değişim hızını ifade eder

ρ = Öz direnç =1/K (ohm.mm² 20°C/m)

K = İletkenlik katsayısı (m/ohm x mm² 20°C) (Bakır **Cu- K=56**) (Alüminyum **Al- K=34,8**)

Çok kullanılan formüller

Bir iletkenin Direnci, $R = \frac{L}{K \times s}$

Hattın gerilim düşümü, $U_d = \frac{(2 \times L \times I)}{(K \times s)}$

Ohm kanunu $(U=I \times R)$ Volt =Amper x ohm

3 Faz indüktif Güç (Watt) $N= 1.73 \times U \times I \times \cos \phi$

DC Güç bağlantısı $N = U \times I$ Watt = Volt x Amper $N=RxI^2$

Jul kanunu (Kalori) $Q= 0,24 \times R \times I^2 \times t$

“Z” empedansının değeri $Z = \sqrt{R^2 + XL^2 + XC^2}$ formül ile bulunur.

“U” gerilimin “ω” açılı değeri $U=\sqrt{(IxR)^2 + (IxX_L - I xX_C)^2}$ formül ile bulunur.

Devrenin faz açısını bulmak için $\cos \phi = \frac{R}{Z}$ formülü kullanılır.

NOT:

Yukarıda bahsedilen elektrik bilgileri, mesleği elektrik uzmanlığı olmayan, genelde işi (İGU) İş Güvenliği Uzmanlıkları olan elemanlara, elektrik konularında olay ve kazalarda rapor yazarken kendilerine genel ve ön bilgiler vermek için yazılmış bilgilerdir.

Daha geniş ve fazla bilgilere ihtiyaç duyulursa çok güzel hazırlanmış bilgileri içeren dosya adresleri aşağıda verilmiştir.

Piller ve akümülatörler

Bu konu 3 Çalışma ortamı bölümünde bulunan (3L- Elektrikli araç şarj sistemi) dosyasında anlatılmıştır.

Elektrikle ilgili web adresleri

<https://www.elektrikrehberiniz.com/kompanzasyon/kompanzasyon-cesitleri-2-2895/>

<https://www.elektrikrehberiniz.com/elektrik-motorlari/dinamik-frenleme-14248/>

<https://www.elektrikrehberiniz.com/category/elektrik-motorlari/>

<https://www.elektrikrehberiniz.com/category/elektriksigortasi/>

<https://www.elektrikrehberiniz.com/category/elektrik-trafolari/>

<https://www.elektrikrehberiniz.com/category/elektronik/>

<https://www.elektrikrehberiniz.com/category/ilk-yardim/>

<https://www.elektrikrehberiniz.com/category/izolator/>

<https://www.elektrikrehberiniz.com/category/jenarator/>

<https://www.elektrikrehberiniz.com/category/kompanzasyon/>

<https://www.elektrikrehberiniz.com/category/paratoner/>

<https://www.elektrikrehberiniz.com/>