

6. ÜNİTE

ÇOK FAZLI SİSTEMLER

KONULAR

1. Üç Fazlı EMK'in Elde Edilmesi
2. Faz Sırası
3. Üç Fazlı Bağlantılar
4. Üç Fazlı Dengeli Sistemler
5. Üç Fazlı Dengesiz Sistemler
6. Üç Fazlı Sistemlerde Güç
7. Üç Fazlı Sistemlerde Güç Ölçme

GİRİŞ

Alternatif akım üreten jeneratörlere alternatör denir. Eğer bir alternatör yalnız bir sinüs dalgası şeklinde emk üretirse, 1 fazlı altematör denir. Şimdiye kadar incelediğimiz elektrik devrelerindeki kaynaklar hep bir fazlı kaynaklardır.

Bir alternatör 90° faz farklı iki sinüzoidal emk üretiyorsa buna iki fazlı altematör denir. Eğer bir altematör aralarında 120° şer derece faz farkı bulunan üç sinüzoidal emk üretiyorsa, böyle bir kaynağa da üç fazlı altematör denir.

Enerjinin iletimi ve üretimi bakımından çok fazlı sistemin bir fazlı sisteme üstünlükleri:

- Aynı boyuttaki iki veya üç altematör bir fazlıdan daha fazla güç verir.
- Çok fazlı altematörde kilovat - saat başına enerjinin maliyeti fazlıdan daha düşüktür.
- Çok fazlı enerji iletim hatları bir fazlı hatlardan daha ucuzdur, örneğin, üç fazlı enerji üretim hattının hakir ağırlığı eşdeğer bir fazlı hattın $3/4$ ü kadardır.

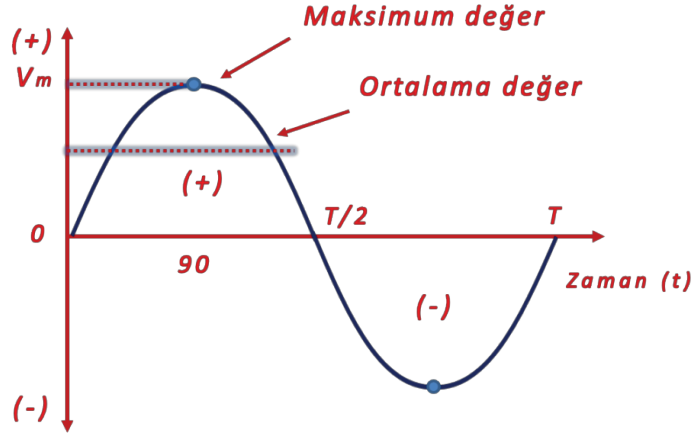
Bu yönden tek fazlı motorlar, tek silindirli benzin motorlarına ve çok fazlı motorlar da, çok silindirli benzin motorlarına benzetilebilir. Ayrıca çok fazlı motorlar, tek fazlılara göre daha basit yapılı olup daha az bakım gerektirir ve verimleri de yüksektir. Bazı öte 1 haller dışında genellikle büyük güçlü motorlar çok fazlı olarak yapılırlar.

Bir motor veya jeneratör ün çok fazlı olarak yapılması halindeki gücü, tek fazlı olarak yapılması halinden daha büyüktür, örneğin tek fazlı bir makine iki fazlı olarak yapıldığında gücü % 40 daha fazladır. Aynı bir fazlı makine üç veya altı fazlı olarak yapıldığında gücü % 50 daha fazla olmaktadır. Çok fazlı enerji iletiminde gerekli olan iletken miktarı, aynı uzaklık, aynı kayıplar ve aynı gerilim için, tek fazlı sisteme göre % 25'lik bir azalma gösterir.

Tek fazlı yükler, çok fazlı sistemin bir fazını kullanarak çalışabilirler. Fakat çok fazlı yüklerin, tek fazlı sistemde doğrudan doğruya çalışması mümkün değildir.

Üç Faz Oluşumu:

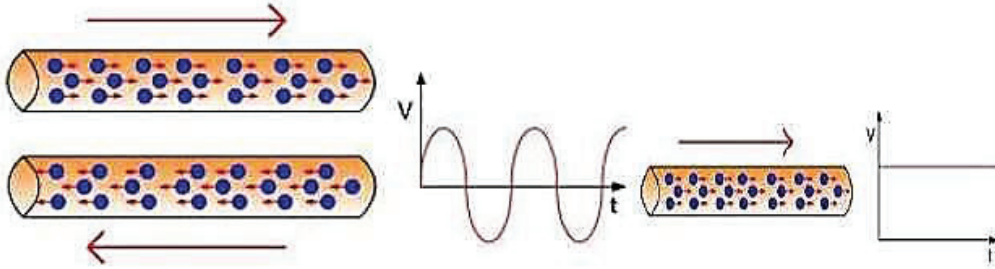
Alternatifin kelime anlamı "değişken" dir. Alternatif akımın kısa tanımı ise "zamana bağlı olarak yönü ve şiddeti değişen akım" şeklindedir. İş yerlerindeki ve evlerimizdeki elektrik, alternatif akım sınıfına girer.



Şekil 6.1: Alternatif akım eğrisi (Sinüs eğrisi)

Zamana göre akım veya gerilim yarım periyotta ($T/2$) (+), yarım periyotta (-) değer alır. Türkiye’de frekans 50 Hz. olduğu için bu olay 1 saniyede 50 kez tekrarlanır (T = Periyot). Şekil 6.1’i inceleyiniz.

Alternatif akım çeşitli şekillerde üretilebilir bunlar genel olarak sinüzoidal -kare-üçgen testere dişi şeklindedir.



Şekil 6.2: Alternatif akım ve doğru akım

6.1 ÜÇ FAZLI EMK’İN ELDE EDİLMESİ

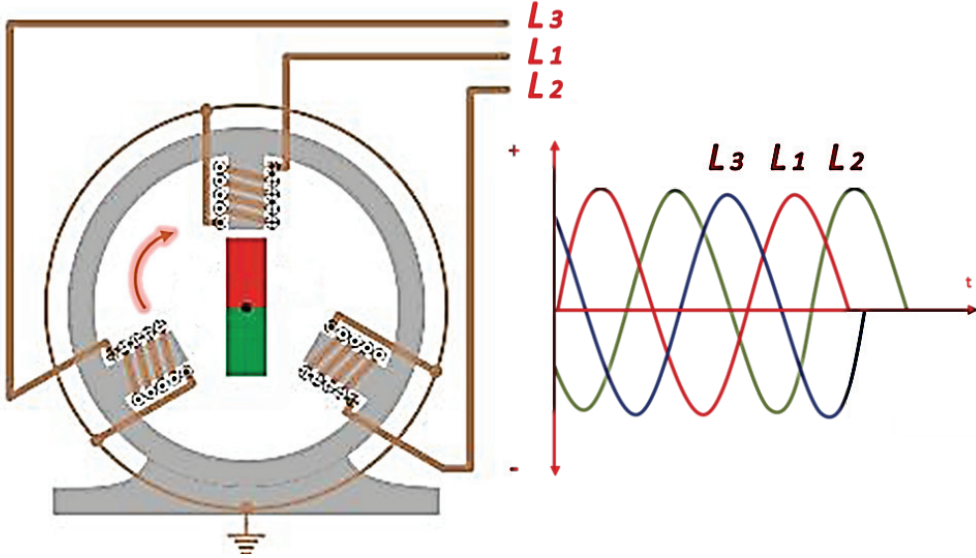
6.1.1 ÜÇ FAZ GERİLİM ÜRETME

AC üreten jeneratörün içine yerleştirilen bobin bir adet ise elde edilen enerji de tek fazlı olur. Ancak uygulamada kullanılan jeneratörlerin içinde şekil 6.3’de görüldüğü gibi bir birine 120° açılı olarak yerleştirilmiş üç bobin vardır.

1. SINIF ELEKTRİK TESİSATÇILIĞI

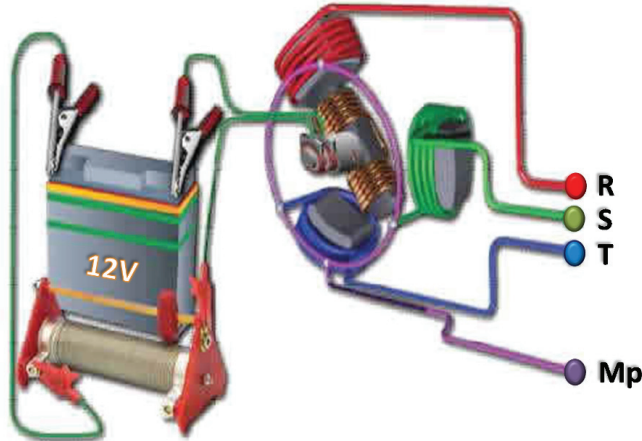
ELEKTROTEKNİK

Bu üç bobinin birer ucu köprülenmiş ve elde edilen dördüncü uca nötr hattı denilmiştir. Üç bobinin çıkış uçlarının adları R-S-T'dir.



Şekil 6.3: Üç fazlı jeneratörün kesit şeması

Jeneratör içine yerleştirilmiş olan üç sargı N-S manyetik alanı altından geçirdiği zaman kuvvet çizgilerinin etkisiyle sargıların içindeki elektronlar ve oyuklar hareket etmeye başlayarak akımı oluşturmaktadır. Oluşan bu üç fazlı alternatif akım üç fazlı alıcılar tarafından kullanılır.

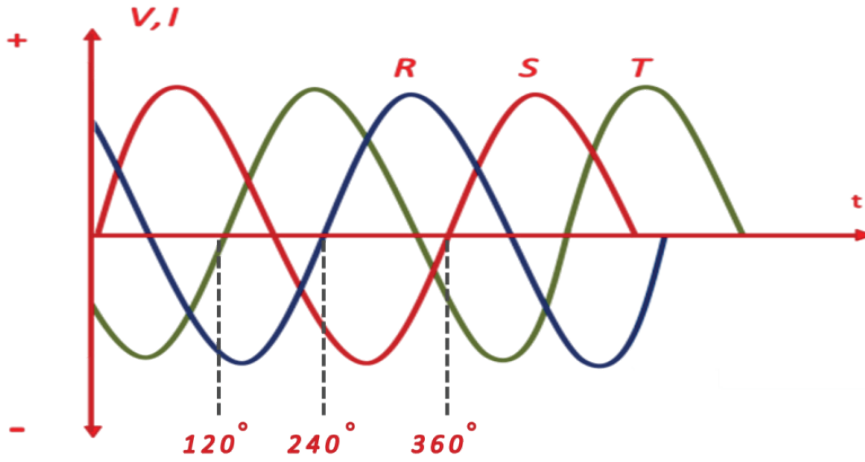


Şekil 6.4: Üç fazlı gerilimin kullanılması



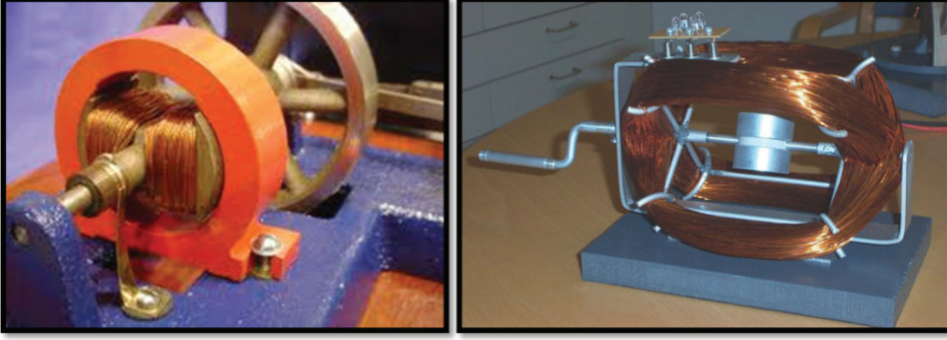
Resim 6.1: Üç fazlı jeneratör

Jeneratör ün ürettiği elektrik enerjisinin gerilim değeri değişim gösterir.



Şekil 6.5: Üretilen üç faz alternatif gerilimin eğrisi

Jeneratör milini çevirmek için uygun düzeneklerle su, rüzgar, Lpg, petrol ürünleri, kömür, yer altı termal kaynakları gibi maddeler kullanılır. Elektrik motoru ile de çevrilebilir fakat, üretilen enerji motora harcanan enerjiden daha küçük olacağından, faydadan çok zarar ettirir.

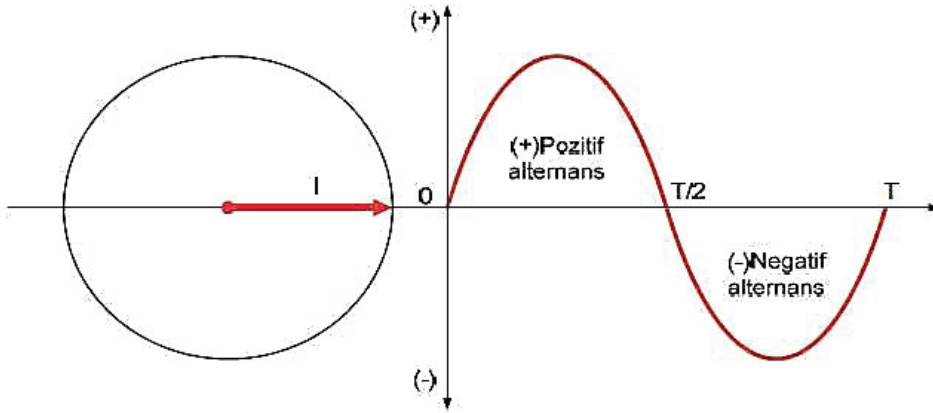


Resim 6.2: Döner mıknatıslı jeneratör

6.2 FAZ SIRASI

6.2.1 SIFIR FAZ

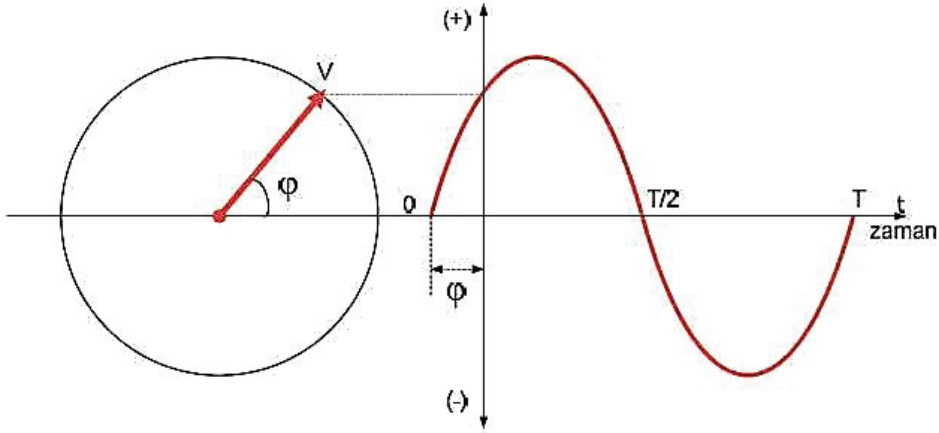
Bir sinüzoidal eğri şekil 6.6'daki gibi $t=0$ anında sıfır başlangıç noktasından başlayıp maksimum değerine gidiyorsa sıfır fazdır.



Şekil 6.6: Sıfır faz vektörel gösterilişi

6.2.2 İLERİ FAZ

Bir sinüzoidal eğri Şekil 6.9'daki gibi $t=0$ anında sıfır başlangıç noktasından bir ϕ açısı kadar önce başlayıp pozitif maksimum değere doğru artıyorsa eğri ileri fazlıdır.



Şekil 6.7: İleri faz

R S T fazlarının kaynağı, İngilizce adlandırılmalarından gelir. Öncelikle 3 fazı birbirine göre değerlendirebilmek için referans alınacak bir faza gereksinim vardır. Yani (Reference Phase), buna göre ikinci sırada olan faza ikinci (Second Phase) ve son olarak üçüncü faza da üçüncü (Third Phase) faz denir.

- (R)eferece (Referans)
- (S)econd (İkinci)
- (T)hird (Üçüncü)

İngiliz alfabesinin son 6 harfi baz alınarak motor/cihaz giriş uçları U V W, motor çıkış uçları X Y Z olarak kabul edilmiştir. Standart olarak artık R-S-T yerine

L1-L2-L3 (L=Line= Hat) kullanılacaktır.

6.3 ÜÇ FAZLI BAĞLANTILAR

6.3.1 ÜÇGEN BAĞLANTIDA AKIM, GERİLİM BAĞINTILARI

Üçgen bağlantı Δ şeklinde gösterilir. Bu bağlantıda hat akımı (I_h);

faz akımının (I_f) $\sqrt{3} = 1,73$ katıdır.

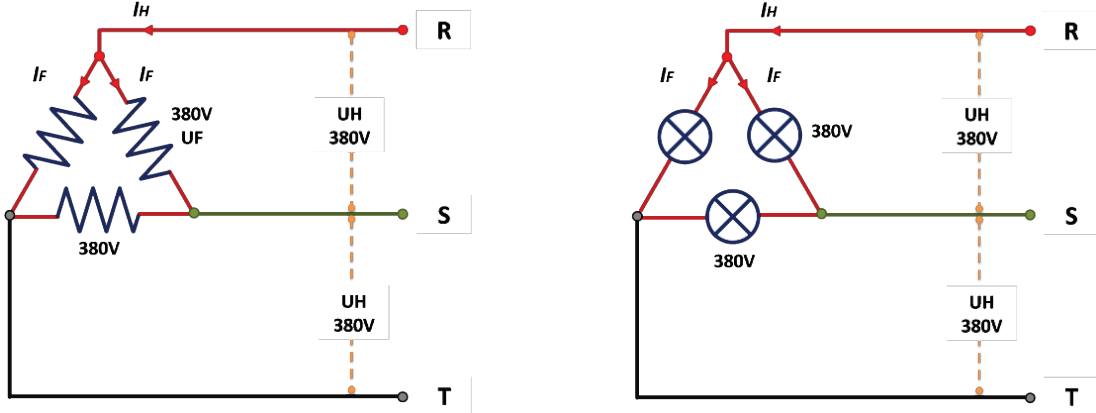
$$I_h = \sqrt{3} \cdot I_f$$

1. SINIF ELEKTRİK TESİSATÇILIĞI

ELEKTROTEKNİK

Üçgen bağlantıda hat gerilimi, faz gerilimine eşittir. $U_h = U_f$. Alıcıya şebeke gerilimi uygulanır.

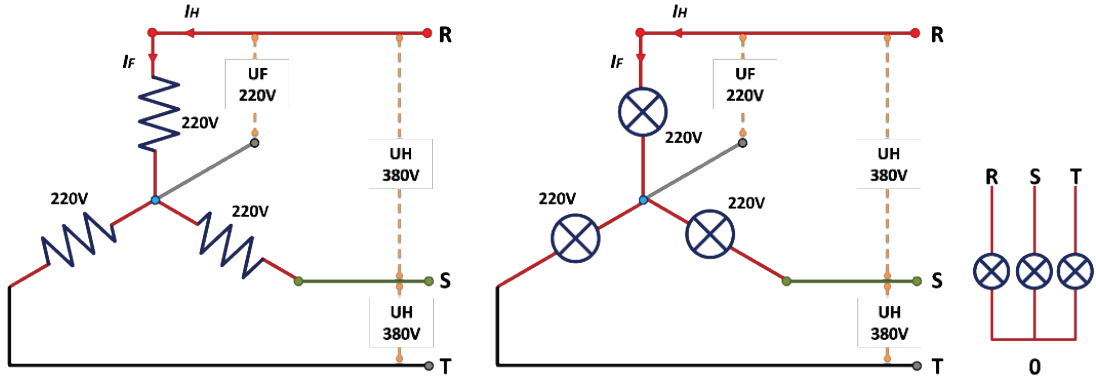
$$I_h = 1,773 \cdot I_f \quad U_h = U_f$$



Şekil 6.8: Üçgen bağlantı akım ve gerilim bağlantıları

6.3.2 YILDIZ BAĞLANTIDA AKIM, GERİLİM BAĞINTILARI

Yıldız bağlantı, alıcıların R-S-T uçlarına şebeke gerilimi uygulanıp diğer uçlar kısa devre edilerek yapılır. Yıldız bağlantıda alıcılar üç adet olmalı ve alıcı direnç değerleri eşit olmalıdır. Bu şartlarda yıldız (nötr- sıfır noktası) noktasında gerilim görülmez. Denge bozulduğunda yıldız noktasında gerilim görülür ve bu yüzden yıldız noktası topraklanmalıdır.



Şekil 6.9: Yıldız bağlantı akım ve gerilim bağlantıları

Yıldız bağlantıda alıcılar arasında 120° faz farkı olduğundan hat gerilimi (U_h), faz geriliminin (U_f)

$$(U_f)\sqrt{3} \text{ katıdır. } U_h = \sqrt{3} \cdot U_f \text{ (} U_f)\sqrt{3} \text{ katıdır. } U_h = \sqrt{3} \cdot U_f$$

Yıldız bağlantıda hat akımı faz akımına eşittir. $I_h = I_f$

$$U_h = \sqrt{3} \cdot U_f \quad U_h = 1,73 \cdot U_f$$

$$U_h = \sqrt{3} \times U_f = 1,73 \times 220 = 380 \text{ Volt}$$

6.4 ÜÇ FAZLI DENGELİ SİSTEMLER

Çok fazlı sistem, gerilimlerinin arasında faz farkı bulunan iki veya daha fazla tek fazlı sistemin birleştirilmiş halidir. Çok fazlı sistemlerin bazı özelliklerinden dolayı elektrik enerjisinin üretimi, iletimi ve dağıtımı çok fazlı olarak yapılır.

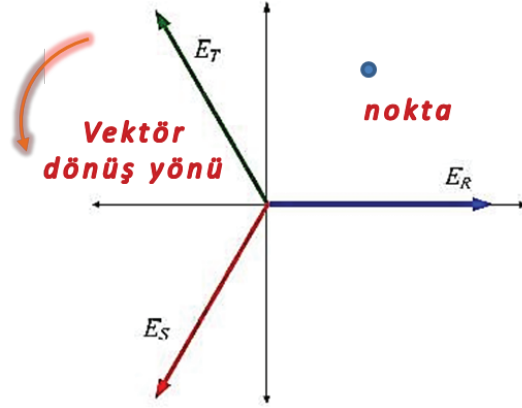
6.4.1 ÜÇ FAZLI SİSTEMLER

Çok fazlı sistemlerin en çok kullanılanı üç fazlı sistemlerdir. Tek fazlı sistemlerde güç dalgalı olduğu halde, çok fazlı sistemlerde oldukça düzgündür. Böylece çok fazlı motorların momenti, tek fazlılara göre düzgün olmaktadır. Üç fazlı motorlar, tek fazlılara göre daha basit yapılı olup daha az bakım gerektirir ve verimleri de yüksektir. Üç fazlı enerji iletiminde gerekli olan iletken miktarı, aynı uzaklık aynı kayıplar ve aynı gerilim için bir fazlı sisteme göre azalma gösterir. Bir fazlı yükler, üç fazlı sistemin bir fazını kullanarak çalışabilir. Üç fazlı sistemlerin tek fazlı sistemde doğrudan çalışması mümkün değildir.

6.4.2 FAZ FARKLARI

Üç fazlı emk'nın üretimi, bir fazlı emk'nın üretimine benzer. Yalnız burada manyetik alan içerisinde dönen bir iletken yada bobin yerine üç adet bobin vardır. Bu bobinler birbirleri ile 120°lik açı ile yerleştirilmiştir.

Şekil 6.10'daki vektörlere dikkat edilirse ET emk'nın fazının 120°, ES emk'nın 120°, ER emk'nın 0° olduğu görülmektedir. Bir nokta alınırsa, vektörler bu noktanın önünden ER ES ET sırasıyla geçeceklerdir. Bu sıraya faz sırası veya faz dönüş yönü denir. Şu halde faz sırasının RST olması, R fazının sıfır fazlı, S fazının 120° geri fazlı ve T fazının 120° ileri fazlı olması demektir.



Şekil 6.10:

6.5 ÜÇ FAZLI DENGESİZ SİSTEMLER

Elektrik güç sistemleri 3 fazlı jeneratörler tarafından beslenirler. Jeneratörler 3 fazlı dengeli yükleri beslerler ki bu dengeli yükten kasıt 3 faz sargı empedanslarının birbirine eşit olmasıdır. Her bir sargıyı Z_1, Z_2, Z_3 olarak adlandıracak olursak $Z_1=Z_2=Z_3$ olur.

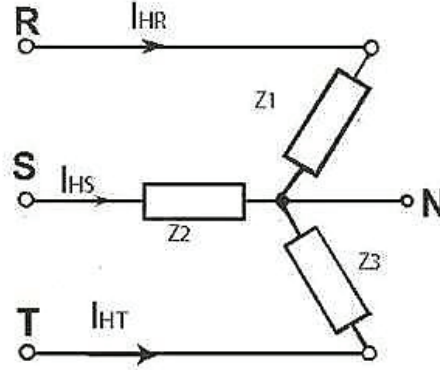
Yük sisteminin dengeli olması çok önemlidir. Çünkü yük empedanslarının genlik ve açısı birbirine eşit olursa jeneratör tarafından da 120° faz farkı oluşturulacak ve çekilen akımların genliği birbirlerine eşit olacaktır. Ancak empedansları farklı bir yük grubu bağlandığında işler değişecektir. Akımların genlikleri farklı olacak ve açıları arasında ki fark 120° olmadığından bu sistem dengesiz yük adını alacaktır.

6.5.1 YILDIZ (Δ) BAĞLI YÜK

Aşağıdaki şekilde 3 ayrı Z_1, Z_2, Z_3 empedanslarından oluşmuş üç fazlı yıldız bağlı yük görülmektedir. Her faz empedansının çıkış uçları birleştirilerek elde edilir. Birleşme noktasından çıkan iletkeni ise Nötr iletkeni veya sıfır iletkeni denir. Dengeli yük durumunda buradan akımın genlik değeri 0 dır. Sistemde bazen bu nötr iletkeni kullanılmayabilir.

Şekil 6.11'de görüldüğü gibi I_R, I_S, I_T üç fazlı yükün her fazına ait akımlarını göstermektedir. Bu akımlar elemanların gerilimleri cinsinden ifade edilebilir.

$$\tilde{I}_R = \frac{\tilde{U}_{Z_1}}{\tilde{Z}_1} = \frac{\tilde{U}_R}{\tilde{Z}_1}$$



Şekil 6.11:

Bu denklemden yola çıkarak S ve T fazının akımı içinde aynı yoldan gidebiliriz.

I_{HR} , I_{HS} , I_{HT} jeneratör ile yük arasında ki bağlantıyı sağlayan iletkenlerden geçen hat akımlarını ifade eder. Buradan çıkaracağımız sonuç ise hat akımları ile faz akımlarının bir birine eşit olmasıdır.

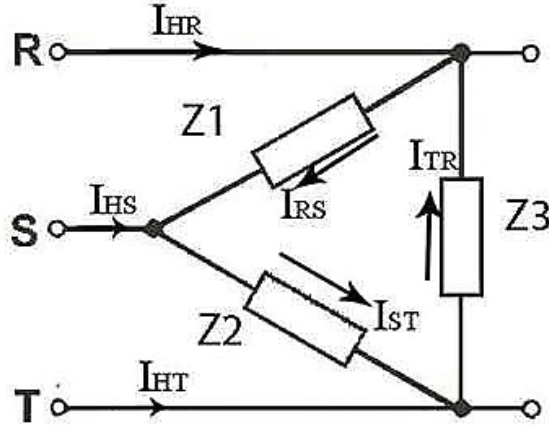
Yani; $I_{HR} = I_R$, $I_{HS} = I_S$, $I_{HT} = I_T$ olacaktır. Ancak bu durum gerilimler konusunda farklılıklar göstermektedir.

$$\text{Faz gerilimi}(U_R-U_S-U_T) \text{ ve fazlar arasında(Hat gerilimi)} (U_{RS}-U_{ST}-U_{TR})$$
$$U_{RS} = \sqrt{3} U_R \quad (U_{HAT} = \sqrt{3} U_{FAZ})$$

6.5.2 Dengesiz Yük Durumu

Dengesiz yük; durumunda ise nötr iletkeninde ki akımın değeri 0 olmayacaktır. Bu yük durumunda nötr iletkeninin olmaması sistemin çalışmasını engeller. Bunun sonucunda nötr iletkeni olup olmadığı durumlarda faz akımlarının değerleri değişecektir.

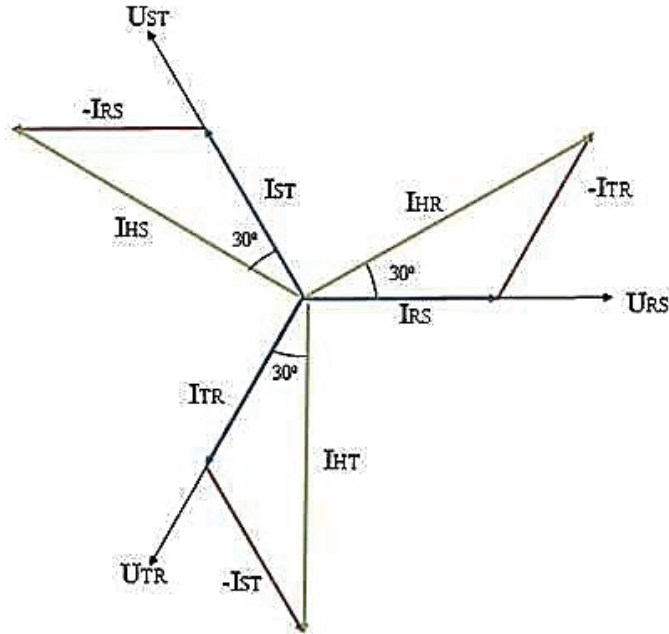
"IRS - IST - ITR", üç fazlı yükün her fazına ait yük akımlarını temsil etmektedir. Bu akımlar elemanların üzerlerinde ki gerilimler cinsinden ifade edilir. I_{HR} , I_{HS} , I_{HT} değerleri ise yıldız bağlantıda olduğu gibi jeneratör le 3 fazlı yükün arasındaki bağlantıyı sağlayan hatların akımını gösterir. Üçgen bağlantıda nötr noktası olmadığı için yalnızca fazlar arası yani faz-faz gerilimler söz konusudur. Bunlar U_{RS} , U_{ST} , U_{TR} 'dir.



Şekil 6.12:

Aşağıda ki denklemlerden de anlaşılacağı gibi hat akımları ile faz akımları birbirine eşit olmamaktadır.

$$I_{RS} = I_{Z1} = \frac{U_{Z1}}{Z_1} = \frac{U_{RS}}{Z_1}, \quad I_{ST} = I_{Z2} = \frac{U_{Z2}}{Z_2} = \frac{U_{ST}}{Z_2}, \quad I_{TR} = I_{Z3} = \frac{U_{Z3}}{Z_3} = \frac{U_{TR}}{Z_3}$$



Şekil 6.13:

Kirchoff akım kanunundan yola çıkarak;

$$\begin{aligned} I_{HR} &= I_{RS} - I_{TR} \\ I_{HS} &= I_{ST} - I_{RS} \\ I_{HT} &= I_{TR} - I_{ST} \end{aligned}$$

hat akımlarını faz akımları cinsinden ifade edebiliriz.

(I_{RS}) ve ($-I_{TR}$) genlikleri eşit olduğundan fazör olarak ikizkenar üçgen oluşturmaktadırlar. R fazının hat akım fazörünün açısı 30 derece olup;

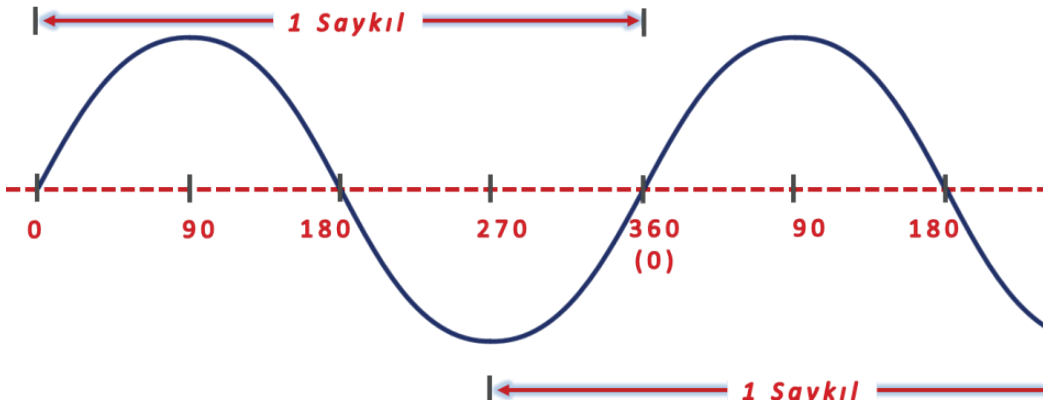
$$\cos 30 = \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{\frac{|I_{HR}|}{2}}{I_{RS}} \quad \text{burdan hat akımının genliği}$$
$$|I_{HR}| = \sqrt{3} |I_{RS}| \quad \text{olur.}$$

6.5.3 ÜÇGEN BAĞLANTI İÇİN DENGESİZ YÜK DURUMU

Dengesiz yük durumunda faz empedansları birbirinden farklı olduğu için faz-faz veya hat akım değerlerine farklı olup aralarında ki 120° faz farkı simetrisi olmayacaktır ve sistemin simetrisi bozulacaktır.

6.5.4 DENGELİ VE DENGESİZ ÜÇ FAZLI SİSTEMLER

Üç fazlı bir sistemin her üç faz hattındaki akımların büyüklükleri birbirine eşit ve aralarında da 120° faz farkı varsa üç fazlı sistem dengelidir denir. Dengeli sistemi dengeli yükler oluşturur. Dengeli yüklerin her bir fazının empedansı büyüklük ve faz yönünden birbirine eşittir. Üç fazlı dengeli yükler olarak, üç fazlı motorları verebiliriz.



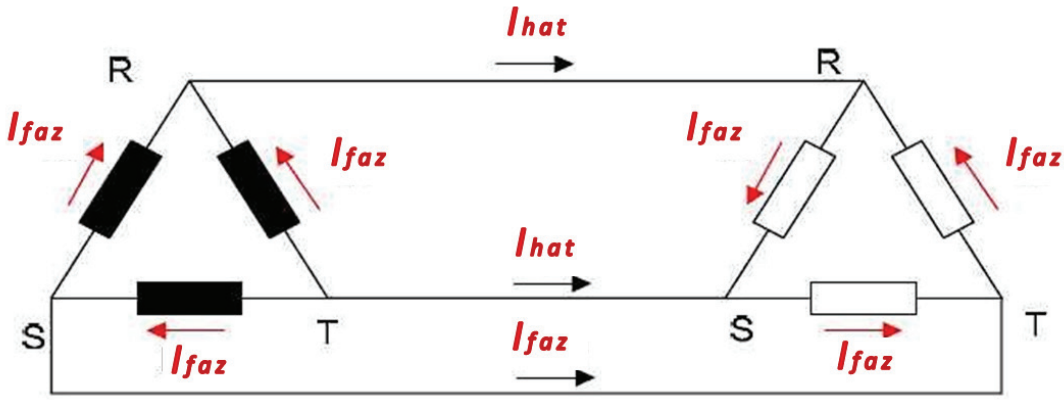
Şekil 6.14: Dengeli yıldız devre

Dengesiz sistemlerin faz empedansları birbirine eşit değildir. Bunun sonucu olarak her bir fazın veya hattın akımları da farklı değerdedir. Dengesiz devrelerde faz sırası önemlidir. Faz sırasının değişmesi ile yükün akımları da değişebilir. Dengesiz sistemlere örnek olarak üç fazlı ve bir fazlı alıcıların birlikte bulunduğu apartmanları, iş yerlerini ve fabrikaları verebiliriz.

Üç fazlı sistemler yıldız ve üçgen olarak bağlanır.

$$\text{Bağlantı üçgen ise; } V_{Hat} = V_{Faz} I_{Hat} = \sqrt{3} \cdot I_{Faz}$$

$$\text{Bağlantı yıldız ise; } V_{Hat} = \sqrt{3} \cdot V_{Faz} I_{Hat} = I_{Faz} \text{ olur.}$$



Şekil 6.15: Dengeli üçgen devre

6.6 ÜÇ FAZLI SİSTEMLERDE GÜÇ

Tek fazlı sistemde, yükün jeneratör den çektiği gücün frekansının, gerilim/akım frekansının iki katı olduğu ve değişimin de dalgalı olduğu yapılan analizlerde görülmüştür. 3 fazlı sistemlerde yüke ait toplam ani güç, her faza ait güçlerin toplamıdır. Bu toplam sabit bir değerdir yani zamanla değişmemektedir. Bu güç sabit olduğundan özellikle 3 fazlı sistemlerde motorların momenti daha düzgündür. Salınımlar (titreşimler) minimum seviyededir.

Şebekenin Üç Faz ve 50 Hz olmasının sebebi nedir?

3 fazlı AC akıma dayalı elektriğin üretimi ve dağıtımı 19. yy'da Nikolas Tesla tarafından geliştirildi. Tesla'nın bu sistemi geliştirdiği dönemde Thomas Edison kendi DC sistemi üzerinden şebekelere enerji sağlamaktaydı. Tesla AC sisteminin DC sisteme göre daha verimli, kayıpların daha az olduğunu savunuyordu. Tesla dahil

olduğu Westinghouse şirketiyle beraber AC iletimin kullanılması için büyük çaba sarf ettiler.

Tesla kendi sisteminde 60 Hz frekansta ve gerilim olarak 240 V düzeyini belirlemişti. Ancak o zamanlarda elektrik enerji pazarını elinde bulunduran Edison ekonomik çıkarlar ve gurur yüzünden Tesla ile ters düşmüştü. DC dağıtım sisteminde elektriğin taşınması sırasında uzun mesafelerde büyük kayıplar yaşanmakta ve maliyet bir o kadar artmaktaydı.

Zamanla Tesla bu olumsuzlukların yükü altında dayanamayıp şirketinizde kararıyla Tesla'nın AC sistemine geçmişlerdir. Sistem 3 fazlı olarak kullanıma başlandı ancak gerilim düzeyi 110 V, frekans 60 Hz kabul edildi.

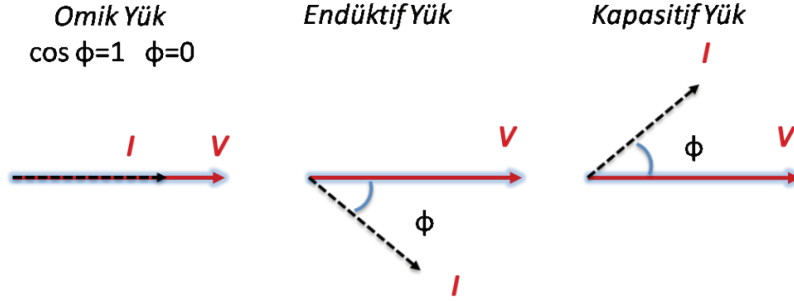
Avrupa'da ise ilk güç üretim tesisini kuran Alman AEG firması 110 V gerilimle üretime başladı. Zamanla bu seçimin uygun olmadığı görüldü. Çünkü 110 V gerilim seviyesinde 2 KW lık bir motor şebekeden yaklaşık 18,18 A akım çekmekteydi. 220 V gerilimde ise 9.09 A akım çekiliyordu. Bu durumda elektriğin iletiminde kullanılan iletkenlerin kesitlerinin büyümesine neden olarak maliyetinde artmasına yol açıyordu. Bir diğer hususta motorların ilk kalkınma anında nominal değerlerinin üzerinde akım çekmeleri idi. Bu yüzden dağıtım sistemlerine devre kesiciler konulması gerekmekteydi. Bu olumsuzlukları aşmak için zamanla 220 V a geçilmiştir.

Şimdi gelelim şebekemizde kullanılan frekansın neden 50 Hz olduğuna? Tesla sisteminde 60 Hz frekansı öngörmüştü ancak bizimde sonradan dahil olduğumuz Avrupa'da ilk sistemi kuran AEG firmasının uzmanlarının 50 Hz'i tercih etmelerinin sebebi onluk sayı sistemi olarak biliniyor. 50 Hz kullanımında, elektrik üretilirken yaklaşık %20 daha az etkin ve iletimde %10-20 arasında daha verimsizdir. Bunların yanı sıra bobinlerin sarımında daha büyük sarımlar ve manyetik çekirdek malzemenin kullanılmasını gerektirir. Zamanla bu sorunlar birbiri ardına zincirleme sorunlar yaratarak büyümüştür. O yıllarda elektrik üretimini tek elde bulunduran AEG firması 50 Hz frekans düzeyini korumuş ve tüm Avrupa kıtasına böylece yayılmış oldu.

6.6.1 ÜÇ FAZLI SİSTEMİN AVANTAJLARI

- DC elde edilmek istendiğinde 3 fazlı doğrultucuların akım harmoniklerinin tek faz doğrultucu akım harmoniklerine göre daha düşük olması,
- 3 faz enerji iletiminde kablo kesitleri 1 fazlıya göre daha küçüktür. Bu nedenle maliyetler azalır.
- 2 farklı gerilim seviyelerinde kullanılabilir; Faz-Nötr 220V, Faz-Faz 380V
- Aynı boyuttaki iki veya üç fazlı sistem bir fazlı sistemden daha büyük güç verir.

6.6.2 ÜÇ FAZLI SİSTEMLERDE GENEL İFADELER



Şekil 6.16:

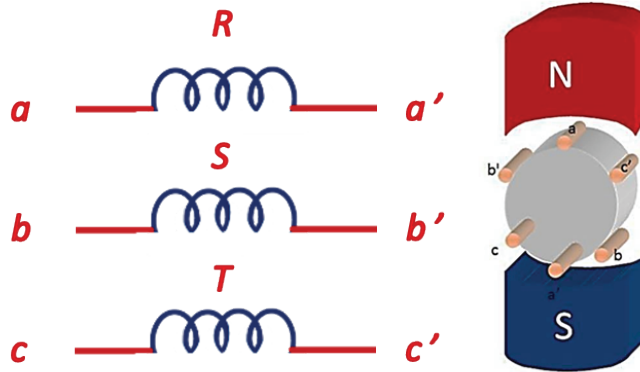
$$\vec{U} \Rightarrow \text{gerilim fazörü} \quad \frac{U_m}{\sqrt{2}} = |U| \text{ Gerilimin efektif değeri}$$

$$\vec{I} \Rightarrow \text{Akım fazörü} \quad \frac{I_m}{\sqrt{2}} = [I] \text{ Akımın efektif değeri}$$

6.6.3 ÜÇ FAZLI SİSTEMİN ÇALIŞMA PRENSİBİ

3 fazlı sistemde 3 sargı (bobin) manyetik alan içerisinde aralarında elektriksel olarak 120o açı olacak şekilde yerleştirilirler. Bu sargılara R-S-T sargıları da denir.

Sistemde R yani a sargısı referans alındığında temel olarak R sargısı ile T sargısı arasında 120o, R-S arasında ise 240o açı farkı bulunur.



Şekil 6.17: Üç Fazlı Sistemin Çalışma Prensibi

Rotor üzerindeki sargılar beraber döndürüldüğünde b ve c sargıları üzerinde indüklenen emk'lar (zıt motor kuvveti) "a" sargısı üzerinde oluşan emk'yı belli açı farkıyla izlerler.

Üç fazlı sistem ister dengeli ister dengesiz olsun, her bir fazın güçlerinin toplamı, devrenin gücünü verir.

$$P=P_1+P_2+P_3$$

Dengeli devrelerde faz güçleri birbirine eşittir. Bir fazın gücü P_{faz} ile gösterilirse, üç fazlı devrenin gücü $P=3.P_{faz}$ olur.

Dengeli devrede bir fazın gücü,

$P_{faz}=3V_{faz} \cdot I_{faz} \cdot \cos\phi$ bulunur. Dengeli yıldız devrelerde

$$V_{faz} = \frac{V_{hat}}{\sqrt{3}} \text{ ve } I_{faz} = I_{hat} \text{ olduğundan}$$

$$P = \sqrt{3} \cdot V_{hat} \cdot I_{hat} \cdot \cos\phi \text{ formülü bulunur.}$$

6.7 ÜÇ FAZLI SİSTEMLERDE GÜÇ ÖLÇME

6.7.1 AKTİF GÜÇ ÖLÇME

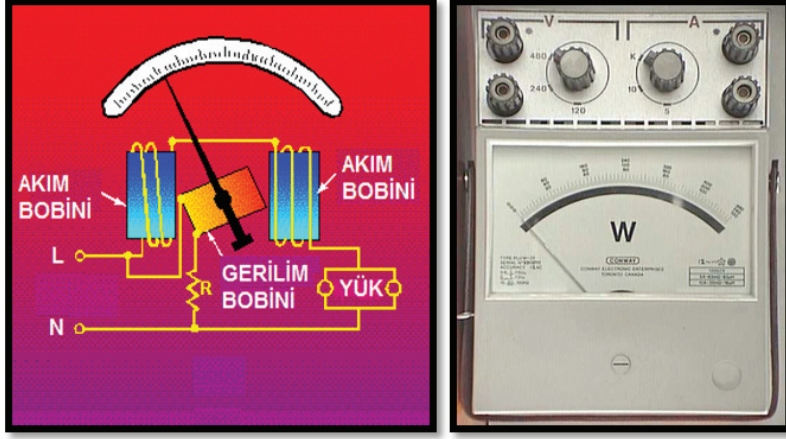
Tüketicinin çektiği akımın meydana getirdiği aktif güç, tüketici tarafından faydalı hâle getirilir. Örneğin, ısı harcayan cihazlarda aktif güç termik güce, motorlarda mekanik güce, lambalarda ise aydınlatma gücüne dönüşür. Yani aktif akımın meydana getirdiği aktif güç, faydalı güce çevrilebilir.

Wattmetre:

Elektrik devrelerinde alıcının aktif gücünü ölçmek için kullanılan ölçü aletleridir. Wattmetreler her şartta alıcıların aktif güçlerini gösterir.

Yapısı:

Wattmetreler ampermetre ve voltmetrenin özelliğini bir arada gösteren ölçü aletleridir. Alıcının gücünü Watt, Kilowatt, Megawatt ve Gigawatt olarak ölçer. Wattmetreler, biri akım bobini diğeri ise gerilim bobini olmak üzere iki bobinli ölçü aletleridir.



Şekil 6.18: Elektrodinamik wattmetre ve iç yapısı

Wattmetrelerde gerilim bobini hareket edebilecek şekilde yapılmış ve üzerine bir ibre bağlanmıştır. Ağırlıklarının az olması ve sürtünmeyi azaltmak için gerilim bobininin bir kısım siperleri azaltılarak sipirden dolayı azalan direnç, sabit elektronik direnç R (öndirenç) telafi edilmiştir (Şekil 6.18).

Gerilim bobinleri gücü ölçülecek alıcıya paralel bağlandıklarından üzerlerinden geçen akım ve meydana getirdikleri manyetik alan sabittir. Akım bobini kalın kesitli az sarımlıdır ve ampermetre özelliği göstermektedir. Gücü ölçülecek alıcıya seri bağlanır. Gerilim bobini ise ince kesitli iletken çok sarımlı olarak yapılır ve voltmetre özelliği göstermektedir. Gücü ölçülecek alıcıya paralel bağlanır.

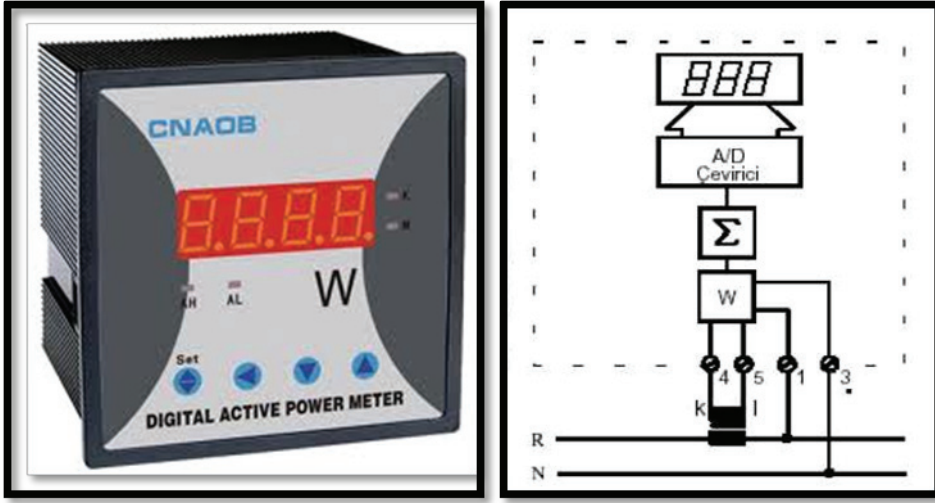
$$1 \text{ kW} = 1000 \text{ W}$$

$$1 \text{ MW} = 1000000 \text{ W}$$

$$1 \text{ MW} = 1000 \text{ kW}$$

$$1 \text{ GW} = 1000 \text{ MW}$$

Elektrodinamik wattmetrelerde sabit iki bobin arasında dönen bir bobin bulunur. Bobinler arasındaki manyetik alanın değişiminden dolayı, hareketli bobinde bir dönme olur. Dönme kuvveti hareketli bobinden geçen akım ile bobine etki eden manyetik alanın kuvvetine bağlıdır. Manyetik alanı oluşturan akım ile hareketli bobinden geçen akım aynı akım olduğundan oluşan kuvvet akımın karesi ile orantılı olur. Hareket eden bobinin açılpozisyonu ortalama kuvvetle aynı olduğundan bu ölçü aleti bobinden geçen akımın karesinin ortalamasını yani efektif değerini ölçer.



Şekil 6.19: Dijital wattmetre ve iç yapısı

Akım bobini gerilim bobinine göre daha ağır yapılı ve hareketsizdir. Üzerlerinden gücü ölçülecek alıcının akımı geçer. Akım yükün durumuna göre sürekli değişeceğinden akım bobininden meydana gelen itici manyetik alan da sürekli değişecektir. Wattmetre ibresi ve gerilim bobini de değişen alanın şiddetine bağlı olarak kadran üzerinde hareket edip alıcının gücünü gösterecektir.

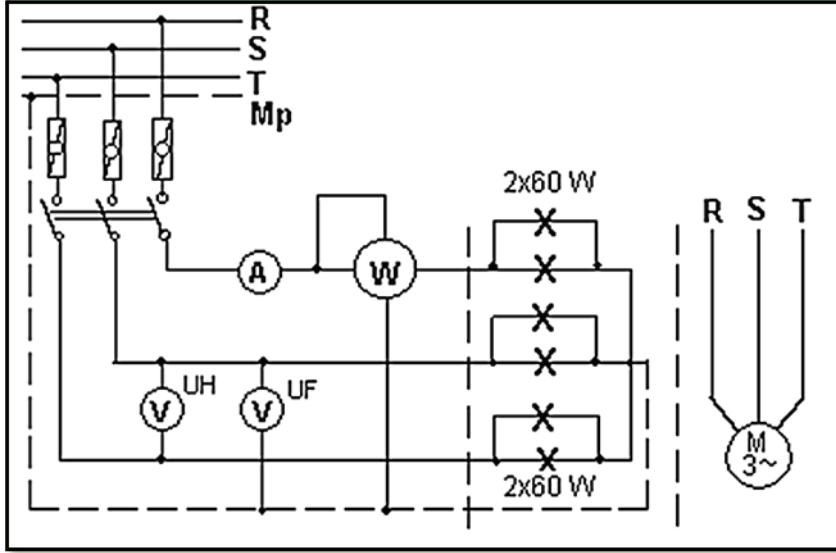
Wattmetreler güç ölçmek maksadı ile bağlanırken büyük güçlü alıcıların gücü ölçülecekse akım bobini önce bağlanmalı, küçük güçlü alıcıların gücü ölçülecekse akım bobini sonra bağlanmalıdır.

Çeşitleri:

Wattmetreler, faz şekline göre bir fazlı ve üç fazlı olmak üzere iki çeşit imal edilmektedir. Aynı zamanda teknolojinin gelişmesiyle birlikte analog üretilen wattmetreler yerlerini dijital wattmetrelere bırakmaktadır. Ancak çalışma prensipleri aynıdır.

Üç fazlı dengeli devrelerde güç ölçme:

Dengeli üç fazlı sistemde bir fazlı bir adet wattmetre ile üç fazın gücünü ölçme, bu sistem dengeli üç fazlı devrelerde kullanılmaktadır. Dengeli olması yani üç fazdan çekilen akımın eşit olmasıdır. Devrede alıcı olarak eşit güçlü lambalar veya motor kullanılabilir.



Şekil 6.20: Dengeli 3 fazlı sistemlerde bir wattmetre ile güç ölçme

Üç fazlı ve dengeli yüklü sistemlerde her fazdan çekilen güç aynı olduğundan, bir fazlı wattmetre üç fazlı alıcının fazlarından herhangi birine bir fazlı devrelerdeki gibi bağlanır. Bu yöntemle sadece bir faz gücü ölçülür. Elde edilen güç üç ile çarpılarak devrenin toplam gücü bulunur.

$$P_{\text{Toplam}} = 3 \times P$$

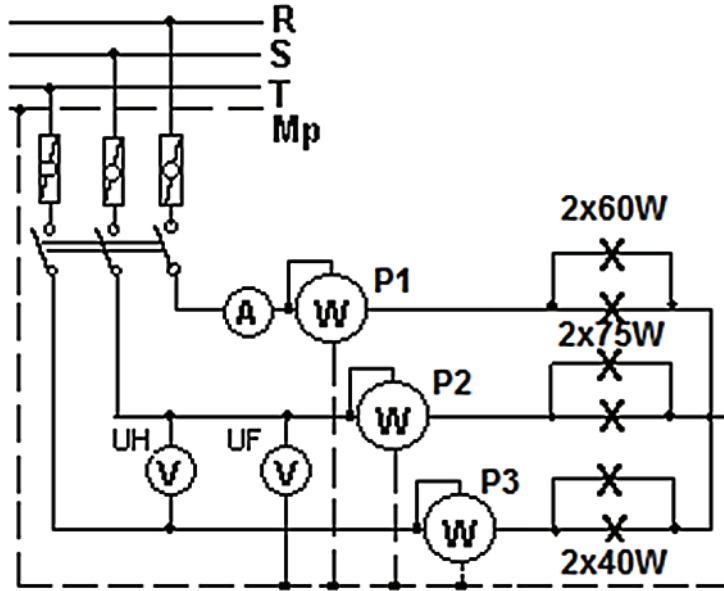
Üç fazlı dengesiz devrelerde güç ölçme:

Üç fazlı dengesiz devrelerde güç ölçme yönteminde bir fazlı üç adet wattmetre ile veya üç fazlı wattmetre ile ölçme yapılabilir.

Üç fazlı dengesiz devrelerde bir fazlı üç wattmetre ile güç ölçme sisteminin gücü veya alıcının gücü dengesiz ise her faza bir adet bir fazlı wattmetre bağlanarak toplam güç bulunur (Şekil 6.21'i inceleyiniz). Toplam güç wattmetrelerden okunan değerlerin aritmetik toplamıdır.

$$P_{\text{Toplam}} = P1 + P2 + P3 \text{ formülü ile bulunur.}$$

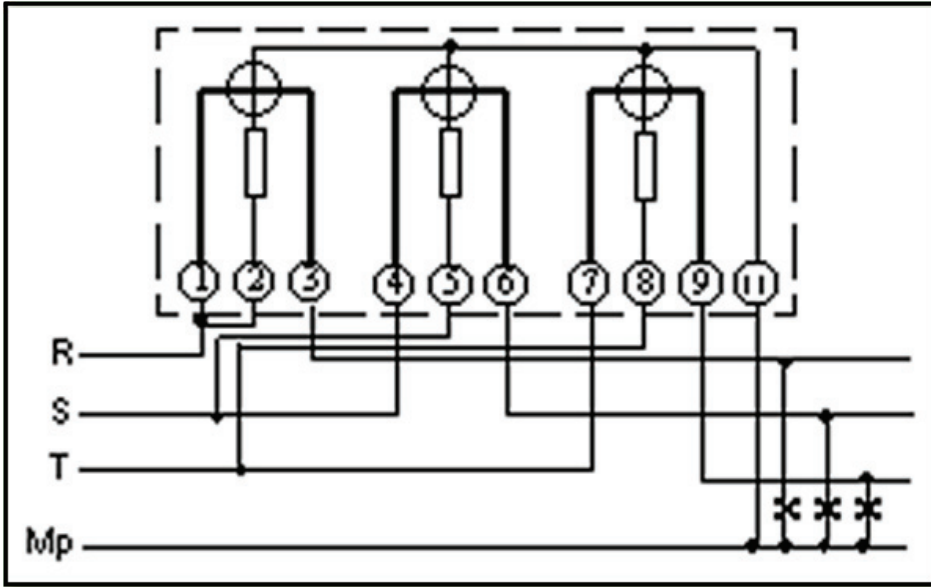
Üç wattmetre metodu bağlantı zorluğu ve üç wattmetre ihtiyacı nedeni ile pek kullanışlı bir yöntem değildir. Diğer yöntemlere göre daha maliyetlidir.



Şekil 6.21: Üç fazlı dengesiz sistemlerde üç adet bir fazlı wattmetre ile güç ölçme

Üç fazlı bir wattmetre ile güç ölçme:

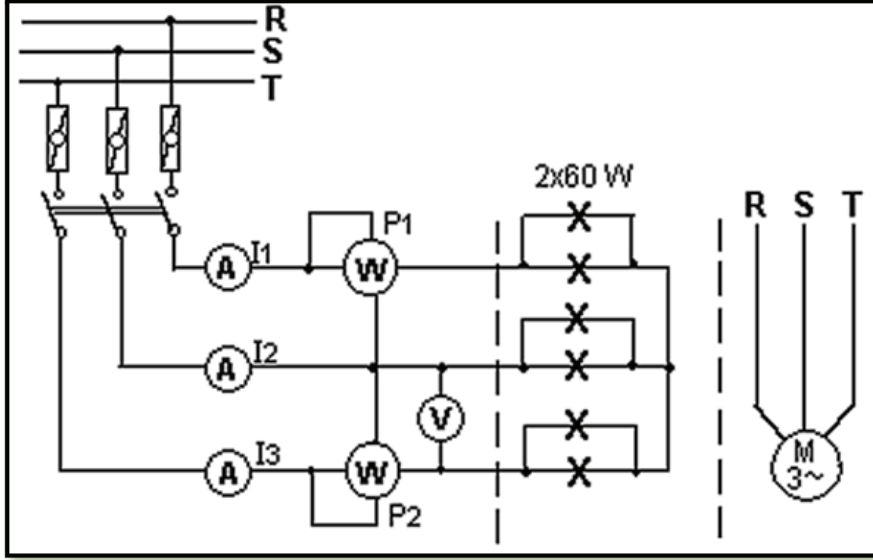
Üç fazlı wattmetrenin üç akım bobini, ayrı ayrı birer fazlara bağlanır. Gerilim bobinleri ise birer uçları kendi faz girişlerine diğer uçları da birleştirip nötr hattına bağlanır.



Şekil 6.22: Üç fazlı wattmetrenin bağlantı şeması

Aron bağlantı ile güç ölçme:

Aron bağlı wattmetrelerin iki akım, iki gerilim bobini vardır. Akım bobinleri herhangi iki faza bağlanır. Gerilim bobinleri ise kendi akım bobininin bağlı olduğu faz ile boşta kalan üçüncü faz arasına bağlanır.



Şekil 6.23: Üç fazlı sistemlerde aron bağlantılı wattmetreler ile güç ölçme

Aron bağlanacak wattmetrelerin gerilim bobinleri 380 Voltluk olmalıdır. Sistemin güç faktörü ($\cos\phi$) 0,5'ten küçük ise wattmetrelerde ölçülen güçlerin farkı alınarak toplam güç bulunur. Eğer 0,5'ten büyük ise wattmetrelerde ölçülen güçlerin toplamı alınarak sistemin toplam gücü bulunur. Bu şekilde yapılan bağlantıya aron bağlantı denir.

6.7.2 REAKTİF GÜÇ ÖLÇME

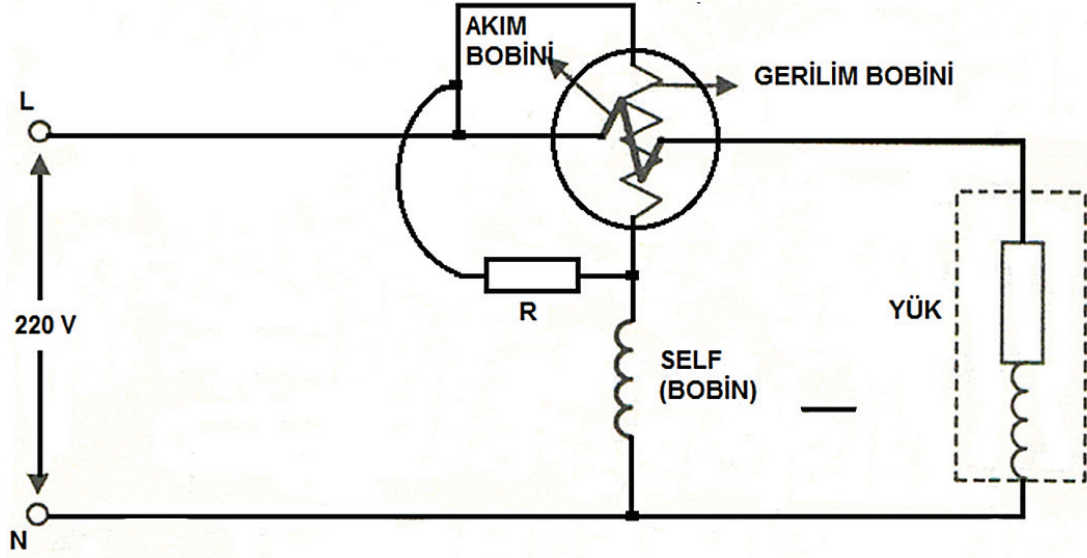
6.7.2.1 Varmetre

Bir fazlı ve üç fazlı wattmetrelerde devrenin iş gören gücünün (faydalı-aktif güç) ölçümleri yapılmaktadır. Wattmetreler, alternatif akımın, akımla geriliminin aynı fazda olan kısmının çarpımını gösterir. Alıcıların endüktif ve kapasitif durumlarında devrede reaktif güç (kör güç = iş yapmayan güç) oluşturmaktadır. Bu gücü ölçen aletlere varmetre denir.

Yapısı:

Wattmetrelerde küçük değişiklikler yapılarak varmetreler imal edilmektedir. Bu değişiklik şekil 6.24'de görüldüğü gibi hareketli bobin olan gerilim bobinine seri bir

(self) bobin ilave edilerek yapılmaktadır. Böylece gerilim bobinindeki akım 90° lik bir açı ile kaydırılmış olur. Artık bu ölçü aleti sadece reaktif güç ölçer.



Şekil 6.24: Wattmetreye bobin bağlanarak varmetrenin yapılması

Bir ve üç fazlı devrelerde reaktif güç ölçmek amacı ile varmetreler, wattmetrelerde olduğu gibi devreye bağlanır. Üç fazlı alternatif akım devreleri dengeli sistemlerde bir hattın reaktif gücü ölçülüp 3 ile çarpımından toplam güç bulunur.



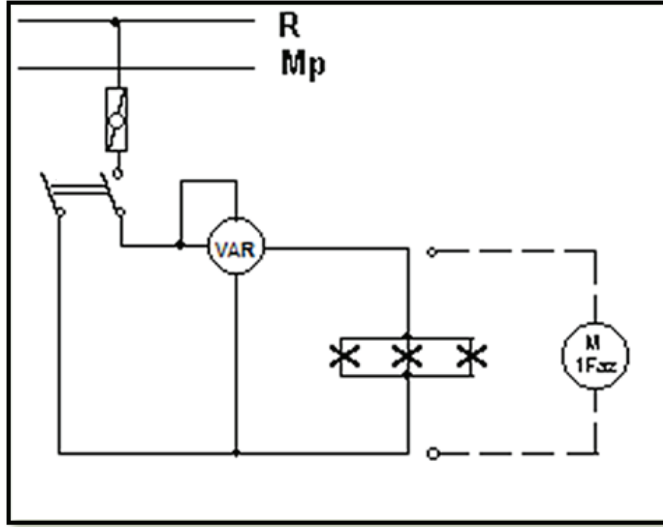
Resim 6.3: Dijital ve analog varmetreler

Çeşitleri:

Varmetreler, wattmetrelerde olduğu gibi faz şekline göre bir fazlı ve üçfazlı olmak üzere iki çeşit imal edilir. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte analog üretilen varmetreler yerlerini dijital varmetrelere bırakmaktadır. Ancak çalışma prensipleri aynıdır.

Varmetrenin bağlantı şekilleri:

Varmetrenin devreye bağlantı şekli wattmetrelerde olduğu gibidir. Akım bobini seri gerilim bobini paralel bağlanır.



Şekil 6.25: Varmetrenin devreye bağlantısı ve değişik alıcılar bağlanmıştır

6.7.3 GÜÇ ÖLÇMEDE DİKKAT EDİLECEK HUSUSLAR

Ölçü aletinin çalışma gerilim değerlerine dikkat edilmelidir. Bazı wattmetreler de akım ve gerilim kademelerine göre bağlantı terminalleri ayrı ayrıdır. Bunlardan devreye uygun olanı tercih edilir ve okuma işlemi bu kademelere uygun yapılır. Hangi gerilimde kullanılacağına dikkat edilmelidir (alçak gerilim veya yüksek gerilim). Eğer alçak gerilimde kullanılacaksa gerilim trafoları olmayacağından faz klemensleri sırasıyla doğrudan L1(R) -L2(S)- L3(T) fazlarına bağlanmalıdır.

Fazlara ait gerilimler ve akımların polaritelerinin doğru bağlanması gerekir. Örnek olarak gerilimler doğru bağlanıp akım trafolarından bir tanesinin polaritesinin ters bağlanması durumunda, wattmetre aktif güç yerine reaktif güçle orantılı bir hatalı değer gösterecektir. Wattmetrenin doğru değer gösterebilmesi için bağlantı şemasına uygun montaj yapıldığından emin olunmalıdır. Kesinlikle teknik bilgiler içeren kullanma ve montaj talimatı okunmadan işlem yapılmamalıdır.

DEĞERLENDİRME SORULARI

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. AC devresinde dirençler aşağıdaki güçlerden hangisini çeker?
A) Aktif güç B) Reaktif güç C) Görünür güç D) Gizli güç
2. AC devresinde reaktif gücü hangi eleman çekmez?
A) Direnç B) Endüktifreaktans
C) Kapasitifreaktans D) Endüktif ve kapasitifreaktans
3. Bir AC devresinde $P=30$ watt $Q=40$ VAR ise görünür gücü nedir?
A) 50VA B) 60VA C) 70VA D) 80VA
4. Faz açısı 0,6 olan bir AC devresinde $P=600$ watt ise görünür gücü nedir?
A) 500VA B) 600VA C) 800VA D) 1000VA
5. Üç fazlı AC sisteminde üreticiler bobinleri birbirleri ile kaç derecelik açı ile yerleştirilmiştir?
A) 60 B) 90 C) 120 D) 150
6. Üç fazlı sistemlerde, her üç faz hattındaki akımların büyüklüklerin birbirine eşit olduğu sistem hangisidir?
A) Dengeli sistem B) Düzenli sistem
C) Eşit sistem D) Ani sistem
7. Aktif gücü 1003 Watt, Hat akımı 1 Amp ve faz açısı 1 olan 3 fazlı AC devrenin hat gerilimi nedir?
A) 50V B) 100V C) 150V D) 173V

8. Aktif gücün birimi aşağıdakilerden hangisidir?
A) VA B) Var C) Watt D) Farad
9. DC jeneratör ler ile AC jeneratör ler arasındaki en belirgin fark nedir?
A) DC jeneratör de kolektör AC jeneratör de bilezik kullanılır.
B) DC jeneratör de daimi mıknatıs AC elektromıknatıs kullanılır.
C) DC jeneratör ler fırçalı AC jeneratör ler fırçasız kullanılır.
D) DC jeneratör dizel motor ile AC jeneratör benzinli motor ile kullanılır.
10. AC enerji elde etmek için gerekli olanlar hangi şıkta verilmiştir?
A) Manyetik alan-bobin-bilezik-ısı
B) Bobin-kuvvet-manyetik alan-kollektör
C) Kuvvet-bobin-bilezik-manyetik alan
D) Bilezik-kuvvet-bobin-hareket
11. Jeneratör ün görevi nedir?
A) Mekanik enerjiyi elektrik enerjisine çevirmek.
B) Potansiyel enerjiyi elektrik enerjisine çevirmek.
C) Mekanik enerjiyi potansiyel enerjiye çevirmek.
D) Elektrik enerjisini hareket enerjisine çevirmek.
12. Jeneratör milini çevirmek için hangisi kullanılmaz?
A) Su B) Elektrik C) Mazot D) LPG
13. Jeneratör bağlantısında transfer panosu niçin kullanılır?
A) Şebeke ve jeneratör arasında dönüşüm yapmak.
B) Jeneratör ü şebekeye bağlamak.
C) Jeneratör ve şebekeyi senkronize çalıştırmak.
D) Jeneratör faz sırasını korumak.

Aşağıdaki verilen ifadeleri dikkatlice okuyunuz. İfade doğru ise yanındaki boşluğa D yanlış ise Y yazınız.

14. () 1 HP 736 Watt'tır.
15. () Türkiye'de frekans 60 Hz.dir.
16. () Alternatif akım ve gerilimin herhangi bir andaki değerine ani değer denir.
17. () Ölçü aletlerinin gösterdiği değerler maksimum değerlerdir.
18. () $V = V_m \times 0,707$ gerilim değeri etkin değerdir.