

GÜÇ VE GÜÇ KATSAYISININ DÜZELTİLMESİ

8.1 GÜÇ ÜÇGENİ

8.2 GÜÇ KATSAYISI

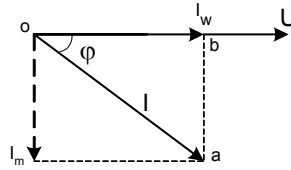
8.3 GÜÇ KATSAYISININ DÜZELTİLMESİ

8.4 GÜÇ KATSAYISININ KONDANSATÖRLERLE DÜZELTİLMESİ

8. GÜÇ VE GÜÇ KATSAYISININ DÜZELTİLMESİ

8.1 GÜÇ ÜÇGENİ

Alternatif akım devrelerinde, devreye uygulanan şebeke gerilimi ile devre akımı arasındaki φ açısının, devrede bulunan omik veya reaktif dirençlere bağlı olarak değiştiğini biliyoruz.



Şekil 8.1

Şekil 8.1 deki vektör diyagramında, akım gerilimden φ kadar geridedir. I akımını dik bileşenlere ayıralım. I_w bileşeni gerilimle aynı fazda ve I_m bileşeni de U gerilimine diktir.

$$I_m = I \cdot \sin \varphi \quad I_w = I \cdot \cos \varphi$$

Gerilimle aynı fazda olan I_w akımının, U gerilimi ile çarpımı, Watt olarak hakiki (aktif) gücü verir.

$$P = I_w \cdot U \quad I_w \text{ yerine } (I \cos \varphi) \text{ yazalım.} \quad P = U \cdot I \cdot \cos \varphi$$

Alternatif akım devrelerinde hakiki gücü veren bu ifadeyi daha önce bulmuştuk. I_w bileşenine Watt'lı akım veya aktif akım denir

$$\text{Reaktif Güç } Q = U \cdot I \cdot \sin \varphi$$

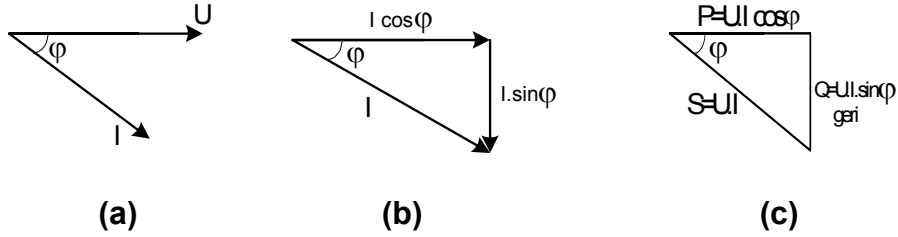
Reaktif gücün birimi Volt-Amper-Reaktif'tir. Kısaca VAR olarak gösterilir. $1000 \text{ VAR} = 1 \text{ kVAR}$ ve $10^6 \text{ VAR} = 1 \text{ megaVAR (MVAR)}$ Akımın gerilime dik olan I_m bileşenine reaktif akım (vatsız akım veya mıknatıslama akımı) denir.

Bir alternatif akım devresine uygulanan U gerilimi ile devre akımı I'nın çarpımına görünür güç veya zahiri güç denir. Görünür gücün birimi VoltAmper(VA) dir. S harfi ile gösterilir.

$$1000 \text{ VA} = 1 \text{ kVA} \text{ ve } 10^6 \text{ VA} = 1 \text{ MVA (Mega Volt Amper)}$$

$$S = U \cdot I$$

Şekil 8.1 deki oab akımlar üçgenini çizelim. Şekil 8.2 (b) deki akımlar üçgeninin her kenarı U ile çarptığımızda, kenarları ($U.I.\cos\phi$) ve ($U.I.\sin\phi$) ve $U.I$ olan güç üçgeni elde edilir.

Şekil8.2 (c)

Şekil 8.2 Akım geride olduğu duruma göre güç üçgeni
Güç üçgeninde reaktif, aktif ve görünür güçler arasında ilişki yazılabilir.

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

Alternatif akım devrelerinde akım, uygulanan gerilimden geride olduğu gibi ileride de olabilir .

8.2 GÜÇ KATSAYISI

Bir alternatif akım devresindeki hakiki (aktif) gücün ,görünür güce oranına devrenin “Güç Katsayısı” denir.

$$\text{Güç katsayısı} = P/S = U.I.\cos\phi/U.I = \cos\phi$$

Güç katsayısı $\cos\phi$ ile gösterilir. ϕ açısı, alternatif akım devresine uygulanan U gerilimi ile I akımı arasındaki açıdır. ϕ açısının sinüsüne, kör güç katsayısı veya reaktif güç katsayısı denir.

$$\sin\phi = Q / S$$

Bir alternatif akım devresinde ,akım gerilimden ileride veya geride olduğu gibi ,akım ile gerilim aynı fazda da olabilir.Buna göre güç katsayıları $\cos\phi$ ileri $\cos\phi= 1$ ve $\cos\phi$ geri olmak üzere üç şekilde ifade edilir.

Alternatif akım kaynakların bağlanan çeşitli alıcıların çektikleri akım ile uçlarındaki gerilim arasındaki faz farkı , alıcının yapısına göre değişir.

Eğer alıcının çektiği akım, uçlarındaki gerilimden ileride ise bu alıcıya ileri güç katsayılı yük denir. Eğer alıcının çektiği akım, uçlarındaki akım ile aynı fazda ise bu alıcıya güç katsayısı 1 olan yük denir. Bir alıcının çektiği akım, uçlarındaki gerilimden geri kalırsa, bu alıcıya geri güç katsayılı yük denir.

Bir alternatif akım şebekesindeki saf bir selften geçen akım, uçlarındaki gerilimden 90° geri kalır. $\varphi = 90^\circ$ olduğuna göre güç katsayısı $\cos\varphi = \cos 90 = 0$ olur. Şu halde, saf bir self güç katsayısı sıfır geri olan bir yük durumundadır.

Bir alternatif akım şebekesine bağlanan kondansatörden geçen akım, uçlarındaki gerilimden 90° ileridedir. $\cos 90 = 0$ olduğuna göre, kondansatör güç katsayısı sıfır ileri olan bir yüküdür.

Bir fazlı Alternatif akım devrelerinde kullanılan güç formüllerini bir arada yazalım:

Hakiki Güç :	$P = U.I.\cos\varphi = I^2.R = U^2/R$
Kör Güç :	$Q = U.I.\sin\varphi = I^2.X_e = U^2/X_e$
Görünür Güç :	$S = U.I = I^2.Z = U^2/Z$
Güç Katsayısı :	$\cos\varphi = P/S = P/E.I = R/Z$
Reaktif Güç Katsayısı :	$\sin\varphi = Q/S$

Örnek 8.1

120 Voltluk AA kaynağından 2 amper çeken tek fazlı bir motorun güç katsayısı 0,85 dir. Motorun çektiği hakiki ve görünür gücü hesaplayınız.

Çözüm 8.1

$$P = U.I.\cos\varphi = 120.2.0,85 = 204 \text{ watt}$$

$$S = U.I = 120.2 = 240 \text{ VA}$$

Örnek 8.2

Tek fazlı bir alternatörün devresindeki voltmetreden 220 V ampermetreden 20A ve fazmetreden $\cos\varphi = 0,8$ değerleri okunmuştur. Buna göre alternatörün:

- a) Aktif gücünü
- b) Görünür gücünü
- c) Kör gücünü
- d) Kör güç katsayısını hesaplayınız .

Çözüm 8.2

a-) $P = U.I.\cos\varphi = 220.20.0,8 = 3520 \text{ watt}$

b-) $S = U \cdot I = 220 \cdot 20 = 4400 \text{ VA}$

c-) $S = \sqrt{P^2 + Q^2}$ den $Q = \sqrt{S^2 - P^2}$ $Q = \sqrt{4400^2 - 3520^2} = 2640 \text{ VAR}$

d-) $\sin\phi = Q/S = \frac{2640}{4400} = 0,6$

8.3 GÜÇ KATSAYISININ DÜZELTİLMESİ

Endüktif (selfli) bir yükün küçük olan güç katsayısının daha büyük bir değere yükseltilmesi için yapılan işlemlerin tümüne, güç katsayısının düzeltilmesi veya kompanzasyon denir.

Güç katsayısı düşük (0,3-0,5) olan endüktif yüklere, motorlar, transformatörler, bobinler, flüoresan lamba balastları örnek gösterilebilir.

Düşük güç Katsayısının Sakıncaları :

1. Alternatör ile transformatörlerin güçleri ve verimleri düşer. 240 KVA lık ve 1200 V luk tek fazlı bir alternatörü ele alalım. Alternatörün akımı $I = 40000/1200 = 200\text{A}$ dir. Değişik güç katsayılı yükler bağlayarak alternatörden çekilen aktif güçleri hesaplayalım:

a-) Güç katsayısı 1 olan omik bir yük bağlandığında alternatör en büyük aktif gücünü verir.

$$P = U \cdot I \cdot \cos\phi = 1200 \cdot 200 \cdot 1 \cdot 10^{-2} = 240 \text{ KW}$$

b-) R-L elemanlarından meydana gelen ve güç katsayısı 0,80 olan endüktif bir yük bağlandığında alternatörden çekilen aktif güç:

$$P = 1200 \cdot 200 \cdot 0,80 \cdot 10^{-2} = 192 \text{ KW olur.}$$

Görülüyor ki, düşük güç katsayılı bir yük bağlandığı zaman, alternatör normal akımını (200A) verdiği halde normal gücünü verememektedir. Dolayısıyla, daha düşük güçte çalıştığından verimi de düşer.

2. Güç katsayısının düşmesi oranında, şebekeyi besleyen alternatör ve trafonun görünür güçlerinin büyümesi gerekir. Örneğin, bir atölyedeki motorların toplam gücü 80 KW ve güç katsayısı 0,80 olsun. Bu motorların besleyecek olan trafonun görünür gücü

$$S = P/\cos\phi = 80 / 0,80 = 100 \text{ kVA olmalıdır.}$$

Toplam güç yine 80 KW, fakat güç katsayısı 0,60'ya düşerse trafonun görünür gücü,

$$S_2 = 80 / 0,60 = 133 \text{ KVA olmalıdır.}$$

Demek ki, güç katsayısı düşünce aynı aktif gücü, görünür gücü daha yüksek olan bir trafo ile beslemek gerekecektir.

3. Besleme hatlarındaki güç kayıpları ve gerilim düşümleri artar. Örneğin ,gücü 1 KW ve gerilimi 200 V olan tek fazlı bir alternatöre güç katsayısı 0,90 olan bir yük bağlanırsa çekilen akım:

$$I_1 = P/U.\cos\phi = 1000/200.0,90=5,55 \text{ A olur.}$$

Aynı alternatöre güç katsayısı 0,60 olan bir yük bağlandığında çekilen akım:

$$I_2 = 1000/200.0,60 = 8,35 \text{ A olur.}$$

Görülüyor ki, her iki durumda da gerilim ve harcanan güç aynı olmasına rağmen, güç katsayısının küçülmesi nedeniyle çekilen akım artmaktadır. Dolayısıyla, yükü besleyen hattaki $(R.I^2)$ ısı kaybı daha büyük olacak ve hattaki gerilim düşümü artacaktır. Bunu önlemek için daha büyük kesitli iletken kullanmak gerekecektir. Aynı zamanda , sigorta ve şalter akımları da yükseleceği için tesisatın maliyeti artar.

Yukarıda açıklanan sakıncaları gidermek için güç katsayısının yükseltilmesi gerekir. Uygulamada, güç katsayısının yükseltilmesi için genellikle kondansatörler kullanılır. Çünkü, küçük ve hafiftirler, dönen parçaları olmadığından bakımları kolaydır. Fiyatları ucuzdur, işletme gücünün büyümesi halinde devreye ek kondansatörler kolaylıkla bağlanabilirler.

Güç Katsayısı'nın yükseltilmesi ile elde edilen kazançları özetleyelim:

- 1-** Alternatörün ve trafonun görünür güçleri küçülür.
- 2-** Aynı kablolardan (iletim hatlarından) daha fazla aktif enerji iletilir.
- 3-** Enerji iletim hatlarındaki kayıplar azalır.
- 4-** Reaktif güç için ödenmesi gereken meblağ tasarruf edilir.

8.4 GÜÇ KATSAYISININ KONDANSATÖRLERLE DÜZELTİLMESİ

1. Kondansatörün Seri Bağlanması:

Şekil 8.3 (a) da görülen motorun devresine Şekil 8.3(b) deki gibi 308 mF lık bir kondansatörü seri bağlayalım.

$$\text{Motorun empedansı } Z_M = U/I = 120/10 = 12 \, \Omega$$

$$\text{Güç katsayısı, } \cos \varphi = 0,70 \quad \varphi = 45,6^\circ$$

$$\text{Motorun omik direnci, } R = Z_m \cdot \cos \varphi_m = 12 \cdot 0,70 = 8,4 \, \Omega$$

$$\text{Motorun reaktif direnci, } X_m = Z_m \cdot \sin \varphi = 12 \cdot \sin 45,6^\circ = 8,6 \, \Omega$$

$$\text{Kapasitif reaktans, } X_c = 10^6 / \omega C = 10^6 / 2\pi \cdot 60 \cdot 308 = 8,6 \, \Omega$$

$$\text{Seri devrenin toplam (eşdeğer) empedansı, } Z_e = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

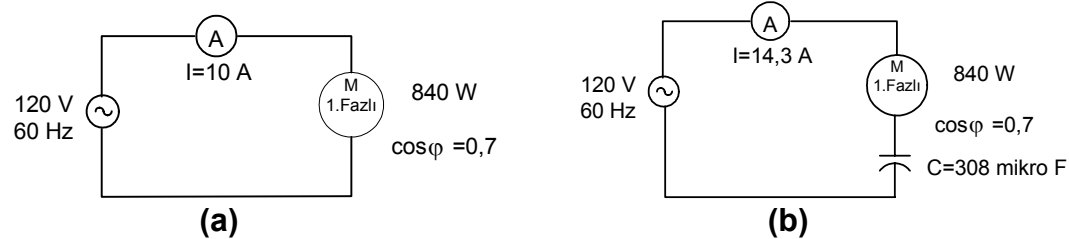
$$Z_e = \sqrt{8,4^2 + (8,6 - 8,6)^2} = 8,4 \, \Omega. \text{ Omik yük, çünkü } X_L = X_C \text{ 'dir}$$

$$\text{Şebekeden çekilen akım, } I = U/Z = 120 / 8,4 = 14,3 \, A$$

$$\text{Akım ile gerilim arasındaki açı } \varphi = 0 \text{ dır}$$

$$\text{Devrenin güç katsayısı, } \cos \varphi = \cos 0 = 1$$

$$\text{Motorun uçlarındaki gerilim, } U_m = Z_m \cdot I = 12 \cdot 14,3 = 172 \, V$$



Şekil 8.3

Gücü 840 W ve Güç katsayısı 0,70 geri olan bir motorun devresine seri olarak 308mF lık bir kondansatör bağladığımızda, devrenin güç katsayısını 1'e çıkarmış oluyoruz. Yalnız, bu arada şebekeden çekilen akım 14,3 amper'e ve motorun uçlarındaki gerilim de 172 Volt'a yükselmiş olur. Bu da motor için tehlikelidir, hiç arzu edilmez. Şu halde, bir kondansatörü yüke seri bağlayarak güç katsayısını düzeltmeye çalışmamalıyız.

2.Kondansatörün Paralel Bağlanması :

Güç katsayısının düzeltmede, alternatif akım devresine kapasitif reaktif güç vererek, şebekeden çekilen görünür gücü azaltırken, yükten geçen akımın ve uçlarındaki gerilimin sabit kalmasını sağlamak gereklidir.

Paralel devrenin özelliklerinden biri, kollardan birindeki değişiklik, toplam akımı değiştirdiği halde, öteki kollardan geçen akımları etkilememesidir.

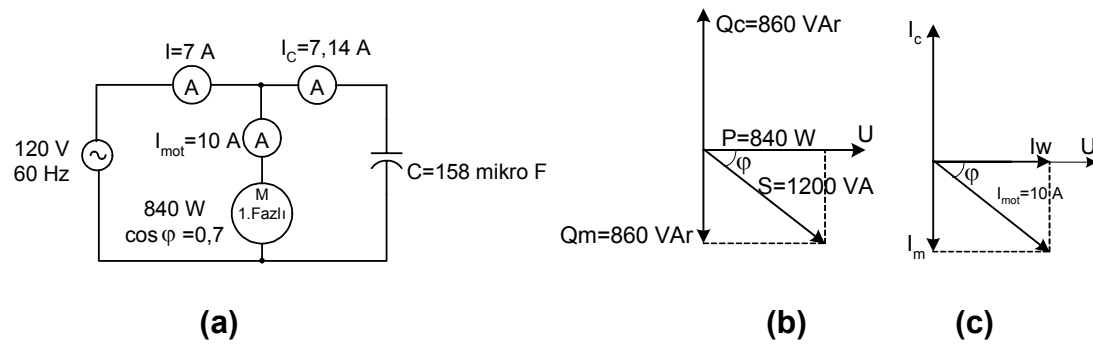
Motora uygulanan gerilim ve geçen akımı sabit tutabilmek için şekil8.5 te görüldüğü gibi, kondansatörü paralel bağlamak gerekir.

Örnek 8.3

840 W, $\cos\phi = 0,70$ geri güç katsayılı bir motor 120 V 60 Hz Frekanslı bir şebekeye bağlıdır.

a-) Sistemin Güç katsayısını 1'e çıkarmak için kaç μF lık kondansatörü motor uçlarına paralel bağlamak gerekir.

b-) Ampermetrelerin gösterecekleri değerleri bulunuz.



Şekil 8.4

Çözüm8.3

a-) Motorun çektiği görünür güç,

$$Q_m = S \cdot \sin \varphi = 1200 \sqrt{1 - 0,70^2} = 860 \text{ VAr}$$

Güç katsayısının 1 olması için şebekeden reaktif güç çekilmemelidir. Motora lazım olan 860 VAr lık gücü kondansatörün sağlaması gerekir.

$$Q_c = Q_m = 860 \text{ VAr olur.}$$

Kondansatörün reaktif gücü,

$$Q_c = I_c^2 \cdot X_c = U_c^2 / X_c \quad 860 = 120^2 / X_c, \quad X_c = 120^2 / 860 = 16,7 \, \Omega$$

Kondansatörün kapasitesi :

$$X_c = 10^6 / \omega C \text{ den } C = 10^6 / \omega X_c = 10^6 / 2\pi \cdot 60 \cdot 16,7 = 158 \, \mu\text{F} \text{ olarak bulunur.}$$

b-) Şekil 8.4(c) deki vektör diyagramından.

$$I_{\text{mot}} = P / U \cdot \cos \varphi = 840 / 120 \cdot 0,70 = 10 \text{ A}$$

$$\cos \varphi_m = 0,70, \quad \varphi_m = 45,6^\circ$$

Motorun çektiği reaktif akım,

$$I_m = I \cdot \sin \varphi_m = 10 \cdot \sin 45,6 = 7,14 \text{ A.}$$

Kondansatörün akımı , motorun reaktif akımına eşit olmalıdır

$$X_c = 16,7 \, \Omega \text{ olduğuna göre, } I_c = U / X_c = 120 / 16,7 = 7,14 \text{ A}$$

Şebekeden çekilen akım, motor akımının I_w bileşeni olan Wattlı akıma eşit olmalıdır. Çünkü $\cos \varphi = 1$ dir.

I_c , I_m ve I_w akımlarının vektörel toplamı da şebekeden çekilen akımı verir.

$$I = \sqrt{I_w^2 + (I_m - I_c)^2} = I_w.$$

$$I = I_w = I_{\text{mot}} \cdot \cos \varphi$$

Sonuç

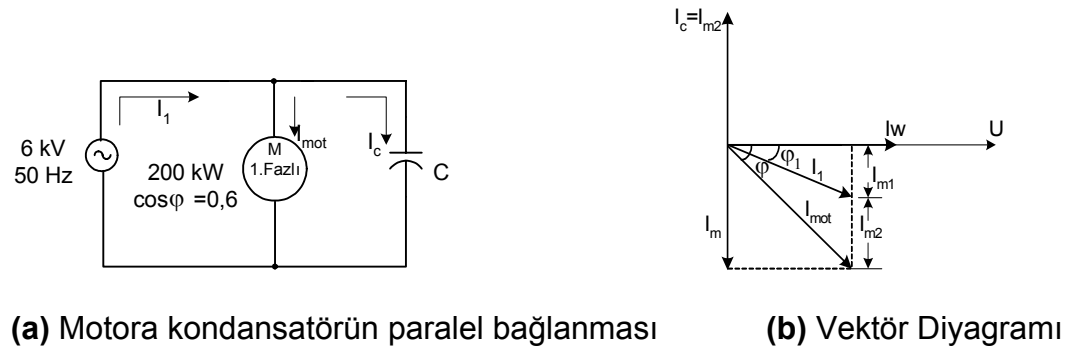
158 μF 'lık kondansatör, motorun çektiği 860 VAR reaktif gücü sağladığı için şebekeden yalnız 840 Watt'lık aktif güç çekilir. Dolayısıyla sistemin güç katsayısı 1'e yükselmiş olur.

Ekonomik sebeplerden dolayı güç katsayısının 1'e değil 0,90'a yükseltilmesi istenir.

Bunu bir örnekle açıklayalım .

Örnek 8.4

6KV ve 50 Hz'lik şebekeden beslenen bir fabrikadaki motorların toplam gücü 2000KW ve güç katsayısı 0,60 Geri'dir. Fabrikanın güç katsayısını (a)0,90 ve (b) 1'e yükseltmek için şebeke girişine bağlanması gereken kondansatörün kapasitesini hesaplayınız.



Şekil 8.5

Problemi çözmeden önce, kondansatörün kapasitesini veren genel formülü Şekil 8.5(b) deki akımlar vektör diyagramına göre çıkaralım.

$$\tan \phi = l_m / l_w, \quad l_m = l_w \cdot \tan \phi$$

$$\tan \phi_1 = l_{m1} / l_w, \quad l_{m1} = l_w \cdot \tan \phi_1$$

$$l_{m2} = l_m - l_{m1}$$

$$l_{m2} = l_w \cdot \tan \phi - l_w \cdot \tan \phi_1 \text{ veya } l_{m2} = l_c$$

$$l_c = l_{m2} = l_w (\tan \phi - \tan \phi_1)$$

Aynı zamanda , $l_c = w \cdot U \cdot C / 10^6$ ve $l_w = P_{\text{mot}}/U$ 'dur

$$\omega \cdot U \cdot C / 10^6 = (P_{mot} / U) \cdot (\tan \varphi - \tan \varphi_1)$$

$$C = \frac{P_{mot} \cdot 10^6}{\omega \cdot U^2} \cdot (\tan \varphi - \tan \varphi_1)$$

P_{mot} = Motorun gücü, (düşük $\cos \varphi$ li yük)W, ω = Açısal hız, rad/saniye, U =şebeke gerilimi (Volt), $\tan \varphi$ = (motorların) güç katsayısı açısının tanjantı, $\tan \varphi_1$ =kompanzasyondan sonraki güç katsayısı açısının tanjantı, C =Paralel bağlanacak kondansatörün kapasitesi μF .

$$\cos \varphi = 0,6 ; \varphi = 58^\circ 10' ; \tan \varphi = 1,335$$

$$\cos \varphi_1 = 0,9 ; \varphi_1 = 25^\circ 50' ; \tan \varphi_1 = 0,484$$

$$\cos \varphi_1 = 1 ; \varphi_1 = 0^\circ ; \tan \varphi_1 = \tan 0^\circ = 0$$

$$\omega = 2\pi f = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 = 314 \text{ rad/saniye}$$

$$C = \frac{P \cdot 10^6}{\omega \cdot U^2} \cdot (\tan \varphi - \tan \varphi_1)$$

$$C = \frac{2000000 \cdot 10^6}{314 \cdot 6000^2} \cdot (1,335 - 0,448) = 150 \mu F$$

$$\text{b-)} \quad C = \frac{2000000 \cdot 10000000}{314 \cdot 6000 \cdot 6000} \cdot (1,335 - 0) = 177 \mu F$$

Sonuç

Güç katsayısını 1 yapmak ile 0,9 yapmak arasında elektriki bir fark yoktur. Fakat kondansatörler arasında $27 \mu F$ 'lık bir kapasite farkı vardır. Kondansatörlerin fiyatları kapasitelerine göre tespit edildiğinden, $\cos \varphi$ 'nin 0,9'a yükseltilmesi daha ekonomik olur.