

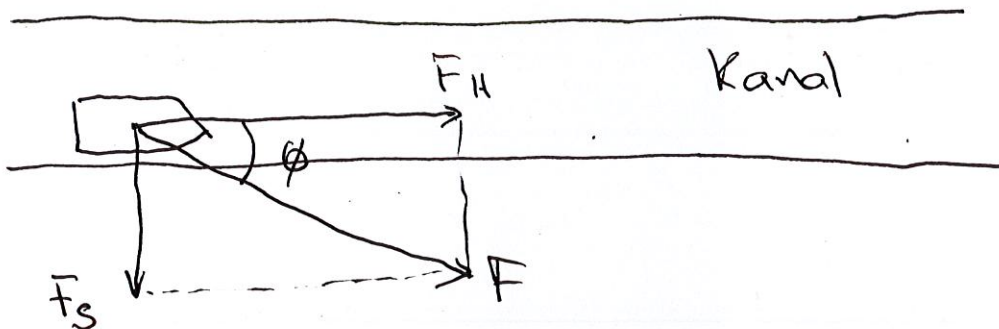
## REAKTİF GÜÇ KOMPANZASYONU

Bobin sarımlı elektrik almaçları, nüvelerinde "emf" oluştururken şebekeden, gerilimle  $90^\circ$  faz farkta akım çekerler. Bu akımın meydana getirdiği enerjiye reaktif enerji denir. Isıya, ısıya ve harekete dönüşmeyen bir enerji olarak trafoların ve iletim hatlarının kapasitelerini doldurur. Endüktif reaktif olan bu tüketimi karşılamak için şebekeye, almaç gruplara paralel kondansatör grupları bağlanır.

### Endüktif reaktif güç tüketicileri

- i) asenkron motorlar
- ii) floresan lambalar
- iii) balastlı armatürler
- iv) endüksiyon fırınları
- v) kaynak makineleri
- vi) bobinler

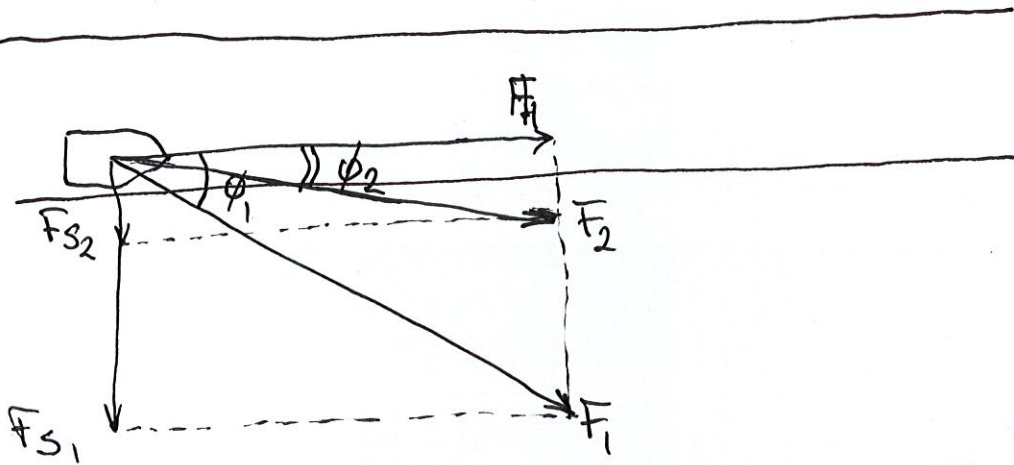
Reaktif enerjiyi daha iyi anlamak için kanal içinde bir kayak örneğini verelim.



Kayığı hareket ettirmek için, kayığa bağlı halatı yatayla  $\phi_1$  derece açı yapan bir  $F$  kuvveti ile çekelim. Burada,

$F_H = F \cos \phi_1$  kuvveti, kayığı hareket ettiren kuvvet

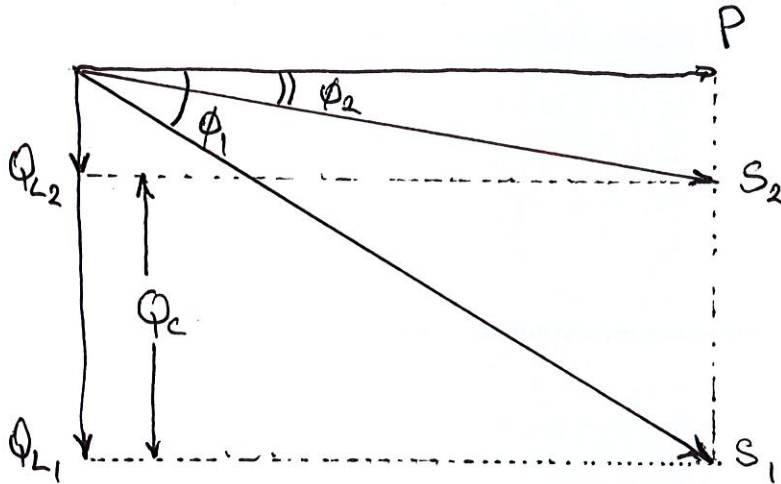
$F_S = F \cdot \sin \phi_1$  kuvveti, kayığın kıyıya sürtünme yani kayıp kuvvetini gösterir.



Kayığı hareket ettirmek için harcanan  $F_H$  sabit kalmak şartıyla, yatay ile daha küçük bir açı ile kayığı çektiğimizde sürtünme kuvveti azalacak böylece harcanan toplam kuvvet düşecektir.

$$\phi_1 > \phi_2 \quad F_1 > F_2$$

Bu örnekten hareketle P sisteminde tüketilen aktif güç ve  $Q_L$  şebekeye kondansatör bağlanmadan önce tüketilen endüktif reaktif güç olsun.



Sisteme  $Q_c$  kadar kondansatör bağlandığında ise  $Q_{L2}$  azalan endüktif güç ve neticesinde  $S_2$  tüketilen toplam güç olsun. Burada,

$$P = S_1 \cdot \cos\phi_1 \quad Q_{L1} = S_1 \sin\phi_1$$

$$P = S_2 \cdot \cos\phi_2 \quad Q_{L2} = S_2 \sin\phi_2$$

Yukarıdaki vektörel diğrama bakarak, sisteme bağlanan kondansatör miktarını bulmak için,

$$Q_c = Q_{L1} - Q_{L2}$$

$$Q_c = S_1 \sin\phi_1 - S_2 \sin\phi_2 \quad (1)$$

$$P = S_1 \cos\phi_1 \Rightarrow S_1 = \frac{P}{\cos\phi_1}$$

$$P = S_2 \cos\phi_2 \Rightarrow S_2 = \frac{P}{\cos\phi_2}$$

$S_1$  ve  $S_2$  değerlerini (1) nolu denklemde yerine koyarsak,

$$Q_c = \frac{P}{\cos\phi_1} \cdot \sin\phi_1 - \frac{P}{\cos\phi_2} \sin\phi_2$$

eşitliğini elde ederiz. Böylece denklem,

$$Q_c = P \frac{\sin \phi_1}{\cos \phi_1} - P \frac{\sin \phi_2}{\cos \phi_2}$$

$$= P \tan \phi_1 - P \tan \phi_2$$

$$Q_c = P (\tan \phi_1 - \tan \phi_2) \text{ eşitliğine dönüşür.}$$

Eğer  $k = \tan \phi_1 - \tan \phi_2$  dersek

$$Q_c = P \cdot k \text{ olur.}$$

Elektrik mühendisleri ofisinde bulunan tabloda yazan k değerleri bu şekilde hesaplanır.

Tablonun en sonunda bulunan  $\cos \phi_1$  ve  $\tan \phi_1$  kolonları mevcut (ilk hal) durumu, en üst satırda yazılı  $\cos \phi_2$  ve  $\tan \phi_2$  değerleri hedeflenen durumu gösterir.

Satır (yatay) ve kolon (düşey) kesişmesinde okunan rakam "k" değerini verir.

### Kompanzasyonun faydaları

- i) Hat veya trafo kapasitelerinin artması
- ii) gerilim düşümü azalması
- iii) kayıpların azalması

### REAKTİF GÜÇ TÜKETİMİNDE GEREKLİ KONDANSATÖR MİKTARININ HESAPLANMASI

Günümüzde, elektrik dağıtım şirketleri tüketilen reaktif endüktif gücün, tüketilen aktif güce oranı %20'yi aştığında ve tüketilen reaktif kapasitif gücün tüketilen aktif güce oranı %15'i aştığında

tüketicilere reaktif enerji tüketim cezası keserler.

Bu nedenle, tüketiciler reaktif tüketimlerini iyi iyi belirlemek ve takip etmek zorundadırlar.

Reaktif güç gereksinimi,

i) elektrik faturasından

ii) talep güç ile mevcut ve hedef  $\cos\phi$  değerlerinden

iii) motor gücünden

iv) trafo gücünden hesaplanır.

i) Elektrik faturasından

Elektrik faturalarında işletmenin bir ayda tükettiği aktif ve reaktif enerji miktarları yazılıdır.

Örnek olarak, bir işletmenin bir ayda tükettiği endüktif reaktif enerji miktarı 109200 kvar olsun. Gerekli kondansatör miktarını hesaplamak için, işletmenin tüketimi gerçekleştirdiği tüketim zamanını bilmemiz gereklidir.

$$Q_c = \frac{\text{tüketilen bir aylık endüktif enerji miktarı (kvar.saat)}}{\text{enerji tüketim süresi (saat)}}$$

Fabrikanın bir ayda 26 gün ve günde 10 saat çalıştığı bildirilmişse,

$$Q_c = \frac{109200 \text{ (kvar.saat)}}{26 \text{ (gün)} \times 10 \text{ (saat)}} = 420 \text{ kvar}$$

Ancak burada hesaplanan 420 kvar ortalama değerdir. Kompanzasyon tesis edilirken, kondansatör miktarı daha yüksek tutulmalıdır. Bu değer, işletmenin kurulu gücüne ve eş kullanım faktörüne bağlıdır.

ii) Talep gücü ile mevcut ve hedef  $\cos \phi$  değerlerinden

Talep gücü 340 kW olan bir işletmede ölçülen  $\cos \phi_1$  değeri 0,78'dir. Fabrikamızın  $\cos \phi_2$  değerini 0,99'a yükseltmek için gerekli kondansatör miktarı nedir?

$$Q_c = P (\tan \phi_1 - \tan \phi_2)$$

$$\cos \phi_1 = 0,78 \Rightarrow \tan \phi_1 = 0,80$$

$$\cos \phi_2 = 0,99 \Rightarrow \tan \phi_2 = 0,14$$

$$Q_c = 340 (0,80 - 0,14)$$

$$Q_c = 224,4 \text{ kvar,}$$

Burada toplam kondansatör gücünü fazla yükseltmenin gereği yoktur.

iii) Motor gücünden

220 kW gücündeki bir motorun  $\cos \phi$  değeri 0,85'ten  $\cos \phi$  değerini 0,98'e yükseltmek için gerekli kondansatör miktarı nedir?

$$P = 220 \text{ kW}$$

$$\cos \phi_1 = 0,85$$

$$\tan \phi_1 = 0,62$$

$$\cos \phi_2 = 0,98$$

$$\tan \phi_2 = 0,20$$

$$Q_c = P(\tan \phi_1 - \tan \phi_2)$$

$$= 220(0,62 - 0,2)$$

$$= 220 \cdot 0,42$$

$$Q_c = 92,4 \text{ kvar}$$

Aneak motorun sistemde çalışma şekli önemlidir. Yani redüktör bağlantılı bir motor, kayış sistemi ile çalışan bir motor veya direk mile bağlı bir fan motoru olabilir. Redüktör veya kayış sistemi ile çalışan motorlarda, ilk tahrik sonrası motorlar, etiketlerinde yaylı gücün çok altında bir güç ile çalışacaktır. Bu durumda, hesapladığımız kondansatör miktar fazla olacaktır. Fan motorlarında ise etikette yaylı güç kullanılacaktır. Yani hesapladığımız kondansatör gücü motora bağlanabilir.

Motorlara bağlanacak gerçek kondansatör gücünü hesaplamak için motorların steady-state (kararlı) durumdaki çektiği akım ölçülerek, şebekeden tükettiği güç hesaplanır. Gerekli kondansatör miktarı bu güce göre hesaplanmalıdır.

#### iv) Trafo gücünden

630 kVA bir trafo'nun kompanzasyon hesabını yapalım ve tekhat şemasını çizelim. Kurulu gücün 510 kw ve  $\cos \phi_1 = 0,77$  olan işletmede  $\cos \phi_2 = 0,99$ 'a yükseltmek için gerekli kondansatör miktarı nedir? Otomatik kompanzasyon gruplandırmasını yaparak tekhat şemayı çizelim.

Bereкли kondansatör gücünün hesaplanması

$S = 630 \text{ kVA}$      $P = 510 \text{ kW}$      $\cos \phi_1 = 0,77$      $\cos \phi_2 = 0,99$

$\cos \phi_1 = 0,77 \Rightarrow \tan \phi_1 = 0,83$

$\cos \phi_2 = 0,99 \Rightarrow \tan \phi_2 = 0,14$

$Q_c = P(\tan \phi_1 - \tan \phi_2)$   
 $= 510(0,83 - 0,14)$

$Q_c = 351,9 \text{ kvar}$

Trafo demir kayıpları için sabit kondansatör hesabı

$P_k = \text{trafo boşta kaybı} = 1350 \text{ W}$  (630 kVA trafo için)

$I_n = \text{trafo nominal akımı}$

$I_k = \text{trafonun boşta akımı}$

$S_k = \sqrt{3} V I_k$

$I_k = \beta I_n$

$\beta = \frac{\text{trafo boşta akımı}}{\text{trafo nominal akımı}}$

$S_k = \sqrt{3} V I_n \beta$

$S = \sqrt{3} V I_n \Rightarrow S_k = S \beta$

Elektrik mühendisleri ajandasındaki cetvelde 630 kVA için  $\beta$  değerinin %1,6 olduğunu görürüz. Böylece

$S_k = S \beta$   
 $= 630 \cdot 0,016$

$S_k = 10,08 \text{ kVA}$  trafo boşta kaybı (toplam)

$S_k = \sqrt{P_k^2 + Q_k^2} \Rightarrow Q_k = \sqrt{S_k^2 - P_k^2}$

$Q_k = \sqrt{10,08^2 - 1,35^2} = 9,99 \text{ kvar} \Rightarrow Q_k \approx 10 \text{ kvar}$





Yukarıda hesaplanan değerlere göre otomatik grup 350 kvar, sabit 10 kvar kondansatör tesis edilmesi gerekiyor.

Piyasada reaktif güç röleleri 7 kd, 12 kd, 18 kd ve 24 kd olarak imal edilmektedir. Hangi reaktif güç rölesini kullanacağımıza nasıl karar vereceğiz? Ayrıca kondansatör grupları arasındaki oran dışlarını nasıl yapılandıracağız?

1 1 1 1 . . . . . 1 1 1  
1 1 2 2 2 . . . . . 2 2 2  
1 1 2 2 4 4 . . . . . 4 4 4  
1 1 2 2 4 4 6 6 6 6 gibi orantılı

gruplar kurulabilir. Biz hangi grubu kuracağız?

Kaç kademeli röle ile hangi grup oranlarını seçeceğimizi işletmedeki motor güçleri arasındaki oranlar ve motorların sayısını inceleyerek karar vereceğiz.

Örneğin bir mıcır tesisinde primer kırıcı gücü 300 kw, sarsak elek 80 kw, sekonder kırıcı 220 kw, ayırıcı elek 40 kw ve taşıyıcı bantlar 7,5 kw ve 11 kw motorlara sahiptir. Motor güçleri arasındaki oranlar büyük ve motor sayısı ise yaklaşık 12 adettir. Böyle bir tesiste 7 kd veya 12 kd röle kullanmak ve

1 1 2 2 4 4 6 6 8 8 veya

1 1 2 4 6 8 8 gruplandırması yapmak uygun olacaktır

Başka bir örnek, verelim. Bir tekstil atelyesinde onlarca 1 kw veya 1,1 kw motor bulunur. Yani motor güçleri arasında fark yoktur. Sayıları çok fazladır. Çalışma aralıkları çok düzensizdir. Böyle tesiste 24 kd. reaktif güç rölesi kullanmak ve kademe oranını

1 1 1 1 . . . . . 1 1 1 seçmek uygun

olacaktır

Burada örneğini yaptığımız fabrika, bir deri fabrikası olsun. Deri fabrikasında 30 kW motorlar olduğu gibi 2,2 kW motorlar da bulunur. Yaklaşık 30, 40 adet motor bulunur. Bu sebeple, 350 kvar toplam kondansatörlerin gruplandırmasını 12 kd röle ve gruplandırma katsayılarını

1 1 2 2 4 4 4 4 4 4 4 4 olarak seçelim.

Bu durumda,

$$2 \cdot 1 + 2 \cdot 2 + 8 \cdot 4 = 38 \text{ grup oluşturmamız gerekir.}$$

Buradan grupların kondansatör gücünü hesaplamak için

$$350 \div 38 = 9,21 \text{ kvar} \Rightarrow 10 \text{ kvar seçilir.}$$

Burada sistem,

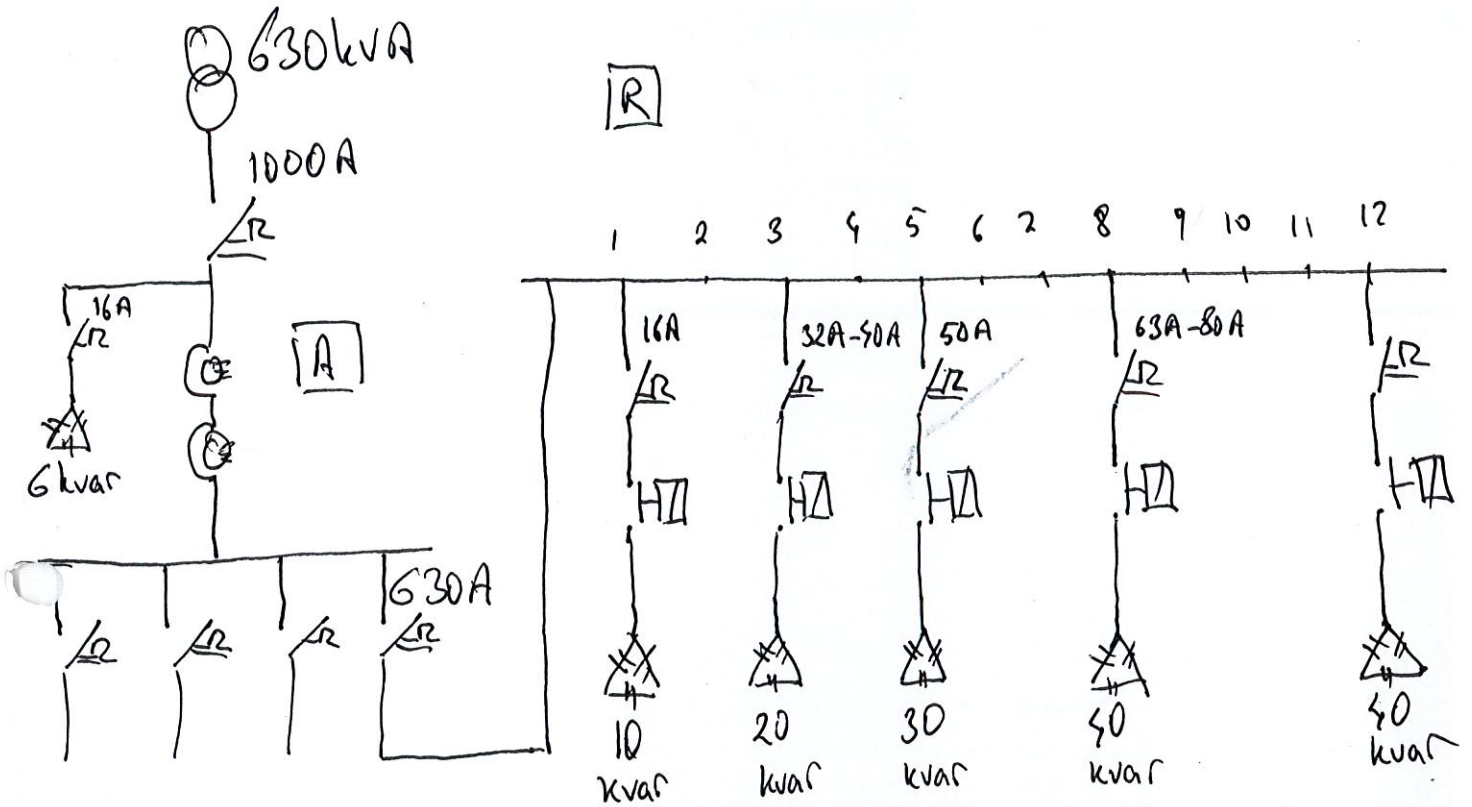
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
10	10	20	20	40	40	40	40	40	40	40	40

toplam 380 kvar olarak tesis edilebileceği gibi,

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
10	10	20	20	30	30	30	40	40	40	40	40

toplam 350 kvar tesis edilebilir.

Biz, burada toplam 350 kvar'da kalmak üzere ikinci grubu tercih edelim. Buna göre tekhata şema aşağıda gösterildiği gibi olacaktır.



Kompanzasyon panosu zalter hesabı

$$Q_c = \sqrt{3} V I \sin \phi \quad \sin \phi = 1$$

$$I = \frac{Q_c}{\sqrt{3} V} = \frac{350}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 505,18 A \Rightarrow 630 A \text{ seçilir.}$$

10 kvar için sigorta seçimi

$$I = \frac{10}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 14,43 A \Rightarrow 16 A$$

20 kvar için sigorta seçimi

$$I = \frac{20}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 28,86 \Rightarrow 32 A \text{ veya } 40 A$$

### 30 kvar için sigorta seçimi

$$I = \frac{30}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 43,30A \Rightarrow 50 A$$

### 40 kvar için sigorta seçimi

$$I = \frac{40}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 57,74 A \Rightarrow 63 A \text{ veya } 80 A \text{ seçilir.}$$

Koruma devrelerinde termik sigorta kullanılırsa, anma akımının %10 fazlası koruma sigortası olarak seçilir. Eğer NH tipi sigorta kullanılırsa, anma akımının %70 fazlası seçilir. Ancak, kondansatörleri harmonik akımlardan korumak için termik sigorta kullanılması tavsiye edilir.

Kompanzasyon panolarında 50 kvar ve üstü grupları tek kontaktörde devreye almamaya özen göstermeliyiz. Örneğin 80 kvar'lık bir grubu tek kontaktörle devreye almak yerine iki adet kontaktör ile 40+40 kvar olarak devreye almak gerilimde olası dalgalanmaların önüne geçecektir. Burada rölenin çıkış kontağı birinci kontaktörü devreye alacak ve birinci kontaktörün yardımcı kontağı ikinci kontaktörü devreye sokacaktır.

