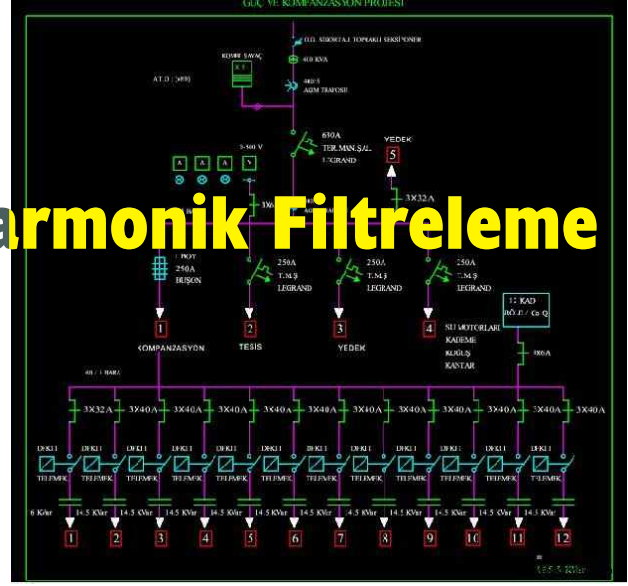


# Kompanzasyon ve Harmonik Filtreleme

Prof. Dr. Eyüp AKPINAR  
eyup.akpinar@eee.deu.edu.tr



Kompanzasyon ve harmonik filtreleme dediğimiz zaman, enerji kalitesinin hedefini tam olarak belirlemiş oluyoruz. Bu iki kavram birbiriyle iç içe olmasına rağmen bugüne kadar ülkemizde yalnızca kompanzasyon ele alınarak düzenlenmeye çalışıldı. Bu yazıda göreceğiz ki, bugüne kadar birşeyleri eksik yaptık. Enerji kalitesine bir bütün olarak baktığımızda yapacağımız işin daha karmaşık, ama çok önemli bir neticesi olduğunu göreceğiz.

Yazının ilk kısmında kompanzasyondan bahsedeceğiz. Daha sonra harmonikleri anlatacağız ve bunların birbiriyle nasıl iç içe geçtiğini göreceğiz. Ondan sonra da teknik çözümlerin neler olduğunu ifade etmeye çalışacağız.

Önümüzdeki yıldan itibaren reaktif güç oranları ile ilgili sınırların daraltılacağını ve harmoniklerle ilgili de sınırlamaların gündeme getirildiğini biliyoruz. Bu sınırlamalar sadece taşıma hatlarında (iletim hatlarında) değil dağıtımda da söz konusudur. Dolayısıyla elektrik enerjisinin bütün kullanıcıları, üreticileri, taşıyıcıları yani bütün kademeler bu çerçevede içiçe değerlendirilmek zorunda olduğundan reaktif gücü tekrar gözden geçirelim.

## Dağıtım Hatlarında Reaktif Güç:

Kullanıcı yükleri genellikle endüktif karakteristikli olduğu için reaktif güç çekerler. İstisnai olarak birtakım yükler kapasitif karakteristikli olsa da ağırlıklı olarak endüktif karakteristiktir. Sonuç olarak reaktif güç çeken yüklerle karşı karşıyayız. Sistemdeki generatörlerde, transformatörlerde, iletim ve dağıtım hatlarında iletilen bu reaktif güç nedeniyle gerilim düşümü

artmaktadır. Akım genliğinde ortaya çıkan artış nedeniyle aktif güç kaybı da artıyor. Çünkü biliyoruz ki akımın aktif ve reaktif bileşenleri var. Bu aktif ve reaktif bileşenlerin toplamı akımın genliğini belirlediğinden akımın reaktif bileşeni de karesiyle orantılı olarak güç kaybına neden oluyor. Bu güç kaybını generatörlerde, taşıma hatlarında ve transformatörlerde görüyoruz. Hatların, transformatörlerin ve generatörlerin iletkenlerindeki akım yoğunluğu da bu reaktif akım bileşeni nedeniyle artıyor. Bir iletken seçilirken akımın yoğunluğunun en üst seviyede tutulması hedef olarak ortaya konulduğunda kesitin de fiziksel olarak boyutları saptanmış oluyor. Eğer akımın reaktif bileşenini bu hatlarda taşınmazsa iletkenin akım yoğunluğunu düşürebilirsiniz. Dolayısıyla aynı iletken daha fazla aktif akım yani aktif güç iletebiliriz.

## Sistemi Çalıştıranların Beklentisi:

Reaktif güç ile ilgili bu çok temel saptamaları yapınca sistemi çalıştıranlar doğal olarak güç faktörü düzenlemesinin yapılmasını isterler. Yani tüketicilere derler ki; reaktif akımı bizden çekmeyin siz bunu kendiniz kapasitörlerinizden üretebilirsiniz. Bizde o iletkenlerde ortaya çıkacak olan kapasite artışını reel güçle doldurabilir, kullanıcılara daha fazla reel güç transfer edebiliriz diyorlar. Dağıtım kuruluşları da tüketici uçlarda sanayi kuruluşlarında benzer uygulamaya yönelirler. Bunu TEİAŞ TEDAŞ'tan istiyor, TEDAŞ da müşterilerinden istiyor.

## Enerji Sisteminin Kararlılığı:

Üç grup altında incelenir:

- Gerilim: Gerilimlerin sabit tutulması, istendiği kadar enerjinin aktarılabilmesi en temel hedef. Ama bir gerilim kararlılığı yani gerilimin sabit tutulması problemi yaşanabilir.

- Frekans: Frekansın sürekli sabit tutulması gereklidir enerji arzlarında.

- Yük açısı: Güç akışını kontrol eden yük açısı dediğimiz açının sabit tutulması kararlılığın bir parçasıdır.

Şimdi bu üç temel bileşen içerisinde, baktığımızda yük açısının aslında reaktif güç akışıyla çok ilişkili olduğunu, aynı biçimde gerilim seyirlerinin sabit tutulmasının da yine reaktif güç iletimiyle ilişkisi olduğunu biliyoruz. Gerilim ilişkisi çok sık kullanılırda, aslında yük açısıyla reaktif güç iletimi arasındaki ilişki çok fazla görünen bir kısım değildir ama çok da temel bir konu olduğu için gözardı edemeyiz.

Güç faktörünün düzenlenmesi yük açısını etkiler. Düşük endüktif güç faktöründe çalışan jeneratörün aynı aktif gücü aktarırken sahip olduğu rotor açısı (yük açısı) daha düşüktür. Bu nedenle reaktif gücün yükten jeneratöre doğru akışı, ani yük değişimlerine bağlı yük açısındaki salınımlara karşı sistemin hassasiyetini artırır.

Başka bir deyişle generatörlerde güç faktörü ne kadar yüksek tutulursa veya endüktif durumdan kapasitif duruma geçmekte, aynı aktif gücü aktarabilmek için buna bağlı olarak yük açısı artmaktadır. Yük açısının maksimum değeri 90 derecedir. Dolayısıyla bu artış sizi limiti maksimum limite daha fazla yaklaşıyorsunuz anlamına gelir ve sistemde olabilecek geçici yüklemelerde kararlılığı daha çabuk kaybedebilirsiniz anlamına geliyor. Yani sistemi endüktiften kapasitif geçirdiğinizde kararlılığı tutmakta sorun yaşayabilirsiniz. Sonuç olarak aşırı kompanzasyon sistemin kararlı tutulmasını ciddi olarak etkileyebilir. Çünkü üç temel parametreden yük açısı böyle bir ilişki içerisinde.

Bugüne kadar yaptığımız işlemlerde reaktif güç kompanzasyonunda çok temel olarak aşağıdaki formülü kullandık:

$$kVar = kW [\tan \theta_1 - \tan \theta_2]$$

$\theta_1$ : orijinal yük açısı  $\theta_2$ : istenen yük açısı

Bu formüle göre sistem kompanzasyon öncesi örneğin 0,7 güç faktörüyle çalışıyorsa kompanzasyon sonucunda 0.97 ye götürmek için ne kadar reaktif güç kapasitörü ekleneceği bu ilişkiden ortaya çıkıyor ve bu kadar kapasitörü kademelendirip sisteme bağlıyoruz.

Reaktif güç rölesi de bu ihtiyaca göre anlık reaktif güç ihtiyacına göre bu kapasitörleri kademeli olarak devreye alıyor. Kompanzasyonu bu ilişkiyle yapıyor. Burada hiçbir sorunumuz yok. Bu kompanzasyonla yukarıda vurguladığımız güç kaybında bir kazanım ortaya çıkıyor. Kompanzasyon yapılmasıyla güç kaybında ne kadar bir azalma olduğunu aşağıdaki eşitlikten buluyoruz.

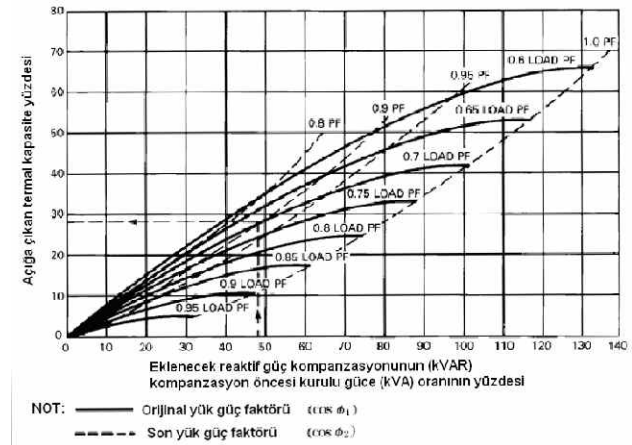
$$\% \Delta P = 100 [1 - (\cos \theta_1 - \cos \theta_2)^2]$$

Yine kompanzasyon yapılmasıyla gerilimlerdeki değişimin de aşağıdaki eşitlikten görülebilir:

$$\% \Delta V = (\text{kondansatör } kVar / \text{transformatör } kVA) (\% X_L)$$

$X_L$  :Trafo reaktansı

Kompanzasyon yapılmasıyla sistemde elde edilen kapasite artışı aşağıdaki grafikten görülebilir:



Örneğin 1000 kVA ve 0.7 güç faktöründeki bir sisteme 480 kVAR gücünde kompanzasyon eklenerek güç faktörü yaklaşık 0.9 değerine çıkarılırsa %28.5 değerinde kapasite kazanımı sağlanır.

### İdeal durum:

Güç faktörünün bir olmasıdır ve bu amaçla kapasitörlerin seçilmesidir.

Ancak kapasitörler belirli değerlerde üretilir ve ürettikleri reaktif güç, eğer denetlenmezse, sabittir.

Reaktif gücün anlık olarak izlenmesi güç elektroniği tekniklerinin kullanımı ile olasıdır. Ancak bakım, onarım ve tasarım maliyeti, sistemin kuruluş ve işletilmesini önemli ölçüde etkiler. O zaman "optimum reaktif güç kompanzasyonu" nedir? Sorusu ortaya çıkar. Bu sorunun yanıtı ideal (güç faktörü=1) olmayan bir değerde çıkar.

### Sürecek...