



REAKTİF GÜÇ KOMPANZASYONU
VE
HARMONİKLER

AliRıza ÇETİNKAYA
Proje & Satış Müdürü

Erhan EYOL
Kalite Güvence Müdürü

REAKTİF GÜÇ NEDİR?

Elektrodinamik prensibine göre çalışan **generatör, trafo, bobin, motor** gibi tüketicilerin çalışmaları için gerekli olan manyetik alanı sağlayan mıknatıslanma akımına **Reaktif Akım** ve dolayısıyla çekilen güce **Reaktif Güç** denir.

Reaktif Gücün, tüketim merkezlerinde özel bir reaktif güç üreticisi tesis edilerek karşılanmasına **KOMPANZASYON** denir.

Günümüzde bütün dünya memleketleri , yer üstü ve yer altı enerji kaynaklarının en ekonomik şekilde harcama yollarını ararken , kurulmuş enerji kaynaklarının da en verimli kullanılmasına çalışılmaktadır.

Elektrik enerjisinin , ürettiği santralden en küçük alıcıya kadar dağıtımda en az kayıpla taşınması çok önemlidir.

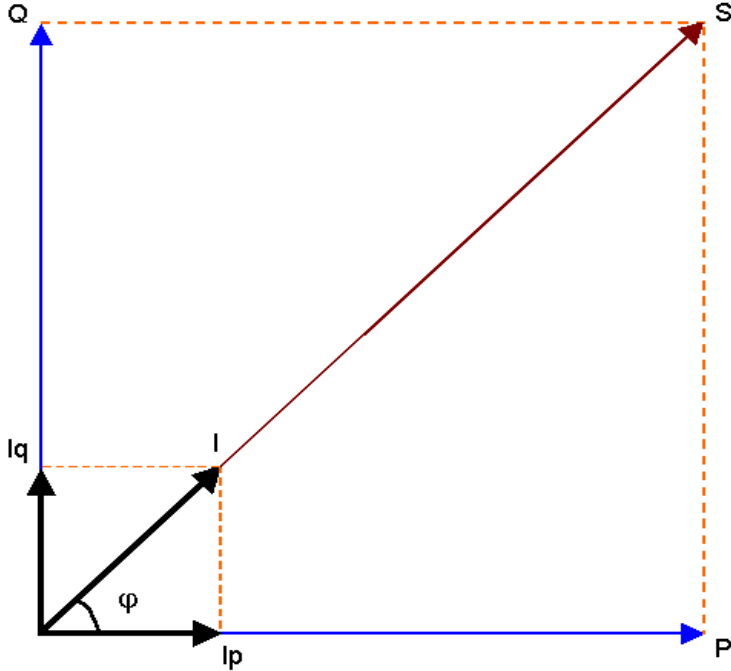
Dünyamızda elektrik enerjisine ihtiyacın her geçen gün biraz daha artması , enerji üretiminin gittikçe pahalılaşması , taşınan enerjinde kaliteli , ucuz ve hakiki iş gören aktif enerji olmasını daha zorunlu kılmaktadır.

Bilindiği gibi , şebekeye bağlı bir alıcı , eğer bir motor , bir transformatör , bir floresant lamba ise , bunlar manyetik alanların temini için bağlı oldukları şebekeden reaktif güç çekerler. Bu çekilen reaktif güç aktif işe dönüşmediği gibi , gereksiz yere hatları yükler , hem ilave gerilim düşümüne ve zayiata sebep olur hemde böylelikle hattın taşıma kapasitesinin düşmesine yol açar.

Reaktif güç çekilimi başı boş bırakılırsa güç katsayısı çok düşer. Güç katsayısı reaktif güç için bir ölçüdür. Bunun için güç katsayısı belli bir sınırdan tutulmalıdır. Böylece reaktif güç çekilimi kontrol altına alınmış olacaktır.



REAKTİF GÜÇ NEDİR?



Aktif güç bileşeni doğrudan ısıya, ışığa veya harekete dönüşen kısımdır ve görünen gücün, aktif güç eksenindeki bileşenidir.

Reaktif güç'ün, aktif güç gibi santrallerde Üretilmesine gerek yoktur; sadece generatör uyarmasının ayarlanması ile generatör, reaktif güç verecek duruma getirilir.

Görünür güç

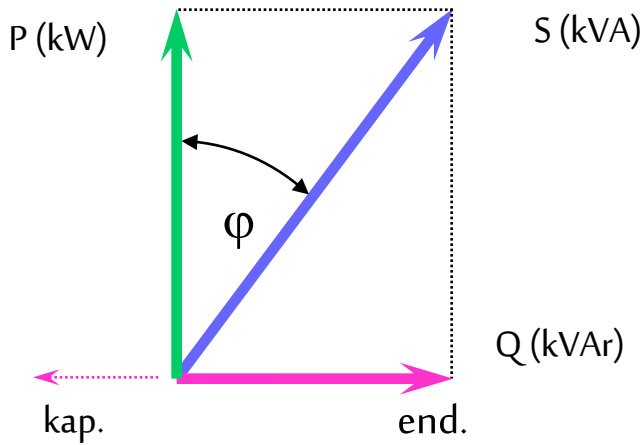
$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

şeklinde hesaplanır.

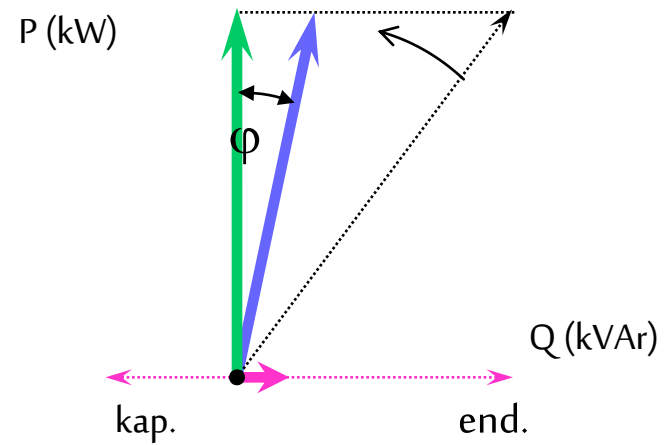
REAKTİF GÜÇ KOMPANZASYONU

Vektörler ile ifade

KOMPANZASYON YOK



KOMPANZASYON VAR



$$\text{Power Factor} = \text{Cos}(\varphi) = \frac{P(kW)}{S(kVA)}$$

REAKTİF GÜÇ KOMPANZASYONU

Bir tüketicinin şebekeden çektiği görünür güç;

olarak ifade edilir. Çekilen gücün endüktif bir yük olması durumunda gerilim ile akım arasında ϕ açısı meydana gelir. Buna göre;

Aktif akım

Aktif güç

Reaktif akım

Reaktif güç

REAKTİF GÜÇ KOMPANZASYONU

Reaktif Güç Hesabı

Tüketicinin reaktif güç ihtiyacının tespit edilebilmesi için tüketicinin şebekeden çektiği zahiri gücün S_1 , buna ait $\cos\varphi_1$ güç katsayısının ve çıkarılması istenen $\cos\varphi_2$ değerinin bilinmesi gereklidir. Bununla beraber bir tesiste kurulacak olan kompanzasyon sisteminin tipi ;

- Sistemdeki reaktif güç dağılımına
- Reaktif güç ihtiyacının değişimine
- Tesisteki harmonik distorsiyon miktarına
- Tesisin yerleşimine bağlıdır.

REAKTİF GÜÇ KOMPANZASYONU

Rezonans gücü hesabı;

$$Q_{pr} = \frac{S}{n^2 \cdot \%u_k \cdot \sin \varphi_k}$$

S : Transformator gücü (kVA)

n : Harmonik mertebesi

$\%u_k$: Transformatorün bağıl kısa devre gerilimi

KOMPANZASYONU SİSTEMLERİ

Trafo Sabit Kompanzasyonu;

Yönetmeliğe göre, sabit kondansatör gücü pratik olarak

$$Q_s = < \%3 S$$

değerinde alınabilir.

Ancak sabit kondansatör gücü, trafonun boşa reaktif kayıpları göz önünde bulundurularak seçilmelidir.

Örneğin: 1600 kVA 34,5/0,4 kV bir dağıtım trafosu için sabit kondansatörün 25 kVAr olarak seçilmesi yeterlidir.

'''Trafo büyük seçilmiş ve kullanılan yük düşükse OG. Referanslı AG.Kompanzasyon sistemleri kurulması daha mantıklıdır.



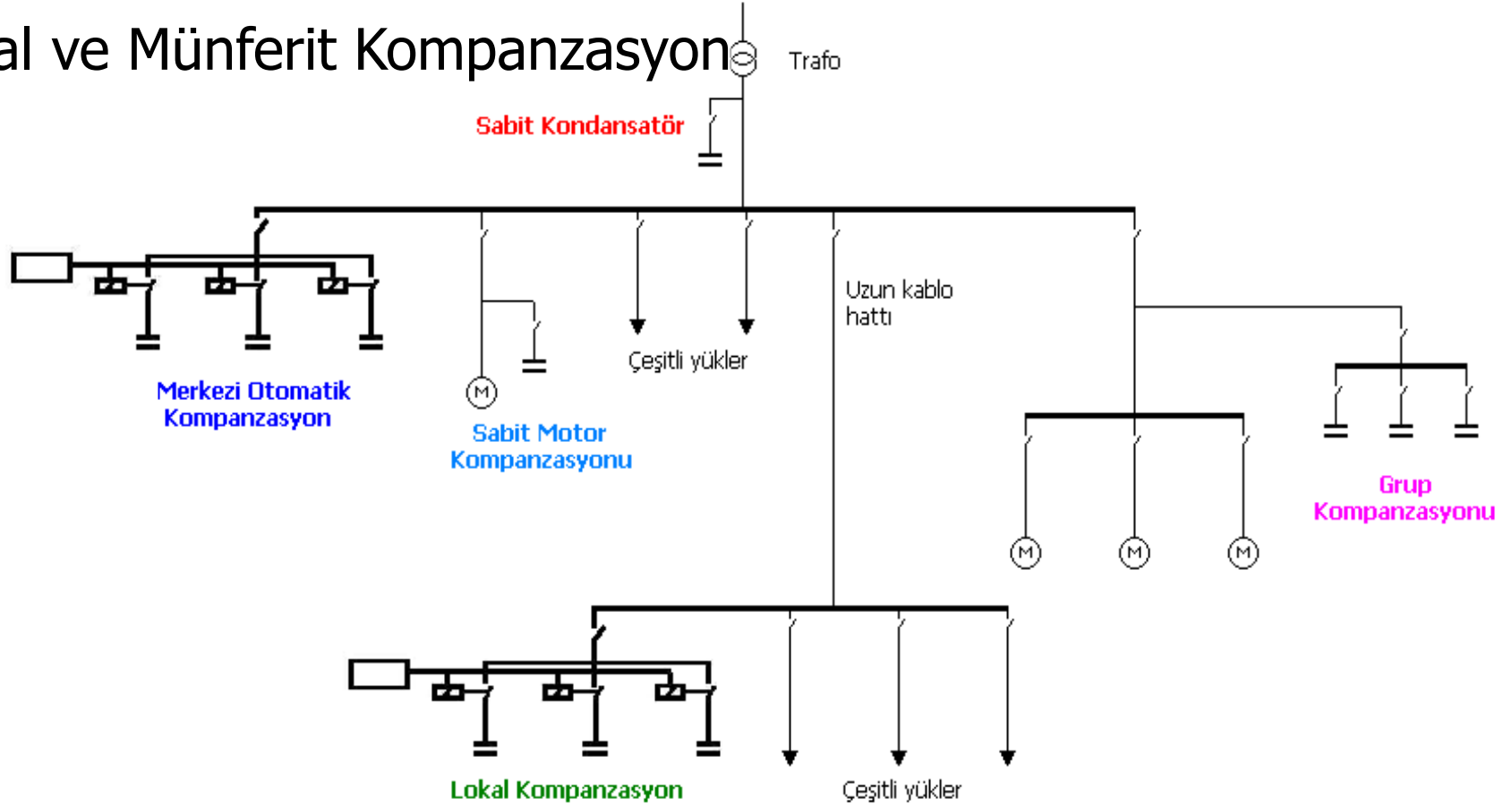
KOMPANZASYONU SİSTEMLERİ

Bunlara göre AG tesisinde, **eğer harmonik sorunu yoksa** uygulanabilecek kompanzasyon sistemleri;

- Münferit Kompanzasyon (Merkezi Otomatik)
- Lokal Kompanzasyon

KOMPANZASYONU SİSTEMLERİ

Lokal ve Münferit Kompanzasyon



KOMPANZASYONU SİSTEMLERİ

Münferit Kompanzasyon (Merkezi Otomatik)

Bir tesiste, reaktif güç ihtiyacı olan yüklerin çok sayıda ve dağınık olarak bulunduğu sistemlerde münferit kompanzasyon uygulanması en ekonomik çözümdür.

Münferit kompanzasyon AG trafosunun sekonder tarafına uygulanır. Böyle sistemlerde her tüketicinin sabit ve sürekli reaktif güç tüketmesi söz konusu değildir. Bu nedenle reaktif güç ihtiyacını karşılayabilmek için kurulacak olan kompanzasyon sisteminin, ihtiyaç duyulan reaktif gücü hızlı bir şekilde ve sistemin $\tan\phi$ değerini sabit tutacak şekilde karşılaması gereklidir.



KOMPANZASYONU SİSTEMLERİ

Lokal Kompanzasyon

Reaktif güç ihtiyacı sabit olan yüklerin veya tesiste trafodan uzakta bir noktada bir arada bulunan yüklerin olması durumunda uygulanabilecek bir yöntemdir.

Motorların reaktif güç ihtiyacını karşılayabilmek için uygulanacak kompanzasyon sisteminin hesabının motorun çektiği aktif güce göre yapılması gereklidir. Bir motor etiketinde yazan Aktif Güç ve $\cos\phi$ değeri ile tanımlanır.

Reaktif Güç Kompanzasyonunun Faydaları

- ➔ Generatörlerin,transformatörlerin ve enerji iletim hatlarının yükleri azalır ve yeni yükler için imkan sağlanır.
- ➔ Tesisteki toplam gerilim düşümü küçülür.
- ➔ Tesisteki toplam kayıplar azalır.

Böylece tesislerin daha küçük güçlere göre yapılması yani ucuza mal edilmesi sağlanır. Ya da mevcut tesislerden daha büyük güç çekme imkanı doğar.

Harmonik sorunu olan tesislerde klasik Reaktif Güç Kompanzasyonunun Sakıncaları

Tesiste harmonik kaynağı makineler-cihazlar varsa ve bu harmonik seviyeleri standartların belirttiği seviyelerin üzerinde ise veya kompanzasyon sistemi ile yükler arasında paralel rezonans oluşturma riski teşkil ediyorsa, kurulacak kompanzasyon sistemi, işletme için bir çok harmonik kaynaklı problemin ortaya çıkmasına sebebiyet verecektir.

HARMONİKLER VE ÇÖZÜM YÖNTEMLERİ

Harmonik Nedir?

Elektrik sistemlerinde enerjinin üretilmesi ve dağıtılması sırasında akım ve gerilimin 50 Hz temel frekansta Sinüsoidal dalga şeklinde olması idealdir.

Ancak gelişen güç elektroniği teknolojisi ile işletmelerdeki tiristör ve IGBT gibi yüksek frekanslarda tetikleme yapabilen tüm yükler elektriksel çalışma karakteristiklerinden dolayı çeşitli frekans seviyelerinde harmonik adı verdiğimiz akımların oluşmasına neden olur.

HARMONİKLER VE ÇÖZÜM YÖNTEMLERİ

Harmonik Nedir?

Efektif Akım:

$$I_{rms} = \sqrt{I_1^2 + I_2^2 + I_3^2 + \dots + I_n^2} = \sqrt{I_1^2 + \sum_{h=2}^n I_h^2}$$

Toplam Harmonik Akım Distorsiyonu:

$$THDI_{rms} = \frac{\sqrt{I_2^2 + I_3^2 + \dots + I_n^2}}{I_1}$$

HARMONİKLER VE ÇÖZÜM YÖNTEMLERİ

Harmonik Nedir?

Efektif Gerilim:

$$V_{rms} = \sqrt{V_1^2 + V_2^2 + V_3^2 + \dots + V_n^2} = \sqrt{V_1^2 + \sum_{h=2}^n V_h^2}$$

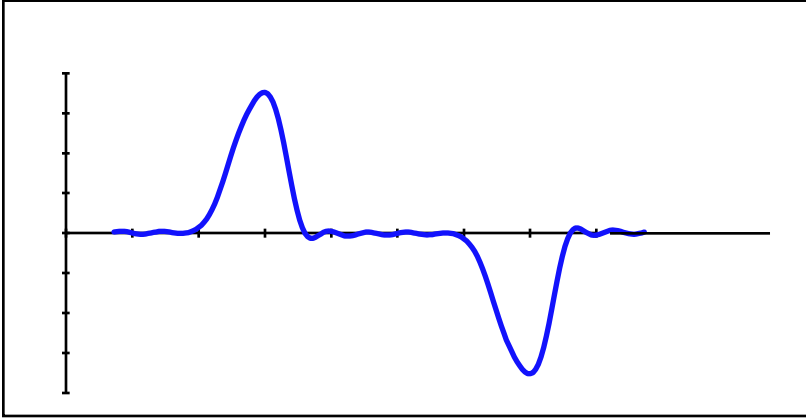
Toplam Harmonik Gerilim Distorsiyonu:

$$THDV_{rms} = \frac{\sqrt{V_2^2 + V_3^2 + \dots + V_n^2}}{V_1}$$

BAŐLİCA HARMONİK KAYNAKLARI

- Kesintisiz Güç Kaynakları ve Bilgi işlem Yükleri,
- Hız Kontrol Cihazları,
- Doğrultucular, DönüŐtürücüler,
- Tristör ve IGBT Kontrollü Devreler,
- Elektronik Balastlı Floresan Lambalar,
- Ark ve Endüksiyon Ocakları,
- Kaynak ve Punta Kaynak Makinaları,
- Doyma Bölgesinde Çalışan Transformatörler,
- Nominal Gücünün Üstünde Yüklenen Transformatörler.

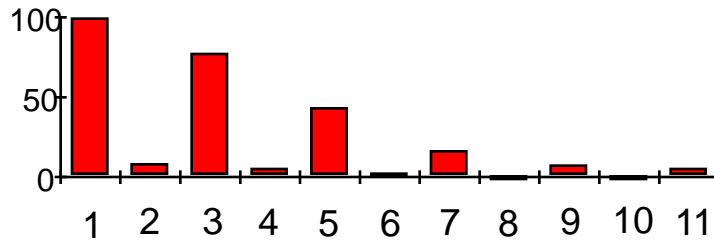
BAŞLICA HARMONİK KAYNAKLARI



Sıralama :

- Harmonik derecesi bileşenin frekansını belirler ve bu frekans temel frekansın katları şeklindedir.
Örneğin ; Temel bileşen = 50 Hz için, 5. Harmonik bileşen değeri; $5 \times 50 = 250$ Hz olur.

Temel bileşenin yüzdesi olarak harmonik spektrum

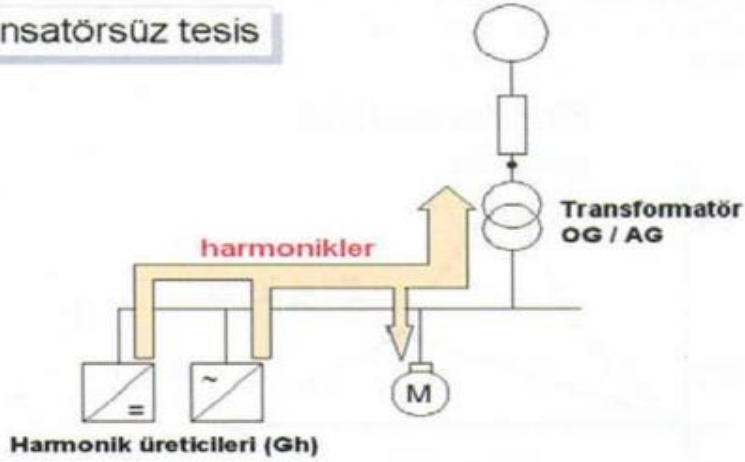


Spektrum :

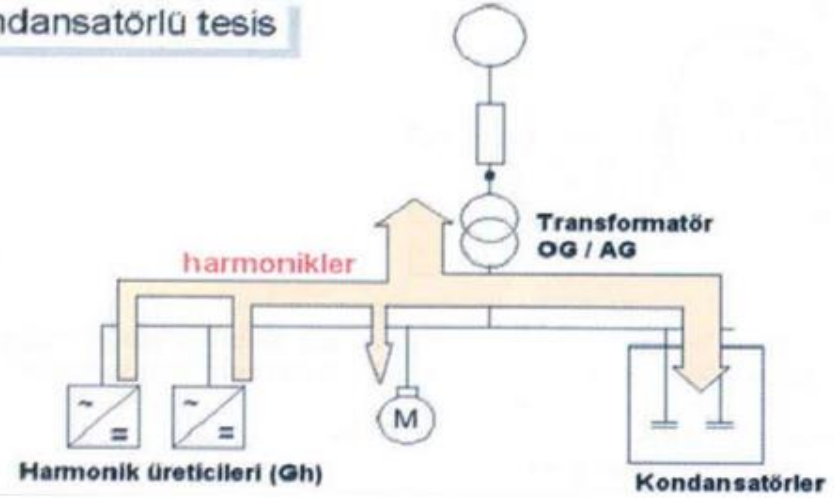
- Bir sinyalin değişik harmonik bileşenlerinin büyüklüklerini ilgili frekansların bir fonksiyonu olarak gösteren grafikdir.

- HARMONİKLERİN DAVRANIŞI
- Şebekenin endüktif özelliği, kondansatör ile beraber paralel bir rezonans devresi yaratır.
- Harmonik akımların bir kısmı şebekeye doğru ve büyük kısmı ise empedansları harmonik frekanslarda küçük olduğu için kondansatörlere doğru yönelirler. Bu şekilde, harmonik akımlar kondansatörlerde akım değerini artırır.

Kondansatörsüz tesis



Kondansatörlü tesis



HARMONİKLERİN SEBEP OLDUĞU ARIZALAR

- Elektromekanik cihazlarda ve kablolarda ısınma
- Makinalarda mekanik titreşimler (vibrasyon)
- Ateşleme devrelerinin anormal çalışması
- CAD/CAM terminallerinde hafızaların silinmesi
- Elektronik kart arızaları
- Güç kondansatörlerinde güç kayıpları, delinmeler ve patlamalar, kompanzasyon sigortalarında atmalar;
- Kesici ve şalterlerde açmalar;
- Röle sinyallerinin bozulması ve anormal çalışması;
- Enerji kayıpları' dır.

Kurulu bir tesiste Harmoniklerin Tespiti

Kurulu bir tesiste Harmonikleri analiz edilebilmenin en doğru yolu tesiste Harmonik ölçümü yapılmasıdır.

Ölçümden önce mutlaka tesisin elektriksel yapısı ayrıntılı olarak incelenmelidir.

Harmoniklerin bulunduğu sistemlerde, belli başlı harmonik kaynakları tespit edilmeli ve gerekirse kaynak başından ölçüm alınmalıdır.

Yeni Kurulacak Bir Tesiste Harmoniklerin Tespiti

Tesisin yapısı incelenerek harmoniklere karşı baştan önlem alınması mümkündür.

Tesisin projelendirilmesinde kompanzasyon gücünün tesisin paralel rezonans gücünden küçük olmasına dikkat edilmelidir.

Tesisin trafo gücü, kurulu gücü, fiili gücü, ve tüm harmonik kaynaklarının model ve güçleri tespit edilmelidir

Uluslararası Harmonik Standartları

Uluslararası IEC 519 – 1992' ye göre kabul edilebilen harmonik bozulma sınır değerleri;

Gerilim için : %3

Akım için : %5

olarak belirlenmiştir. Bu limit değerlerin üzerinde bulunan harmonik oranlarında, elektrik sistemleri için tehlikeli ve büyük maddi zararlar oluşturabilecek problemler meydana gelmektedir.

HARMONİK FİLTRELEME SİSTEMLERİ

Harmoniklerin iyileştirilmesine veya giderilmesine yönelik çözümler şunlardır.

- Orta Gerilim Kompanzasyonu
- Pasif Filtreler
- Aktif Filtreler

1.Tıkama amaçlı (anti-rezonans) (de-tuned) filtreler :

Sadece kompanzasyon gerektiren, ve harmonik miktarı yok veya az olan endüstri tesisleri için uygundur. Besleme şebekesinde meydana gelebilecek geçici harmonik akımlarından (paralel rezonans) kapasitörleri koruduğu gibi, kapasitörlerin servise girişi esnasında çektikleri 200-300 kat akımları da tehlikesiz seviyelere indirmeye yarar. De-tuned filtrelerde yaygın olarak 189 Hz tercih edilir. Özet olarak, harmonik olmayan şebekelerde bile, kondansatörler önüne filtre bağlayarak kondansatörlerle şebekenin (trafonun) rezonansı önlenmiş olur.

2.Kısmi tıkamalı filtreler (partially filter) :

210-240 Hz arasında seçilebilir. Yaygın kullanımı 210 Hz dir. Hem kompanzasyonu hem filtrelemeyi birlikte yapmak için enucuz ve etkili filtreleme yoludur. Rezonans fitresine göre daha az risklidir. Şebekeden çekilen harmonik akımlar %90' lardan %10' a kadar inebilir. Kalan %90' ı filtreye gider.

3.Rezonans filtreleri (tuned filter) :

240-250 Hz arası seçilebilir. Yüksek miktardaki harmoniklerin süzülmesi gereken yerler için uygunsu da, büyük riskleri beraberinde taşır.

210 Hz' e akortlu filtreler beşinci harmoniğe karşı (250 Hz) küçük empedans gösterip, üzerine alırken, aynı filtre 7. harmonik (350 Hz) ve daha üst harmonikleri de kısmen yutarlar. Ama daha iyisi kompanzatorün kademelerini ayrı ayrı frekanslara akord etmektir. Mesela 3., 5., 7., 9. harmonikler için sırasıyla 134 Hz, 210 Hz, 300 Hz, 380 Hz' e akord edilmiş filtrelerle daha iyi süzme gerçekleşir.

FİLTRE SEÇİMİNDE KRİTERLER

6 darbeli hız kontrol cihazlarının ağırlıklı olduğu endüstri tesislerinde 5. ve 7. harmoniklerin varlığı belirtilmişti. Mümkünse, bunun bir enerji analizörü ile ölçülerek doğrulanmasıdır. 400 V şebekelerde kullanılan reaktif güç kondansatörleri, filtre ile birlikte kullanılırsa daha yüksek gerilime maruz kalacaklarından,

kondansatörün ömürlü olması için gerilim yükselmesi göz önüne alınmalıdır.

Mesela $U_{cn}=400$ Volt olan bir kapasitör 210 Hz ($p=X_L / X_C=\%5,67$) bir filtre ile birlikte kullanılırsa $U_n =385$ Volt olan bir şebeke voltajı, kapasitör terminalinde

$U_c=U_n / (1-p)=385 / (1-0,0567) = 409$ Volt' a ulaşır. $409<440$ V Böyle bir tesiste 440 V Kondansatör kullanılmalıdır..

Diğer önemli konu ise, kondansatörün etiket gücü, uygulamada işletme gerilimin karesiyle artıp veya azalması söz konusudur.

Örnek olarak, $L_n=0,61$ mH ($p=\%6$) olan bir filtre reaktörü, $Q_{cn}=60$ kVAr

$U_{cn}=440$ V bir kapasitöre seri bağlanırsa, 385 Volt şebekeye filtreden geçen miktar,

$$Q_c = Q_{cn} \times U_n^2 / U_{cn}^2 (1-p) = 60 \times 385^2 / 440^2 (1-0,06)=49 \text{ kVAr}$$

Keza, bu kapasitör, $L_n=0,61$ μ H ile seri bağlı ise, rezonans frekansı

$$f_r = U_{cn} \sqrt{f / 2\pi \times Q_{cn} \times L_n} = 440 \sqrt{50 / 2 \times 31,4 \times 60 \times 0,61} = 205 \text{ Hz dir.}$$

Böylece 385 V 490 kVAr' lık bir filtreli kompanzasyon için 10 adet 440 V 60 kVAr veya 10 Adet 80 Kvar 525V kondansatör gerekir. Bunlar Harmonik Filtre Reaktörü Kataloglarımızdan seçilebilir.. Standart

kapasitörler, nominal akımın yüzde 30 fazlasına sürekli yüklenebilirler. Bu, kapasitör akımını taşıyacak reaktörler de temel dalgaya ilave %30 harmonik akımlarını da taşıyacak şekilde toleranslı imal edilmelidir.

Hatta harmonik akımlar kısa sürede aşırı seviyelere yükselebileceğinden, reaktörlerin nominal akımının yüzde 70-80' i kadar aşırı akımlarda dahi magnetik devresinin doymaması istenir.