

Pasif Harmonik Filtrelemede Pratik Yaklaşımlar

M. Hilmi Çorapsız
HILKAR Ltd.

Giriş:

Endüstrileşmenin sonucunda elektrik şebekelerinde kirlenme kaçınılmazdır. Enerji kalitesini belirleyen en önemli faktörler, voltaj değişimleri, frekans değişimleri, kesintiler ve temel frekansın dışındaki frekansları (harmonikleri) üreten tüketicilerdir. Bu yazının konusu harmoniklerin en aza indirilmesi teşkil eder. Yazıdaki örneklerde temel harmonik frekansının 50 Hz olduğu varsayılmıştır.

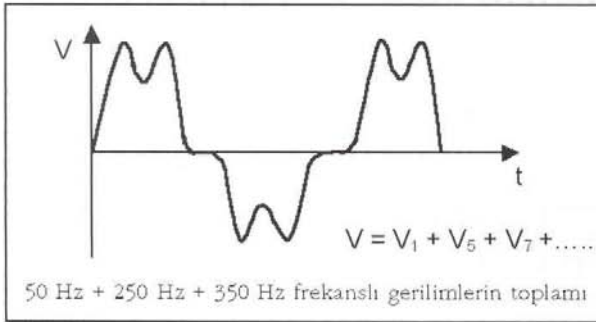
Motor hız kontrol cihazları, temel harmoniğin %40-50'si civarında 5.(250 Hz) ve 7.(350 Hz) harmonik üretirler. Bunun yanı sıra batarya şarj cihazları %25-30

civarında 5. ve 7. harmonik üretirler.

Bilgisayarlar, kompakt fluoeransan ampuller ise %50-100 arasında 3.,5.,7. ve 9. harmonik (en fazla 3.) üretirler. 12 darbeli hız kontrol cihazlarında ise 11. ve 13. harmonikler ağırlıktadır. Endüstriyel tesislerde gerilimdeki bozulmanın %5' i aşmaması genellikle yeterli kabul edilir, ve pasif filtrelerle bu seviyeye rahatlıkla inilir. Ancak havaalanı, hastane gibi tesislerde gerilimdeki bozulmanın (THDV)=%3' ün altına çekilmesi istenebilir.Bunu pasif filtrelerle sağlamak her zaman mümkün olmayabilir. Bu durumda çok daha pahalı olan aktif filtreler gerekebilir.

Bir tesiste harmonik kirlenmesinin en açık belirtisi, gerilimin sinüs dalgasının şeklinin bozulmasıdır. Temel dalgayı bozan diğer frekanslı dalgalar, "fourier analizi" ile tespit edilebildiği gibi, enerji analizörleri ile bu iş çok çabuk yapılabilmektedir.

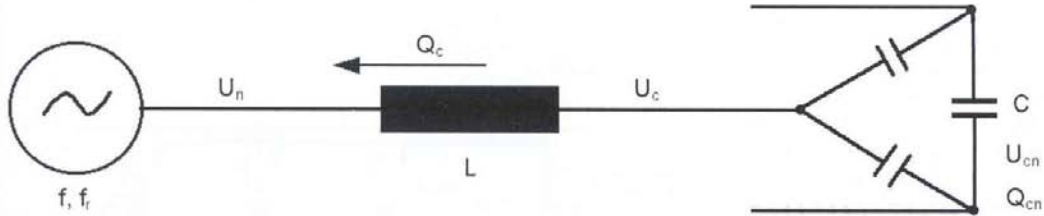
Pasif filtre, bir güç kondansatörü ile uygun değerde bir indüktansın (reaktörün) seri bağlanması ile elde edilen rezonans devresidir. Böylece tesisin reaktif güç ihtiyacını karşılayan kompanzator, aynı anda harmoniklerin de süzülme işini yerine getirir, ve böylece ucuz bir yatırımla filtreleme gerçekleşir. Bunun sonucunda tesisteki harmonik akımlar, başıboş olarak cihazlardan



$$THD(V) = \sqrt{V_3^2 + V_5^2 + V_7^2 + \dots} / V_1$$

Ve harmonikler dahil voltajın trms değeri;

$$V_{trms} = \sqrt{V_1^2 + V_3^2 + V_5^2 + \dots}$$



devre tamamlamak yerine, kendisine düşük direnç gösteren filtrelelere doğru gidecektir.

Pasif Filtreleme Çeşitleri :

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 en ucuz ve etkili filtreleme yoludur. Rezonans frekansına göre daha az risklidir. Şebekeden çekilen har-

monik akımlar %90' lardan %10' a kadar inebilir. Kalan %90' ı filtreyle 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.

Filtre Seçiminde Kriterler :

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 kapasitörleri, filtre ile birlikte kullanılırsa daha yüksek gerilime maruz kalacaklarından, kapasitörlerin 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. 400 V kapasitörler (440 V dayanacak şekilde imal edilirler.

409<440 V Böyle bir tesiste 400 V kapasitör kullanılabilir.

Diğer önemli konu ise, kapasitörün 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, $Q_c = Q_{cn} \times U_n^2 / U_{cn}^2 (1-p) = 60 \times 385^2 / 440^2 (1-0,06)=49$ kVAR Keza, bu kapasitör, $L_n=0,61$ mH ile seri bağlı ise, rezonans frekansı

$$f_r = U_{cn} \sqrt{f / 2\pi \times Q_{cn} \times L_n} = 440$$

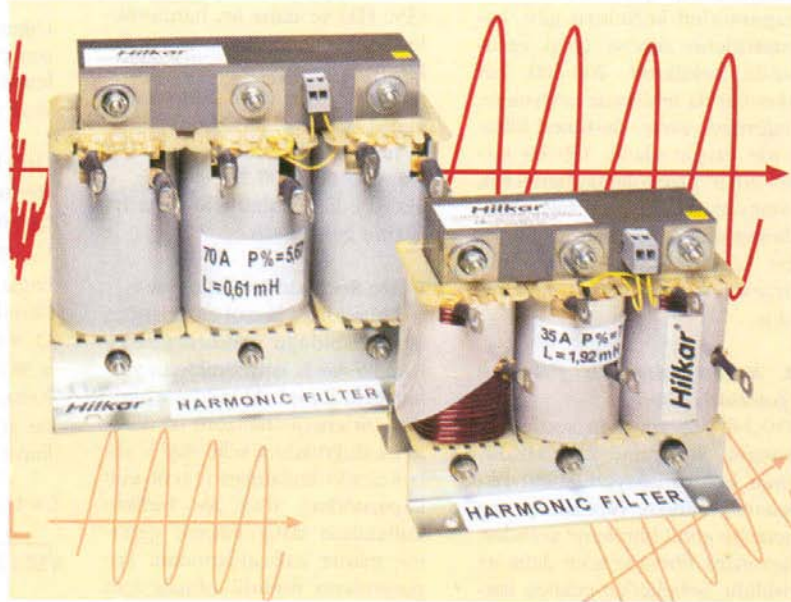
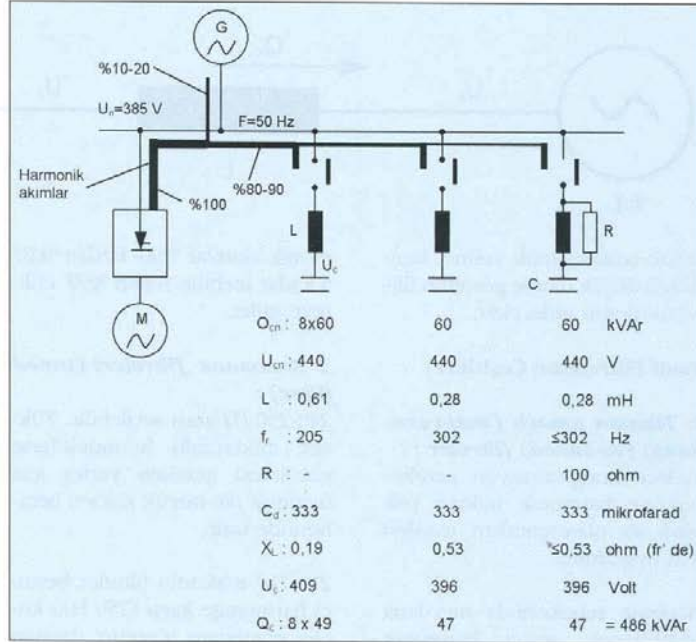
$$\sqrt{50 / 2 \times 31,4 \times 60 \times 0,61} = 205 \text{ Hz'dir.}$$

Böylece 385 V 490 kVar'lık bir filtreli kompanzasyon için 10 adet 400V 46 kVar veya 10 adet 440 V 60 kVar kondansatör gerekir. Bunlar için HFR50.4.5 ve HFR50.4.2 tipi reaktör uygundur. 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.

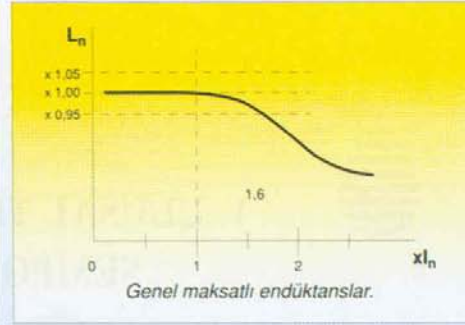
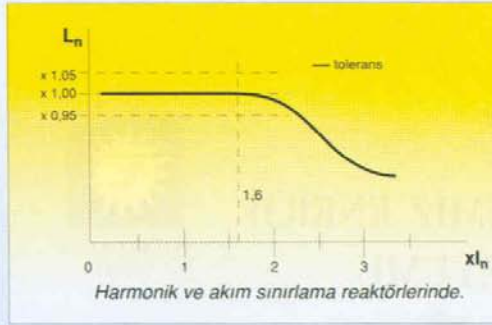
Dikkat edilmesi gereken bir konu da, kapasitörlerin yıllar itibarıyla değer kaybetmesidir. Kapasitansı düşmüş kapasitörler, filternin rezonans frekansının da kaymasına sebep olurlar. Bunun sonucu olarak filtreleme yetersiz olacağı gibi, rezonans riskleri de ortaya çıkabilir. Kısaca filtrelere bağlı kondansatörlerin çektikleri akım zaman zaman ölçülerek değer kaybı izlenmelidir.

Kaynaklar :

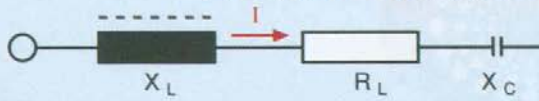
1. Harmonic and Reactive Power Compensation (Nokian Capacitor)
2. Harmonic Filter Banks (Nepi Co.)
3. IEEE Transaction on Industry Applications. Vol 29
4. Siemens Electrical Installations Handbook



REAKTÖRLERDE DOĞRUSALLIK



FİLTRELERDE REZONANS EĞRİLERİ



$$Z = R_L + j(X_L - X_C)$$

