



TMMOB ELEKTRİK MÜHENDİSLERİ ODASI

BİLGİ BELGE MERKEZİ(BBM)

Döküman Bilgileri

EMO BBM Yayın Kodu	: 6
Makalenin Adı	: Pasif Harmonik Filtrelemede Pratik Yaklaşımlar
Makalenin Yayın Tarihi	: 01/01/2004
Yayın Dili	: Türkçe
Makalenin Konusu	: Pasif harmonik filtreleme
Makalenin Kaynağı	: 3E Electrotech Dergisi, sayı 116, Ocak 2004
Anahtar Kelimeler	: pasif harmonik filtreleme
Yazar 1	: M. Hilmi Çorapsız
Yazarlar EMO üyesi ise Sicil No	: 4438

Açıklama

Bu doküman Elektrik Mühendisleri Odası tarafından açık arşiv niteliğinde olarak bilginin paylaşımı ve aktarımı amacıyla eklenmiştir.

Odamız üyeleri kendilerine ait her türlü çalışmayı EMOP/Üye alanında bulunan veri giriş formu aracılığı ile bilgi belge merkezinde yer almاسını sağlayabileceklerdir. Ayrıca diğer kişiler çalışmalarını e-posta (bbm@emo.org.tr) yolu ile göndererek de bu işlemin gerçekleşmesini sağlayabileceklerdir. Herhangi bir dergide yayınlanmış akademik çalışmaların dergideki formatı ile aynen yer almaması koşulu ile telif hakları ihlali söz konusu değildir.

Elektrik Mühendisleri Odası Bilgi Belge Merkezi'nde yer alan tüm bilgilerden kaynağı gösterilerek yararlanılabilir.

Bilgi Belge Merkezi'nde bulunan çalışmalardan yararlanıldığında, kullanan kişinin kaynak göstermesi etik açısından gerekli ve zorunludur. Kaynak gösterilmesinde kullanılan çalışmanın adı ve yazarıyla birlikte belgenin URL adresi (http://bbm.emo.org.tr/genel/katalog_detay.php?katalog=2&kayit=6) verilmelidir.

Pasif Harmonik Filtrelemede Pratik Yaklaşımlar

M. Hilmi Çorapsız
HİLKAR 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. Yazındaki örneklerde temel harmonik frekansının 50 Hz olduğu varsayılmıştır.

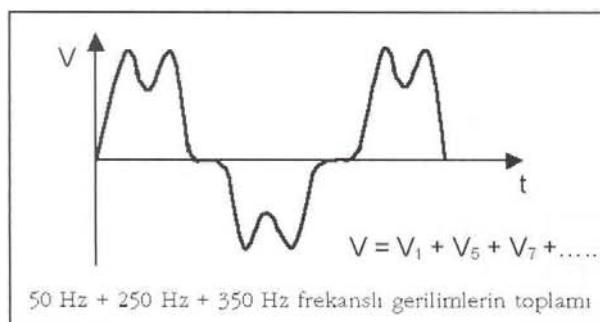
Motor hız kontrol cihazları, temel harmoninin %40-50'si civarında 5.(250 Hz) ve 7.(350 Hz) harmonik üretirler. Bunun yanı sıra batarya şarj cihazları %25-30

civarında 5. ve 7. harmonik üretirler.

Bilgisayarlar, kompakt fluoerasan ampuller ise %50-100 arasında 3., 5., 7. ve 9. harmonik (en fazla 3.) üretirler. 12 dardbeli hız kontrol cihazlarında ise 11. ve 13. harmonikler ağırlıklıdır. 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 sinus dalgasının şeklinin bozulmasıdır. Temel dalgayı bozan diğer frekanslı dalgalar, "fourier analizi" ile tespit edilebildiği gibi, enerji analizörleri ile bu iş çok çabuk yapabilmektedir.

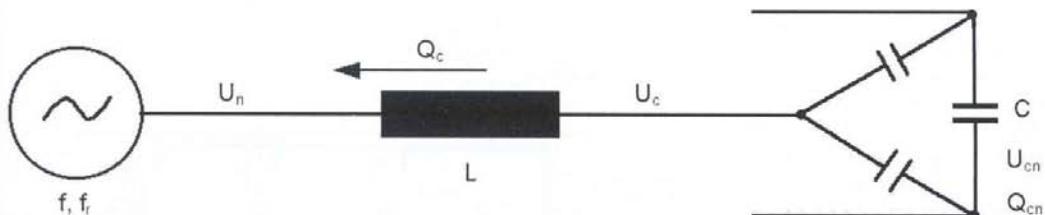
Pasif filtre, bir güç kondansatörü ile uygun değerde bir induktansın (reaktörün) seri bağlanması ile elde edilen rezonans devresidir. Böylece tesisin reaktif gücünü karşılayan kompanzatör, aynı anda harmoniklerin de süzülme işini yerine getirir, ve böylece ucuz bir yatırımla filtreleme gerçekleşir. Bunun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



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

Ve harmonikler dahil voltajın trms değeri;

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



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

Pasif Filtreleme Çeşitleri :

1. Tıkanma amaçlı (anti-resonans) (de-tuned) filtreler :

Sadece kompanzasyon gerektiren, ve harmonik miktarı yok veya az olan endüstri tesisleri için uygundur.

Besleme şebekesinde meydana gelebilecek geçici harmonik akımlarından (parallel rezonans) kapasitörleri koruduğu gibi, kapasitörlerin servise girişi esnasında çekikleri 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. Kısıtlı tıkanaklı filtreler (partially filter) :

210-240 Hz arasında seçilebilir. Yaygın kullanımı 210 Hz'dır. Hem kompanzasyonu hem filtrelemeyi birlikte yapmak için en ucuz ve etkilifiltreleme yoludur. Rezonans fitresine göre daha az risklidir. Şebekeden çekilen har-

monik 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 uygunsa 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 kompanzatörün kademelerini ayrı ayrı freksnlara 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 belirtilmiştir. Mümkünse, bunun bir enerji analizi ile ölçülecek 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 voltagı, 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.

Diger 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,

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

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

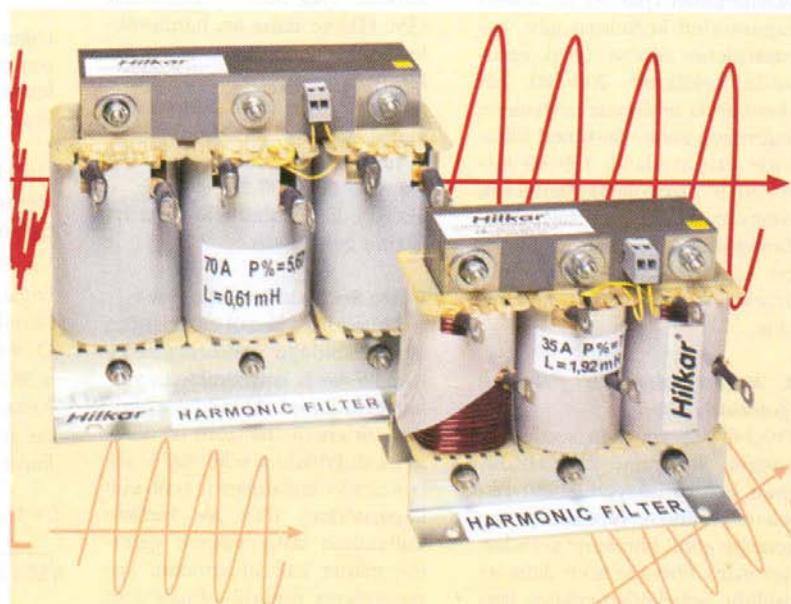
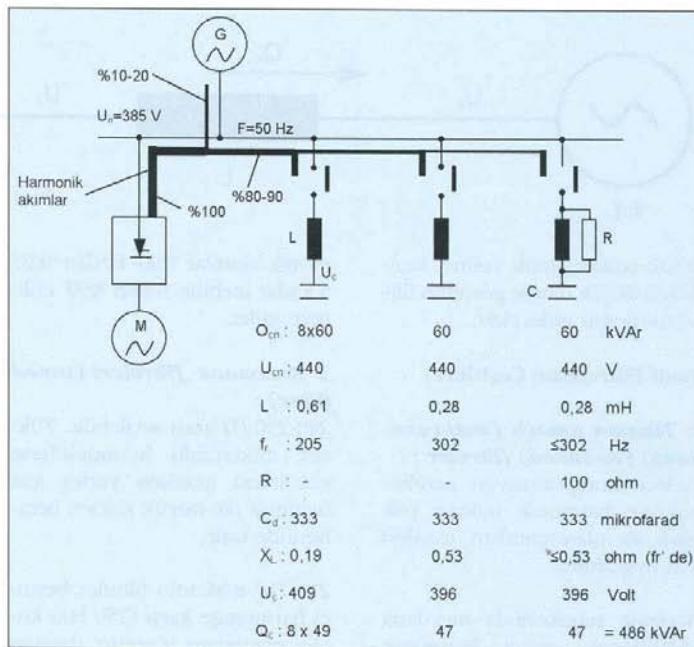
$$f_r = U_{cn} \sqrt{f / 2\pi \times Q_{cn} \times L_n} = 440 \sqrt{50 / 2 \times 31,4 \times 60 \times 0,61} = 205 \text{ Hz'dir.}$$

Böylece 385 V 490 kVAr'lık bir filtreli kompansasyon için 10 adet 400V 46 kVAr veya 10 adet 440 V 60 kVAr kondansatör gereklidir. 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 yükselebilinceinden, reaktörlerin nominal akımının yüzde 70-80'i kadar aşırı akımlarda dahi magnetik devresinin doymaması istenir.

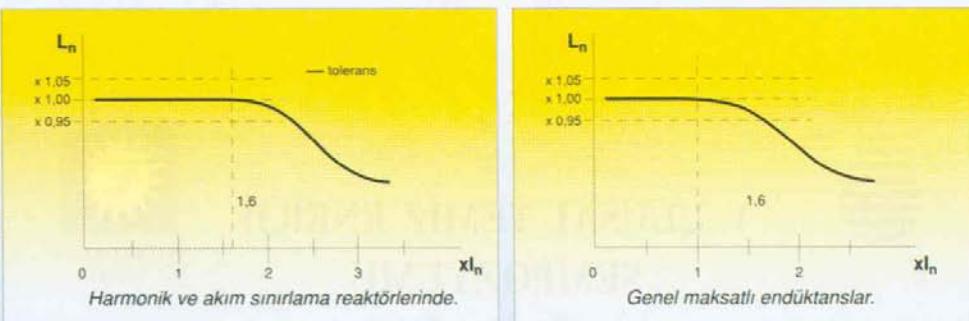
Dikkat edilmesi gereken bir konu da, kapasitörlerin yıllar itibarıyle değer kaybetmesidir. Kapasitansı düşmüş kapasitörler, filtrenin rezonans frekansının da kaymasına sebep olurlar. Bunun sonucu olarak filtreleme yetersiz olacağı gibi, rezonans riskleri de ortaya çıkabilir. Kısaca filtrelere bağlı kondansatörlerin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

Kaynaklar :

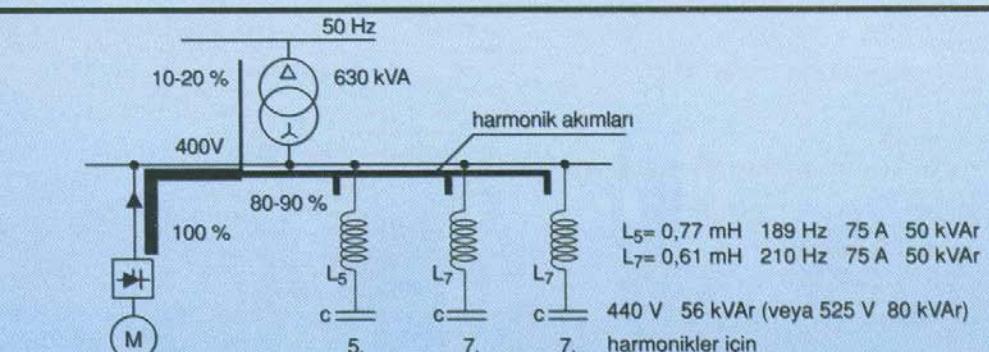
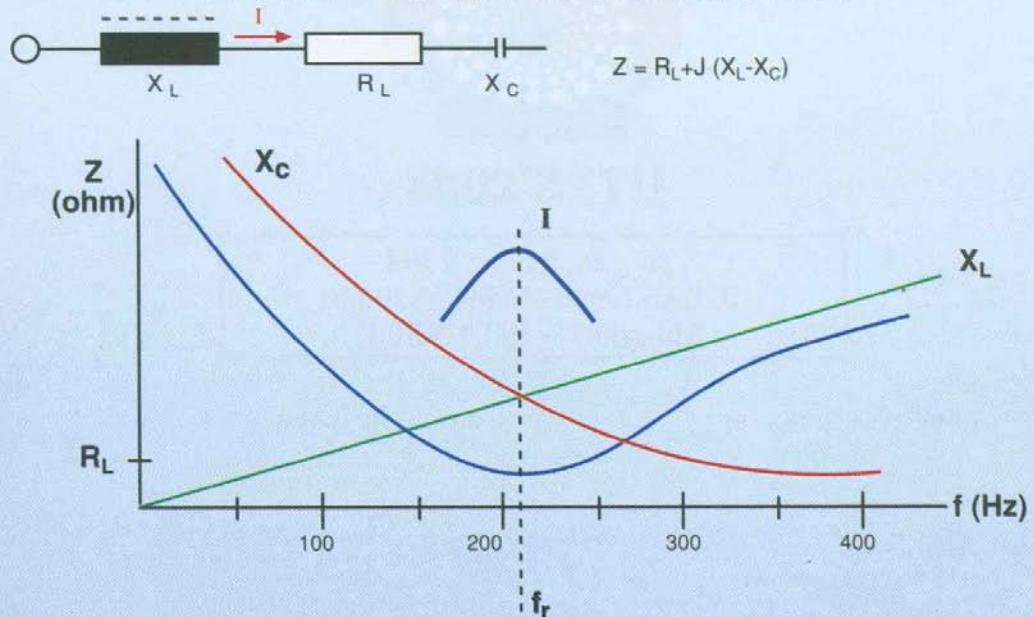
1. Harmonic and Reactive Power Compensation (Nokian Capacitor)
2. Harmonic Filter Banks (Nepi Co.)
3. IEEE Transaction on Industry Applications. Vol 29
4. Siemens Electrical Installations Handbook



REAKTÖRLERDE DOĞRUSALLIK



FİLTRELERDE REZONANS EĞRİLERİ



400 V 150 kVar filtreli reaktif güç kompansasyon örneği