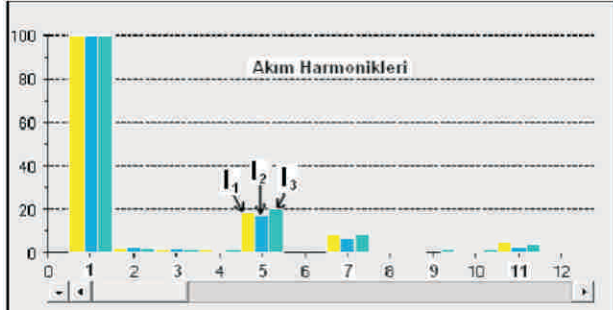


yük doğrusal bir yük değil. Doğrusal olmayan bu akım dalga şeklinin Fourier analizini yaptığımızda elde ettiğimiz harmoniklerin değerlerini aşağıdaki gibi görmekteyiz.



Akım Harmoniklerinin Gerilim Üzerine Etkisi

Yük tarafından çekilen akımların harmonik analizleri yapıldığında içerdikleri harmoniklerin frekansı ve genliği elde edilir.

$$I(t) = I_0 + I_1 \sin(\omega t - \phi_1) + I_3 \sin(3\omega t - \phi_3) + I_5 \sin(5\omega t - \phi_5) + \dots$$

Harmonik İçerikli Akım Çekilmesinin Nedenlerinden Bazıları

- Motorların manyetik devrelerinde doyma
- Elektrik makinelerindeki değişken hava aralığının yol açtığı harmonikler
 - Senkron makinelerde ani yük değişimlerinin manyetik akı dalga şekillerindeki bozulmaları ve çekilen akıma yansımaları
 - Doyma bölgesinde çalışan transformatörlerin mıknatıslanma akımları
 - Motor hız kontrol düzenleri
 - Ark fırınları ve haddehaneler
 - Metro taşımacılığında kullanılan sürücüler
 - İndüksiyon eritme ve ısıtma fırınları
 - Yarı-iletken kontrollü cihazlar
 - Tristörlü dinamik kompanzasyon
 - Deşarj lambaları
 - Kesintisiz güç kaynakları
 - Bilgisayarlar
 - Floresant lambaları ve elektronik balastlar
 - Akü şarj sistemleri
 - Plastik enjeksiyon
 - Kaynak makineleri
 - Dalma erezyon ve tel erozyon sistemler

Harmoniklerin Yapmış Olduğu Etkiler

Kondansatörlere etkisi: Harmonik akımları kondansatörlerde delinmeye (patlamaya), kapasite azalmasına ve kondansatör ömrünün kısalmasına sebep olmaktadır. Kondansatörlerin reaktans değeri, bobinlerin reaktanslarının tersine frekans büyüdükçe daha küçük değerler alırlar. Bu sebepten dolayı harmonikli bir gerilim altında kondansatörün çektiği akımın etkin değeri artar.

Transformatörlere etkisi: Transformatörler genellikle

besledikleri yüklere belirli bir gücü temel frekansta ve minimum kayıp ile iletmek için tasarlanmışlardır. Harmonik bileşenler transformatorlerde güç kayıplarının artmasına ve buna bağlı olarak ısınmaya sebep olmaktadır. Harmonikli akımların çekildiği transformatörlerde genellikle harmonik yüzdesine bağlı olarak verebilecekleri anma güç değeri azaltılmaktadır.

Alternatif akım motorlara etkisi : Alternatif akım motorları harmoniklere bağlı gerilim bozulmalarından etkilenirler. Gerilim içindeki harmonikler girdap ve çekirdek kayıplarını artırdığı gibi, rotor hızında salınımlara ve milin üzerindeki torkun değişimine yol açar. Harmonikler, motorlarda düşük verim, aşırı ısınma, titreşim, gürültü gibi etkiler doğurmaktadırlar.

Kontrol cihazları üzerine etkileri: Özellikle tristör ateşleme anları gerilimin sıfırdan geçmesine göre ayarlanmış olan kontrol cihazları ve otomatik anahtarlar, harmonikler sebebi ile yanlış çalışırlar. Şalter, kesici ve rölelerde hatalı açmalara neden olurlar.

Kablolar ve iletim hatlarına etkisi : İletkenin akım taşıma kapasitesi etkin değere göre tespit edildiğinden, harmoniklerin yüzdesi arttıkça temel bileşenin değeri düşmektedir. Daha fazla aktif güç taşınması (akımın temel bileşenin yüksek tutulması) harmonik bileşenlerin ve reaktif bileşenin düşürülmesini gerektirir. Bu durum harmoniklerin filtrenmesi ve reaktif güç kompanzasyonunun birlikte yapılması anlamına gelir.

Enerji ölçüm cihazları üzerine etkisi: Enerji ölçüm cihazları yanlış ölçüm yapabilmektedir!

ARON Metodu:

$$P = (v_a(t) - v_b(t))i_a(t) + (v_c(t) - v_b(t))i_c(t)$$

$$Q = 1/T \int_0^T (v_c(t) - v_b(t))i_c(t) - (v_a(t) - v_b(t))i_a(t) dt$$

$$Pf = (I_1/I_s) \cos \phi_s \quad I_s = I_1^2 + I_3^2 + I_5^2 + \dots$$

Fabrika İçerisinde Olumsuz Etkiler(1)

- Kompanzasyon tesislerinin aşırı reaktif yüklenme ve dielektrik zorlanma nedeniyle zarar görmesi,
- Uzaktan kumanda, yük kontrolü vb. yerlerde çalışma bozuklukları,
- Sesli ve görüntülü iletişim araçlarında parazit ve normal çalışmama,
- Mikro işlemciler üzerinde hatalı çalışma,
- CAD/CAM terminallerinde hafızaların silinmesi,
- Elektronik kart arızaları,
- Kompanzasyon sigortalarında atmalar,
- Röle sinyallerinin bozulması ve anormal çalışması,

REZONANS:

Harmonik akımlarının taşıdığı sistemlerde enerji taşıma hatlarının ve transformatörlerin endüktansları ile kompanzasyon kapasitörlerinin rezonansa girme olasılığı vardır. Bu aşırı gerilim ve akım yükselmelerine yol açar.

HARMONİK FİLTRELEME:

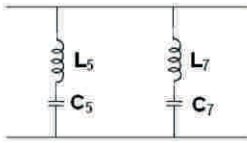
Pasif Filtre Uygulaması

Pasif filtreler, rezonans frekansının sistemde var olan herhangi bir harmonik frekansına yakın olup olmasına bağlı olarak iki kategoriye ayrılır:

- Ayarlı filtreler (tuned filtreler)
- Düşük ayarlı filtreler (detuned filtreler)

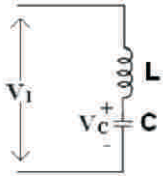
1) Ayarlı Filtreler

Harmonik bozulmasının yüksek olduğu devrelerde tercih edilir. Varolan ve süzülmesi istenen harmonik frekanslarına yakın rezonans frekanslarında filtreler tasarlanır. 5 harmonik için 250 Hz, 7 harmonik için 350 Hz civarlarında frekanslar seçilir.



2) Düşük Ayarlı Filtreler ve "filtre reaktör faktörü, p"

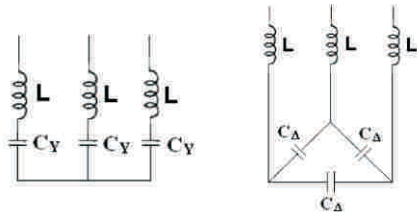
Bunlar, harmonik bozulmanın düşük olduğu sistemlerde tercih edilir. Genellikle 134, 189 ve 210 Hz rezonans frekansları seçilir. Reaktif güç kompanzasyon ağırlıklı kullanılır ve kondansatör ile şebeke arasındaki rezonansı önlemeyi amaçlar.



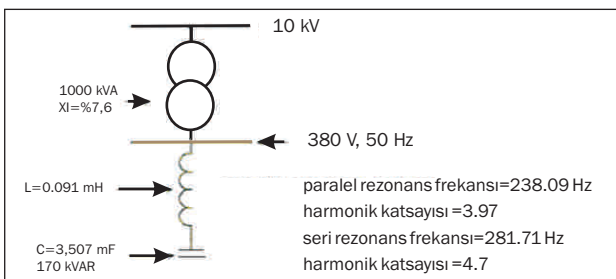
$$f_r = 1/2 LC \quad 2 = (f/p) = 1 LC$$

$$V_c = V_i / (1-p) \quad p = (f/f_r)^2$$

Üç faz sistemlerde filtre bağlantısı

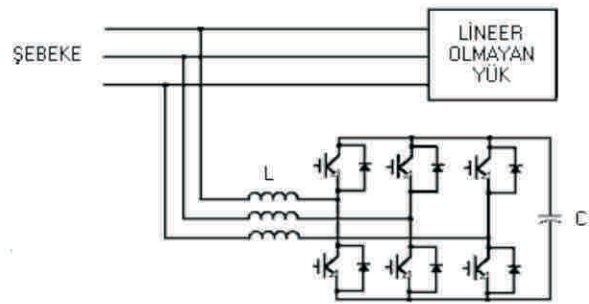


Seri ve Paralel Rezonans

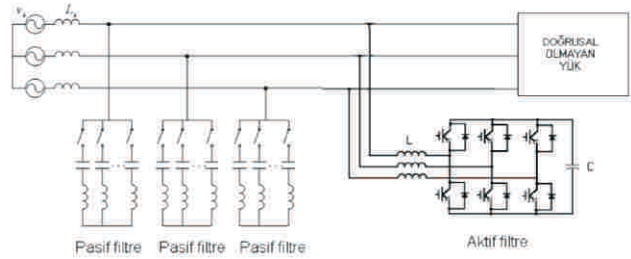


$$W_p = 1/ C(L_r + L) \quad W_s = 1/ LC$$

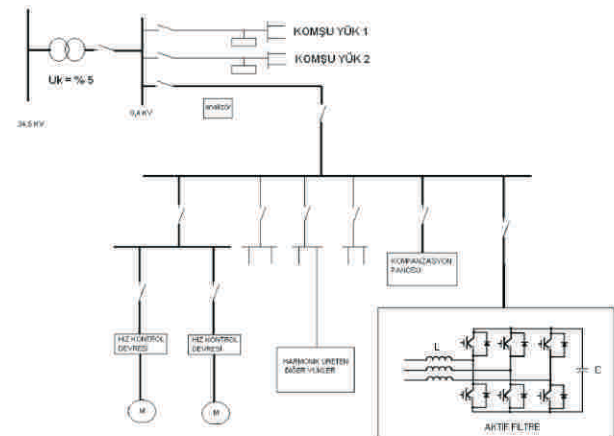
Aktif Harmonik Filtresi



Hibrid (Melez) Filtreler



Şebeke gerilimlerinin bozulması nedeniyle aynı transformatörden beslenen diğer komşu alıcılar oluşan harmoniklerden olumsuz etkilenmektedirler:



Sonuç olarak eski sorunlar biter, yeni sorunlar başlar.