

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**FİLTRELER VE HARMONİKLERİN
AZALTILMASI**

34776

Elektrik. Müh. PINAR ÖNDER

**Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Doç.Dr. Gülderen YILDIRMAZ

İSTANBUL, 1994

İÇİNDEKİLER	SAYFA
TÜRKÇE ÖZET	I
YABANCI DİLDE ÖZET	II
1.FİLTRELER-GERİLİM FİLTRESİ	1
1.1.SERİ-PARALEL REZONANS FİLTRESİ	2
1.2.SERİ KONDANSATÖRSÜZ FİLTRE	4
1.3.KISA DEVRE HATTI	7
2.AKIM FİLTRESİ	7
3.DC FİLTRE	13
4.HARMONİKLERİN FİLTRELERLE YOK EDİLMESİ	17
5.HARMONİKLERİN ETKİLERİ	20
6.FİLTRELEME DÜZENLERİ	22
7.KOMPANZASYON TESİSLERİNİN SINIFLANDIRILMASI	26
8.HİBRİT ENERJİLİ AKTİF GÜÇ FİLTRESİ	28
9.AKTİF FİLTREYLE HARMONİK İÇERİĞİNİN AZALTIMI	32
KAYNAKLAR	37
ÖZGEÇMİŞ	38

ÖZET

Tezde rapor edilen araştırmanın amacı;elektrik ve elektronik teknolojisinde kullanılabilen filtreler hakkında detaylı bilgi vermektir.

Bir taraftan gelişen elektrik ve elektronik teknolojisi elektrik tesislerine avantajlar sağlarken,diğer yandan yeni tesis ve metodlar şebekedeki olumsuz etkileri arttırıyor. Elektrik makinalarındaki değişim ve malzeme dizaynı,şekli harmonik muhtevayı oluşturur.

İnverterler;ac tarafta kaynak ve yük için uygun olmayan büyüklükte olup,dc tarafada geçebilen harmonikler üretirler. Harmonikleri azaltmak veya şebeke için uygun seviyede tutmak için endüktans ve kapasitanslı filtreler kullanılır.Yüksek verimlilik güç elektroniği inverterleri için önemlidir. bu yüzden filtreler de yüksek verimlilikte olmalıdır.Bu tez kendi kendine komitasyonlu inverter için gerilim filtresi, hat komitasyonlu inverter için akım filtresi ve dc filtreleri içine alır.Gerilim filtresi, seri paralel rezonanslı filtre,seri kapasitörsüz filtre,kısa devre hat olarak sınıflandırılabilir.Seri-paralel rezonanslı filtreler ana içeriği düşürür ve yüksek harmonik azaltımı sağlarlar.Eğer seri kapasiteli filtreler yük endüksiyon motorları ile beraber kullanılıyorsa stabilite problemi vardır.Bu yüzden bu tip filtreler böyle yükler için uygun değildir.Negatif etkiler genelde gerilim atlamaları ve harmonikler olarak sınıflandırılır.İlerleyen güç teknolojisi endüstri sektöründe harmonik artımına neden olur.Bu yüzden,kompanzasyon tesisleri tesis edileceği zaman harmonikler göz önünde bulundurulur. Hem reaktif güç kompanzasyonu elde edilebilir hem de harmonikler azaltılabilir.

Hibrit enerji depolu aktif güç filtresi kullanılarak harmonik içeriği azaltılabilir.Akım dönüştürücü ve endüktif kapasitif enerji depolama devresi kullanılarak aktif güç filtresi sunulmuştur.Çözüm inverter tipinin ve depolama sisteminin(temelde kapasitiftir) serbestçe seçimine izin verir. Zamanla değişen ve nonlineer yükler tarafından oluşturulan dengesizliklerin kompanzasyonu için artan bir talep söz konusudur.Bunun için reaktif güç ve düşük,büyük seviyeli harmonik,akım dengesizliği kompanzasyonu için aktif güç filtreleri kullanılır.Tam ve doğru kompanzasyon eldesi için hızlı cevap kontrolü ve yüksek enerji deposuna ihtiyaç duyulur. Genel olarak sistem doğruluğu sistem cevap hızı inverter yapısı ve modülasyon tekniğine bağlıdır:akım kaynaklı inverterler filtre akım dalga şekillerinin hızlı ve doğru kontrolü için çok uygundur.Bununda üstünde bu inverterler daha güvenilirdir.Bu tez hem endüktif hem de kapasitif elementleri içeren depolama sistemi için hibrit yapıyı sunmaktadır.

SUMMARY

The objective of the research reported in this thesis is to give detailed information about filters which can be used in the electric and electronic technology.

On the one hand, developing electric and electronic technology have given advantages to the electric foundation. On the other hand, new foundation and methods have increased negative effects in networks. Alteration of electric machines and equipment design methods occur harmonic components.

Converters generate harmonics on the ac side and ripple on the dc side, which may be of unsuitable magnitude for the load or for the source. To reduce harmonics or keep them on acceptable level for networks, filters consisting of inductors and capacitors are used. High efficiency is important for power electronic converters and that's why filters must also be highly effective. This thesis deals with voltage filters for self commutated inverters, current filters for line commutated converters and dc filters. Voltage filters can be classified as series-parallel resonance filter, filter without series capacitor, short-circuit link. Series-parallel resonance filters maintain reduction of main component and high reduction of harmonics. If filters with series capacitor include mostly load induction motor then they have got stability problem. That's why this kind of filter is unsuitable for these loads. Negative effects are generally classified as voltage ripples and harmonics. Developing power technology maintains harmonic increase in the industry sector. Therefore, when compensation foundation will be built, harmonics must be considered. Both reactive power compensation can be maintained and negative effects (harmonics) can be reduced.

Using active power filter with hybrid energy storage harmonics components can be eliminated. An active power filter is presented using an current converter and an inductive-capacitive energy storage circuit, also including a switching section. This solution allows independent choice of the converter configuration and of the kind of the storage system which, in this particular case, is mainly capacitive.

There is increasing demand for compensation of the disturbances introduced by nonlinear and time-varying loads. For this purpose active power filters may be used, which compensate for current unbalances, high and low order harmonics and reactive power. In order to obtain complete and accurate compensation, fast response control and high energy storage are needed. In general, system accuracy and speed of response depend on converter structure and modulation techniques: typically, current source converters are well suited for fast and accurate control of filter current waveforms. Moreover, these converters are more reliable. This thesis presents a hybrid structure for the storage system, which includes both inductive and capacitive elements.

1 : FİLTRELER

Filtreler, girişten çıkışa geçen harmonik içeriği azaltmayı amaçlar. Kullanıldığı önemli sahalar:

- Bir doğrultucudan beslenen yükün gerilim dalgasını düzeltmek
- Bir inverterin çıkış dalga şeklinin harmonik içeriğini azaltmak
- AC sisteme geri gönderilen istenmeyen harmonik bileşenleri önlemek
- Radyo frekans girişimlerini elimine etmek

Konvertörler, yük için uygun olmayan büyüklükte olabilen dc tarafta dalgalanma (ripple) ve ac tarafta harmonikler üretir. Güç elektroniği konvertörleri için yüksek verimlilik istenir bu yüzden filtrelerde yüksek verimlilikte olmalıdır. Kompenantların kayıpları minimize edilir ve dirençler kullanılırsa onların güç harcaması, nominal çıkış gücüyle karşılaştırıldığında düşük olmalıdır.

1. GERİLİM FİLTRESİ

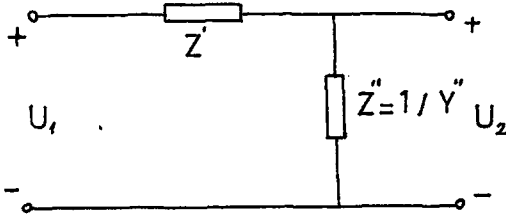
İnverter çıkış gerilimi genellikle ya kesik kare dalga ya da darbe genişlik modülasyonludur. Bu dalga şekillerindeki harmonik muhtevayı azaltmak için diğer bir ifadeyle (yaklaşık) sinüsoidal yapmak için inverter bir filtreyle kullanılmalıdır. Bağlı harmonik miktarı, %10'dan daha az ise çıkış gerilimi genellikle sinüsoidal olarak adlandırılır. Pratikte yaygın talep daha azdır ve bağlı harmonik miktarı %5'den hatta %3'den daha az olmalıdır.

Şekil 1'de gösterilen filtre, bir seri empedans Z' ve bir paralel empedans $Z''=1/Y''$ den oluşur. Burada Y'' , paralel kolun admitansdır. Giriş gerilimi U_1 , sinüsoidal olmayan bir gerilim olduğu farzedilirse; U_2 , filtre edilmiş çıkış gerilimidir. Filtre, aşağıdaki faktör ile n. harmoniği azaltan bir gerilim bölücü nazarıyla görülebilir:

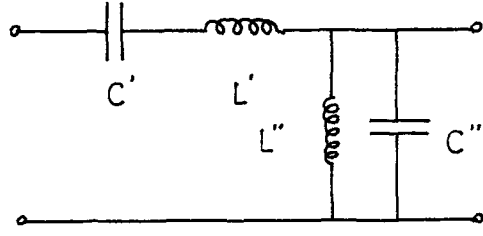
İyi bir filtre, temel bileşende düşük bir azalmaya sahiptir; yani $f_{(0)}$, yaklaşık olarak 1 'dir. $n > 1$ için $f(n)$ 'in dü-

şük bir değerine karşılık düşen harmoniklerin yüksek oran da azalması söz konusudur. Harmoniklerin sadece rms değerleriyle ilgiliyiz, onların faz pozisyonları çok az önemlidir.

$$F(n) = \left| \frac{U_2(n)}{U_1(n)} \right| = \left| \frac{Z''(n)}{Z'(n) + Z''(n)} \right| = \left| \frac{1}{1 + Z'(n) \cdot Y''(n)} \right| \quad (1)$$



AC Gerilim Filtresi
Şekil-1



Seri Paralel Rezonans Filtresi
Şekil-2

1.1.SERİ-PARALEL REZONANS FİLTRESİ

Şekil 2'deki seri-paralel rezonans filtresi , temel bileşenin düşük bir oranda azalması ve harmoniklerin yüksek oranda azalması isteğini sağlar.Paralel kollardaki kadar seri kolda temel frekansta rezonans için ayarlanır.Hesaplamalarda bütün kayıplar ihmal ve filtrenin açık devreli olduğu kabul edilir.Bu tip filtre için kayıplar ve yük , genelde çıkış geriliminin harmonik miktarı üzerine küçük bir etkiye sahiptir.w,temel bileşenin açısal frekansı ise seri ve paralel rezonans,

$$\left. \begin{aligned} L'w &= \frac{1}{C'w} (x') \\ C''w &= \frac{1}{L''w} (y'') \end{aligned} \right\} (2)$$

$$\left. \begin{aligned} Z'(n) &= jL'(nw) - j\frac{1}{C'(nw)} = jx'(n - \frac{1}{n}) \\ Y''(n) &= jC''(nw) - j\frac{1}{L''(nw)} = jy''(n - \frac{1}{n}) \end{aligned} \right\} (3)$$

$$F(n) = \left| \frac{1}{1 + jx' \left[n - \frac{1}{n} \right] \cdot jy'' \left(n - \frac{1}{n} \right)} \right| = \left| \frac{1}{1 - \left(n - \frac{1}{n} \right)^2 x' y''} \right| \quad (4)$$

Bu ifade gösterir ki , $f=1$ ve n 'nin yüksek değerleri için $F(n)=1/(X.Y'').1/n^2$ dir.

Yani harmonikler n^2 ile ters orantılı olan bir faktörle azaltılır. n 'nin belirli bir değeri için ifadenin paydası sıfır olur yani $f(n) \rightarrow \infty$ olur.

$$1-(n-1/n)^2.x.Y''=0 \quad n=1/2.(\sqrt{\frac{1}{x.Y''}} + \sqrt{\frac{1}{x.Y''} + 4}) \quad (5)$$

Bu rezonans frekansı civarında giriş gerilimi harmonikleri yükseltilir bu yüzden rezonans,oluşan en düşük harmonik geriliminden daha düşük seçilmelidir.Eğer yarım alter-nanslar simetrik değilse bu gerilimin çift harmonikler içerdiği anlamına gelir,o zaman rezonans $n=2$ civarındaysa bu asimetriyi yükseltmek rikslidir.

Aynı şekilde rezonans ($n=3$ civarında),giriş geriliminde elimine edileceğini sansak bile çıkış geriliminde 3.harmonığın görüleceği anlamını taşır.

n.harmonik akımı,

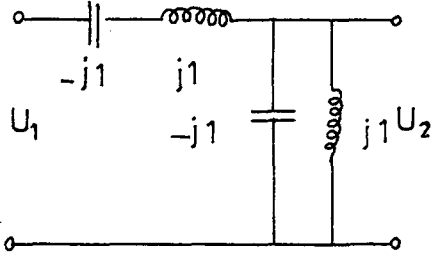
$$I_1(n) = \left| \frac{U_1(n)}{Z'(n)+Z''(n)} \right| = U_1(n). \left| \frac{Y''(n)}{1+Z'(n).Y''(n)} \right| = U_1(n).Y''(n-1/n).F(n)$$

Sabit çıkış gerilimli bir filtre için U' yu ve nomina yük S' i baz alan veya nominal çıkış akımı I' yi baz alan bir pu sistemi kullanmak uygundur.Seri bağlı bir kompenantın nominal gücü,temel bileşen için x pu ise o zaman nominal akımda uçlarındaki gerilim kadar empedansıda x pu olacaktır

Örnek:1,filtre'nin çalışma örneğidir.Burada seri paralel filtresi,1'pu 'lük nominal güce sahip bir kare dalga gerilimine bağlıdır.Giriş geriliminin harmonikleri fourier analiziyle elde edilir.Harmoniklerin her biri için,filtre nin azaltma faktörü hesaplanır böylece aynı zamanda çıkış geriliminin harmonikleri hesaplanır.

Bağıl harmonik miktarı yaklaşık olarak,bağıl harmonik bileşenlerinin rms değeri olarak hesaplanabilir.Yaklaşımlar,yüksek harmoniklerin ihmal edilmesi gerçeğine dayanır ve harmonikler,toplam rms değeri yerine temel bileşenin rms değeriyle bölünür.Filtre kompenantlarını dizayn ederken,kompenantlardan geçen akımların rms değerlerini arttıran harmo-

nik akım ve gerilimleri ve üzerlerindeki gerilimlerin tepe ve ortalama değerlerinin etkisi göz önüne alınmalıdır. Herhangi bir şekilde nonlinear yükler tarafından üretilen harmonik akımlarının etkisi de hesaba katılmalıdır.



$X=Y=1$ için

$$F(n) = \frac{1}{1 - \frac{(n-1)^2}{n^2}} = \frac{n^2}{(n^2-1)^2 - n^2}$$

$$F(3) = \frac{9}{64-9} = 0,164 \quad F(5) = \frac{25}{576-25} = 0,045$$

$$F(7) = \frac{49}{2304-49} = 0,021$$

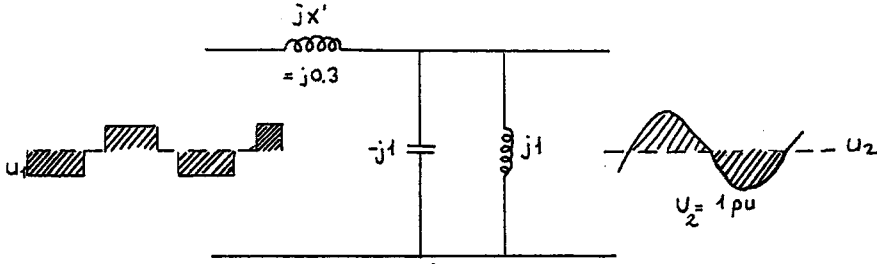
$$\text{Giriş gerilimi } U_1 = 1 \quad U_3 = \frac{1}{3} \quad U_5 = \frac{1}{5} \quad U_7 = \frac{1}{7}$$

$$\text{Çıkış gerilimi } U_1 = 1 \quad U_3 = \frac{0,164}{3} \quad U_5 = \frac{0,045}{5} = 0,009$$

$$U_7 = \frac{0,021}{7} = 0,003$$

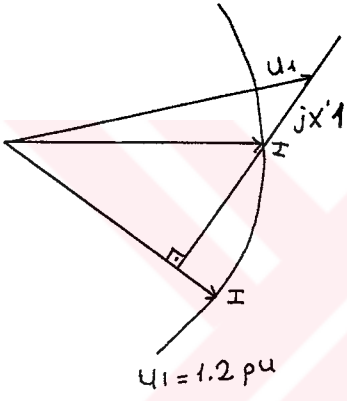
1.2.SERİ KONDANSATÖRSÜZ FİLTRE

Seri-paralel rezonans filtresi, temel bileşenin herhangi bir azalımı vermeme avantajına sahiptir. Bununla beraber seri kapasitörlü filtreler, yük endüksiyon motoru içeriyor - sa çoğunlukla stabilite problemlerine yol açması gibi dezavantaja sahiptir. Bu yüzden bu tip filtre böyle yükler için uygun değildir. Temel bileşen azalmasını makul bir seviyede tutmak için L, bir önceki örnektekinden daha düşük olacak şekilde seçilmelidir. (0.3 pu veya daha az). Böyle düşük seri empedanslı filtrenin yüksek bir 3. harmonik içeren giriş gerilimi için kullanılmaması gerekir. Bu filtre, fazlararası gerilimde 3. harmonik olmayan simetrik 3 fazlı bir sistem ve 3.harmoniğin elimine edildiği tek fazlı devreler için uygundur. Yüke göre temel çıkış geriliminin değişimi, vektör diyagramlardan hesaplanabilir. Buradada çıkış gerilimi ve çıkış akımı üzerine kurulan bir pu sistemi kullanılır. Giriş gerilimi 1'e eşit olacak şekilde sabit çıkış gerilimi hesaplanır. Çıkış gerilimini sabit tutmak için giriş gerilimi ya dc kaynak gerilimini değiştirerek ya da inverteri kontrol

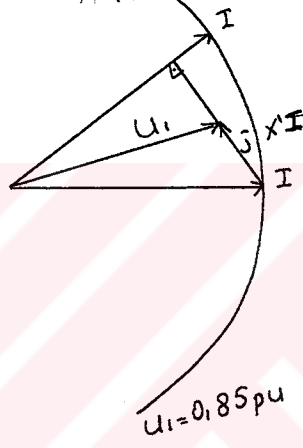


VEKTÖR DİAGRAMI

Endüktif yük
 $\cos \phi = 0.8$

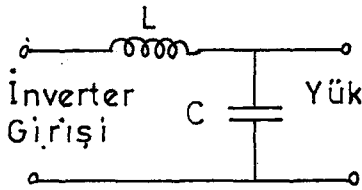


Kapasitif yük
 $\cos \phi = 0.8$



Sabit çıkış gerilimli filtre

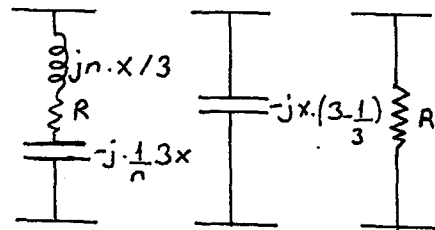
ederek değiştirilmelidir. Bu kontrol, dc kaynak geriliminin değişimlerini bile elimine edebilir. Çıkış geriliminin harmonik içeriği de aynı şekilde hesaplanır. Aşağıdaki basit bir alçak geçiren filtre, temel frekansta wLC 'nin aşırı derecede büyük olmadığı durumlarda yeterlidir. Yük direncinin sonsuza gittiği durumda, filtrenin çıkış geriliminin giriş gerilimine oranı:



$$\frac{1/wC}{wL - 1/wC} = \frac{1}{w^2LC - 1}$$

Seri rezonans kollu filtre de ; seri kol, temel frekansta sıfır empedans gösterir fakat daha yüksek harmoniklerde empedans artar. Paralel kol temel frekansta sonsuz empedans gösterir ama daha yüksek frekanslarda empedans azalır. Temel frekans $w_0 = 1/\sqrt{L_1' \cdot C_1'} = 1/\sqrt{L_2'' \cdot C_2''}$ olup, $C_1' = AC_2''$ ve $L_2'' = AL_1'$ yapılırsa ve n. harmonik için $w = wn$ alınarak, açık devreli yük durumunda n. harmonik bileşeni için

$$\frac{V_{\text{çıkış}}}{V_{\text{giriş}}} = \frac{1}{1 - \frac{1}{A}(n - 1/n)^2}$$



Şekil 1-4 3. Harmoniğe ayarlı
Kısa devre hattı

1.3.KISA DEVRE HATTI

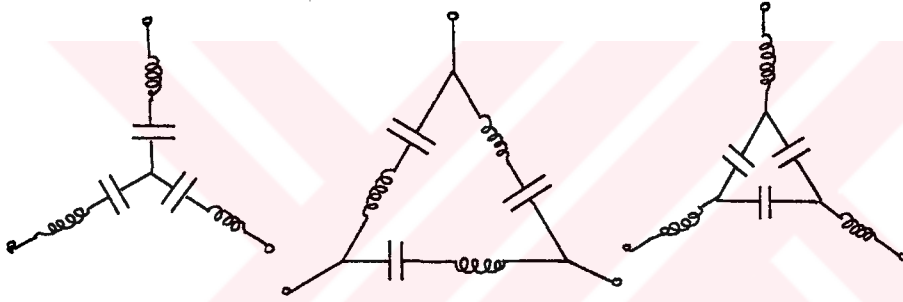
Bir dc veya ac filtrenin çıkışından gelen bir harmonik bileşenini azaltmak için çıkışın uçlarına kısa devre hattı konulmalıdır.Şekil 1.4. p. harmoniğe ayarlı bir hattın n. harmonik için geçerli diagramını gösterir.

Burada örnek olarak 3. harmonik seçilmiştir.Hat,bir C kondansatörüyle seri bağlı bir L endüktansından oluşur. (3. harmonik için rezonanstadır).Seri bağlı R direnci (3 den başka bütün harmonikler için ihmal edilebilir olup) devrenin toplam kayıplarını gösterir.Temel frekans için hat bir kondansatöre eşdeğerdir ve hat üzerindeki gerilim biliniyorsa temel akım hesaplanır/Bu akım paralel bir endüktans vasıtasıyla fazı kompanze edebilir.Kondansatör uçlarındaki gerilim $U_{C(1)}$ ve endüktans uçlarındaki gerilimin $U_{L(1)}$ temel bileşeni hesaplanabilir.3. harmonik için hat bir dirence eşdeğerdir. $U_{d(3)}=U_{L(3)}$ hesaplanabilir ve çıkış geriliminin 3. harmoniği $R \cdot I_{(3)}$ olacaktır.Bu yüzden çıkış geriliminin 3. harmoniği düşük olacaksa yüksek kalite faktörüne sahip olmalıdır.Hattın diğer daha yüksek harmonikler üzerindeki etkisi,ihmal edilebilir.

2.AKIM FİLTRESİ

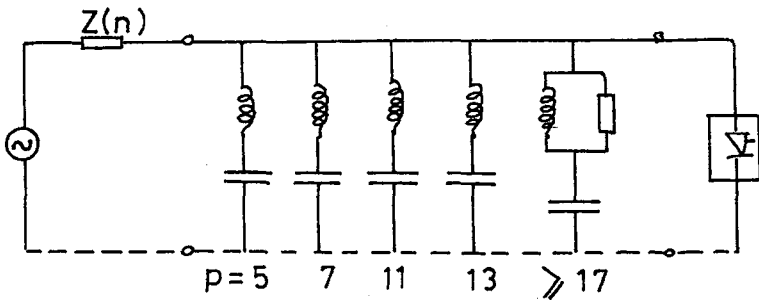
Güç şebekelerindeki konvertörlerin sebep olduğu harmonik akım ve gerilimler arasında $U_{(n)}=I_{(n)} Z_{(n)}$ şeklinde bir bağıntı yazılabilir.Burada $Z_{(n)}$ hesaplanacak harmonik gerilimindeki belirli bir noktadan görülen n. harmonik için şebekenin eşdeğer seri empedansıdır.Bu hesaplamalar için $Z(n)$ 'nin doğru değerini bulmak zordur.Şebekeye ait olan kompenantların çoğu frekansa bağımlıdır ayrıca normalde,faz kompanzasyon kondansatörleri, kablo kapasitansları şeklinde kapasitif içerikler de vardır.Eğer şebeke faz kompanzasyon kondansatörleri veya yüksek kapasitanslı diğer güç hatları ve kablo içeren büyük bir kısma sahipse o zaman n. harmonik için bulunacak empedans önemli ölçüde sapar.Çoğunlukla rezonans osilasyonları belirli frekanslar için,şebekenin endüktif

ve kapasitif bölümleri arasında oluşabilir. Farzedelimki $Z(n) = n \cdot X(1)$ olsun. Burada $X(1) = \frac{U^2}{S_k}$ temel bileşen için şebeke empedansıdır. (U faz, faz gerilimi ve S_k üç faz kısa devre gücüdür. 0 halde $x_{(1)}$ faz başına endüktanstır. Bir santral veya şebekenin harmoniklerini azaltmak için akım filtreleri kullanılabilir. Bunlar düşük omik yapılıdır. Filtrenin verimliliği, filtrenin ayar doğruluğu kadar boyutunada bağlıdır. Filtre, konvertörün çeşitli karakteristik harmonik frekanslarına ayarlı, birçok LC paralel hattan oluşur. 3 fazlı hat için kullanılan konfigürasyonlar şekil 5 te gösterilmiştir.



Şekil-5 3 Faz Filtre Konfigürasyonu

Şekil 6'da en düşük harmonikler için kısa devre hatlı bir filtre örneği görülüyor. $n=17$ için ayarlı link hattı, dirençten dolayı daha yüksek harmonikler için düşük empedanslı bir akım geçiş yoluda sunar.



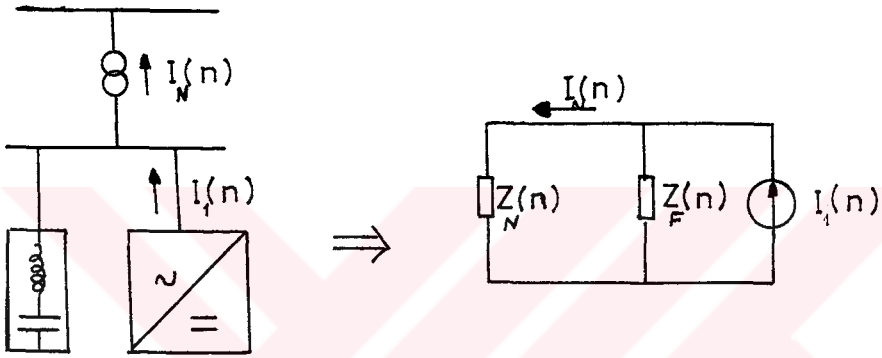
Şekil-6 En düşük harmonik için kısa devre hatlı filtre

Şekil 7'de şebeke, $Z(n)$ seri empedansı ile gösterilmiştir. Kısa devre olarak düşünüldüğünde harmonik için konvertör harmonik akımlarının üreticisi olarak; filtre bir empedans olarak $Z_F(n)=1/Y_F(n)$ işlev görür.

n.harmonik akımı

$$I_N(n) \cdot Z_N(n) = (I(n) - I_N(n)) \cdot Z_F(n) \quad I_N(n) = I(n) \cdot \frac{Z_F(n)}{Z(n) + Z_F(n)} = I(n) \cdot \frac{1}{1 + Y_F(n) \cdot Z_N(n)}$$

$$n.\text{harmonik gerilimi } V(n) = \frac{I(n)}{Y(n)}$$

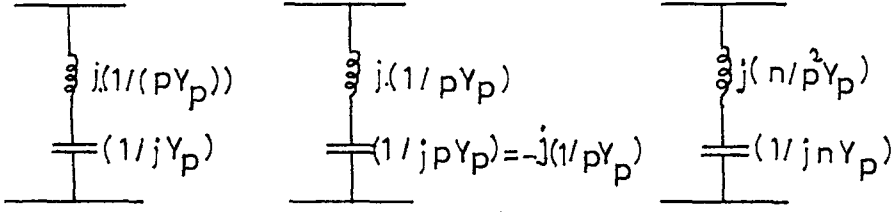


Şekil-7 Bir şebekeye bağlı konvertör ve filtre

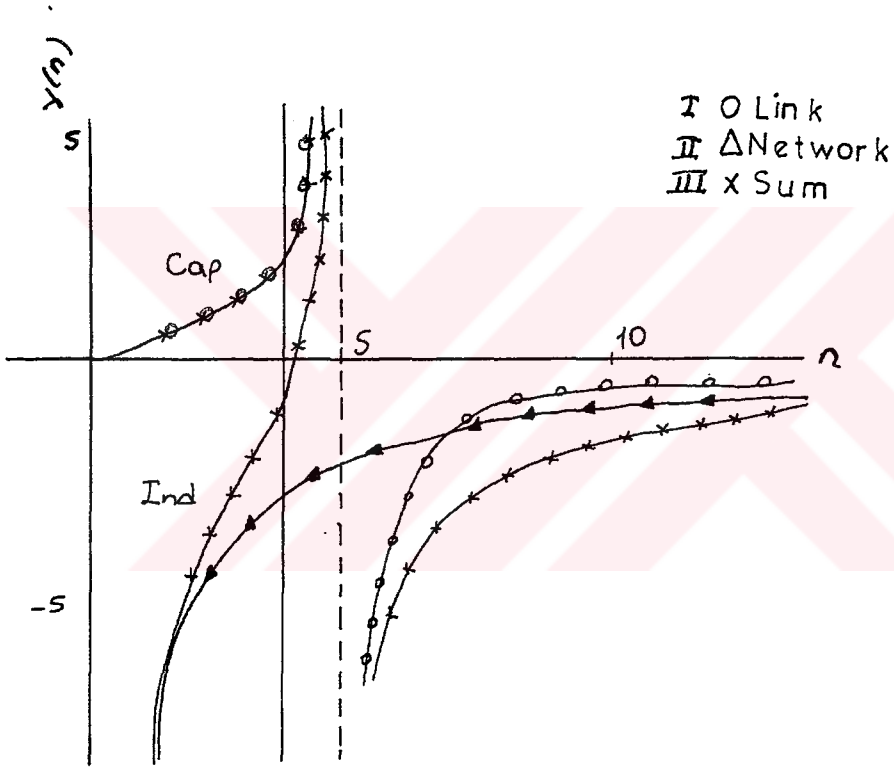
Burada $Y(n) = Y_F(n) + 1/Z_N(n)$ bileşke admitansdır. Aşağıda bu nicelikler bir örnek için hesaplanacaktır. İlk olarak p. harmoniğe ayarlı bir hattı ele alalım. Temel bileşen için kondansatörün admitansı Y_p pu'dir. (Şekil-8). Eğer kayıplar ihmal edilirse n. harmonik için hattın admitansı (7) Şimdiye kadar kayıplar ihmal edildi. Eğer kayıplı halde olsaydı admitans seri rezonans için sonlu değerler ve paralel rezonans için sıfırdan farklı değerlerde olduğunu farzedelim.

Şekil-9, $Y=0.2$ pu için n'e karşı $Y(n)$ 'nin egrisini (I egrisini) (p=5 için) gösterir.

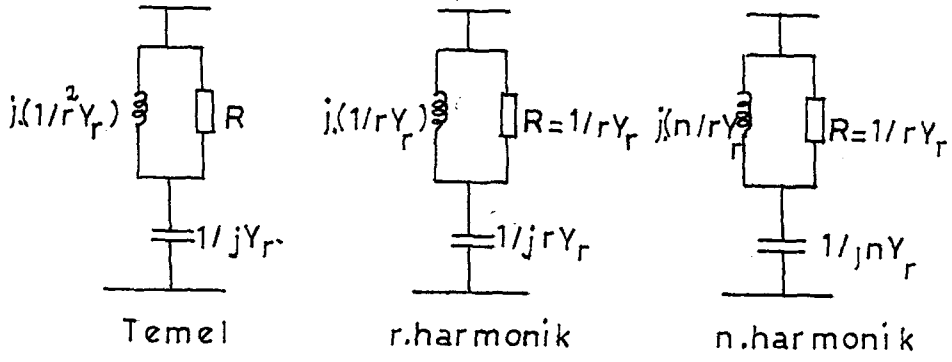
$$Y(n) = \frac{1}{j(n/p^2 \cdot Y_p) + 1/jnY_p} = j \cdot Y_p \cdot \frac{n}{1 - (n/p)^2} \quad (7)$$



Şekil.8 Filtre hattı



Şekil.9 Filtre hattı ve Şebeke endüktansı



Şekil-10 Yüksek harmonikler için filtre hattı

$$\text{Yanı ; } Y(n) = 0,2 \cdot \frac{n}{1 - (n/5)^2}$$

$n < 5$ için hat kapasitif ve $n \rightarrow 5^-$ için $Y(n) \rightarrow \infty$

$n > 5$ için hat endüktif ve $n \rightarrow 5^+$ için $Y(n) \rightarrow \infty$

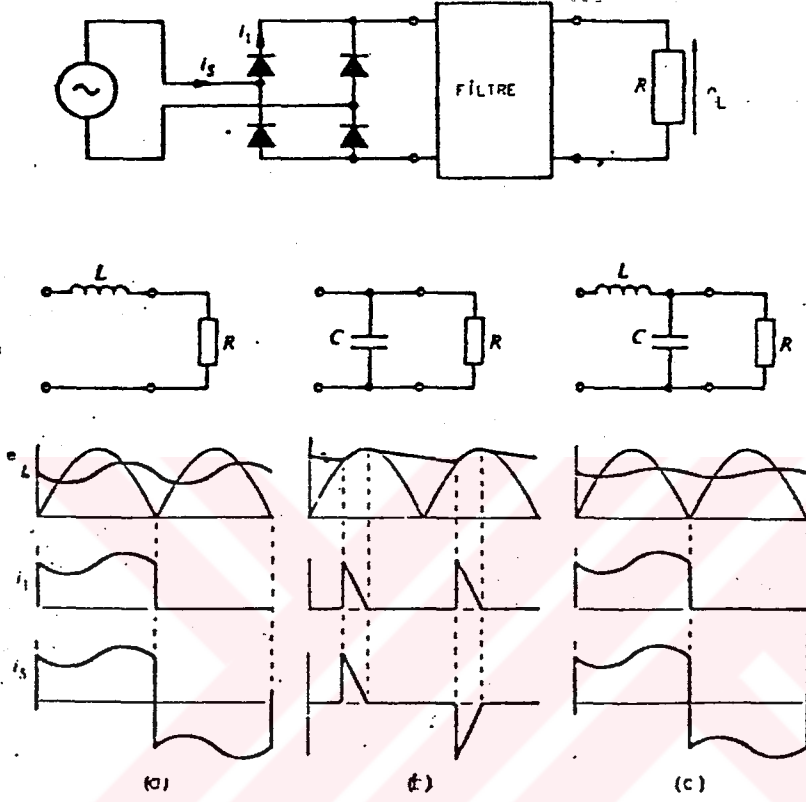
Filtrenin, temel bileşen için $Z_n = jX_n$ empedanslı yani $Y(n) = -j/n.X_n$ admitansıyla bir endüktif şebekeye sokulduğunu varsayalım. Bu $X_n = 0,1 p u$ için şekil-9'da 2 eğrisiyle gösterilmiştir. Şebeke ve filtrenin toplam admitansı, 1 ve 2 eğrilerinin toplamıdır ve 3 eğrisinde gösterilmiştir. $p=5$ rezonans noktasının soluna doğru filtre hattı kapasitif ve şebeke endüktiftir. (n) bir değer için ki burada 4 civarındadır, filtre ve şebeke arasında bir paralel rezonans olacaktır, burada bileşke admitans sıfırdır. Rezonansın sağına doğru (seri rezonans) hem şebeke hem de filtre endüktiftir ve daha fazla paralel rezonans oluşmaz. Paralel rezonans, rezonans frekansı civarındaki frekanslı harmonik akımlarının yüksek empedansla karşılaşılacağına işaret eder ve harmonik gerilimleri filtreye yükseltilir. Yani var olan harmonik akımların bütün rezonans (paralel rezonans) frekanslarından bir güvenlik mesafesinde görünecek bir şekilde tasarlanması gerekir. Pratikte bir filtre, kompenant değerlerinin toleransı, sıcaklık değişimleri, eskime ve frekans değişimleri gibi faktörlerden dolayı istenen harmoniğe tam olarak ayarlanamaz. Bu yüzden şebeke endüktif ise filtre hattını idealden biraz düşük değerdeki frekansa ayarlamak tercih edilir. Kapasitif bir şebeke için filtre, daha yüksek rezonans frekanslarına ayarlanır. 7. harmonikten daha yüksek harmonikler için filtre fazla etkili olmaz. Altı darbeli bir konverter için, en yakın harmonik 11. olacaktır. (Şekil-10). Direnç tercihen rezonans frekansındaki endüktansın empedansına eşit olacak şekilde seçilir. Hattın admitansı (ara işlemler atlanarak)

$$Y = \frac{1}{1/(jnY_r) + 1/[rY_r + (r^2Y_r)/jn]} = \frac{rY_r \cdot [1 + j(r/n)^3]}{(r/n)^4 - (r/n)^2 + 1} \quad \begin{matrix} n \rightarrow \infty \\ Y \rightarrow r.Y_r \end{matrix}$$

(Filtre, endüktansa paralel bağlı bir dirence sahip olan $n=r=11$ için ayarlı bir hat olarak düşünülmüştür.)

3.DC FİLTRE

DC taraftaki dalgalı akım, bir endüktans kullanılarak, dalgalı aktif gerilim bir elektrolitik kondansatör vasıtasıyla azaltılabilir.



Şekil-11 Tek fazlı köprü doğrultucunun çıkışının filtrelenmesi

- a-) Sadece endüktanslı filtre
- b-) Sadece kapasiteli filtre
- c-) Endüktanslı-Kapasiteli filtre

Endüktans ve kondansatörün kombinasyonunda kondansatör, yük gerilimini sabit tutmak için davranış gösterirken endüktör akımı düzler. Yük sonsuza giderse filtrenin transfer fonksiyonu

$$H(s) = \frac{1}{s^2 LC - 1}$$

Böylece daha yüksek dereceli harmonikler, daha düşük dereceli olanlardan daha çok azalır. Yükün dalgalı geriliminde daha iyi bir azaltma kaskat bağlı birkaç filtreye elde edilir. Bir dc filtrenin tasarlanacağını örneği olarak, bir filtre yoluyla rezistif bir yükü besleyen konvertör incelenecektir. (Şekil-12). U_d çıkış gerilimli konvertör, bir U_d dc gerilim kaynağı ve bir ac gerilim kaynağının seri bağlanmasına eşdeğerdir. Süzme endüktansından geçen akım, i_d , bir dc bileşen I_d ve bir ac bileşen i_v 'den oluşur. Şekil-13, $\alpha=45^\circ$ lik geçikme açısına karşılık gelen konvertörün çıkış gerilimi U_d 'yi gösterir. AC bileşen U_v, U_d 'den U_d 'yi çıkarmak suretiyle elde edilebilir.

$$u_v = \frac{\pi}{3} \text{ peryottur. } \omega t = \frac{\pi}{3} + \alpha \text{ dan } \frac{\pi}{3} + \alpha + \frac{\pi}{3} \text{ aralığında,}$$

$$u_v = u_d - U_d = \sqrt{2} \cdot U \cdot \sin \omega t - \frac{3\sqrt{2}}{\pi} \cdot U \cos \alpha = \sqrt{2} U \left(\sin \omega t - \frac{3 \cos \alpha}{\pi} \right) \quad (8)$$

ac akım

$$\int_{-i_1}^{i_2} d i_v = i_v + i_1 = \int u / L \, dt = \frac{\sqrt{2} \cdot U}{L \cdot \omega} \cdot \int_{\alpha + \frac{\pi}{3}}^{\omega t} \left(\sin \omega t - \frac{3}{\pi} \cos \alpha \right) d \omega t$$

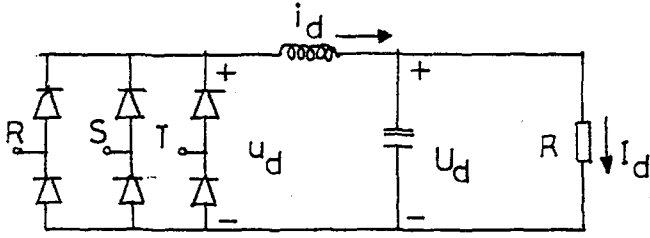
$$i_v = \frac{\sqrt{2} \cdot U}{L \cdot \omega} \left[\cos \omega t + \frac{3}{\pi} \omega t \cdot \cos \alpha \right]_{\omega t}^{\alpha + \pi/3} - i_1$$

Şekil-13'de ωt -ekseni, taralı alanlar eşit olacak şekilde yerleştirilirse; sadece ac akımdır.

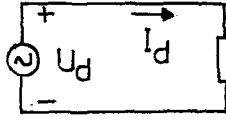
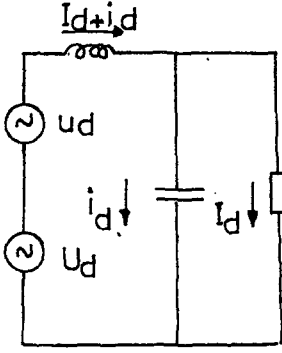
$$\omega t = \pi - x_0 \text{ için } U_d = u_d \text{ ve}$$

$$x_0 = \arcsin \frac{3 \cos \alpha}{\pi}$$

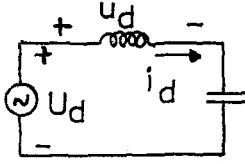
$$\omega t, \omega t = \frac{\pi}{3} + \alpha, \text{ dan } \pi - x_0 \text{ a}$$



Bağlantı



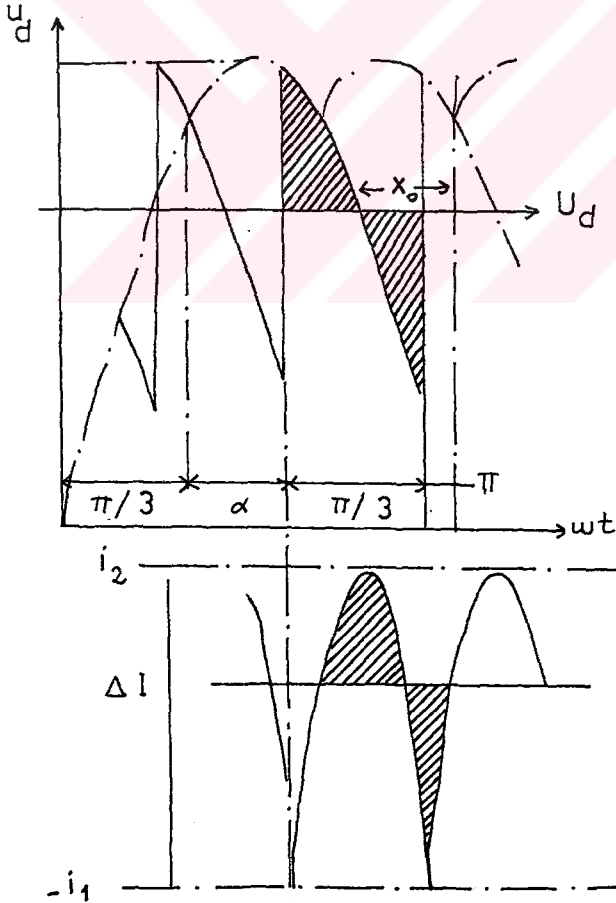
$$I_d = \frac{U_d}{R}$$



$$i_d = \frac{1}{L} \int u_d dt$$

Eşdeğer Diagram

Şekil_12 Bir filtre yoluyla rezistif bir yükü besleyen konverter

Şekil_13 Çıkış gerilimi U_d , ac gerilim ve ac akım

arttığı zaman akım, maksimum değerden ($-i_1$), minimum değere (i_2) artar.

$$\Delta i = i_1 + i_2 = \frac{\sqrt{2} \cdot U}{L \cdot \omega} \cdot \left[\cos \omega t + \frac{3 \omega t \cos \alpha}{\pi} \right]_{\pi - \alpha}^{\alpha + \pi/3} \quad (9)$$

Endüktör ve kapasitörün termik dizaynı için dalgalı akımın rms değeri hesaplanmalıdır. Bunun için genellikle rms değerinin yaklaşık bir hesabını yapmak yeterlidir:

$$I_v = 0,9 \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{\Delta i}{2} = 0,32 \cdot \Delta i \quad (10)$$

$$\alpha = 45^\circ \text{ için bağıl rms değeri } \frac{I_v}{\sqrt{2} \cdot U / L \omega} = 0,32 \cdot 0,095 = 0,030$$

Kondansatör, termik olarak bu değer için tasarlanmalıdır.

Endüktör akımının toplam rms değeri, $\sqrt{I_d^2 + I_v^2}$ olarak hesaplanabilir.

4.HARMONİKLERİN FİLTRELERLE YOK EDİLMESİ

Gelişen elektrik-elektronik teknolojisi,elektrik tesislerine,büyük yararlar sağlamakla beraber yeni tesis ve yöntemlerin şebekeye ve diğer tüketicilere yaptığı olumsuz etkilerde artmaktadır.Olumsuz etkiler genelde;gerilim dalgalanmaları,simetrisizlik ve harmoniklerdir.

Genelde,hesaplamalar elektrik şebekesinde üretilen gerilimin sinüsoidal olduğu kabul edilmektedir.İletim ve dağıtım hattı ile yükler,gerilimin dalga şeklinin saf sinüs şeklinden sapmasına yol açarlar.Gerilim dalga şeklindeki bozulmanın en önemli nedeni,uç gerilimi ve akımı arasında bağıntısı lineer olmayan yüklerdir.Bu tür nonlineer yükler 50 Hz temel frekanslı aktif ve reaktif güç tüketen harmonik frekanslı akımlar üreten tüketiciler olarak kabul edilirler.

Bu tüketicilerin ürettiği harmonik frekanslı akımlar devrelerini şebeke ve civar tüketiciler üzerinden kapatarak harmonik frekanslı gerilimler meydana getirirler.Bu gerilimler ise başlangıçta saf sinüs kabul edilen gerilimin dalga şeklini bozarlar.Günümüzde ise gelişen güç teknolojisi harmoniklerin artmasına yol açmıştır.Diyotlar,redresörler,tristörlü devreler,kıyıcılar ve konvertörler gibi eleman ve sistemler başlıca harmonik oluşum sebepleridir.Sanayide kullanılan ve harmonik üreten aygıtlara ek olarak elektrik makinalarının ve cihazların tasarım ilkelerindeki değişikliklerde şebekedeki harmoniklerin artmasına yol açmıştır.Elektrikli aygıtlara en büyük zararı değeri 5 kHz den küçük olan harmoniklerin verdiği kabul edilmektedir.Bugün güç elektroniğinde meydana gelen gelişmeler harmoniklerin hesabı ve tüketicilerde meydana getirdikleri zararların artık kabul edilemez boyutlara vardığını göstermektedir.

Bu nedenle yeni kurulacak,dizayn edilecek sistemlerde ve hesaplamalarda harmonikler gözönüne alınmalıdır,özellikle kompanzasyon tesisleri kurulmasında bu çok faydalı olacaktır.Böylece hem reaktif güç kompanzasyonu sağlanacak

hem de kötü harmonik etkiler giderilecektir.

GENEL OLARAK HARMONİK KAYNAKLARI

Harmonik oluşturuucu etkenler iki grupta incelenebilir:

- a-) Elektrik makinalarındaki diş ve olukların meydana getirdiği harmonikler
- b-) ıkık kutuplu senkron makinalarda hava aralığındaki relüktans değişiminin oluşturduğu harmonikler
- c-) Senkron makinalarda ani yük değişimlerinin magnetik akı dalga şeklindeki bozulmalar
- d-) Senkron makinaların hava aralığı döner alanının har-
monikleri
- e-) Doyma bölgesinde çalışan transformatörlerin mıknatıs-
lanma akımları
- f-) şebekedeki nonlinear yükler,doğrultucular,eviriciler
kaynak makinaları,ark fırınları,gerilim regülatörleri,fre-
kans çeviricileri vb.

Yeni harmonik kaynakları

- Motor hız kontrol düzenleri
- Doğru akım ile enerji nakli
- Statik VAR Generatörleri
- Kesintisiz güç kaynakları
- Direkt frekans çeviricisi ile beslenen momenti büyük,hı-
zı küçük motorlar
- Olasılıkla elektrikli taşıtların yaygınlaşması ve bun-
ların akü-şarj devrelerine etkileri
- Enerji tasarrufu amacı ile kullanılan aygıt ve kullanılan
yöntemler

Elektrik motorlarının yüke uyumunu sağlayarak verimini artıran yöntemlerde güç elektroniği aygıtları kullanılmak-
ta olup,bunlar şebekede harmonikler meydana getirmektedir.

ABD'de toplam elektrik enerjisi tüketiminin %64'ü elektrik motorlarınca harcanmaktadır.Bu bakımdan asenkron motorlar ve hız kontrol düzenlerinde verim ayrıca önem kazanmıştır. Bunu sağlamak üzere;

-Motor tasarımındaki gelişmeler verim artışına yol açmaktadır.Bu gelişmeler sonucu büyük çapta bir harmonik artışı umulmamalıdır.

-Motorun vermesi gereken mekanik güce uygun olarak giriş gücünün ayarlanması

Bu amaçla motora bir hız kontrol düzeninin eklenmesi gerekmektedir.Bir a.a kıyıcısı yada gerilimle birlikte frekansda ayarlayan bir evirici kullanıldığında anılan güç elektroniği aygıtları şebekede harmonikler meydana getirecektir.

-Mötorun güç faktörünün ($\cos \phi$) ayarlanması

Asenkron motorların boşta çalışmada güç faktörü 0.1 ila 0.2 arasındadır.Motor yüklendiğinde güç faktörü 0.9'a kadar artmaktadır.Motorun girişinde kullanılan a.a kıyıcısı gerilimi sürekli ayarlayıp güç faktörünü sabit tutmakta, motor kayıplarının min'da kalmasını sağlamaktadır.Alternatif akım kıyıcısı şebekede harmonikler doğuracaktır.

Motor Hız Kontrol Düzenleri

Bir evirici,direkt frekans çeviricisi yada a.a kıyıcısı yardımı ile ayarlanan asenkron makinalar,bilezikli asekron motorlarda hız kontrolü sağlayan sistemler senkron motor hız kontrol düzenleri ve kontrollü doğrultucular ile beslenen doğru akım hız kontrol düzenleri anlaşılabacaktır.

Elektrikli trenler önemli bir harmonik kaynağı olarak karşımıza çıkmaktadır.Trenlerin ilk hareketi sırasında tren hattını besleyen büyük güçlü doğrultucunun şebekeye önemli harmonikler verdiği ve bu harmoniklerin civar tesislerde önemli etkiler doğurduğu saptanmıştır.

Doğru Akım İle Enerji Nakli

Bu teknikte alternatif-doğru ve doğru-alternatif çeviricileri kullanılmaktadır.Alternatif olarak üretilen gerilim doğrultmakta ve enerji nakil hattını beslemekte,hattın uçunda tekrar alternatifte çevrilerek tüketiciye iletilmektedir.Doğru gerilim enerji naklinde kullanılan büyük güçlü

çeviricilerin, önemli büyüklükte harmonikler ürettikleri bilinmektedir.

Statik VAR Generatörleri

A.A. kıyıcısı ile akımı değiştiren bir reaktör, paralel bağlı kondansatörler ve kumanda, kontrol elemanlarından oluşur. Bu sistemlerin çalışma özelliği gerekli reaktif gücü en hızlı bir şekilde ve her faz için ayrı ayrı verebilmesidir. Özellikle ark fırınlarının kompanzasyonu, statik VAR Generatörleri bir harmonik kaynağı olarak şebekeyi olumsuz etkiler. Statik VAR Generatörlerinde direkt frekans çeviricileri de kullanılabilir, bunlarda önemli ölçüde harmonik üretirler.

Kesintisiz Güç Kaynakları (UPS)

Gerilim kesintisinin zararlara yol açtığı, bilgisayar ya da hava alanları gibi işletmelerde kullanılan UPS'ler alternatif gerilimin doğru gerilime çevrilerek depolanması ve sonra evirici yardımıyla alternatifte çevrilerek tüketiciye iletilmesi esasına göre çalışır. Statik çeviriciler gerek girişteki doğrultucu gerekse çıkıştaki evirici tarafından şebekede harmonikler oluştururlar.

Elektrikli Taşıtlar

Elektrikli otoların tip çalışmalarının sonuçlandığı, elektrik enerjisinin akümülatörlerde depo edildiği bilinmektedir. Akümülatörlerin belli aralıklarla şarj edilmesi ise, şebekenin giderek akü şarj doğrultucularının harmonik etkilerine daha fazla maruz kalmalarına neden olacaktır.

5. HARMONİKLERİN ETKİLERİ

Kondansatör gruplarında tahribat dolayısıyla aşırı gerilim meydana gelmesi ve dielektrik delinmesi akımın çok büyümesi dolayısıyla aşırı yükleme şeklinde tahribat

Güç hatlarında otomatik kontrol yapan elemanlarda karışımlar

Asenkron ve senkron makinalarda aşırı kayıplar ve ısınma
Aşırı gerilimler nedeniyle yalıtkan kablolarda delinme

Telekominikasyon sistemleri ile karışmalar
 Endüksiyon kWh metrelerinde ölçme hataları
 Yarı iletkenli ve mikro işlemci sistemlerde ve büyük motor
 kontrol devrelerinde karışmalar
 Senkron ve Asenkron makinalarda mekanik salınımlar
 Ateşleme anları gerilimin sıfırına göre ayarlanmış sıfır
 gerilim şalterli devrelerde kararsız çalışmalardır.

REZONANS OLAYI VE HARMONİKLERİN GİDERİLMESİ İÇİN TESİSLERDE ALINAN ÖNLEMLER

Seri ve paralel rezonans devreler için rezonans şartı

$$L.W_r = \frac{1}{C.W_r}$$

Seri rezonans halinde empedans minimum olduğundan akım yalnız omik R direncine bağlıdır ve max değerini alır, sistemdeki omik dirençlerin rezonans için bir tehlike yaratmadığı açıktır. $W = 1/\sqrt{LC}$ eşitliğinden L yada C parametrelerinin herhangi birini değiştirmekle rezonans'tan kaçınmak teorik olarak mümkündür. Rezonans halinde;

$$L = \frac{1}{C.W^2}$$

$$C = \frac{1}{L.W^2}$$

ifadeleri göz önüne alınırsa, C sabit kalmak koşuluyla devrenin endüktansını düşürmek yada arttırmak bir çözüm olabilir. Rezonansın yol açtığı zararlı etkilerden kurtulmak için teorik olarak şu sonuçları verebiliriz:

- Omik R direnci arttırılmalıdır
- L endüktansı arttırılmalıdır
- C kapasitesi arttırılmalıdır
- Kompanzasyon tesisi öz frekansı rezonansa neden olabilecek şebeke frekansının altında olmalıdır. ($W < W_r$)

Proje Aşamasında Alınacak Önlemler

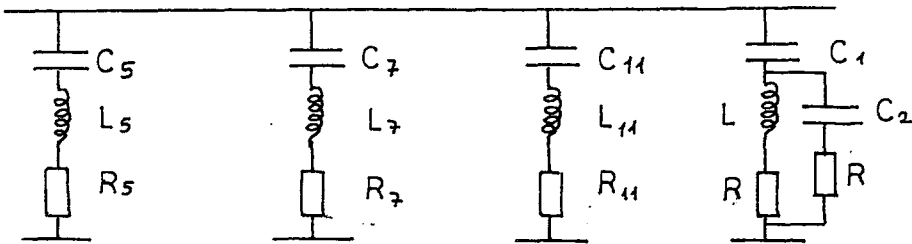
Öncelikle işletmede mevcut tüketiciler ürettikleri harmonikler açısından incelenmelidir. İkinci aşamada mevcut etkin harmoniklerle, işletmeye alınması düşünülen kompanzasyon tesislerindeki toplam kondansatör gücünün rezonansa yol açıp açmayacağına araştırılmasıdır. Rezonans olasılığı önceden belirlenmiş bir işletmede kompanzasyon tesisi hazırlanırken çeşitli önlemler alınır. En önemlisi filtre devreleridir.

6.FİLTRELEME DÜZENLERİ

Filtreler ile harmoniklerin şebekedeki etkileri en alt düzeye indirilebilir. Harmonik üreten güç elektroniği aygıtlarında, daha tasarım aşamasında gerekli tedbirler alınabilir, örneğin doğrultucu 6 darbeli olacağı yerde 12 darbeli olarak boyutlandırılır.

İki doğrultucu paralel çalıştırılarak bunlar primeri ortak sekonderinden birisi üçgen, birisi yıldız bağlı bir transformatörden beslenebilir. Bu sayede 5 ve 7 harmoniklerde önemli azalmalar sağlanabilir. Transformatörlerin primerlerinin üçgen bağlanmasında 3. harmoniğin şebekeye girişini önler. 3. harmonik akımı, üçgen sargıda devresini tamamlar.

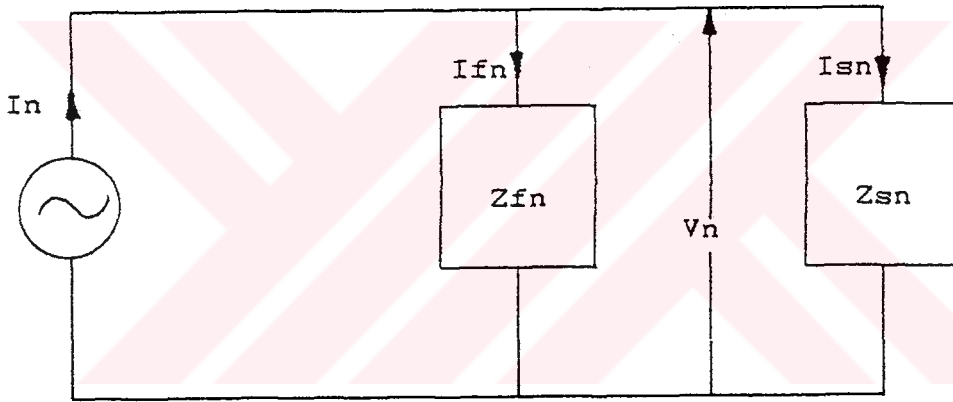
Yukarıda sözü edilen, tasarıma yönelik önlemler yeterli değildir. Buna ek olarak harmonik akımlarının şebekeye geçmesine engel olan düzenlere gerek vardır. Hat ile nötr arasında bulunan ve istenen harmonik akımının geçmesini sağlayan bu devrelere alternatif akım hat filtreleri denir. Şekil-I' da harmoniklerin şebekeye geçmesine engel olan bir filtre devresi görülmektedir.



Şekil-1 Harmonikleri toprağa geçiren bir filtre devresi

Şekilde birinci kol 5.harmonik akımına en kolay yolu sağlar.Kullanılan kapasite ve self $f=250\text{Hz}$ 'de seri rezonans meydana getirmektedir.İkinci kol ise,aynı işlemi $f=350\text{ Hz}$ de sağlamaktadır.Daha yüksek frekanslı akımları kısa devre etmek üzere bir adet yüksek geçiren filtre kullanılabilir. Bu haliyle filtrenin aynı zamanda reaktif güç kompanzasyonu yapabileceği aşıkardır.Şebeke frekansı için her kol kapasitif özellik taşır.

Yukarıda filtre devresinin başarılı olması,şebeke empedansı ile birarada iken harmonik akımlarını geçirme özelliğinin bulunmasına bağlıdır.Aşağıda filtre ilave edilmiş eşdeğer devrenin analizi yapılmıştır.



Şekil-2.Harmonikli bir şebeke ve paralel bağlı filtre

I :Harmonik akımları

Z_{fn} :Filtrenin empedansı

Z_{sn} :Şebekenin empedansı

Şekil-2'de şebeke harmonik akımı I_{sn} ,harmonik gerilimi V_n filtreden geçen akım I_{fn} olmak üzere;

Filtresiz

$$I_{sn}=I_n$$

$$V_n=I_n \cdot Z_{sn}$$

$$I_{sn}=I_n - I_{fn}$$

$$V_n=I_{sn} \cdot Z_{sn}$$

$$V_n = \frac{I_n \cdot V_{sn} \cdot Z_{fn}}{Z_{sn} + Z_{fn}}$$

$$I_{sn} = \frac{I_n \cdot Z_{fn}}{Z_{sn} + Z_{fn}} \quad \text{Filtreli}$$

olup filtre kullanılmadığında harmonik akımının tamamının şebekeye intikal edeceği ve $V_n = I_n \cdot Z_{sn}$ harmonik geriliminin büyüyeceği görülmektedir. Şebeke ve devre admitansları karşılaştırıldığında; V_n 'nin belirli bir sınırı aşması için

$$\left| \frac{1}{Z_n} \right| > \epsilon$$

$$\left| \frac{1}{Z_n} \right| = \left| \frac{1}{Z_{sn}} + \frac{1}{Z_{fn}} \right| > \epsilon \quad \epsilon = \frac{I_n}{V_{1m}}$$

Eğer harmonik geriliminin müsaade edilen bir üst sınırı varsa (V_{nmax}) bu değer ϵ 'nun değerini belirler.

Harmonik filtreleri her tesis için ayrı ayrı boyutlandırılmalıdır. Bu amaçla bir tasarımcının aşağıdaki bilgilere ihtiyacı vardır.

1. Sorun yaratan yükün meydana getirdiği harmonik akımlarının frekans ve genliği

2. Çevredeki yükler ile güç sisteminin eşdeğer devresinde gözönüne alınacak en büyük harmoniğe kadar harmonik frekansı için devrenin empedansının değişimi

3. Şebekenin çeşitli noktalardaki ve özellikle fabrikaların besleme noktasındaki müsaade edilen harmonik distorsiyonunun derecesi

4. Tesiste bulunan ve planlanan reaktif güç kondansatörleri

5. Diğer kaynakların neden olduğu ve halihazırda mevcut harmonik distorsiyon derecesi

6. Tasarımı yapılacak filtrelerin çalışacağı gerilim, frekans ve sıcaklık

Harmonik filtreleri harmonik meydana getiren yüke en yakın bir noktada ve çok kez fabrika giriş noktasında tesis edilirler.

Kısaca sonuç olarak;

Reaktif güç konusunda son yıllarda artan bir şekilde yer

verilmiş olması,güç kondansatörlerinin şebekenin çeşitli bölgelerinde kullanılmasına yol açmıştır.Harmonikler bulunmasa dahi kondansatörleri aşırı yükleyecekleri doğaldır. Buna ek olarak belirli harmoniklerin rezonans koşulu sağlandığında kondansatörlerde ve diğer alıcılarda hasar meydana getirecektir.Kondansatör tahribatlarının en önemli nedeni harmoniklerdir.

Buna göre harmonik içeriği fazla olan yükleri kapsayan işletmelerde kompanzasyon tesisi kurulurken harmonik analizi yapılması civar tesisler ve şebekenin empedansının frekans analizinin yapılması çok faydalı olacaktır.Harmonik filtreler yardımıyla hem harmonik süzme işlemi hemde reaktif güç kompanzasyonu sağlanabilir.

Sistemdeki bozucu etkileri azaltma çareleri

Gerilim Dalgalanmaları

1.Reaktif güç kompanzasyon tesisi kurmak

- a.Motorlarda;akım sınırlayıcıları kullanmak,işletme koşullarını iyileştirmek,yük dalgalanmaları azaltmak.
- b.Kaynak makinalarında;doğru akımla çalışan makina kullanmak

Dengesizlik

2.Kondansatör ve endüktanslarla dengeli tesisatı kurmak.

- a.Statik dönüştürücüler arasında çapraz bağlantı kurmak.
- b.Ark fırınlarında;doğru akımla çalışan makina kullanmak.
- c.Bir fazlı yüklerin her 3 faz üzerinde dengeli dağılımını sağlamak.

Harmonik

3.Rezonans yaratan kompanzasyon donanımlarını azaltmak.

- a.Harmonik filtreleri kullanmak.
- b. Değişik bağlantılı trafolar kullanmak.
- c.Şebeke işletme şemasını değiştirerek rezonans koşulu dışına çıkmak.

Ara Harmonikler

4.Mekanik kaynaklılar için,karşıt ağırlık ve volonlar

yardımla genliklerin azaltılması.

a.Dönüştürücülerde fılre kullanarak stasyonere ara harmo-
niklerin azaltılması.

b.Motor rejiminin yavaş değişimini sağlamak (Anma akımı-
nın sınırlandırılması ile)

Elektrik sistemleri üzerinde bozucu etkileri
olan alıcı türleri

Gerilim Dalgalanmaları=Yükler,Büyük motorlar,Kaynak ma-
kinaları,Ark ocakları(lineer olmayan akım gerilim özelli-
ęi gösterir)

Harmonik=Kaynak makinaları,Ark ocakları,Endüksiyon ocak-
ları-Frekans dönüştürücüleri,Dimmerler,Televizyonlar

Ara harmonikler=Kaynak makinaları,Presler,Ark ocakları,
Frekans dönüştürücüler.

7. KOMPANZASYON TESİSLERİNİN SINIFLANDIRILMASI

Tesise bağlı olan alıcıların durumuna göre çeşitli tip-
kompanzasyon yapılır:

1.Tesis şekline göre

1.1.Ferdi kompanzasyon

Bu tür kompanzasyonda tesisteki alıcılar ayrı ayrı kom-
panze edilir.Böylece kompanzasyonda kontrol edilecek güç
azalır.Yani güç küçük parçalar halinde ayrı ayrı kontrol
edilmiş olur.

1.2.Grup kompanzasyonu

Birden fazla alıcı aynı anahtarla devre kumandası yapıldığında grup olarak kompanzasyon yapılabilir.Böyle kompan-
zasyonda gruptaki motorlar aynı anda çalışıp durmalıdır.
Şayet böyle aynı anda değilde her motor ayrı olarakta çalışabiliyorsa kondansatörlerde ayrı olarak bu motor kontak-
larıyla devreye girip çıkabilecek şekilde dizayn edilir.

1.3.Merkezi kompanzasyon

Baraya bağlı olan bir çok endüktif yük akımı çeşitli za-
manlarda devreye girip çıkıyorlarsa böyle bir sistemde

çekilen yük durumuna göre ayarlı merkezi kompanzasyon yapılır. Bu ayarlı kompanzasyon klasik olarak reaktif yük rölesi ile devrede olan kondansatör grupları sayısını arttırıp azaltarak sağlanmaktadır.

2. Kondansatörlerin bağlanma şekline göre
Kompanzasyon seri veya paralel kondansatörlerle yapılabilir.

2.1. Seri kondansatörlerle kompanzasyon

2.1. Paralel kondansatörlerle kompanzasyon

2.2.1. Sabit kondansatörlerle kompanzasyon

a. Doymuş reaktörlerle dengelenen sabit kondansatör: Yük barasına paralel olarak kondansatör grupları bağlanır. Her faza ayrı kondansatör grubu bağlandığından paralel kondansatörle nispeten dengesizlikler de önlenir.

b. Güç elektronikli ayarlı reaktör ile dengelenen sabit kondansatörlü kompanzasyon: Bu metodla reaktörden daha hassas kompanzasyon sağlanmış olur. Burada tüketicinin çektiği akım ve gerilim ölçülerek değerlendirilir.

2.2.2. Sabit olmayan kondansatörlerle kompanzasyon

a. Güç elektroniği devrelerinde devreye sokulup çıkarılan kondansatörlerle dengelenen kompanzasyon: Bu çeşit kompanzasyonlar her faza ayrı gruplar halinde tristör kontrollü kondansatör grupları bağlanır. Herbir fazdaki reaktif yüke göre tristörler bu faza ait kondansatör gruplarını devreye sokar veya çıkarırlar.

b. Kademesiz kompanzasyon

Yukarıdaki bahsedilen kompanzasyonda kompanze edilecek güç uygun kademelere bölünerek kademeli bir kompanzasyon yapılmaktadır. Bu kompanzasyonda ise, tristörle kumanda edilen kondansatörlere kombine olarak yine bir tristör kontrollü reaktör bağlanır ve sürekli güç ayarı yapılır.

8.HİBRİT ENERJİLİ AKTİF GÜÇ FİLTRESİ

Nonlineer ve zamanla değişen yükler tarafından oluşturulan distorsiyonların kompanzasyonu için gittikçe artan bir talep söz konusudur.

Aktif güç filtreleri,akım dengesizliği,yüksek ve düşük dereceli harmoniklerin kompanzasyonunda kullanılır.Aktif filtrelerin genel yapısı bir veya daha fazla dönüştürücüyü içerir.Tam ve doğru bir kompanzasyon elde etmek için hızlı cevaba sahip bir kontrol ve yüksek enerji birikimine ihtiyaç vardır.İlk şart yüksek harmonikleri,ikinci şart ise faz dengesizliğini ortadan kaldırmayı içerir.

Genel olarak sistem doğruluğu ve cevap hızı konvertör yapısına ve modülasyon tekniğine bağlıdır.(Akım kaynaklı konvertörler filtre akım dalga şekillerinin hızlı ve doğru kontrolü için çok uygundur.).Ayrıca bu tip konvertörlerin gerilim kaynaklı türlerine kıyasla hata toleransı ve güvenilirliği daha fazladır.Enerji birikimi göz önüne alınırsa kapasitif elemanlar endüktif olanlara göre daha etkili,küçük ve ekonomik olmaktadır.Bununla beraber konvertör yapısı ve depolama elemanı çeşidi bağımsız olarak seçilemez.

Aslında kapasitif depolama gerilim kaynaklı konvertör için ihtiyaç duyulurken,akım kaynaklı konvertör endüktif depolamaya talep olmaktadır.Buradaki çalışma hem endüktif hem kapasitif elemanları içeren depolama sistemi için hibrit yapıyı ele almaktadır.Hernekadar bu çözüm bağımsız konvertör ve kaynak elemanı çeşidi seçimine olanak tanıyorsa da 2 kontrol elemanına ihtiyaç vardır.Uygulama örneği olarak,aktif filtre akım kaynaklı darbe genişlik modülasyonlu (PWM) ve kapasitif hibrit depolama elemanı olarak tariflenmektedir.

FİLTRE YAPISI

Şekil-1'de basit bir filtre sistemi görülmektedir.Filtre sistemi 2 temel güç bölümünden oluşur;konvertör,hibrit depolama ve kontrol sistemi.Konvertör akım modunda çalışır.Konvertör anahtarları akımı sadece bir yönde taşır.Bununla

beraber, eğer transistör ve mosfet gibi tersiletimli yarı iletken elemanlar kullanılırsa ters bloklama kabiliyetini garanti etmek için seri diyotlara ihtiyaç duyulur. Bu teknik filtre kontrol ünitesinin ürettiği akım referansına bağlı kalarak, giriş akım dalga şekillerinin açık devre kontrolünü uygun bir modülasyon tekniğiyle sağlamaktadır.

Bu tekniğe göre; aşağıdaki anahtar açık tutulurken, en büyük pozitif akım referansı uygun faz kolunun anahtarını kontrol eden PWM sinyalinin üretimi için üçgen dalga şekliyle karşılaştırılır. Benzer biçimde yukarıdaki anahtar açık tutulurken; uygun fazın anahtarı için PWM sinyali verilerek, aynı üçgen dalga şekli en büyük negatif akım referansı ile kıyaslanmaktadır. Bu tip konvertör, giriş gerilim atlamalarını azaltmak için Cf kapasitör şeklinde tanımlanan kapasitif filtreye ihtiyaç duyar. Ld akım konvertörünün uygun çalışmasını sağlar. Köprü anahtar 3 seviyeli modülasyona göre çalışır. Eğer anahtarların her ikisinde kapalıysa tek yönlü endüktif akım kapasiteyi şarj eder, eğer her ikisinde açık ise Cs deşarj halindedir. Eğer sadece bir anahtar kapatılmışsa, endüktif akım kapasite içine akar.

Sonuç olarak, peryot sırasında kapasite gerilimi değişir. Aynı zamanda genel filtrelere ihtiyaç için Cs gerilim değişimini sınırlamak için yeterince büyük yapılabilir.

Dizayn Kriteri

Aktif filtreyi belirlemek için, referans 3 nitelikte yapılmalıdır; max filtre akımı, max depolanan enerji ve kompanze edilecek yük güç içeriğinin band genişliği.

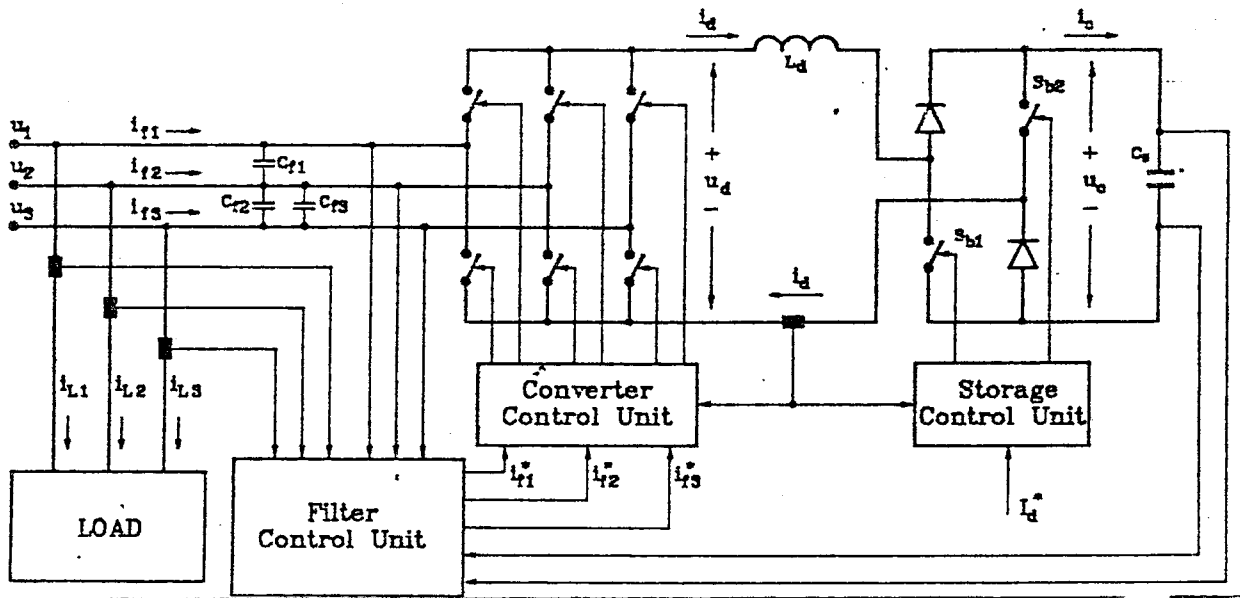
Öncelikle, verilen yük, harmonikler, dengesizlikler ele alınıp max filtre akımı hesaplanmalıdır. Benzer biçimde, yük güç davranışı tahmin edilmeli ve kompanzasyon edilecek güç içeriklerinin band genişliği seçilmelidir. Cevap işaretlerinden filtreleme oranı çıkar.

Sonuçlar

Bu inceleme, hem akım kaynaklı konvertör hemde kapasitif depolama avantajına sahip hibrit depolamalı geliştirilmiş

aktif filtre konfigürasyonunu içermektedir.Hızlı ve doğru giriş dalga şekillerine sahip akım kaynaklı konvertörlerde yüksek harmoniklere kompanze edilmelidir.Endüktans akımı sabit tutarken,yarı kontrollü köprü sistem kontrolünü kolaylaştırır.Öngörülen filtre optimal kullanım,kompanzasyon kabiliyeti,limitli boy ve maliyet özelliklerine sahiptir.





Şekil-1 Güç filtre Planı

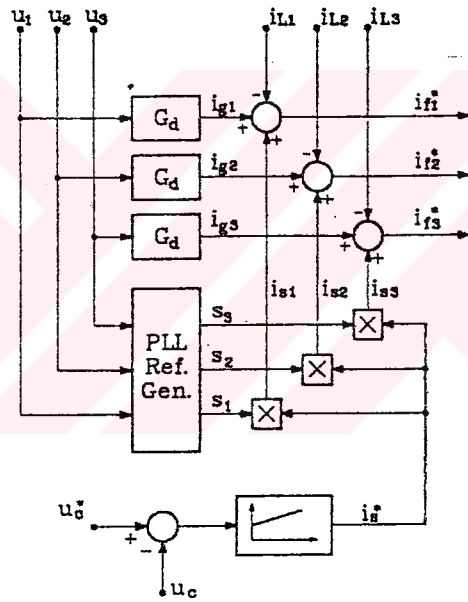
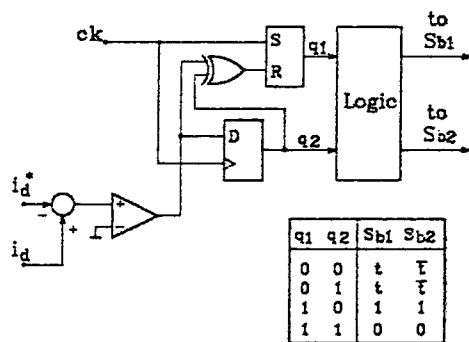


Fig. 2. Filter control unit.



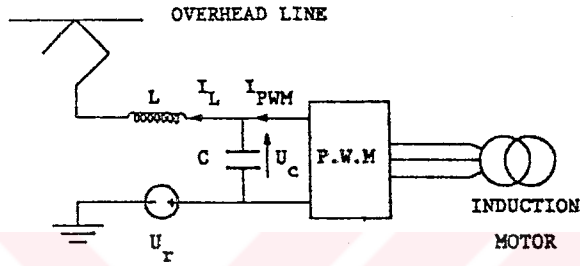
q1	q2	Sb1	Sb2
0	0	t	$\bar{t}$
0	1	t	$\bar{t}$
1	0	1	1
1	1	0	0

Şekil-3 Kontrol devresi

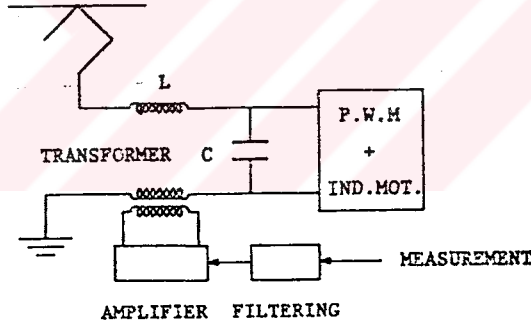
9. AKTİF FİLTREYLE HARMONİK İÇERİĞİNİN AZALTILMASI

Demir yollarında PWM inverterle beslenen endüksiyon motorları beslenmektedir. Burada en önemli problem sinyalizasyon içerikli sorunlardır. Harmoniklerin eliminasyonu için LC passive filtre PWM inverter kaynağına eklenir. Filtre yüksek frekans içeriğini azaltır.

Aktif filtreleme: Hava hattında PWM tarafından yaratılan harmoniklerin eliminasyonu için gerilim generatörü bir sinyal gönderir. Şekil 1 de gösterildiği gibi.



Şekil-1 Aktif kompanzasyon



Şekil-2 Trafo kullanılan sistem

Teorik analiz:

Harmonik azaltımı: Hava hatlarında ilk düşünülen harmonik azaltımıdır.

1. Hava hat empedans değişimi ihmal edilebilir.

2. Kaynağın sebep olduğu harmonikler sıfır kabul edilir.

Diğer bir ifadeyle kaynak ideal dc gerilim kaynağı olarak kabul edilir.

Şekil 3'de teorik incelemeler için sistem gösterilmiştir.

Transfer fonksiyonu endüktans akımı I_L ile ilintilidir. Giriş inverter akımı I_{PWM} aşağıdaki gibi yazılabilir.

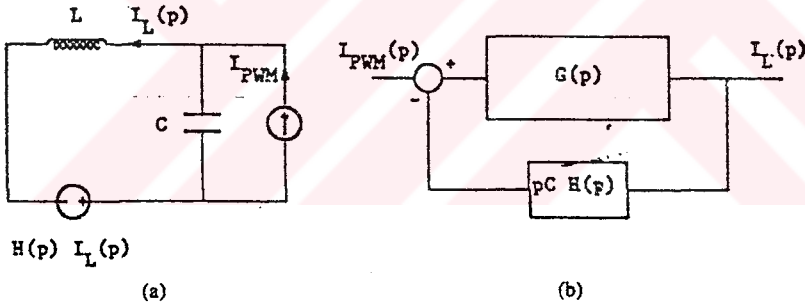
$$\frac{I_L}{I_{PWM}} = \frac{G(p)}{1+pCH(p).G(p)}$$

$$G(p) = \frac{1}{1+pRC+pLC}$$

R, hem trafo sekonderi hem de endüktans L'nin toplam omik rezistansıdır. Eğer H kazancı yeterince yüksekse I_L/I_{PWM} oranı istenildiği kadar düşürülebilir. Devre kazancının incelenmesiyle stabilite en iyi şekilde sağlanmış olur.

Bir taraftan karşıt endüktans (M) ile çarpılan L_1 ve L_2 endüktansları ile trafo modellenirken, diğer yandan anahartarlama amplisi gerilim kaynağı gibi davranır. R çıkış rezistansıdır.

$$H(p) = \frac{p \cdot p \cdot (L_1 \cdot L_2 - M^2) + M \cdot K(p) + L_1 \cdot R_1}{R + pL_1}$$



Şekil.3a.Teorik incelemeler için devre şeması
b-Transfer sistemi

I_{PWM} oranı şu şartlara uymak zorundadır.

I_{PWM}

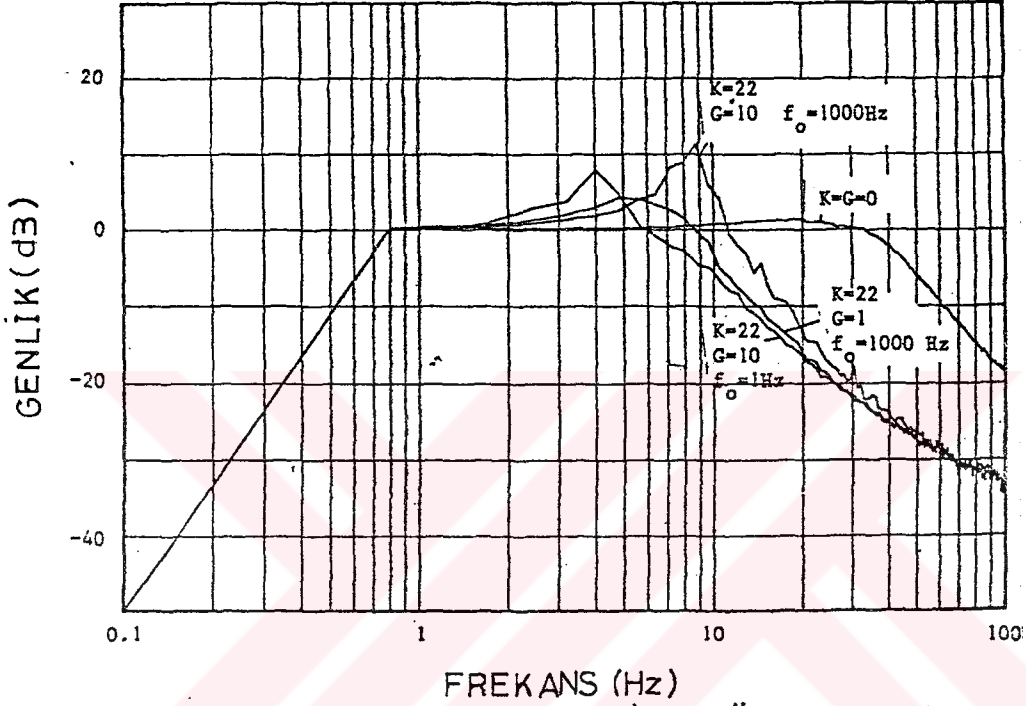
$I \leq 660 \text{ mA}$ $50 \pm 5 \text{ Hz}$

$I \leq 250 \text{ mA}$ $75 \pm 2 \text{ Hz}$

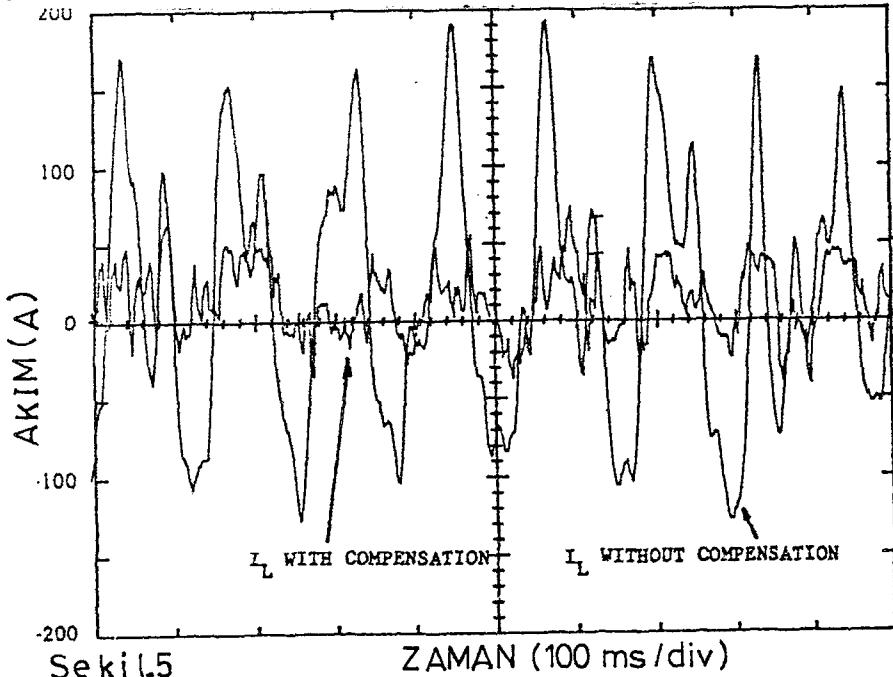
$I \leq 150 \text{ mA}$ $125 \pm 6 \text{ Hz}$

$Z(p)$ hata sinyali üzerine etkisi olan kazanç, L, L, M tra-
fonun eş ve karşıt endüktansı, R primer taraftaki omik re-
zistans olmak üzere sistemin devre kazancı şu şekli alır.

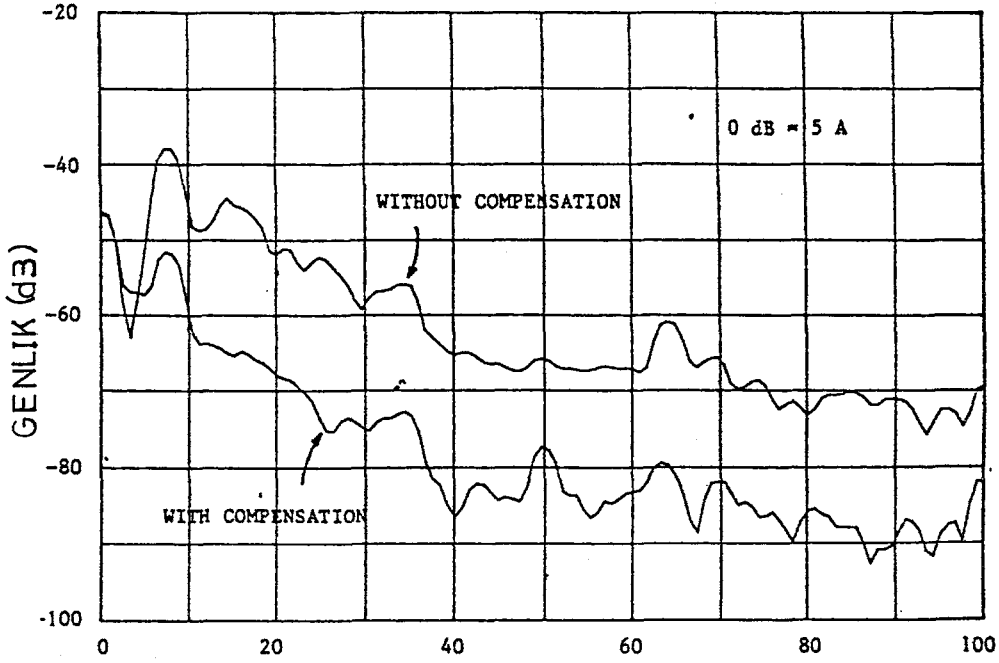
$$Tbo(p) = \frac{Z(p)}{R_1 + p \cdot L_1} \quad Z(p) = \frac{G \cdot w}{p + w}$$



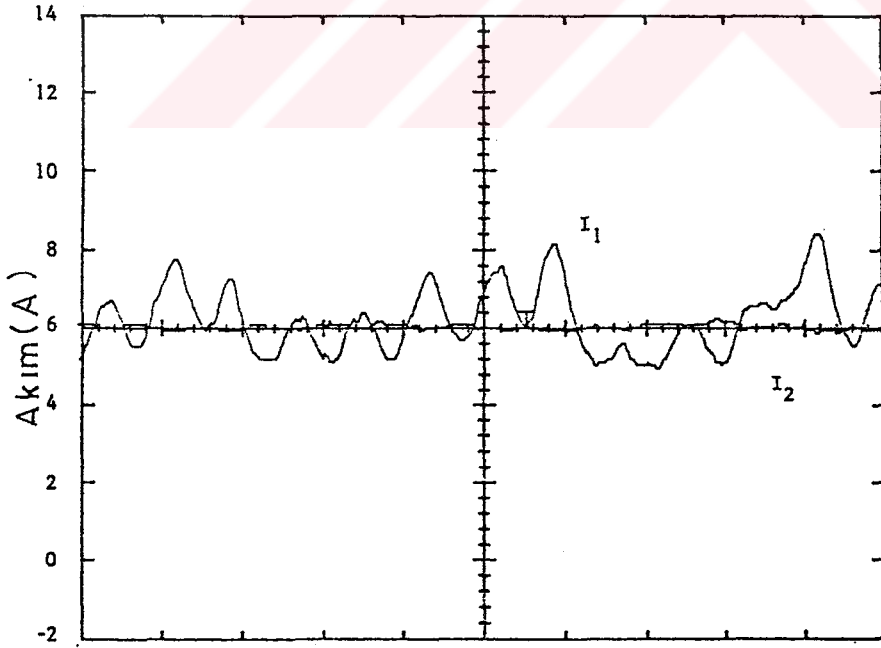
Şekil.4 Transfer kazancı G ve K 'ye göre deneysel sonuçlar



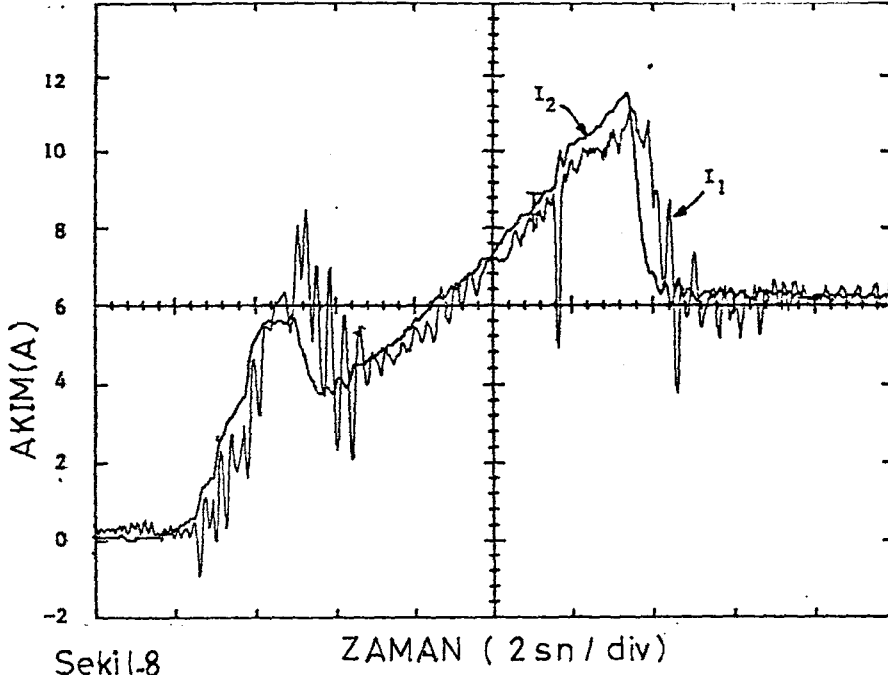
Şekil.5
Hava hat akımı dalga şekli Kompanzasyon etkisi
 $K=30$ $f_k=10$ Hz $G=10$ $f_0=1$ Hz



Şekil.6 FREKANS (Hz)
Hava hat akım spektrumu Kompanzasyon etkisi
K=30 $f_k=10\text{ Hz}$ G=10 $f_0=1\text{ Hz}$

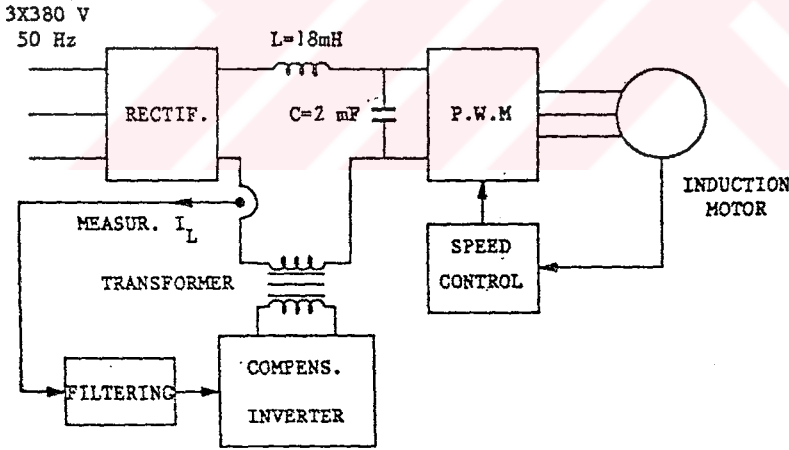


Şekil 7 Trafonun giriş çıkış kıyaslaması
Sabit Durum Şartı



Şekil-8

Trafonun primer ve sekonder arasındaki kıyas Geçiş durumu



Şekil-9 GÜÇ DEVRESİ 500 V / 200 A

KAYNAKLAR

- 1.ARRILLAGA,J.BRADLEY-D.A.BODGER.P.S. "Power System Harmonics" ,John Wiley Sons , Chichester New York Brishane Toronto Singapore,1985
- 2.ÇELTEKLİGİL,U,"Alternatif Akım Kıyıcıları İle Reaktif Güçlerin Kompanzasyonu Ve Bunun Bir Direkt Çeviriciye Uygulanması"
İTÜ,Doçentlik Tezi,Eylül 1981
- 3.ARCAK,F."Güç Elektronikli Devrelerin Sistem ve Diğer Alıcılar Üzerindeki Etkileri,Harmonikler",Y.T.Ü.
Yüksek Lisans Tezi,1990
- 4.ABUT,N., "Güç Elektronikli Devrelerde Statik Kompanzasyon"
Y.T.Ü.,Yüksek Lisans Tezi,1985
- 5.IEEE Transactions on power electronics.vol.6 no.3 july 1991
- 6.Power Electronics Kjeld Thorborg
- 7.IEEE Transactions on power electronics.vol.7 no.4 october 1992

ÖZGEÇMİŞİM

Doğum tarihi:26 mart 1970

Doğum yeri:ANKARA

Mezun olduğum lise ve yılı:İstanbul Erenköy Kız Lisesi
1987

Mezun olduğum üniversite yılı: Yıldız Teknik Üniversitesi
1991

Genel ve mesleki stajlarımı yaptığım yer :Simko

Halen özel bir firmada elektrik tesisat projeleri konusunda çalışmaktayım.

HARMONİKLER VE FİLTRELER
PINAR ÖNDER
ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ

ANAHTAR KELİMELELER: GERİLİM DALGALANMALARI-DENGESİZLİKLER
HARMONİKLER-KOMPANZASYON-AKTİF GÜÇ FİLTRESİ

ÖZET: Güç elektroniği devreleri için önemli bir sorun oluşturan harmonikler ve onların eliminasyon metodları incelenmektedir.

Tezin ilk bölümünde filtreler; seri kondansatörsüz, akım ve dc olarak sınıflandırılır. Gerilim filtresi kullanılarak sabit çıkış frekansı için kendi kendine komitasyonlu inverterler sinusoidal gerilimli ac gerilim kaynakları yerine daha sık kullanılır. Çıkış gerilimini sinusoidal yapmak için filtreleme düzeni bulunan inverter temin edilir. Şekil 1'de Z seri empedanslı, Y paralel empedanslı filtre düzeni görülmektedir. Y paralel kolun admitansıdır. Giriş gerilimi U sinusoidal olmayan gerilim olarak kabul edilmiştir. U filtrelenmiş çıkış gerilimidir. Şekil 2'deki seri paralel rezonans filtresi küçük harmoniklerin yüksek oranda, temel harmoniğin düşük oranda azalmasını sağlar. Paralel kollar kadar seri kollar da temel frekansta rezonans için ayarlıdır. Hesaplamalarda tüm kayıplar ihmal filtre açık devre kabul edilmiştir. Yükler ve kayıplar çıkış geriliminin harmonik içeriği üzerine az bir etkisi olan filtreye sahiptir.

Örnek 1 bir filtrenin çalışma örneğini verir. Burada seri paralel rezonans filtresi 1 pü 'lük güce sahip olarak kare dalga gerilimiyle ilintilidir. Giriş geriliminin harmonikleri fouier analiz metoduyla hesaplanabilir. Şebekenin harmonik içeriğini azaltmak için akım filtresi tesis edilmiştir. Filtrenin etkinliği doğruluğu kadar büyüklüğüne de bağlıdır. Şekil 6 varolması muhtemelen en düşük seviyeli harmonikler için kısa -devre hatlı sistemde bir filtre örneğini göstermektedir. Dc taraftaki dalgalı akım endüktans kullanılarak düşürülebilir. Elektrolitik kondansatör vasıtasıyla da dalgalı gerilim azaltılabilir. Dc filtrenin nasıl dizayn edileceği örneği olarak filtre yardımıyla rezistif yükü besleyen bir inverter inceleneyecektir. Şekil 12'de görülebilir. Em-pedans ve kapasitans kombinasyonunda kapasite sabit gerilim sağlarken empedans sabit akım sağlar.

Elektrik makinalarındaki değişimler ve cihaz dizayn metodları endüstri sektöründe kullanılan cihazlar olarak şebeke, lerde harmonik içeriği üretirler. Genel ve yeni harmonik kaynakları tezde incelenmektedir. Motor hız kontrol düzeni, dc akımla enerji nakli, Statik VAR generatörler, UPS, elektrikli cihazlar.

Her tesis için harmonik filtreleri ayrı ayrı dizayn edilmek zorundadır. Bu yüzden araştırmacılar aşağıdaki bilgilere sahip olmak zorundadır.

1. Yüklerin oluşturduğu harmonik akımlarının frekansı
2. Harmonik frekansı için devrenin empedans değişimi

3.Fabrikaların besleme noktaları ve şebekelerin çeşitli tipte harmonik distorsiyon seviyesi.

4.Reaktif güç kondansatörleri

5.Diğer kaynakların oluşturduğu harmonik distorsiyon seviyesi

6.Filtre için gerilim ,frekans,sıcaklık

Harmonik filtreleri harmonik üreten yüklere ve çoğunlukla fabrika giriş noktalarına yakın yerlerde tesis edilirler.

Harmonik filtresi yardımıyla hem harmonik eliminasyonu hem de reaktif güç kompanzasyonu sağlanabilir.

Bazı istenmeyen etkiler aşağıda verilmektedir.

Gerilim Dalgalanmaları

Reaktif güç kompanzasyonu yapısı,Motorlarda akım limitasyonu çalışma şartlarının düzeltilmesi.

Yük dalgalanmalarındaki azalma

Dengesizlikler

Kondansatör ve endüktans için uygun tesis kurmak

Harmonikler

Elektrik sistemleri üzerine negatif etkiye sahip alıcı tipleri aşağıda incelenmektedir.

Gerilim dalgalanmaları:Yükler,Yüksek kapasiteli motorlar kaynak makinaları.

Harmonikler:Kaynak makinaları,Dimmerler,T.V

Araştırmanın orta kısmının konusu Hibrit enerji depolamalı aktif güç filtresi kullanılarak harmonik içeriği düşürmektir. Bu nokta da nonlineer ve zamanla değişen yüklerin oluşturduğu dengesizliklerin kompanzasyonu için artan ihtiyaç vardır. Bir taraftan akım dengesizlikleri ,düşük ve yüksek seviyeli harmonikler için kompanzasyonu aktif filtrelerle yaparken diğer yandan reaktif güç kompanzasyonu sağlanmaktadır.Doğru ve tam bir kompanzasyon için hızlı cevap kontrolü ve yüksek enerji deposuna ihtiyaç duyulur.

Tezin son kısmında Dc hatlarda aktif filtrelemeyle harmonik içeriği azaltımı incelenecektir.Demiryolların da günümüz eğilimi endüksiyon ve dc motorların kullanımını içine alır.Demiryolların da darbe genişlik modülasyonlu inverter beslemeli endüksiyon motorları hava hatlarında yüksek seviyeli harmonik yaratan dc gerilim sağlarlar.Bu durum sinyalizasyon sisteminde sorun yaratır.Demiryolu operatörlerinin ihtiyaçlarını karşılamak için hava-hatlarındaki harmonik içeriklerinin azaltımı ile ilgileneceğiz.Bir transformatörü besleyen güç amplifikatörünü içine alan aktif güç filtreleme sistemi geliştirilmektedir.

HARMONICS AND FILTERS
PINAR ÖNDER
ELECTRIC ENGINEERING

KEYWORDS : VOLTAGE RIPPLES-UNBALANCES -HARMONICS
COMPENSATION-ACTIVE POWER FILTER

SUMMARY: Harmonics which are the important problem for power electronic circuits and their elimination methods are examined.

At the beginning of the thesis, filters are classified as series without condenser, current, dc. Using voltage filter, self-commutated inverters for fixed output frequency are often used to replace ac voltage sources with sinusoidal voltage, for which most loads are designed. To make the output voltage sinusoidal, the inverter is provided with a filter. The filter shown in figure 1 consists of a series impedance Z and Y parallel impedance $Z=1/Y$, where Y is the admittance of the parallel branch. The input voltage U_1 is assumed to be a nonsinusoidal voltage and U_2 is the filtered output voltage. The series-parallel resonance filter of figure 2 fulfils the requirements of a low reduction of the fundamental and a high reduction of the harmonics. The series as well as the parallel branches are tuned for resonance at the fundamental frequency. In the calculations which now follow, all losses are neglected and the filter is assumed to be open-circuited. The losses and load have for this type of filter usually little influence on the harmonic content of the output voltage. Example 1 gives a worked example of a filter. Here series-parallel resonance filter having a rated power of 1 pu, is connected to a square-wave voltage. The harmonics of the input voltage can be calculated by means of fourier analyse methods. To reduce the harmonics of a plant or network, current filter may be installed. The effectiveness of the filter depends on its size as well as the accuracy of tuning. Figure 6 shows an example of a filter with short-circuit links for the lowest harmonics, which are expected to be present. Ripple current on a dc side may be reduced by inserting an inductor and ripple voltage by means of an electrolytic capacitor. As an example of how to design a dc filter, a converter feeding a resistive load via a filter will be studied. See figure 12. In the combination of impedances and capacitors, capacitor maintains constant voltage, impedance maintains constant current. The alteration of the electric machines and equipments design methods produce harmonic components at the networks as equipments which are used in the industry sector. General and new harmonic sources are examined in the thesis.

Motor speed control order, energy transmission by dc, static

var generatör, UPS, Devices with electricity.

Harmonic filters must be designed one by one for every installation. That's why a researcher must know information below.

1. Frequency of harmonic currents which are occurred by loads.

2. Impedance alteration of circuit for harmonic frequency.

3. Harmonic distortion level at the various types point of networks and feeding point of factories.

4. Reactive power condenser.

5. Harmonic distortion level which was occurred by other sources.

6. Voltage, frequency and heat for filters.

Harmonic filters are installed near loads which occur harmonics and mostly factory entry point.

By means of harmonic filter, both harmonic elimination and reactive power compensation can be obtained.

Some unwanted effects are given below.

Voltage ripples

Construction of reactive power compensation, Current limitation at motors, making smooth of working condition.

Reduction of load ripples

Unbalances

Building installation which is suitable for condenser and inductors.

Harmonics

Reduction of compensation systems which occur resonance using harmonic filter. Using different connected transformer. Receiver types which have negative effects on electric systems are examined below.

Voltage ripples: Loads, Motors with high capacity, source machines.

Harmonics: Source machines, Dimmers, T.V

In the middle of the research, using active power filter with hybrid energy storage harmonics components may be reduced. At this point, there is increasing demand for compensation of the disturbances occurred by time-varying loads and nonlinear. On the one hand, active power filters compensate for current unbalances, high and low order harmonics on the other hand reactive power can be compensated. To ensure complete and accurate compensation fast response control and high energy storage are needed.

At the end of the thesis, harmonic reduction in dc link current of a PWM induction motor drive by active filtering. Present trends in railways include usage dc motors by induction motors, PWM inverter-fed induction motors in railways supplied by dc voltage leads to high harmonic levels in the overhead line current. This causes trouble in the signal systems to satisfy the requirements of railway operators, we have dealt with the harmonic reduction in overhead line current. An active filtering system has been developed, it includes a power amplifier feeding a transformer.