

SİNÜSOİDAL GERİLİM İLE BESLENEN NON-LİNEER YÜKLÜ DEVREDE GÜÇ FAKTÖRÜNÜN DÜZELTMESİ

Süleyman ADAK

Dr.Öğr.Üyesi, Mardin Artuklu Üniversitesi, suleymanadak@yahoo.com

ÖZET

Günümüzde güç elektroniği tabanlı cihazların kullanımının yaygınlaşması yüzünden güç sistemlerinde güç faktörünün düzeltilmesi büyük bir sorun haline gelmiştir. Herhangi bir güç sistemindeki düşük güç faktörü, sadece istenmeyen bir durum değildir, aynı zamanda uygun şekilde düzeltilmediğinde ek maliyetlere, ısı kayıplarına ve düşük verimlilik gibi ciddi sorunlara neden olur. Güç sistemindeki doğrusal olmayan yüklerin artırılması, güç kalitesi üzerinde istenmeyen birçok etkilere neden olurlar. Güç sistemlerinde bir çok harmonik üreten cihaz bulunmakta ve bunlar güç faktörü düzeltme devreleri tasarlanırken dikkate alınmalıdır. Bu çalışma harmonik bileşen içeren güç sisteminde güç faktörünü düzeltmek için yapılmıştır. Güç sistemlerinde güç faktörünü iyileştirmenin en yaygın yolu, güç faktörünü düzeltme kondansatörlerini kullanmaktır. Güç faktörü düzeltme kondansatörü (GFDK), kaynak ve non-lineer yük arasında bağlanmıştır. GFDK kaynak ile non-lineer yük arasına bağlandığında, güç faktörünün sisteminde 0,733'ten 0,9965'e yükselmiştir. Güç sistemi Matlab/Simulink programı kullanılarak modellenmiştir. Analitik hesaplamaların sonuçlarının simülasyon sonuçları ile örtüştüğü görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Güç faktörü, sinüsoidal kaynak, non-lineer yük, harmonik bileşenler.

CORRECTION OF POWER FACTOR IN A NON-LINEAR LOADED CIRCUIT FED BY SİNUSOİDAL VOLTAGE

135

ABSTRACT

Power factor correction (PFC) in power system has become a major problem nowadays because of the spread use of power electronic based devices. Poor power factor in any power system is not only undesirable, but also it can cause serious issues, such as additional costs, increased heat losses and low efficiency when PFC is not corrected properly. Increasing non-linear loads in power system causes various undesirable effects on power quality. There are many harmonic generating devices in power systems, and they should be taken into account when designing power factor correction circuits.

This study was carried out to correct power factor in power system containing a harmonic components.

The most common way to improve the power factor in power systems is to use power factor correction capacitors. The power factor correction capacitor (PFCC) is connected between the source and the non-linear load. When, PFCC is connected between the source and the non-linear load, the power factor has been increased from 0.733 to 0.9965 in the power system. Power system is modeled by using MATLAB/Simulink program. It has been seen that the results of the analytical calculation and the results of the simulation are overlapped.

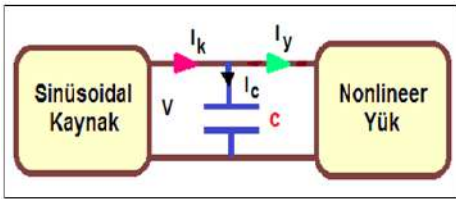
Keywords: Power factor, sinusoidal source, nonlinear load, harmonic components.

GİRİŞ

Elektrik enerjisine olan talep gün be gün artmaktadır. Daha kaliteli bir enerji için, enerjinin sürekliliği, gerilim ve frekansın sabitliği, sistemin güç faktörünün 1'e yakınlığı, faz gerilimlerinin dengeli ve sistem harmoniklerin standartlarca belirtilen aralıkta sınırlandırılması gibi bazı kriterlerin sağlanması gereklidir [1, 2]. Günümüzde enerji sistemlerinde üzerinde çalışmalar yapılan en önemli konulardan biri güç kalitesidir. Elektrik tesislerinde harmonik bileşenlerin oluşmasının başlıca nedeni, bu tesislerde kullanılan non-lineer karakteristikli devre elemanlarıdır [3]. Bu elemanların gerilimi ile akımı arasındaki analitik bağıntının lineer olmayışı harmoniklerin oluşmasına neden olmaktadır. Doğrultucular, eviriciler, motor kontrol

devreleri, statik var generetörleri, anahtarlamalı güç kaynakları gibi güç elektroniği tabanlı devreler, flüoresan lambalar, civa arkı, civa buharı, neon, ksenon ve yüksek basınçlı sodyum lambalar gibi gaz deşarjlı aydınlatma elemanları, akü ve fotovoltaik sistemler ile elektrikli ulaşım sistemleri gibi sistemler non-linear yüklerdir [4, 5].

Harmoniklerin bulunmadığı güç sistemlerinde güç faktörünün istenen aralıkta tutulması bilinen birkaç formülle yapılmaktadır. Harmonik bileşenlerin bulunduğu güç sistemlerinde güç faktörünün düzeltilmesi için ek sistem analizleri gerekmektedir. Non-linear devrelerde güç kompanzasyonu için harmonik bileşenlerin bilinmesi gerekir. Güç sistemlerinde kullanılan reaktif karakteristikli cihazlar ile non-linear elemanlar güç faktörü değerinin azalmasına neden olur. Güç faktöründeki düşme trafo ve kablo kapasitelerinin gereksiz yere kullanılmasına enerji kalitesinde düşmelere neden olur. Güç faktörünü yüksek tutmak, güç sistemlerinde kaliteyi gösteren en önemli kriterlerdendir [6, 7]. Güç faktörünün düzeltilmesine ilişkin prensip şeması Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Sinüsoidal kaynak non-linear yüklü güç sistemi

Harmonik bileşenli güç sistemlerinde kompanzasyon amacı ile bağlanacak kondansatör değerleri seçilirken devrenin motor, transformatör ve hatların endüktif direnç değerleri ile temel bileşen ile bu bileşene ait faz acısı göz önünde bulundurulmalıdır. Rezonansa neden olacak harmonik frekanslarından kaçınılmalıdır. Kurulacak kompanzasyon tesisinin rezonans frekansının mevcut harmonik frekans değerleri arasında olmaması gerekir. kompanzasyon için gerekli olmayan kondansatör bataryaları devreden çıkarılmalıdır. Bunun için tesisin otomatik güç faktörü regülatörü ile donatılması gerekir [9, 10].

HARMONİK BİLEŞENLER VE GÜÇ SİSTEMİNİN ANALİZİ

Güç sistemine bağlanan non-linear karakteristikli devre elemanları ve bunların yol açtığı olaylar sebebi ile sinüzoidal dalga şeklinde sapmalar oluşur. Sinüsten sapmalar genellikle harmonik bileşenlerin ortaya çıkması ile ifade edilir. Manyetik ve elektrik devrelerinde lineer olmayan durumlar harmoniklerin oluşmasına sebep olur. Bu lineersizliklere sebep, ark fırınlarında normal çalışma gereği ark oluşması ile demir çekirdekleri bulunan bobin, transformatör, generetör ve benzeri elemanların doymaya giderek manyetik bakımdan lineer olmayan bir olayın meydana gelmesi ve yarı iletken elemanların kullanılarak sinüzoidal dalganın bazı kısımlarının kırılmasıdır. Bu lineersizlikler akım ve gerilim dalga şeklinin bozulmasına sebep olur.

Non-linear Yükün Harmonik Bileşenleri

Harmoniklerin ortaya çıkması işletme araçlarını ve tesislerini yükleyerek ek kayıplara ve aşırı ısınmaya sebep olmaktadır. Ayrıca rezonans olaylarına da sebep olarak işletme için çok zararlı bir durum meydana getirmektedir. Bu yüzden işletmelerde harmoniklerin meydana gelmemesi için, ilk aşamada tedbirler düşünülüp ona göre tasarım ve tesis yapılır [11, 12].

Büyük transformatörlerde endüksiyon değerinin büyük olması ile çekirdekten maksimum yararı sağlarız. Buna karşılık büyük endüksiyon değerinde, mıknatıslanma akımında

harmonikler artmaya başlar. Mıknatıslanma akiminin dalga şeklindeki harmonikleri düşürmek için alınabilecek en iyi tedbir, manyetik endüksiyonu düşük tutmaktır. Modern transformatörlerde soğukta haddelenmiş ve kristalleri yönlendirilmiş saç kullanmakla, manyetik akı ve bunun sonucu olarak mıknatıslanma akımı düşürülür. Bu tip saçlar kullanılması halin de harmonikler sıcakta haddelenmiş saçlara göre 1/5 değerine düşer. Elektronik devre elemanlarından kaynaklanan harmonikler sinüzoidal dalganın anahtarlaması kıyılması ve benzeri gibi olaylar sonucu oluşmaktadır. Özellikle güç elektroniği uygulamalarında kullanılan tristörler tarafından üretilmektedir. Güç elektroniği sistemlerinin ürettiği harmonikleri azaltmak için doğrultma evirme gerilim ve frekans kontrolü gibi uygulamalarda devrenin darbe sayısını 12, 36 gibi büyük değerlere çıkarmalıyız. Enerji sistemlerindeki harmonik mertebelerinin tespiti mutlak surette gerekmektedir. Bunun için ya matematiksel yöntem olan THD (Toplam Harmonik Distorsiyon) oranlarından veya harmonik analizatörler kullanılarak harmonik mertebeleri tespit edilmelidir [13, 14].

Harmoniklerin genlikleri mertebeleri ile ters orantılı olduğundan, harmoniklerin mertebeleri büyüdükçe etkinlikleriazalır. En etkili olana üçüncü harmoniktir. Bunun etkisi kuvvetli doymalarda büyük olur. Endüksiyonun artması ile üçüncü harmoniğin genliği büyümektedir. Bu mıknatıslanma akim eğrisinin fazla distorsiyona uğraması demektir. Demir kesiti küçük tutmak yüksek harmoniklerdendolayı kuvvetli bir distorsiyona sebebiyet vermekte buna karşılıkdemir kesiti büyük tutmakta mıknatıslanma akim eğrisinin sinüs şekline yaklaşmasını sağlamaktadır [15, 16].

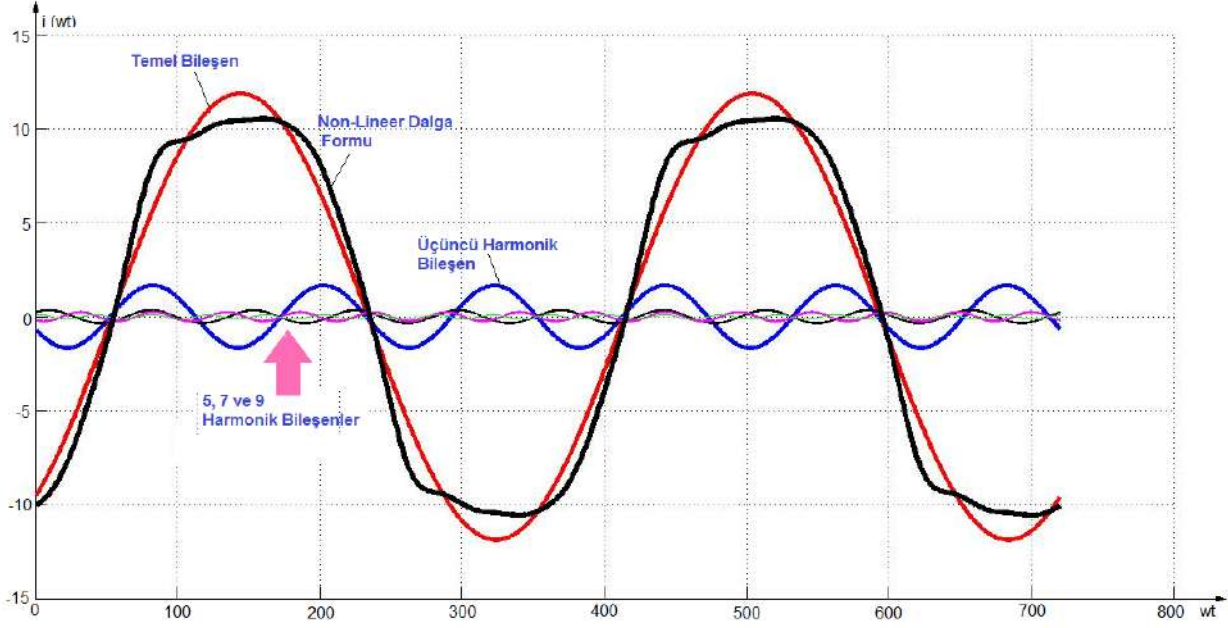
Güç sistemine bağlanan bazı devre elemanları ve bunların yol açtığı olaylar sebebi ile sinüzoidal dalga şeklinde sapmalar oluşur. Sinüsten sapmalar genellikle harmonik bileşenlerin ortaya çıkması ile ifade edilir. Manyetik ve elektrik devrelerinde lineer olmayan durumlar harmoniklerin oluşmasına sebep olur. Bu lineersizliklere sebep, ark fırınlarında normal çalışma gereği ark oluşması ile demir çekirdekleri bulunan bobin, transformatör, generetör ve benzeri elemanların doymaya giderek manyetik bakımdan lineer olmayan bir olayın meydana gelmesi ve yarıiletken elemanların kullanılarak sinüzoidal dalganın bazı kısımlarının kırılmasıdır [17, 18]. Bu lineersizlikler akım ve gerilim dalga şeklinin bozulmasına sebep olur. Sinüzoidal kaynaktan beslenen non-lineer yüke ait gerilim ve akım değerleri aşağıda verildiği gibidir.

$$V = \sqrt{2}.230\sin(314t) \quad (1)$$

Non-lineer yükün çektiği harmonik bileşenli akım değeri,

$$i_v = \sqrt{2}[8.41\sin(\omega t - 54.6) + 1.18\sin(3\omega t - 158.7) + 0.24\sin(5\omega t + 42.14) + 0.17(7\omega t - 132.3) + 0.081(9\omega t + 69.32)] \quad (2)$$

şeklinde dir. Bu non-lineer bileşenli akımın dalga formu Şekil 2’de verildiği gibidir.



Şekil 2. Transformör sekonderakımı ve harmonik bileşenleri

Harmonik analizi içinde önemli bir yer tutan transformatörlerin mıknatıslanmakarakteristiğindeki doyma olayından kaynaklanan harmonikakımları da ayrı bir inceleme konusudur. Elektrik makinelerindeki endüvi oluk sayısı ve rotor hızının bir fonksiyonu olan döner makine harmonikleri de dikkat çekicidir. Günümüzde uygulanan bazı konstrüktif tekniklerle bu tür harmoniklerin etkinliği azaltılmıştır. Ayrıca non-lineer yük özelliği gösteren ark ocakları ve döküm tesisleri birer harmonik kaynağıdır. Harmoniklerin etkinliğini araştırmaya yönelik çalışmalar, başlangıçta haberleşme devrelerindeki bozulmalarını incelemektedir.

Güç Sistemi Analizi

Non-lineer lemanlar, üretim, iletim ve dağıtım sistemlerinde ciddi bir harmonik kirliliğe neden olmakta ve tüketiciye verilen enerjinin kalitesini düşürmektedirler. Enerji tesisinin güvenilir ve kararlı bir biçimde çalışmasını sağlamak için, tasarım ve işletme aşamasında non-lineer elemanların veya nonsinüsoidal kaynakların meydana getirdiği harmonik büyüklüklerinin hesaplanarak veya ölçülerek ortaya konması gerekir.

Harmonikler transformatörlerde bakır ile demir kayıpları ile kaçak akıların artmasına sebep olurlar. Döner elektrik makinelerinde kayma ve momenti etkileyerek gürültü ve titreşimli çalışmaya sebep olurlar. Aynı zamanda sinüs dalgasının sıfırdan geçişine göre tetikleme yapan sistemlerin yanlış sinyaller vermesine neden olurlar. Harmonikler nedeni ile oluşan rezonans olaylarında sistemdeki sigortaların sık, sık atmasına, koruma rölelerinin düzensiz çalışmasına ve tüm cihazların ömürlerinin kısalmasına neden olmaktadır [19, 20]. Harmonik bileşenlerin bulunduğu güç sistemlerinde akımın etkin değerleri,

$$I = \sqrt{\sum_{n=0}^{\infty} I_n^2} = \sqrt{I_0^2 + I_1^2 + I_2^2 + \dots + I_n^2} \quad (3)$$

Gerilim için,

$$V = \sqrt{\sum_{n=0}^{\infty} V_n^2} = \sqrt{V_0^2 + V_1^2 + V_2^2 + \dots + V_n^2} \quad (4)$$

ifadelerinden tespit edilir (Shepherd ve Zand., 1979). Bu eşitliklerde I_0 ve V_0 akım ve gerilimin doğru bileşeni, n değeri harmonik mertebesini, I_{mn} ve V_{mn} , n . harmonik akım ve gerilimin tepe değerini göstermektedir. γ_n 'n. Harmonik akımının faz açısı, δ_n ' ise n . harmonik gerilimin faz açısını ifade etmektedir. Böyle büyüklüklerin bulunduğu devrede aktif güç ifadesi,

$$P = V_0 \cdot I_0 + \sum_{n=1}^N V_n \cdot I_n \cos(\delta_n - \gamma_n) \quad (5)$$

ile reaktif güç ise,

$$Q = \sum_{n=1}^N V_n \cdot I_n \sin(\delta_n - \gamma_n) \quad (6)$$

denklemleri ile tanımlanır. Görünür güç,

$$S = V \cdot I = \sqrt{\sum_{n=0}^N V_n^2} \sqrt{\sum_{n=0}^N I_n^2} \quad (7)$$

Eşitliği ile ifade edilir. Harmonikli güç sistemlerinde tanımlanan diğer büyüklük distorsiyon gücüdür. $S^2 = P^2 + Q^2 + D^2$ ifadesinden distorsiyon gücü,

$$D = \sqrt{S^2 - P^2 - Q^2} \quad (8)$$

olarak belirtilir (Shepherd ve Zand., 1979). Güç faktörü, sinüsoidal veya sinüsoidal olmayan devrelerde aktif gücün görünür güce oranıdır. Harmonikli devrelerde güç faktörü,

$$PF = \frac{P}{S}$$

(9)

şeklinde tanımlanır. Burada, P aktif gücü [W], S görünür gücü [VA] göstermektedir. Kaynağın sinüsoidal, yükün non-lineer olması durumunda yüke yapılan güç transferi akım ve gerilimin temel bileşenleri tarafından gerçekleştirilmektedir. Yüke aktarılan aktif güç,

$$P_Y = V I_{Y1} \cos \phi_1$$

(10)

formülü ile bulunur. Burada I_{Y1} yük akımının temel bileşenini, $\cos \varphi_1$ temel bileşen güç faktörünü ve V , yük uçlarındaki gerilimi göstermektedir. Devreye kondansatör bağlandıktan sonra kaynak akımının değeri,

$$I_{K1} = I_{Y1} + I_C \quad (11)$$

denklemini ile bulunur. Güç sistemine ait güç faktörü,

$$PF = \frac{P_k}{S_k} = \frac{P_k}{VI_k} \quad (12)$$

şeklinde ifade edilir. Güç faktörünün maksimum olduğu değer,

$$PF = \frac{I_{Y1} \cos \varphi_1}{\sqrt{V^2 \omega^2 C^2 + I_{Y1}^2 - 2VI_{Y1} \cdot \omega C \sin \varphi_1 + \sum_2^h I_h^2}} \quad (13)$$

Maksimum güç faktörünü sağlayacak kondansatörün değeri,

$$\frac{dPF}{dC} = 0 \quad (14)$$

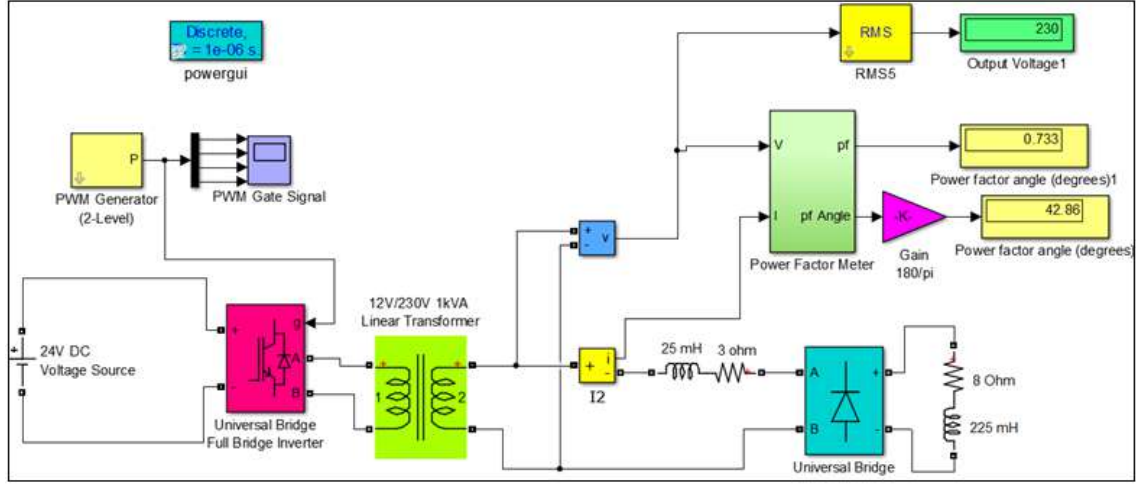
Türevini aldığımızda,

$$C = \frac{I_1 \sin \varphi_1}{\omega V} \quad (15)$$

Olarak bulunur. (17) denklemini (15) denkleminde yerine koyduğumuzda,

$$PF_{\max} = \frac{I_1 \cos \varphi_1}{\sqrt{I_1^2 \cos^2 \varphi_1 + \sum_2^h I_h^2}} = \frac{P_k}{\sqrt{P_L^2 + D_L^2}} \quad (16)$$

olarak bulunur. Burada D_L yüke ait distorsiyonunu göstermektedir. Güç faktörünün maksimum değeri harmonik bileşenler ile sınırlandırılmıştır. Kompanzasyonun ekonomik olması için mutlak surette uygun değerde kondansatör değeri seçilmelidir. Güç sistemine ilişkin prensip şeması Şekil 3’te verilmiştir.



Şekil 3. Güç sisteminin simulink eşdeğeri

Elektrik güç sistemlerinde harmonik distorsiyonu sıklıkla orijinal kaynaklardan büyük uzaklıkta bulunan mesafelerde tüm sistemi etkilemektedir. Harmonikler güç sistemlerindeki kirliliktir. Statik dönüştürücülerin kullanılmalarının artması ile bu kirlilik oranı gün be gün artmaktadır. Güç elektroniği elemanları ve çeşitli non-lineer elemanların her geçen gün artış göstermesi, enerji sisteminde dolaşan non-sinüsoidal büyüklüklerin artmasına neden olmaktadır. Bunun bir sonucu, akım yada gerilim için harmonik distorsiyonu da artmaktadır.

Çizelge 1. Transformatör sekonderakımiharmonik bileşenleri

Harmonik bileşenler	Harmonik bileşenlerin genliği (A)	Harmonik bileşenlerin fazacısı (Derece)
h1	11.89	-54.6
h3	1.668	-158.7
h5	0.3348	42.14
h7	0.2356	-132.3
h9	0.1145	63.32

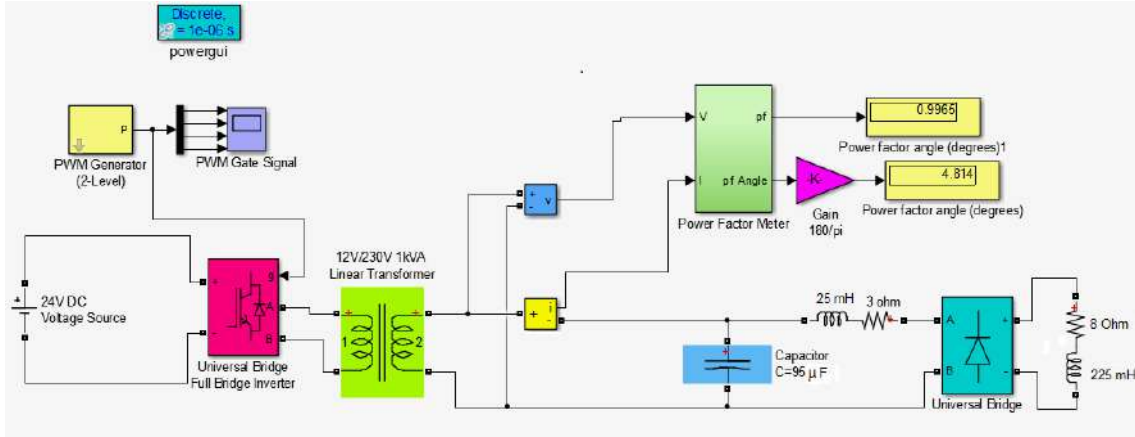
h11	0.0897	-104.2
h13	0.0574	97.07
h15	0.0459	-75.4
h17	0.037	124.3
h19	0.0280	-45.92
h21	0.0219	153.6
h23	0.0186	-16.35
h25	0.0155	-177.1
h27	0.013	13.38
h29	0.0113	-151.6
h31	0.0097	40.28

Non-sinüsoidal dalga biçimleri, periyodik olmakla birlikte sinüsoidal dalga ile frekans ve genliği farklı diğer sinüsoidal dalgaların toplamından oluşmaktadır. Temel dalga dışındaki sinüsoidal dalgalara “harmonik bileşen” adı verilir. Güç sistemindeki sinüsoidal dalganın simetrisinden dolayı 3., 5., 7., 11,.... gibi tek harmonik bileşenleri bulunur. Harmonikli bir akım dalgası, Devrede harmoniklerin etkisi ilk olarak kondansatörler üzerinde görülür. Bu nedenle işletmelerin düzenli ve sorunsuz çalışması için, mutlaka harmoniklerin standartlarca belirtilen seviyelerin altında tutulması veya gerçekleştirilebilirse tümünden yok edilmeleri gerekir. Genellikle tüm harmonik problemleri öncelikle paralel bağlı kondansatör gruplarında ortaya çıkar. Rezonans olayları sonucu oluşan aşırı gerilim ve akımlar, kondansatörlerde ısınmayı ve gerilim zorlanmalarını arttırarak kondansatörlerin ömürlerini kısaltırlar.

SİNÜSOİDAL KAYNAK NONLİNEER YÜKLÜ DEVREDE GÜÇ FAKTÖRÜNÜN DÜZELTİLMESİ

Matlab yazılım programı ile pek çok fonksiyonu komut kullanarak yapabiliriz. Ancak, bazen bu durum tasarlanan sistemin amacına bağlı olarak uzun zamanlar alabilir. Bu nedenle Matlab/Simulink araç kutusu ile tasarlanan sistemlerin benzetimi yapılabilir. Bu simulink araç kutusu yardımı ile komut kullanmadan ve komut yazmak için harcanan uzun zamanlar yerine çok kısa sürede sadece gerekli blokları simulink çalışma alanına ekleyerek çok değişik alanlara yönelik güç sistemlerinin tasarımı ve analizleri gerçekleştirebiliriz. Non-linear yüklerin etkinliğinin azaltılması, harmonik distorsiyonunun giderilmesi enerjinin kalitesi açısından çok önemlidir. Non-linear elemanlar, üretim, iletim ve dağıtım sistemlerinde ciddi bir harmonik kirliliğe neden olmakta ve tüketiciye verilen enerjinin kalitesini düşürmektedirler. (1), (2) ve (15) denklemlerinden $C = 95 \mu\text{f}$ olarak bulunur. (2) ve (16) denklemlerinden maksimum güç faktörü, $pf_{\text{max}} = 0,9701$ olarak bulunur. Şekil 4’te Matlab/Simulink ile bulunan güç faktörü

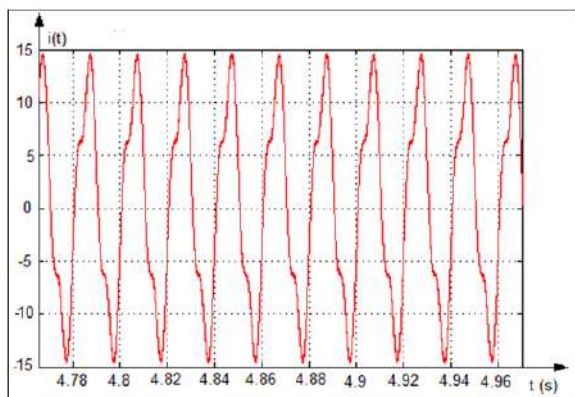
arasındaki 0.0264 lük fark yüksek harmonik bileşenlerin dikkate alınmamasından kaynaklanmaktadır. Güç sisteminde güç faktörünün düzeltilmesine ilişkin şema Şekil 4'te verildiği gibidir.



Şekil 4. Güç sisteminin kompanzasyonlusimulink eşdeğeri

Magmatik devrelerin aşırıdoyması, elektrik arkları ve güç elektroniğindeki sinüzoidal gerilimin anahtarlama ve kıyılması lineer olmayan olaylardır. Transformatörle düşük güç katsayısına, reaktif güçler sebep olmaktadır. Reaktif güç her ne kadar faydalı güce dönüştürülemezse bu güçten tamamen vazgeçilemez. Transformatör, generatör ve bobin gibi cihazların normal çalışması için gerekli manyetik alan, reaktif akım tarafından meydana getirilir.

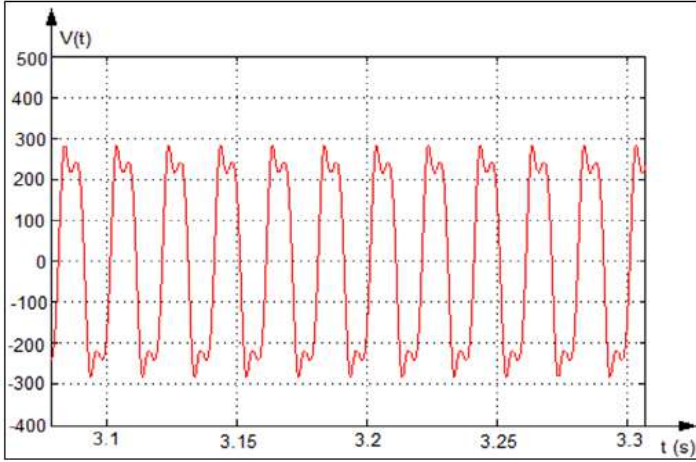
Elektrik tesislerinde harmonik bileşenler ek isı kayıplarına neden olmaktadır. Sistemdeki ek kayıp enerji maliyetini artırmaktadır. Ek olarak sistem üzerindeki temel harmonik dışındaki harmonik bileşenlerde ek gerilim düşümleri oluşturmaktadır. Elektrik tesislerinde ağırlıklı olarak bir fazlı ofis ekipmanları, kesintisiz güç kaynakları ile gaz deşarjlı lambalar üçüncü harmonik bileşen üretirler. Mümkün mertebe bu cihazların üç fazlısı seçilmeli. Üç ve üçün katı harmonikler üç fazlı konvertörlerde sıfırdır. Transformatörün sekonder akımı Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 5. Transformatörün sekonder akımı

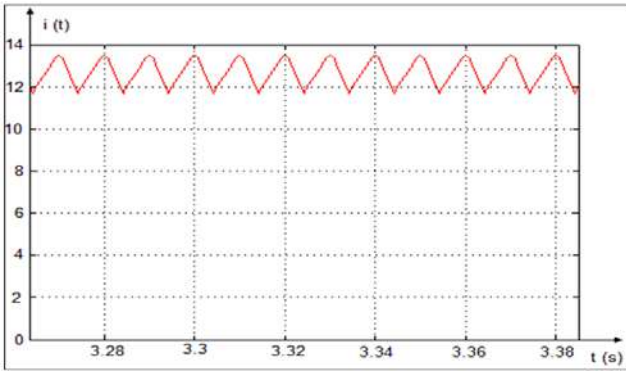
Transformatörün bağlantı grubu nasıl olursa olsun, primer yıldız noktası nötre bağlansın veya bağlanmasın, çekirdek tipi olursa da olsun, şebekeden 5., 7., 11., 13., gibi harmonikli

mıknatıslanma akımlarını daima çekerler. Mıknatıslanma akımını düşürmek için en uygun tedbir, manyetik endüksiyonun düşük tutulmasıdır.



Şekil 6. Transformatörün sekonder gerilimi

Elektrik tesislerinde, reaktif güç kompanzasyonun amacı ile tüketicilerin bulunduğu baraya kondansatörler bağlanır. Eğer bu baraya transformator, ark fırınları, doğrultucular gibi harmonik üreten elemanlar bağlı ise kondansatörler harmonik gerilimlerden beslenir. Kondansatörlerin aşırı akım çekmesinin nedeni budur. Gerilimdeki harmoniklerden dolayı kondansatörün gücü artar. Harmoniklerin neden olduğu gerilimlerden dolayı akımın %10 artması, bir kondansatör grubunun çalışma sıcaklığını yaklaşık %7 artırır. Bunun sonucunda kondansatör grubunun ömrü %30 'a kadar düşer. Harmonik bileşenleri süzecek filtrelerin yerleştirilmesi ile bu tür sorunlar halledilebilir.



Şekil 7. Kontrolsüz doğrultucu çıkış akımı dalga formu

Güç sistemdeki harmonikler iletim hatlarında ek ısı kayıplarına neden olmaktadır. Bu ek kayıp enerji maliyetini artırmaktadır. Ayrıca sistem üzerindeki temel harmonikten başka diğer harmonik bileşenler ek gerilim düşümleri oluşturmaktadır. Harmonik bileşenlerin bulunduğu güç sistemlerinde düşük güç katsayısının etkileri:

- Enerji tesislerinde kapasite ve verim düşümü,
- Güç sisteminde gerilim düşümü ve enerji kayıplarının artması,
- Transformatorlerin daha büyük güçte seçilmesine,

- Kablo kesitlerinin daha büyük olmasına,
- Kumanda ve koruma cihazlarının daha büyük seçilmesine neden olur.

Harmonikler sinüzoidal dalganın anahtarlaması kısılması ve benzeri gibi olaylar sonucu oluşmaktadır. Özellikle güç elektroniği uygulamalarında kullanılan tristörler tarafından üretilmektedir. Güç elektroniği sistemlerinin ürettiği harmonikleri azaltmak için doğrultma evirme gerilim ve frekans kontrolü gibi uygulamalarda devrenin darbe sayısını 12, 36 gibi büyük değerlere çıkarmalıyız. Bu yolla dalga şekli sinüse daha benzemekte ve distorsiyon değeri azalmaktadır.

SONUÇ

Non-linear yükler düşük güçlü olsalar bile enerji sistemlerinde sinüsoidal akım ve gerilim dalga şeklini bozarlar. Güç sistemlerine bağlanan çok sayıda non-linear yük göz önüne alınırsa bunların sonucunda oluşan distorsiyonunun giderilmesi enerjinin kalitesi açısından çok önemlidir. Non-linear elemanlar, üretim, iletim ve dağıtım sistemlerinde ciddi bir harmonik kirliliğe neden olmakta ve tüketiciye verilen enerjinin kalitesini düşürmektedirler. Gene bu bağlamda düşük güç katsayısının, güç sisteminde gerilim düşümü ve enerji kayıplarının artmasına, transformatörlerin daha büyük güçte seçilmesine neden olur. Güç sayısının yükseltilmesi enerji kalitesi bakımından oldukça önemlidir. Sağlana yüksek güç katsayısı sonucunda kayıplar azalır, besleme transformatörünün ile tesisin kapasitesi artar sistemin verimi yükselir. Harmonikli devrelerde güç kaynağı ile yük arasında maksimum güç faktörünü elde edecek şekilde kondansatör yerleştirilmelidir. Kaynağın sinusoidal yükün nonlinear olduğu güç sisteminde kaynak ile nonlinear yük arasında yerleştirilen kondansatör ile güç katsayısı 0.733'ten 0,9965 yükseltilmiştir.

Elektrik tesislerinde harmoniklerin oluşmasının başlıca sebebi, elektrik devrelerinde kullanılan lineer olmayan devre elemanlarıdır. Bu devre elemanların, gerilimi ile akımı arasındaki bağıntının lineer olmayışından dolayı harmonikler oluşmaktadır. Güç faktörünün düzeltilmesi ile kayıplar azalır, İletim hatlarında güç kapasitesi artar, gerilim düşümü azalır ve reaktif enerji bedeli ödenmez.

KAYNAKLAR

Yao K, Meng Q, Bo, Y, Hu, W, 2016. Three-phase single-switch DCM boost PFC converter with optimum utilization control of switching cycles. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 63(1), 60–70.

Cangi, H. Adak, S., 2015. Analysis of solar inverter THD according to PWM's carrier frequency, 4 th International Conference on Renewable Energy Research and Applications, Palermo, Italy, 22-25 Nov.

Huber L, Kumar M, Jovanovic MM, 2014. Performance comparison of PI and P compensation in average current-controlled three-phase six-switch boost PFC rectifier. In Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC), Twenty-Ninth Annual IEEE, 935–942.

Neamen DA, 2003. Semiconductor physics and devices: basic principles, Third edition, McGraw-Hill, 234p.

Czarnecki LS, 2008. Currents' physical components (CPC): fundamental of power theory. Przegla dElektrotechniczny (Proceedings of Electrical Engineering) R84, no. 6, pp 28–37.

Mohan N, Undeland T. Robbins W, 1995. Power Electronics: Converters, Applications, and Design, Second edition, New York: John Wiley & Sons, 821p.

- Kocatepe C, Uzunoglu M, Yumurtacı R, Karakaş A, Arıkan O, 2003. Harmonics in Electrical Plants, Birsen Publication, 178 p. İstanbul-Turkey.
- Sheperd W, Zand P, 1979. Energy Flow and Power Factor in Nonsinusoidal Circuits. Cambridge, U.K. Cambridge Univ. Press.
- Ayan K, Arifoğlu U, 2014. Optimizing reactive power flow of HVDC systems using genetic algorithm–International Journal Of Electrical Power&Energy Systems- Vol.55 - pp. 1-12.
- Acikgoz H, Kececioglu OF, GaniA, Yildiz C, Sekkeli M, 2016. Improved control configuration of PWM rectifiers based on neuro fuzzy controller, Springer Plus, 5(1):1142-1161.
- Kennedy BW, 2000. Power Quality Primer, The McGraw-Hill Companies.
- Dugan RC, Mc Granaghan MF, Santoso S, Beaty WH, 2012. Electrical Power Systems Quality, McGraw-Hill Professional 525p.
- Arifoğlu U, 2016. Matlab 9.1-Simulink ve Mühendislik Uygulamaları, Alfa Yayıncılık, 964p. İstanbul-Turkey.
- Bayrak M, Yeğin, EM, Yılmaz AS, 1998. Neural Networks Based Harmonic Estimation and Compensation in Power Systems, 2nd Int. Symp. On Intelligent Manufacturing Systems, Proc. 2, pp.687-696, Sakarya.
- Lee S. W, Do HL, 2016. An isolated bridgeless AC-DC PFC converter using a LC resonant voltage doubler rectifier. International Journal of Electronics, 103(12), 2125–2139.
- Özdemir A, Ferikoglu A, 2004. Low cost mixed-signal micro controller based power measurement technique, IEE Proceedings-Science Measurement and Technology - Vol.151, pp.253-258.
- Malekian K. 2015, A novel approach to analyze the harmonic behavior of customers at the point of common coupling. In: Proceedings of the 9th International Conference Compat. Power Electron, 24-26 June, 2015, IEEE, p. 31–36.
- İzgi E, İnan , Ay S, 2008. The Analysis and simulation of voltage distribution over string insulators using Matlab/Simulink, Electric power components and systems, vol.36, pp.109-123.
- Pereira DD, Da Silva C, EM Silva MR, Tofoli FL, 2015. Comprehensive review of high power factor ac-dc boost converters for PFC applications. International Journal of Electronics, 102(8), 1361–1381.
- Chaladying S, Dusitakorn P, Rugthaichareoncheep N, 2015, Resonance Impact on Power Factor Correction System in Power System with Harmonic Distortion, Applied Mechanics and Materials, vol.781, pp. 254-257.