

FOTOVOLTAİK GÜÇ SİSTEMLERDE AKTİF FİLTRE İLE HARMONİK BİLEŞENLERİN SÜZÜLMESİ

Dr.Öğr. Üyesi Süleyman ADAK

MardinArtuklu Üniversitesi, Meslek Yüksekokulu, Elektrik ve Enerji Bölümü, Mardin,
mail:suleymanadak@yahoo.com

Hasan CANGI

Kahramanmaraş Sütcü İmam Üniversitesi, Mimarlık ve Mühendislik Fakültesi, Elektrik ve Elektromik Bölümü, Kahramanmaraş, hasancangi@yahoo.com

Prof.Dr.Ahmet Serdar YILMAZ

Kahramanmaraş Sütcü İmam Üniversitesi, Mimarlık ve Mühendislik Fakültesi, Elektrik ve Elektromik Bölümü, Kahramanmaraş, asyilmaz@ksu.edu.tr

*Sorumlu yazar : suleymanadak@yahoo.com

ÖZET

Fotovoltaik güç sistemlerinin arızasız ve güvenli bir şekilde çalışabilmesi, akım ve gerilim gibi büyüklüklerin 50 (Hz) frekansta ve dalga formlarının sinüsoidal formda olmasına bağlıdır. Bununla birlikte bir çok nedenlerden dolayı bu temel büyüklükler sinüsoidal özelliklerini kaybederek fotovoltaik (PV) sistemde istenmeyen harmonikler oluşmaktadır. Yapılan çalışmada, yük akımının harmonik bileşenler içerdiği gözlenmiştir. Harmonik bileşenler anlık güç teorisi ile kontrol edilen aktif filtre tarafından büyük oranlarda yok edildi. İncelenen güç sistemi, fotovoltaik (PV) dizin, aktif filtre, DC/DC yükselten/düşüren konverter, DC/AC inverter, altı darbeleri tam dalga kontrolsüz doğrultucu ile R-L endüktif yükünden oluşmaktadır. Altı darbeleri kontrolsüz bir doğrultucu 5, 7, 11, 13, 17, 19 v.b. gibi akım harmonik bileşenlerini üretir. Fotovoltaik güç sistemlerinde harmonik bileşenlerin etkinliklerinin azaltılması için aktif filtrelerin kullanılmaktadır. PV güç sistemi Matlab/Simulink programı kullanılarak modellendirildi ve simülasyon sonuçları harmonik bileşenlerin elimine edildiğini göstermektedir. Aktif filtre kullanmadan önce güç sistemindeki akım için toplam harmonik distorsiyonu (THD_I) değeri ise % 86.38 olarak ölçüldü. Aktif filtre kullanıldıktan sonra PV güç sisteminde THD_I değeri ise % 12.14 değerine düşürüldü.

Anahtar Kelimeler: Harmonik bileşenler, Fotovoltaik sistemler, Doğrusal olmayan yükler, Aktif filtreler ,Altı darbeleri kontrolsüz doğrultucu

FILTRATION OF HARMONIC COMPONENTS WITH ACTIVE FILTER IN PHOTOVOLTAIC POWER SYSTEMS

ABSTRACT

Working of photovoltaic power systems smoothly and safety depends on the foundation of quantities such as current and voltage which are sinusoidal and 50 (Hz) frequency. However, these foundation quantities lose their sinusoidal characteristics because of many reasons and this occurs unwanted harmonic components in the photovoltaic (PV) system. In the study, it was observed that the load current contained harmonic components. The harmonic components were destroyed by the active filter which it controlled by the instantaneous power theory. The studied power system consists of a PV array, active filter, DC / DC boost/buck converter, DC / AC inverter, R-L inductive load with six pulse full wave uncontrolled rectifier. A six-pulse uncontrolled rectifier produces 5th, 7th, 11th, 13th, 17th, 19th, etc. current harmonics components. A active filter is used to reduce the

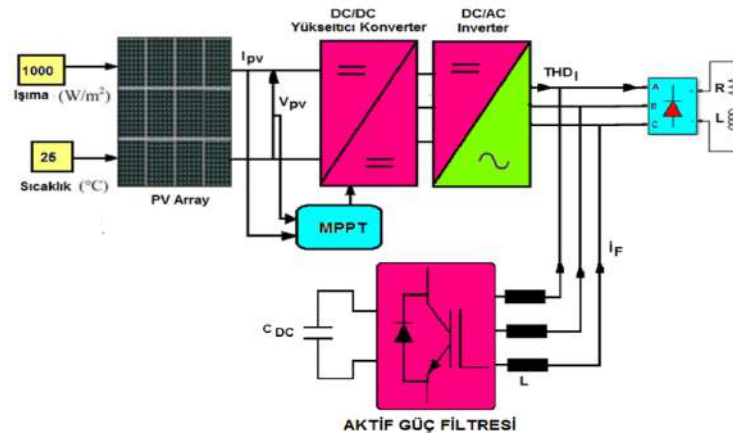
total harmonic distortion of the input current of the three-phase full wave uncontrolled rectifier. PV power system is modeled by using Matlab/Simulink program, and simulation results show that harmonic components are eliminated. Before using the active filter the total harmonic distortion for current (THDI) value was measured as 86.38 % in the PV power system after using the active filter, THDI value was decreased to 12.14 % in PV power system.

Keywords: Harmonic components, Photovoltaic systems, Non-linear loads, Active filters, Six pulse uncontrolled rectifier

GİRİŞ

Enerji üretiminde fosil yakıtlardan kömür, petrol ve doğalgazdan yararlanılmaktadır. Bu yakıt türleri yenilenebilir değildir. Bu kaynaklar havadaki oksijenin azalmasına, asit yağmurlarına ve hava kirliliğine neden olurlar. Bu kaynakların rezervleri azaldıkça fiyatları artmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarında sürekli yenilenme olduğu sürekli için süreklidirler. Yenilenebilir enerji kaynaklarından en önemlisi güneş enerjisidir. Yenilenebilir enerji kaynakları çevre kirliliği gibi sorunlar oluşturmazlar.

Şebekeden bağımsız (off-grid) fotovoltaik (PV) panellerinden üretilen enerjinin akım ve gerilimin dalga formunun sinüzoidal formda ve 50 (Hz) frekansta olması istenir. Bu koşul PV güç sistemlerinde üretilen enerji kalitesini belirleyen temel faktörlerden biridir. Bununla birlikte birçok nedenden dolayı bu temel büyüklükler temel özelliklerini kaybederek, sistemde istenmeyen harmonik bileşenlerin oluşmasına neden olurlar. Bir harmonik “periyodik bir dalganın, temel frekansının tam katı olan bir frekansa sahip sinüs biçimli bileşeni” olarak tanımlanır. Toplam harmonik distorsiyonu (THD) güç sistemindeki harmonik bileşenlerin seviyesi hakkında bize bilgi veren bir parametredir [1]-[3]. Harmonikler, bir elektrik sisteminde temel frekansın bazı tam katlarında ortaya çıkan akımlar ve gerilimler olarak dikkate alınırlar. Bu çalışmada PV güç sisteminde oluşan harmonik bileşenlerin elimine edilmesinde aktif filtre kullanılmıştır. Off-grid PV Güç sisteminin prensip şeması şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 1. Güç sisteminin prensip şeması

Şekil 1’deki aktif filtre üç fazlı inverter devresinden oluşmuştur. Inverter devresinde üç adet izole kapılı bipolar transistör (IGBT) kullanılmıştır. Filtre çıkışındaki endüktansların değeri optimum seçildiğinde ripple dalgacıklar azalır. Akım kontrolünü sağlamak için filtreye kondansatör bağlanmıştır. Aktif güç filtresi doğrusal olmayan yükün ürettiği harmonik bileşenlerle aynı genlikte fakat ters fazda akım enjekte eder. Filtre bulunan ilave kontrol bloğu ile akım veya gerilim harmonik bileşenlerini tanımlar [2]-[4]. Kaynak empedanslarına pasif filtreler nazaran daha az bağımlıdırlar. Yük değişimlerinde kontrolörün baştan programlanması yeterlidir.

Güç elektroniği tabanlı konvertörler, AC ile DC kıyıcılar ile kesintisiz güç kaynaklarının kullanımının hızla artması ve uygulama alanları nedeniyle, elektrik sistemlerinde gözlenen harmonik distorsiyon giderek artmakta ve bunun sonucunda oluşan harmonik bileşenler enerji kalitesinin düşmesine neden olmaktadır. Harmonik distorsiyonun değeri yükselmesi işletmedeki cihazlara zarar vermekte ve ayrıca sistemdeki kesicilerin zamansız açmalarına, bilgisayarların titreşimli çalışmasına neden olmaktadır. Bir fazlı güç elektroniği tabanlı cihazlar etkin olarak üç ve üçün katı harmonik bileşen üretirler. Elektronik balastlar, deşarj tüpleri önemli birer harmonik kaynağıdır [5],[6]. Bir harmonik “periyodik bir dalganın, temel frekansının tam katı olan bir frekansa sahip sinüs biçimli bileşeni” olarak tanımlanır. Harmonikler, bir elektrik sisteminde temel frekansın bazı tam katlarında ortaya çıkan akımlar ve gerilimler olarak dikkate alınırlar.

Alışveriş merkezlerinde ticari binalarda sık, sık karşılaşılan ve tek fazlı ofis cihazlarından kaynaklanan 3 ve 3'ün katı harmonikler nötür hattında devrelerini tamamlarlar. Nötür hattı aşırı ısınır ve ek olarak bu tesislerde nötür-toprak arası gerilimlerin artması sonucu elektronik cihazlarda arızalar oluşmaktadır. Mağnetik devrelerde aşırı doyma elektrik arkları ve güç elektroniği tabanlı devre elemanlarının anahtarlanması ve kıyılması doğrusal olmayan olaylardır. Pasif süzgeçlerle hem güç katsayısı düzeltilmesi yapılır hemde reaktif güç kompanzasyonu yapılır [7]-[9]. Non-lineer karakteristikli yükler PV güç sistemlerinde temel bileşen olarak akım ve gerilimin sinüs olan dalga formunu bozarlar. Bu bozulma neticesinde PV güç sisteminde harmonik bileşenler oluşur bu da üretilen enerjinin kalitesini düşürür.

AKTİF FİLTRELER VE SOLAR GÜÇ SİSTEMİNİN MODELLENMESİ

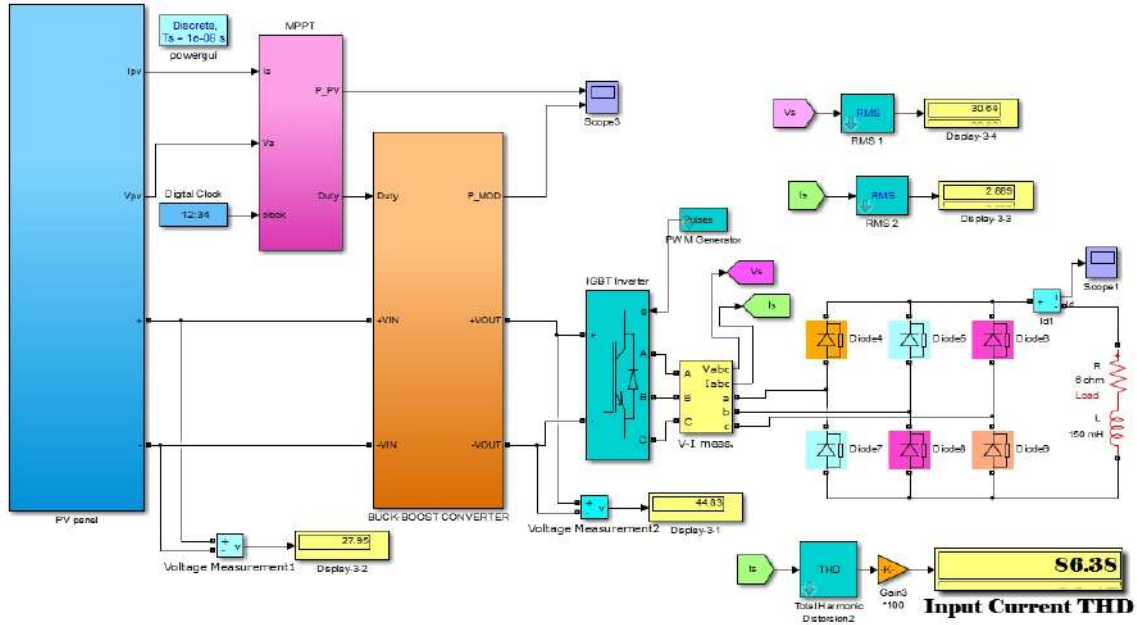
Aktif filtreler, non-lineer yüklerin oluşturduğu harmonik bileşenlerin akımını ölçerek aynı faz ve genlikte zıt harmonik bileşen akımı üretip harmonik bileşenleri elimine eder. Aktif filtrelerde sayısal İşaret İşleme için (DSP) sistemleri kullanılır. DSP sistemlerde dışa bilgi aktarmak için Analog /Dijital ile Dijital /Analog dönüştürücüler bulunur [8]-[10]. Analog elemanlar eskime, sıcaklık gibi parametrelerden etkilenirken DSP elemanları çevre koşullarında daha az etkilenir ve yüksek işlem kapasitelidirler. Aktif filtreler ile reaktif gücün kompanzasyonu, harmonik bileşenlerin filtrelenmesinde ve dengesiz yüklerin dengelenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Aktif filtrelerin harmonik bileşenleri filtrelemesi iyi sonuç vermesine rağmen bu filtreler pasif filtreler göre oldukça pahalıdır. LC, LCL, LCLC türe pasif filtrelerde rezonans riski bulunmasına karşılık aktif filtrelerde böyle bir risk bulunmamaktadır [11],[12]. Aktif filtrenin pahalı oluşu bir dezavantajdır.

Aktif harmonik filtrelerinde kapalı çevrim kontrol sistemi kullanıldığında hat akımı içerisindeki harmonikler bileşen ölçülebilir. Bu harmonik bileşenler üretilen zıt harmonik bileşenlerle yok edilerek en yüksek filtreleme performansına ulaşılır. Açık çevrim kontrol sisteminde ise hat akımı yerine sadece yük akımı ölçülür. Açık çevrim control sisteminde aktif filtre tarafından güç sisteme enjekte edilen akımın fonksiyonları gözlenemez. Aktif güç filtreleri güç sistemindeki harmonik bileşenlerin ters işaretlisini üreterek harmonik bileşenleri süzer. Aktif filtreler ağırlıklı olarak endüstride, ticari alışveriş merkezlerinde, hastanelerde kullanılmaktadırlar [13]. Aktif filtreler uygulama türüne göre programlanır ve bilgisayar üzerinden izlenebilirler. Aktif filtreler paralelleme özellikleri kullanılarak filtreleme akım değerleri artırılır.

Ölçülen harmonik akımına göre, yarı iletken anahtarlama elemanı olan IGBT' lerle 10 (KHz)'de tetikleme yapılarak, şebeke geriliminden yüksek bir gerilimde seçilen 700 (V)' luk kondansatörler devreye girip çıkarak ölçülen harmonik akımın negatifini üretirler. Bu sayede analog teknikle üretilmiş aktif filtreler sistemdeki tüm harmonik akımları maksimum 2 (ms) gecikme ile ve %98 verimlilikle filtre ederler. Harmonik bileşenlerin zararlı etkilerini engellemek için tasarım esnasında dönüştürücülerde darbe sayısını artırarak, transformatörlerde soğukta haddelenmiş ve kristalleri yönlendirilmiş sac lar kullanmak gibi bazı önlemler alınır [14], [15]. Ancak bu önlemler yeterli olmayıp harmonik bileşenlerin şebekeye geçmesini engelleyecek aktif filtreler kullanılmalıdır. Harmonik büyüklüklerin sınırlandırılmasını amaçlayan harmonik standartlarında çok sıklıkla kullanılan toplam harmonik distorsiyonu, akım için,

$$\%THD_I = 100 * \sqrt{\frac{\sum_{h=2}^{\infty} I_h^2}{I_1^2}} \quad (1)$$

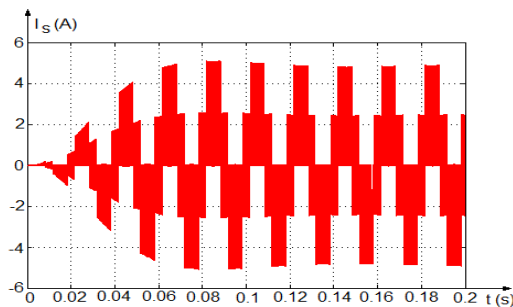
ifadesinden yararlanarak bulunur. Burada I_h , harmonik bileşenleri, I_1 temel bileşeni göstermektedir. THD_I , Harmonik bileşenlerin efektif değerlerinin toplamının temel bileşen efektif değerine oranıdır. Genellikle yüzde olarak ifade edilir. Bu değer doğrusal olmayan dalga formunun sinus dalga formundan sapmasının bir ölçütüdür [16]-[18]. PV güç sisteminde filtreleme öncesi sistemin prensip şeması Şekil 2.'de verildiği gibidir.



Şekil 2. Güç sisteminin simülük eşdeğeri (filtreleme öncesi)

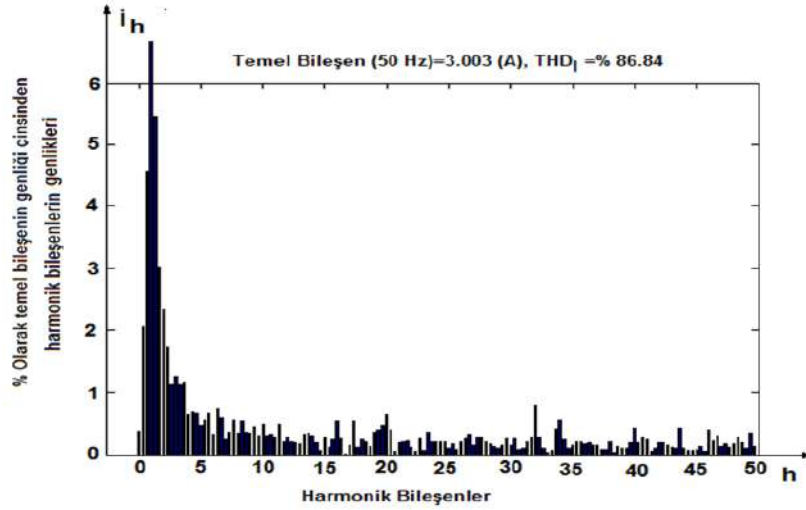
94

Şekil 2’de PV güç sisteminde PV dizin, yükseltici/düşürücü DC konverter, DC/AC inverter ile üç fazlı tam dalga kontrolsüz doğrultucudan oluşmuştur. Bu güç sisteminde ölçülen THDI değeri % 86.38 olarak ölçülmüştür. Bu değer standartlarca verilen (IEEE 519-2014) değerlerden oldukça yüksektir. Aktif filtre kullanılarak bu değer düşürülmesi gerekir [17]-[19]. Harmonik akım ve gerilimlerinin genlikleri mertebesi ile ters orantılıdır, mertebe büyüdükçe harmonik genliği azalır. Harmonikler güç sisteminde en düşük empedansa doğru akarlar. Harmonik akım kaynağı tarafından görülen empedans sistem kaynak empedansı ile sisteme paralel bağlı diğer yüklerin empedanslarıdır. Kısacası sistemdeki tüm elemanları etkilediğinden, harmonikler enerji sistemlerinde istenmeyen niceliklerdir. Non-sinüsoidal dalga sinüsoidal dalga ile frekans ve genliği farklı diğer sinüsoidal dalgaların toplamından oluşur. Temel dalga dışındaki sinüsoidal dalgalara “harmonik bileşen” adı verilir [20]. PV güç sistemindeki inverter çıkış akımı dalga formu Şekil 3’te verildiği gibidir.



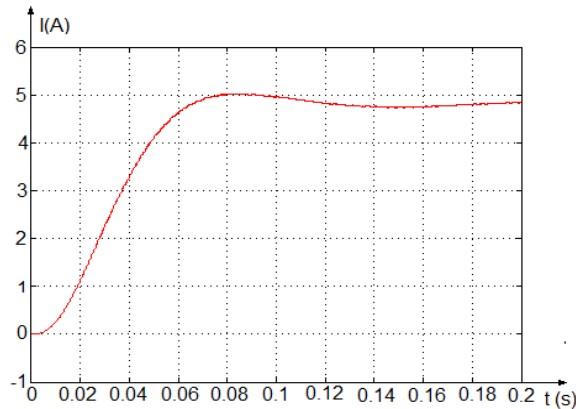
Şekil 3. Inverter çıkış akımı

Aktif filtreler harmonik bileşenleri elimine etme ile reaktif güç kompanzasyonunda iyi bir çözüm sağlamaktadır. Aktif filtrede kullanılan IGBT teknolojisi ile 3 fazdan alınan akım bilgisi ile her fazın ihtiyacı ayrı ayrı belirlenir, buna uygun zıt fazda harmonik bileşenler ile reaktif güç aktif filtre tarafından üretilerek şebekeye enjekte edilir.



Şekil 3. İnverter çıkış akımı harmonik bileşenleri (filtreleme öncesi)

Doğrusal olmayan karakteristikli yükler düşük güçlü olsalarda güç sistemlerinde sinüsoidal akım ve gerilim dalga formunu bozarlar. Güç sistemlerine bağlanan çok sayıda doğrusal olmayan yükler göz önüne alınırsa bunların sonucunda ek kayıplar ile harmonik bozulma değerlerinin yükselmesine neden olurlar. Aktif filtreler harmonik bileşenlerin eliminasyonunda, güç faktörünün düzeltilmesinde, reaktif güç kompanzasyonunda ve dengesiz yüklemeyi gidermekte kullanılmaktadırlar. Bu filtreler statik konverterler ile PV güç sistemlerinde kullanılmaktadırlar. Non-lineer yükün bir öncesinde sisteme paralel olarak bağlanırlar. Kısacası sistemdeki tüm elemanları etkilediğinden, harmonik bileşenler PV enerji sistemlerinde istenmeyen niceliklerdir. Bu yüzden harmonik bileşenleri süzecek aktif filtrelere mutlak surette gerek vardır. PV güç sisteminde kullanılan inverter giriş akımı Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 5.KontROLSÜZ DOĞRULTUCU ÇIKIŞ AKIMI

Aktif güç filtreleri ile akım harmonik bileşenleri yok edilmekte böylece akım dalga formunun bozulması engellenmektedir. Bunun sonucunda ortak bağlantı noktasına (PCC) bağlanacak yüklerin harmonik distorsiyondan etkilenmeleri önlenir. Aktif filtrenin performansı sebeke empedansından bağımsızdır. Doğrusal olmayan yüklerin sebep olduğu harmonik bileşenlerin PV güç sistemini rezonansa getirmemesine dikkat edilmelidir. Rezonans şartları her harmonik bileşen için ayrı, ayrı hesaplanmalıdır. Bir güç sistemine harmonik kaynaklardan enjekte edilen harmonik bileşenlerin olması durumunda, bunlar şebekedeki herhangi bir bileşen ile rezonans oluşturacak şekilde davranır. Yüksek dereceli harmonik bileşenler, tüm güç sistemini etkileyebilir. Bu etkiler güç sistemi ve diğer ekipmanların da performansını azaltır.

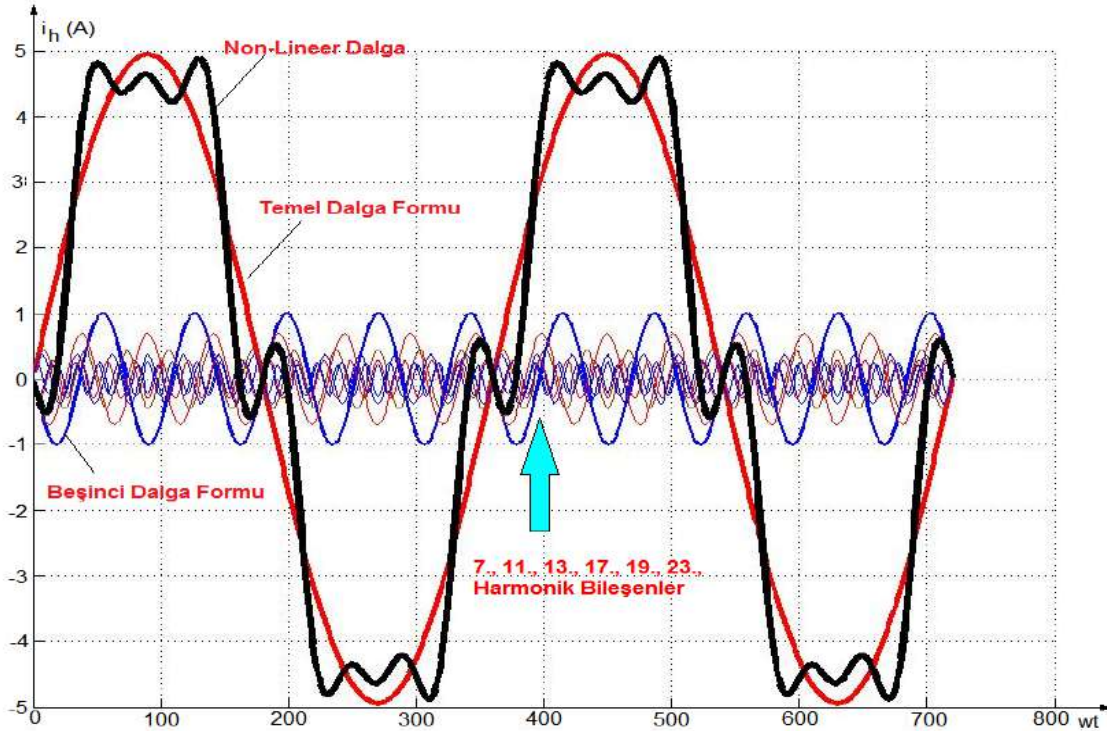
AKTİF FİLTRE İLE THD_I DEĞERİNİN AZALTILMASI

PV sistemde harmonik bileşenler genel olarak doğrusal olmayan elemanlar ile sinüsoidal olmayan kaynaklardan herhangi birisi veya bunların ikisinin PV güç sistemde bulunması sonucunda oluşurlar. Harmonik bileşenlerin PV güç sisteminde bulunması sinüzoidal akım ve gerilimin dalga formunun bozulmasına neden olur. Bu da PV güç sisteminde üretilen enerjinin kalitesini düşürür. PV güç sistemlerinde üretilen enerjinin akım ve gerilimin dalga formunun sinüs formunda ve 50 Hz frekansta olması istenir. Bu koşul solar sistemlerd kaliteyi belirleyen temel faktörlerden biridir. Bununla birlikte bir çok nedenden dolayı bu temel büyüklükler temel özelliklerini kaybederek, sistemde harmonik bileşenler oluşmaktadır. Altı darbeli kontrolsüz doğrultucu giriş akımı;

$$i(\omega t) = 4.943\sin(\omega t + 0.1425) + 1.002 \sin(5\omega t + 177.3) + 0.692 \sin(7\omega t - 177.6) + 0.4469 \sin(11\omega t - 0.4628) + 0.376 \sin(13\omega t + 0.3801) + 0.2889 \sin(17\omega t + 179.4) + 0.2574 \sin(19\omega t + 179.6) + 0.2134 \sin(23\omega t - 0.8927) \quad (2)$$

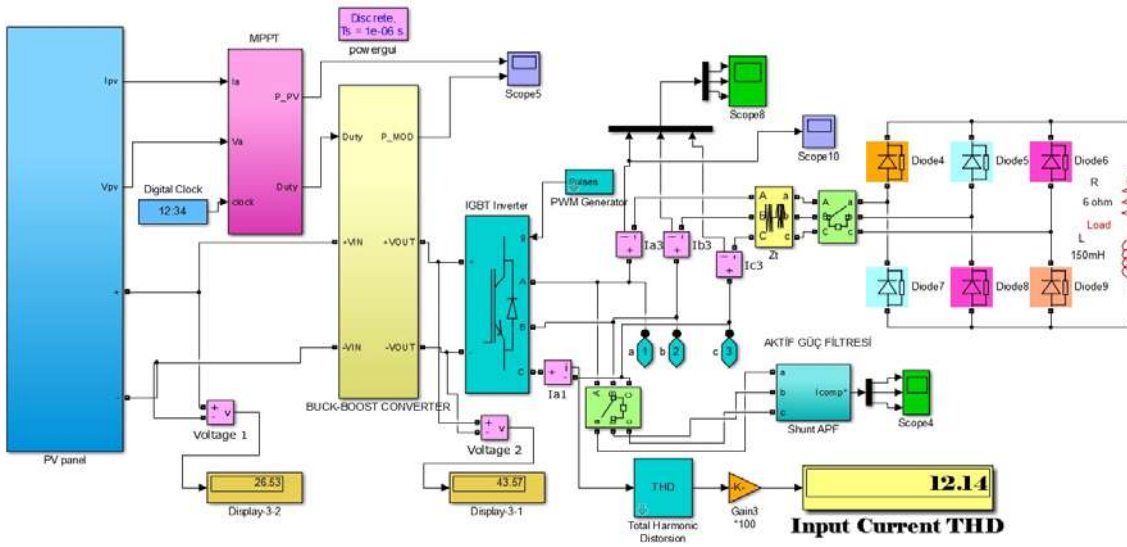
şekindedir. Bu doğrusal olmayan karakteristikli akım dalgasına ilişkin grafik Şekil 6'da gösterildiği gibidir.

96



Şekil 6. Üç fazlı kontrolsüz doğrultucu giriş akımı harmonik bileşenleri

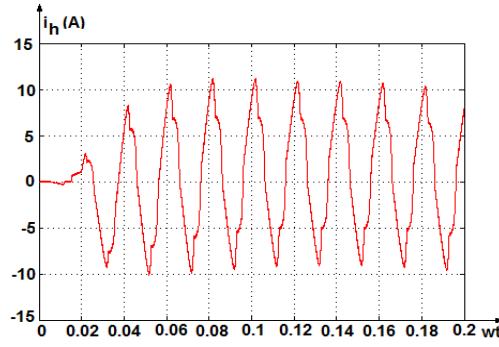
Harmonik akımları empedansın en az olduğu tarafa doğrudur. Harmonik kaynakları kaynak empedansı ile bağlı yük empedanslarıdır. Güç sistemlerinde harmonik bileşenlerin bulunması durumda kondansatör reaktansının değeri X_c/n olur. Reaktans değeri azalacağından harmonik bileşenlerin bulunduğu güç sistemlerinde harmoniklerden en çok kondansatörler etkilenir. Enerji kalitesinin yükselmesi için güç sistemlerinde doğrusal olmayan yüklerin etkinliğinin azaltılması gerekir. Bu yüzden harmonik bileşenleri süzecek aktif filtre devrelerine mutlak surette gerek vardır. PV güç sisteminde harmonik bileşenlerin oluşmasının başlıca sebebi bu sistemlerde kullanılan konvertörlerdir. Konvertörlerde kullanılan anahtarlama elemanları yapıları gereği non-lineer karakteristiktir. Bu devre elemanlarının, gerilimi ile akımı arasındaki bağıntının doğrusal olmasından dolayı harmonik bileşenler oluşmaktadır. Güç sisteminin süzgeçlenmeden sonraki prensip şeması Şekil 7’de verilmiştir.



Şekil 7. Güç sisteminin simulink eşdeğeri (filtrelemeden sonra)

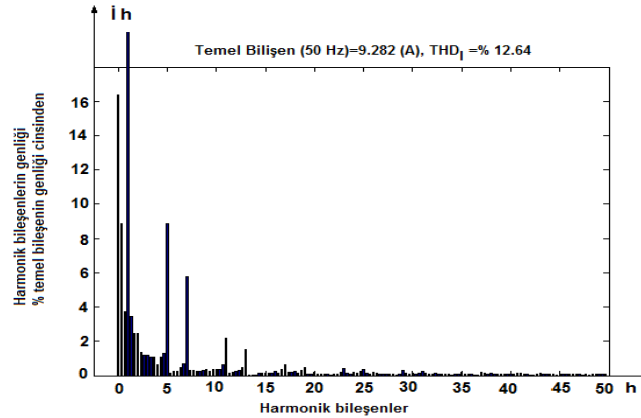
Şekil 7’ de güç PV güç sistemin prensip şeması verilmiştir. Bu şemada THDı değeri aktif filtre kullanılarak % 12.34 değerine düşürülmüştür. PV güç sisteminde kullanılan DC/DC kıyıcılar ile DC/AC inverterler yapılarındaki anahtarlama elemanları nedeniyle birer harmonik kaynağıdır. Bu dönüştürücülerin akımı ile gerilimi arasındaki bağıntı non-liner olduğundan PV güç sistemde harmonik bileşenler oluşur. Akım ve gerilimde oluşan bu harmonikler elektrik tesislerine ve bu tesislere bağlı tüketicilere zarar vermekte ve hatta bazen güç sistemlerini çalışamaz hale getirmektedirler.

Harmonikler transformatörlerde bakır, 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 kısılmasına neden olmaktadır. Aktif filtre kullanıldıktan sonra inverter çıkışı akımı Şekil 8’de verildiği gibidir.



Şekil 8. İnverter çıkış akımı (filtreleme sonrası)

PV güç sistemlerinde DC/DC ve DC/AC türü statik dönüştürücülerin kullanımı sonucu sistemde harmonik bileşenlerin oluşur ve bunun sonucunda enerji kalitesi düşer. Harmonik bileşenler PV güç sistemindeki akım ve gerilimin sinüsoidal olan dalga formlarının bozulmasına neden olurlar. PV güç sistemlerde oluşan harmonik bileşenlerin elimine edilmesi ve reaktif güç ihtiyacının karşılanması ve sistemdeki fazlar arasındaki akım dengesizliğini gidermek için aktif filtreleme ihtiyacı vardır. Genel olarak bir aktif güç filtresi, yüke seri bağlı bir gerilim kaynağı (paralel aktif güç filtresi) gibi düşünülmektedir.



Şekil 9 İnverter çıkış akımı harmonik bileşenleri (filtreledikten sonra)

Şekil 9’da görüldüğü gibi PV güç sistemlerinde tek, çift ve ara harmonikler bulunmaktadır. Harmonik bileşenlerin PV güç sistemlerindeki başlıca olumsuz etkileri:

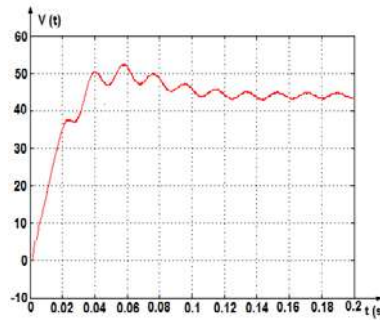
- Harmonik bileşenler ölçme cihazlarında hatalı ölçümlere neden olurlar.
- Motorlarda, transformatörlerde ve hatlarında ek kayıplara neden olurlar.
- Harmonikler bileşenlerle rezonans riskinin oluşması ve rezonans sonucu güç sisteminde oluşan aşırı akım ve gerilimlerin sisteme zarar vermesi.
- Kondansatörlerin reaktansı harmonik bileşenlerin bulunduğu sistemde reaktansı X_c/n olur. Reaktans azalınca kondansatör üzerinden aşırı akım akar ve hasarlanır.
- Mikroişlemci tabanlı cad/cam terminallerinde hafıza silinmeleri sonucunda istenmeyen çalışma şekilleri oluşur.
- Aydınlatma armatörlerinin titreşimli ışık vermesi.

- Ofis cihazlarının gürültülü bir şekilde çalışması.
- Elektrik makinalarında mekaniki titreşim ve gürültü çalışma gibi istenmeyen durumların oluşması.
- PV güç sistemindeki koruma aygıtlarının doğru çalışmaması.
- Harmonik bileşenler PV güç sisteminde bulunan üniteler üzerinde gerilim düşümüne neden olurlar.

SİMÜLASYON SONUÇLARI

Paralel aktif filtrel genellikle harmonikli akım bileşenlerin yok edilmesi ile güç katsayısının düzeltilmesinde, seri aktif filtreler gerilim harmonik bileşenlerin yok edilmesi ve fazlardaki akım dengesizliğini giderilmesinde kullanılırlar. Aktif filtreler örneklenen harmonik bileşenleri dalga formunun ters fazlısını şebekeye enjekte prensibine göre çalışırlar. Aktif güç filtrelerinin ilk yatırım maliyetleri pasif filtrelere göre oldukça fazladır.

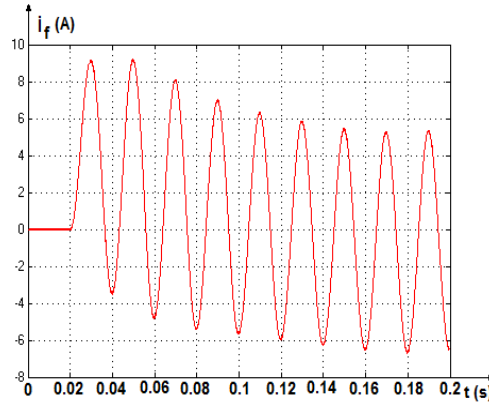
Non-lineer yüklerin kontrolsüz olarak sürekli olarak güç sisteme bağlanması sonucunda THD değeri sürekli armaktadır. Yüksek THD elektrikli cihazların ömrünü kısaltmaktadır. Solar şebekelerde kullanımı giderek artan non-lineer yüklerin oluşturduğu gerilim ve akım ait THD değerlerinin azaltılması gerekir. Bunun için güç sistemimde aktif filtrelerin kullanılması gerekir.



Şekil 9. İnverter giriş gerilimi (filtreleme sonrası)

Aktif güç filtresi reaktif güç kompanzasyonunu yapabilme ve güç katsayısını bire yaklaştırmak için kondansatör fonksiyonu gibi davranıp gerekli reaktif gücü sistemine enjekte eder. Reaktif güç kompanzasyonu özelliği olan aktif harmonik filtrelerde genellikle harmonik filtreleme ve reaktif güç kompanzasyonu ayrı ayrı veya birlikte gerçekleştirilebilir.

Harmoniklerin PV güç sistemlerindeki teknik olumsuzluklarının giderilmesi bakımından birtakım önlemlerin alınması gerekir. PV güç sistemlerinde kullanılan dönüştürücülerin darbe sayısını arttırmak, sabit yüklerde pasif filtreler kullanmak, yükün değişken olması durumunda aktif filtreler kullanmak. PV güç sistemlerinde toplam THD değerini standartlarda gösterilen limit değerlere indirmeliyiz.



Şekil 9 . Filtre akımının değişimi

Non-linear yüklerin oluşturduğu harmonik bileşenleri elimine etmek için aktif filtreler yoğun olarak kullanılmaktadır. PV güç sistemdeki harmonik bileşenler ek ısı kayıplarına, gerilim düşümlerine, elektronik kartlarda arızaların oluşumu. Ek kayıplar enerji maliyetini artırır. PV güç sistemlerinde akım ve gerilim harmonik bileşenlerin oluşturduğu problemler günbegün önem kazanmaktadır. Bu sorunların çözümünde kullanılan pasif filtrelerin yük değişimlerinde çözüm getirememesi, rezonans olaylarına yatkın olması gibi dezavantajları vardır. Aktif filtreler güç kalitesinin iyileştirilmesini sağlamış pasif filtrelerdeki olumsuzlukları giderilmiştir. Yalnız bu filtrelerin dezavantajları pahalı olmalarıdır.

SONUÇLAR

PV güç sistemlerinde kullanılan güç elektroniği tabanlı cihazlar harmonik bileşenlerin oluşmasına sebep olmaktadır. Bunun bir sonucu olarak THD değerleri artmaktadır. THD değeri güç sisteminde bulunan tüm sistemi etkilemektedir. Harmonik bileşenler PV güç sistemindeki kirliliktir. DC/DC, DC/AC dönüştürücüler ile DC ve AC kıyıcıların kullanımının PV güç sistemlerinde artması ile bu kirlilik oranı sürekli artmaktadır.

Harmonik bileşenlerin off-grid PV system üzerindeki oluşturduğu olumsuzlukları gidermenin en etkili yolu aktif filtreler kullanmaktır. Aktif filtreler lineer olmayan yükün hemen öncesinde şebekeye paralel bağlanırlar. Temel frekans dışındaki harmonik bileşenler aktif filtre tarafından yok edilirler. Bu filtreler harmonik bileşenleri kompanze etmekle beraber sistemin reaktif güç ihtiyacı ve PV güç sistemindeki fazlardaki akım dengesizliğini giderirler. Solar sistemlerde enerji kalitesi ve verimliliği yükseltmek için aktif filtre kullanmak gerekir.

PV güç sisteminde aktif filtre kullanmadan önce inverter çıkış akımı THD_i değeri % 86.38 olarak ölçüldü. Off-grid güç sisteminde aktif harmonik filtre kullanıldıktan sonra inverter çıkış akımı THD_i değeri % 12.14 olarak ölçüldü. Aktif harmonik filtresi kullanılması sonucunda THD_i değeri % 74.24 oranında azaltıldı.

KAYNAKLAR

- Akagi, H., Active harmonic filters, Proceedings of the IEEE, Vol. 93, Issue 12, pp. 2128-2141, December 2005.
- Singh, B., Al-haddad, K., Chandra, A., A Review of Active Filters for Power Quality Improvement, IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol.46, no.5, pp.960-971, 1999.
- Germeç, K. E., Erdem H., Time-harmonic analysis in electric power systems, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 30 (2), 263-271, 2015.
- Altaş, İ. H. and Mengi, O. Ö., AA ve DA Yüklerini Beslenen FV/Akü Grubunun Matlab/Simulink Ortamında Modellenmesi ve Simülasyonu. Elektrik- Elektronik ve Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu, 2008, (ELECO),135-139.

- Rashid, H.M., Power Electronics, Circuits, Devices, and Applications, Perason Press, 2014.
- Adak, S., Cangi, H., Analysis and Simulation Total Harmonic Distortion of Output Voltage Three Level Diode Clamped Inverter in Photovoltaic System, Bitlis Eren University, Fen Bilimleri Dergisi, ISSN 2147-3129,2015.
- Kocatepe, C., Uzunoglu, M., Yumurtacı, R. ve Arıkan, O., Elektrik Tesislerinde Harmonikler, Birsen Yayınevi, İstanbul 2003.
- Bhende, CN. Kalam, A. Malla, SG., Mitigation of Power Quality Problems in Grid-Interactive Distributed Generation System, DE Gruyter:International Journal of Emerging Electric Power Systems, Vol. 17, pp. 165-172, April 2016.
- Ozdemir, A., Erdem, Z., Double-loop PI controller design of the DC-DC boost converter with a proposed approach for calculation of the controller parameters - Proceedings of The Institution Of Mechanical Engineers Part I-Journal Of Systems And Control Engineering - Vol. - pp.137-148 - ISSN : 0959-6518 - DOI : 10.1177/0959651817740006 - - Article - - 2018 - WOS:000423609100003.
- Yılmaz, Ş., Yılmaz, A.S., Köklükaya, E., Güneş Enerjili Neme Duyarlı Toprak Sulama Sistemi Tasarımı, YEKSEM 2009, 5.Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu; Bildiriler Kitabı S.218-222, Haziran 2009, Diyarbakır.
- Rüstemli, S., Cengiz, S.M., Dinçer, F., Elektrik Tesislerinde Harmoniklerin Aktif Filtre Kullanılarak Yok Edilmesi ve Simülasyonu, BEÜ Fen Bilimleri Dergisi 2(1), 30-38, 2013.
- Cangi, H., Adak, S., Analysis of solar inverter THD according to PWM's carrier frequency, IEEE Xplore Digital Library, DOI 10.1109/ICRERA. 2015,7418694, INSPEC Accession no:15807201, 2015.
- Bodur, H., Güç Elektroniği, Birsen Yayınevi, İstanbul, 2010.
- Ayan, K., Arifoglu, U., "Power flow state estimator using two-layer neural network structure", ELECTRIC POWER SYSTEMS RESEARCH, vol.69, pp.249-258, 2004.
- Anooja C. L. and Leena N., Passive Filter For Harmonic Mitigation Of Power Diode Rectifier And SCR Rectifier Fed Loads. International Journal of Scientific & Engineering Research, Vol. 4, No. 6.2013.
- Adak, S. Cangi, H., Harmonik Bileşen İçeren Elektrik Tesislerinde Kondansatör Kayıpları, 3eELECTROTECH, sayı: 325,2014, Kasım, p:181-192. 2014.
- Acikgoz H., Kececioğlu O.F., Gani A., Tekin M., Sekkeli M., Robust control of shunt active power filter using interval type-2 fuzzy logic controller for power quality improvement. Tehnicki vjesnik - Technical Gazette, 24(2), 363-368, 2017.
- Chatterjee, A., Keyhani, A., & Kapoor, D., Identification of photovoltaic source models. IEEE Transactions on Energy conversion, 26(3), 883-889, 2011.
- Arifoğlu, U., Matlab 9.1-Simulink ve Mühendislik Uygulamaları, Alfa Yayıncılık, 964p. İstanbul-Turkey, 2016. .
- Geethalakshmi, B., Kavitha, M., Comparison of reference current extraction methods for shunt active power _lters. International Journal of Computer and Electrical Engineering, 3: 23-32, 2011.