

Bir-Fazlı İndüksiyon Motorlar İçin Paralel Aktif Güç Filtresi Tabanlı Reaktif Güç Kompanzasyonu

Mehmet GEDİKPINAR^{*1}, Mustafa GÜNGÖR²

^{*1}Fırat Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Elazığ,

² Artuklu Üniversitesi Midyat MYO Elektrik ve Enerji Programı Midyat/MARDİN

mgedikpinar@gmail.com

(Geliş/Received: 17.04.2017; Kabul/Accepted: 14.07.2017)

Özet

Bu makalede, bir fazlı indüksiyon motorun bir fazlı paralel aktif güç filtresi kullanılarak güç katsayısının düzeltilmesi amaçlı bir benzetim çalışması verilmiştir. Benzetim sistemi bir fazlı indüksiyon motoru, histerezis bant akım kontrolör, gerilim kaynaklı paralel aktif güç filtresi, DC hat kapasitörü ve AC tarafında bir indüktörden oluşmaktadır. Paralel aktif güç filtresi, sinüs çarpım tekniğini kullanarak referans akımları üretmektedir. Yaygın olarak kullanılan bir fazlı indüksiyon motorlarının şebeke/kaynaktan reaktif güç talepleri olmakta, önerilen filtre ile bir fazlı indüksiyon motorun reaktif güç talebi karşılanmakta ve böylece güç katsayısı düzeltme işlemi başarılı bir şekilde gerçekleştirilmektedir. Ayrıca, önerilen filtrenin dinamik yük şartlarına cevabı oldukça iyi olduğu alınan sonuçlardan anlaşılmaktadır.

Anahtar kelimeler: Paralel aktif güç filtresi, Bir fazlı indüksiyon motoru, Güç katsayısı düzeltme.

Reactive Power Compensation for Single-Phase Induction Motor Based Parallel Active Power Filter

Abstract

This paper presents a simulation for a single-phase parallel active power filter aimed power factor correction of a single-phase induction motor. The simulation of system consists of a single-phase induction motor, hysteresis band current controller, voltage-source parallel active power filter with a dc-bus capacitor and a filter inductance at the AC output. The active power filter reference currents are generated by using the sinus product technique. There are reactive power demands from the grid of a phase induction motors that used commonly today. The proposed filter meets the reactive power requirement of a one-phase induction motor and thus the power coefficient correction process is performed successfully. Besides, the dynamic performance of the proposed filter is so good to response the dynamic load conditions.

Keywords: Parallel active power filter, Single phase induction motor, Power factor correction.

1. Giriş

Reaktif güç, şebekenin güç kalitesini olumsuz yönde etkileyen güç kalitesi problemlerinin en önemlilerinden birisidir. Bu problemten dolayı, reaktif gücün yüksek gerilim sistemlerinde ve ağır sanayi tesislerinde kompanze edilmesi gerilim kararlılığı sağlamak ve güç kalitesini arttırmak için önem arzemektedir [1]. Bahsedilen bu problem giderilmediği takdirde; şebekenin güç katsayısında ($\cos \phi$) düşme, trafo ve iletim hattı ve kablolar gibi enerji dağıtım elemanlarında aşırı ısınma, sistem

koruma elemanlarının arıza olmadığı halde çalışıp sistemi enerjisiz bırakma, elektromanyetik cihazların (kontaktör) vb. titreşimli çalışma gibi istenmeyen durumlara yol açmaktadır [2, 3]. Reaktif güç kompanzasyonu için günümüze kadar ağırlıklı olarak kullanılagelen yöntem pasif devre elemanları ile yapılan filtrelerdir. Pasif devre elemanları ile yapılan filtrelerin şebeke empedansı ile anlık olarak yükte rezonansa girme riski vardır. Bu yüzden pasif filtre ile uygulanacak çözümlerde sistemden çekilen harmonik ve reaktif güç ile ilgili kesin bilgilere ihtiyaç duyulur. Pasif filtrelerin

yüksek güçlerdeki (MVA) uygulamalarına çok sık rastlanılmaktadır. Örneğin 100 MVA'lık bir sistemin güç faktörünün 0.85'ten 0.90'a yükseltilebilmesi için yaklaşık 10MVA'lık reaktif güce ihtiyaç vardır [4]. Böyle yüksek reaktif güçlere çıkıldığında filtrelerde kullanılan pasif elemanların ağırlıkları ve hacimleri çok büyük ölçülere ulaşabilmektedir [4-6]. Pasif filtrelerin bu olumsuz özelliklerine rağmen yapılarının basit, verimlerinin yüksek olması ve düşük yatırım maliyetleri bu yapıların kullanılmasındaki en önemli sebepleri sayılmaktadır. Pasif filtreler bu avantajlarına rağmen yukarıda belirtildiği gibi pek çok olumsuz yanlarından dolayı, gelişen güç anahtarları teknolojisi ile birlikte, yerlerini güç kalitesi problemlerine dinamik ve ayarlanabilir çözümler getiren aktif güç filtrelerine (AGF) bırakmaya başlamıştır [3, 6].

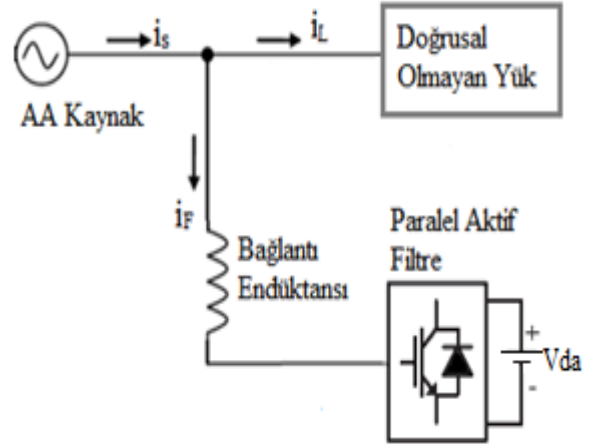
Pasif filtrelerin dezavantajlarını ortadan kaldırmak için geliştirilen ve aktif güç filtresi olarak bilinen çalışmalara ilk olarak 1970'li yıllarda rastlanmıştır [7]. Günümüzde seri, paralel, hibrit ve birleştirilmiş güç kalitesi düzenleyicisi gibi farklı aktif güç filtreleri, güç kalitesi problemlerinin büyük çoğunluğuna çözüm bulabilmek için denenmekte ve iyileştirme çalışmaları devam etmektedir [8]. Günümüze kadar yapılan çalışmalar sonunda, cevap hızları oldukça yüksek aktif güç filtreleri tasarlanabilmektedir. Yeni üretilmekte olan güç anahtarlarının çok yüksek frekanslarda anahtarlama yeteneklerinden dolayı, aktif güç filtrelerinin yüksek frekanslı akım ve gerilim harmoniklerini de filtreleyebilmesine, reaktif güç kompanzasyonu yapabilmesine, üç fazlı sistemlerde dengesizliğin giderilmesi ve nötr hattı akımlarının azaltılmasına olanak sağlamaktadır. Bu nedenle aktif güç filtreleri, harmonik ve reaktif güç kompanzasyonu için günümüzün en etkili yöntemlerinden sayılmaktadır [9, 10]. Aktif güç filtreleri tek fazlı veya üç fazlı devrelerde paralel veya seri olarak kullanılabilirler. Günümüzde büyük yüklerde üç fazlı ve küçük güçlü yüklerde ise tek fazlı filtre uygulamalı yapılmaktadır.

Bu çalışmada, tek-fazlı şebekeden beslenen bir indüksiyon motorunun güç katsayısı paralel aktif güç filtresi (PAGF) yardımıyla iyileştirilerek birim güç faktöründe çalışması sağlanmıştır.

2. Bir Fazlı Paralel Aktif Güç Filtresi

Önceki bölümde kullanım alanları verilen PAGF, bağlandığı sistemin ortak bağlantı noktasındaki yük akımını ölçer ve siteme yük akımının harmonikli sinyalleri ile eşit genlikte fakat 180° zıt yönlü akım vererek sistemi zıt bir reaktif güç ile yükler [5]. Şekil 1'de bir fazlı gerilim beslemeli paralel aktif güç filtresinin bir fazlı indüksiyon/asenkon motora (ASM) bağlantısı verilmiştir.

Paralel aktif güç filtrelerinde güç devresinin kontrolü için gerekli olan anahtarlama darbeleri, yük akımının çektiği harmonikli akım ölçüm sonucu elde edilen sinyallerin kontrol sistemine göre analizi yapıldıktan sonra üretilir.



Şekil 1. Paralel aktif güç filtresinin bir fazlı ASM'ye bağlantısı

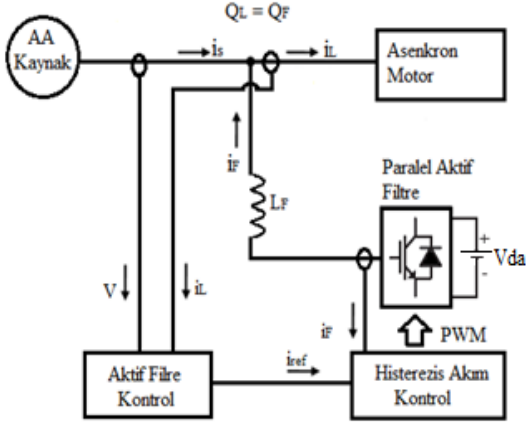
Literatürde, reaktif güç kompanzasyonu işlemlerinde, gerilim beslemeli paralel aktif güç filtrelerinin kullanımına çok sık rastlanmaktadır. Çünkü bu tip filtre yapıları ile reaktif güç kompanzasyonu, harmonikli akım filtreleme ve nötr hattı akımlarının azaltılması gibi işlemler başarılı bir şekilde yapılabilmektedir [11].

3. Modelleme

Bu çalışmada bir fazlı paralel aktif güç filtresinin referans akım çıkartımı için sinüs çarpım tekniği, akım kontrolü için ise histerezis akım kontrol yaklaşımından faydalanılmıştır. Güç

devresinde ise tam köprü inverter kullanılmıştır. Şekil 2’de bir fazlı PAGF’ lı bir fazlı ASM’nin reaktif güç kompanzasyonu için prensip devre şeması verilmiştir. Şekilde verilen PAGF bir bobin (L_F) üzerinden kaynağa bağlanmıştır. Doğru akım tarafında enerji ihtiyacı için bir DC kaynak kullanılmıştır. Devrede kullanılan bobin, filtre tarafından oluşturulan anahtarlama anında meydana gelen parazitleri engellemek amaçlıdır [5].

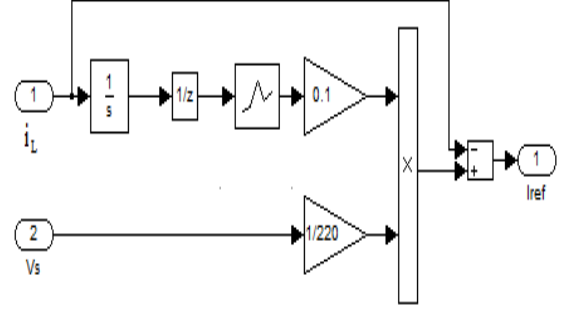
PAGF’ ın çalışma prensibi temel olarak; kaynak akımı ile gerilimi arasındaki açının sıfır olmasını sağlamak için ASM tarafından meydana getirilen reaktif güce zıt yönde ve eşit genlikte bileşenler üretmek şeklinde düşünülebilir. DC kaynak genliği ve L_F bobin değerleri sistemin verebileceği tepkiyi çok yakından etkileyeceği gerçeği ile değerlerinin seçilmesine dikkat edilmelidir [12].



Şekil 2. Bir fazlı PAGF'nin ASM'ye bağlantısı

3.1. Aktif filtre kontrol tekniği

Bu çalışmada referans akım bulmak için frekans bölgesinde sinüs çarpım tekniği kullanılmıştır (Bu teknik ile ilgili blok, şekil kirliliği oluşturmamak için sadece Şekil 3’de verilmiştir). Literatürde bu teknik, bir fazlı paralel aktif güç filtrelerinde referans kompanzasyon akımını belirlemek için sıkça kullanılmaktadır [13]. Bu referans bulma yönteminde anlık ölçülen i_L akımının integrali alınıp daha sonra oransal çevirici ile uygulanır amaçlı olarak ona bölünmüştür.



Şekil 3. Referans akım belirleyici

Kaynak geriliminin ideal kabul edilerek anlık gerilim Eşitlik 1’deki gibi verilebilir.

$$V(t) = V_m \sin wt \quad (1)$$

ASM’ nin kaynaktan çektiği akımın anlık değeri ise Eşitlik 2 ile ifade edilebilir.

$$i_{L(t)} = \sum_{n=1}^{\infty} i_n \sin(n \cdot wt - \theta_n) \quad (2)$$

Kaynak geriliminden elde edilen birim sinüs sinyali Eşitlik 3’deki gibi yazılır.

$$u(t) = \sin(wt) \quad (3)$$

Kaynaktan çekilen akımın anlık değeri ise Eşitlik 4’deki gibi olur.

$$i_{s(t)} = \frac{1}{T} \int_0^T [i_{L1} \sin(wt + \theta_1) + \sum_{n=2}^{\infty} i_n \sin(nwt + \theta_n)] \sin(wt) dt$$

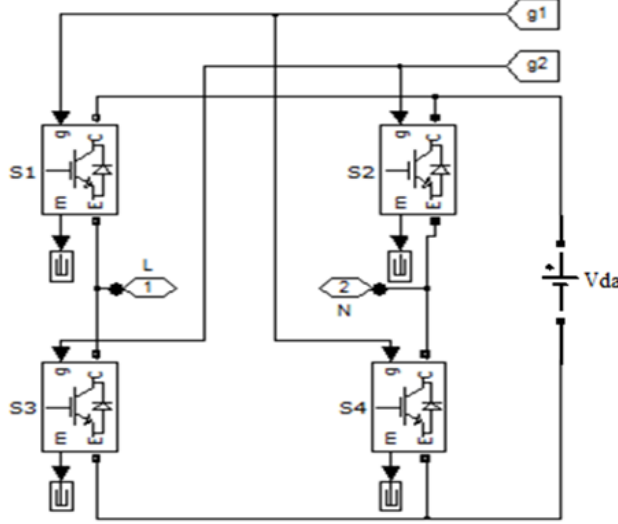
$$i_{s(t)} = i_{L1} \cdot \cos \theta_1 \quad (4)$$

Aşağıda verilen Eşitlik 5 ile 6 ile referans alınan kaynak ve filtre akımlarının anlık değerleri hesaplanabilir.

$$i_{L(t)} = \sqrt{2} i_{L1} \cdot \cos \theta_1 \cdot \sin(wt) \quad (5)$$

$$i_{F(t)} = i_{s(t)} - i_{L(t)} \quad (6)$$

Paralel Aktif Güç Filtresi: Şekil 4’de bir fazlı gerilim kaynaklı paralel aktif güç filtresi verilmiştir. Verilen bu aktif filtre yapısı genel olarak tam köprü tipi inverter ile gerilim kaynağından (V_{da}) oluşmaktadır [12].

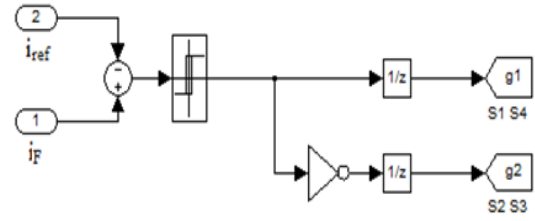


Şekil 4. Bir fazlı gerilim kaynaklı PAGF' in blok şeması

Gerilim kaynağı ve indüktans elemanının değerleri PAGF'nin vereceği tepkiyi etkilediğinden, seçilmesi sırasında dikkatli olunması unutulmamalıdır. Bu çalışmada devrenin analizi gerçekleştirilirken bipolar çalışma modu kullanılmıştır [14]. Aktif güç filtresi tam köprü tipi inverter ve enerji depolama elemanı olan kondansatörden meydana gelmektedir. İnverter dört adet yarı iletken anahtar ve diyot içerdiğinden akımı çeken doğrultucu olarak veya harmonik kompanzasyonu için akım sağlayan inverter olarak da çalıştırılabilir [15].

3.2. Histerezis bant akım kontrol tekniği

Histerezis bant akım kontrol tekniğinde, referans akım ile gerçek akım karşılaştırılır ve elde edilen akım hatasına göre inverter için kapı işaretleri üretilir. Üretilen hata değerine göre bir karşılaştırıcı yardımıyla akımın belirli değerler aralığında kalması sağlanır. Şekil 5’de histerezis akım denetleyicisinin blok şeması ve çalışma prensibi verilmiştir.



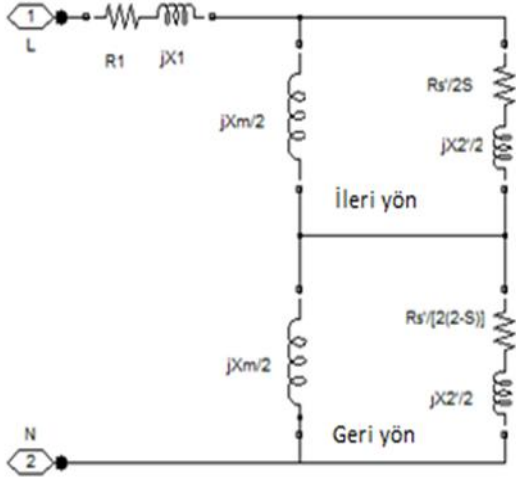
Şekil 5. Histerezis bant blok diyagramı

Akım hatasının değeri, belirlenen bant genişliği alt ve üst sınırları ile karşılaştırılır. Anahtarlara uygulanacak kapı işaretleri, bu karşılaştırma verilerinden yararlanarak üretilir [2]. Referans akımı i_{ref} ile inverter tarafından üretilen akım i_f arasındaki fark olan hata sinyali anahtarları kontrol etmekte kullanılır. Filtre akımı histerezis bantın üst sınırına ulaştığında S_2 çıkışı 1 olmakta ve devreye $+V_{da}$ gerilimini uygulanmaktadır (Şekil 4’de verildiği gibi). Filtre akımı histerezis bantın alt sınırına geldiğinde ise S_1 çıkışı 1 olmakta ve devreye $-V_{da}$ gerilimi bağlantı indüktansı üzerinden devreye uygulanmaktadır. Bu şekilde filtre akımı, histerezis bantın sınırlanmış bant aralığına (%1) bağlı olarak üretilen referans akımı takip etmektedir. Çalışılan kontrol yapısında kullanılan histerezis akım denetleyicinin en büyük dezavantajı anahtarlama frekansının sabit olmaması ve referans akıma göre sürekli değişim göstermesidir.

3.3. Bir fazlı ASM'nin eşdeğer devresi

Bir fazlı indüksiyon motorlar iki ana parçadan meydana gelmektedirler. Bunlar döner manyetik alanın oluştuğu kısım stator ve dönen kısım olarak bilinen rotordur. Stator, AC kaynaktan beslenen ana ve yardımcı sargı olarak adlandırılan iki sargıdan oluşur. Bir fazlı ASM'nin elektriksel eşdeğeri Şekil 6’ da verilmiştir. Verilen elektriksel eşdeğer devrede stator tarafının direnci R_1 , kaçak reaktansı X_1 ile temsil edilmektedir. İleri yön kolu stator genliğinin yarısı kadar bir genliğe sahip senkron hızda dönen ileri yönlü döner manyetik alanı ve geri yön kolu ise yine senkron hızda ama senkron hız ters yönde dönen ve ileri yön ile aynı genlikte olan manyetik alanı temsil etmektedir. İleri ve geri yön kolları rotor kısa devre çubuklarında akım

indüklenmesini sağlayarak indüksiyon olayını gerçekleştirirler. Bu kollar ile oluşturulan moment ileri ve geri yönde oluşur. Tam olarak döner momentin oluşmasını, ana sargıya göre özel form ve özellikteki yapısı ile yardımcı sargı sağlar. Yardımcı sargıya seri bağlı kondansatör/kondansatörler olaya yardımcı olur.

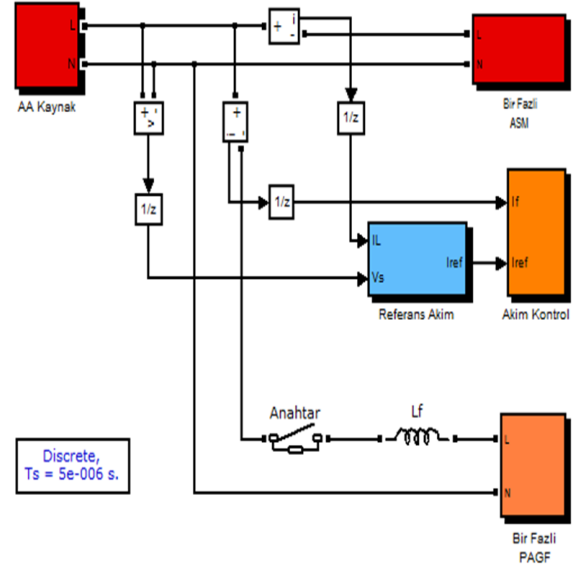


Şekil 6. Bir fazlı ASM'nin eşdeğer devresi

4. Benzetim Çalışması ve Sonuçları

Benzetim çalışmasında sonuçlar elde edilirken iki farklı kayma değerlerinde sonuçlar elde edilmiştir. İndüksiyon motordaki farklı kayma değerleri, rotor devrinin yükte birlikte değişmesi anlamına gelmektedir. Farklı kayma değerlerinde çalıştırmadaki amaç; bir fazlı indüksiyon motorun farklı yükler altındaki çalışmada reaktif güç kompanzasyonu işleminin uygulanabilirliğini gözlemleyebilmektir. Simülasyon çalışmasında kullanılan bir fazlı indüksiyon motorun ve paralel aktif filtresinin bazı önemli görülen temel parametre değerleri Tablo 1'de verilmiştir.

ASM dengeli 220V efektif değere sahip bir kaynak gerilimi ile beslenmektedir. Bu gerilim sinyalinin saf sinüzoidal olması önemlidir, çünkü referans akım üretmek için kullanılan birim sinüs sinyali kaynak geriliminden elde edilmektedir.

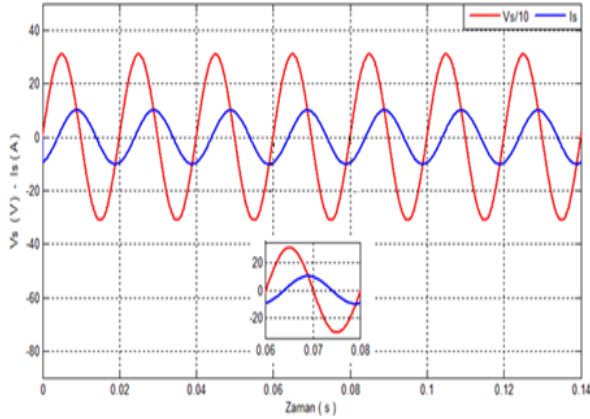


Şekil 7. Matlab/Simülink'te hazırlanan çalışmaya ait genel blok şeması

Tablo 1. ASM'nin elektriksel eşdeğer devresi benzetim parametreleri

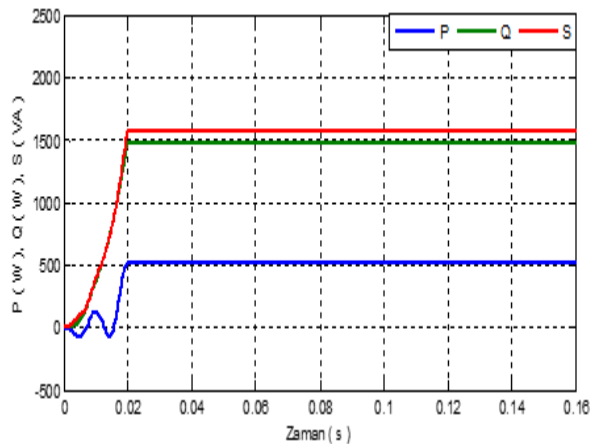
Alternatif Akım Parametreleri	
Kaynak gerilimi (rms), V_s	220V
Kaynak frekansı, f	50Hz
Bir Fazlı PAGF'nin Parametreleri	
DC tarafı kaynak gerilimi	450 V
Hat indüktansı, L_F	20mH
Histerezis bant aralığı, h	\pm %0.1
İndüksiyon Motor Parametreleri	
$R_1=2.02 \Omega$	$L_2=5.6e-3H$
$R_2=4.12 \Omega$	$L_m=0.1772 H$
$L_1=7.4e-3 H$	(%) $s=15$
$P=2$	$n_m=1275 d/d$
2.2 kW	Kondansatör yol vermeli

ASM'nin, paralel aktif filtre pasif olduğu durumda kaynaktan çektiği akım Şekil 8'de verildiği gibidir. Bu şekilde gösterildiği gibi, boşa kaynaktan çektiği akım gerilimden geride kalmaktadır. Diğer bir ifade ile ASM kaynaktan aktif gücün yanında reaktif güçte çekmektedir. Şekil 9'da ASM'nin kaynaktan çektiği güçler verilmiştir. ASM boşa genelde %1-%2'lik bir kayma değeri ile çalışırken, yaklaşık olarak aktif gücün üç katına yakın reaktif güç çekmektedir. Motor yüklendikçe kayma değeri artmakta ve kaynaktan çekilen reaktif güç azalmaktadır.



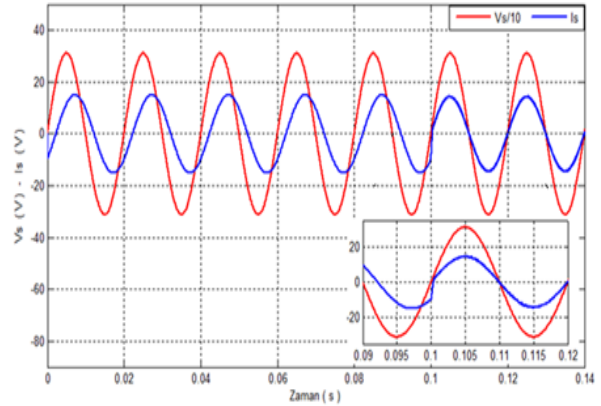
Şekil 8. ASM boşta çalışırken kaynak gerilimi ve akımı

Kaynaktan çekilen bu indüktif özellikli reaktif gücün sıfıra yaklaştırılabilmesi için yapılması gereken, reaktif gücü meydana getiren harmonikli akımla aynı büyüklükte fakat kapasitif özellikli reaktif güç kaynağa enjekte etmektir. İndüksiyon motorda yük değeri değiştikçe kaynaktan çekilen reaktif güç değeri de değişmektedir. Reaktif güçteki bu anlık değişimlere pasif filtreler hızlı cevap veremezler. Bundan dolayı pasif filtreler ile yapılan kompanzasyonlar sınırlı sonuçlar üretmektedir. Bir fazlı paralel aktif güç filtresi ile yapılan kompanzasyon çalışmalarında sonuçlar daha verimli ve değişimlere karşı çok daha duyarlı olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 9. ASM boşta çalışırken kaynaktan çekilen aktif, reaktif ve görünür güçler

Bu çalışmada sonuçlar elde edilirken %10 ve %15 gibi iki farklı kayma değeri kullanılmıştır. Benzetimde seçilmiş bu kayma değerleri olarak sırası ile tam yüke yakın bir değer ile benzetim kayma parametresi değeri olup, benzetim çalışması koşullarını ifade etmektedir. ASM %10'luk bir kayma ile çalışırken kaynak akımı ve kaynak gerilimi Şekil 10'daki gibi olmaktadır. Bu şekilde 0 – 0,1 saniye aralığında PAGF pasif durumdayken 0,1'ci saniyede aktif yapılmakta ve filtre aktif yapıldıktan sonra akımla gerilim arasındaki faz farkı çok kısa bir zaman aralığında sıfır olmaktadır.

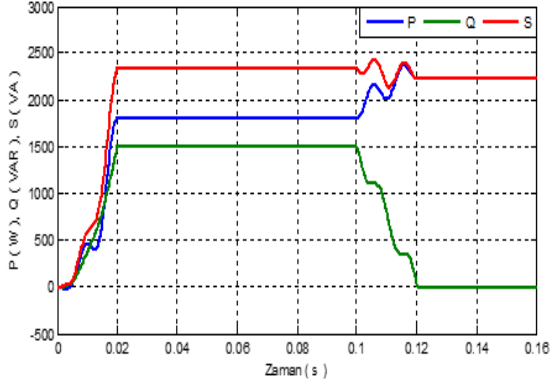


Şekil 10. ASM %10 kayma ile çalışırken kaynak gerilimi ve akımı

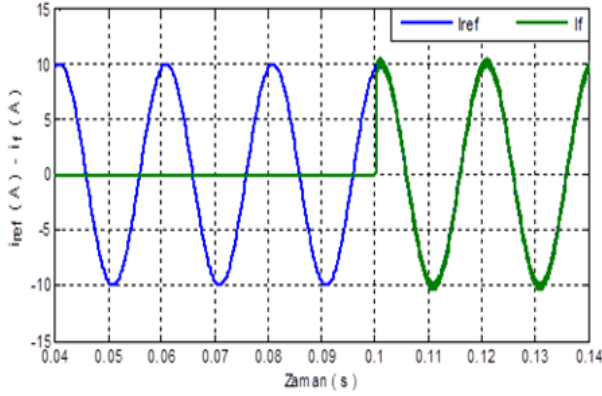
Akımla gerilim arasındaki faz açısının sıfır olması çekilen reaktif gücün sıfır olmasını ifade eder.

Kaynaktan çekilen reaktif güç ise 1500VA'rdan 0.02 saniyelik bir tepki süresinden sonra sıfır seviyelerine düşmektedir. Ayrıca aktif güç incelenecek olursa, 1800W'tan yaklaşık 2230W değerine çıkmıştır. Çünkü görünür güç, aktif ve reaktif güçlerin vektörel toplamıdır.

ASM'nin %10 kayma ile çalışırken kompanzasyon için gerekli referans ve filtre akımları Şekil 12'de verilmiştir. Şekilden, 0.1'ci saniyede aktif filtre devreye alınınca filtre akımı üretilen referans akımın üzerine binmekte ve önceden belirlenen histerezis bant aralığında referans akımı takip etmektedir.



Şekil 11. ASM %10 kayma ile çalışırken kaynaktan çekilen aktif, reaktif ve görünür güçler

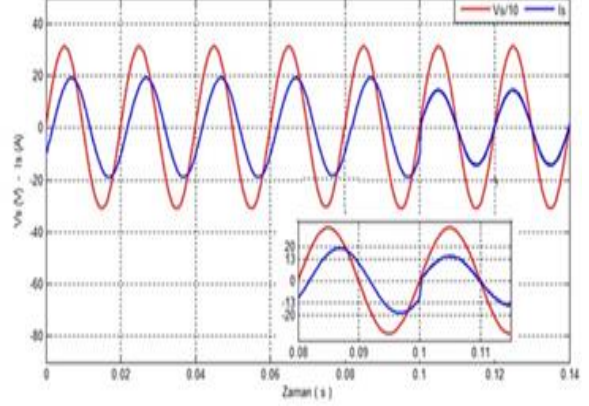


Şekil 12. ASM %10 kayma ile çalışırken referans ve filtre akımları

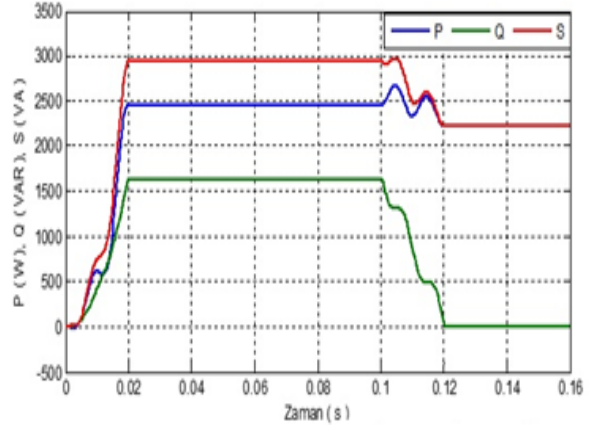
ASM'nin çalışma koşulu aynı zaman dilimleri için %15 kayma ile yeniden denenmiş ve alınan sonuçlar alt tarafta verilmiştir. Bu koşullarda 0,1'ci saniyeye kadar PAGF pasif iken 0,1'ci saniyede aktif yapılmış ve kaynak akım, gerilim değerleri alınarak Şekil 13'de gösterilmiştir. Bu şekil incelendiğinde 0-0,1 saniye aralığında PAGF pasif durumdayken 20A olan akım 0,1'ci saniyeden sonra yaklaşık 15A değerine düşmüştür. Bu durumda, çekilen kaynak akımının azalması çalışma veriminin artması şeklinde yorumlanır.

ASM'nin %15 kayma koşulunda benzer zamanlama dilimi ile PAGF devreye alınmış ve kaynak güçleri Şekil 14'de verilmeye çalışılmıştır. Şekilden reaktif güç 1650VAR civarlarında iken sıfır seviyelerine düşmüş, aktif güç ise 2450W'tan 2230W seviyesine inmiştir. Güç değişimlerinden de görüleceği üzere reaktif güç kompanzasyonu ile

birlikte motorun kaynaktan çektiği aktif güç azalmıştır.

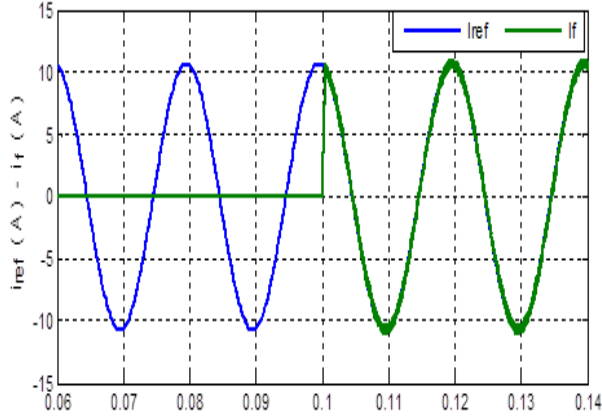


Şekil 13. ASM %15 kayma ile çalışırken kaynak gerilimi ve akımı



Şekil 14. ASM %15 kayma ile çalışırken kaynaktan çekilen aktif, reaktif ve görünür güçler

Bu azalma tüketiciyi olumlu yönde etkilemektedir. ASM PAGF ile çalışırken, %10 kaymada aktif güç yaklaşık 1800W değerinden 2230W seviyesine çıkarken, %15 kaymada ise 2450W seviyelerinden 2230W seviyelerine düştüğü gözlenmiştir. Bu durum, aktif filtre devreye alındığında tam yükte çalışırken kaynaktan çekilen akım düşmekte (Şekil 13), aktif güç azalmaktadır (Şekil 14). Bu değerlerin azalması verimin artması olarak açıklanabilirken, ayrıca hem üretici hem de tüketici için (ASM besleme kablosu, v.b) düşünülürse avantajlı bir durum olarak kabul edilebilir.



Şekil 15. ASM %15 kayma ile çalışırken referans ve filtre akımları

ASM'nin %15 kayma ile çalışırken referans akım ve filtre akımı Şekil 15'de verilmiştir. 0.1'ci saniyede filtre devreye alınca filtre akımı üretilen referans akımın üzerine binmekte ve ayarlanan histerezis bant aralığında referans akımı takip etmektedir.

5. Sonuçlar

Bu çalışmada bir fazlı indüksiyon motorun reaktif güç kompanzasyonu için bir fazlı indüksiyon motorun tam elektriksel eş-değer devresi kullanılmıştır. Sonuçlar değerlendirildiğinde elde edilen veriler, reaktif güç kompanzasyonu işleminin başarılı bir şekilde gerçekleştiğini göstermiştir. Bir fazlı paralel aktif güç filtresi kaynağa paralel bağlanırken geçici durumdan çıkıldığında aktif filtrenin devreye alınması için bir temsili anahtar kullanılmıştır. Böylece, anahtar devreye girmeden önce bir fazlı indüksiyon motorun normal çalışma parametrelerine ulaşmasına izin verilmiştir. Aktif filtre devreye alındıktan yaklaşık 0.02 saniye sonra kaynaktan karşılan reaktif güç aktif filtreden karşılanmaya başlamıştır.

PAGF'nin yük değişimlerine karşı verdiği tepkileri ölçmek için iki farklı kayma değerleri kullanılmıştır. Bu kayma değerleri sırası ile %10 ve %15 seçilmiştir. Seçilen bu kayma ASM'nin tam yüke doğru yüklendiğini ifade etmektedir. Her iki kayma değerinde de, yani farklı yükler altında, bir fazlı paralel aktif güç filtresinin kayma

değişimlerine karşın, başarılı bir şekilde reaktif güç kompanzasyonu yaptığı gözlemlenmiştir. Birbirinden farklı bu iki kayma durumunda motor kaynaktan farklı değerlerde reaktif güç talep etmiştir. ASM boşta çalışırken çekilen reaktif güç, aktif gücün yaklaşık üç katı iken, motor yüklendikçe yani kayma değeri arttıkça kaynaktan çekilen reaktif gücün aktif güce yaklaştığı (hatta daha alt değerlere düştüğü) izlenmiştir. Aktif filtrenin bu reaktif güç değişimlerine karşı dinamik tepkisinin başarılı olduğu sonuç grafiklerinden görülmüştür. Özellikle ASM tam yük değerlerine doğru yüklendikçe çektiği akım ve aktif gücün azaldığı, böylece çalışma veriminin arttığı kanaatine varılmıştır. Doğru akım tarafı besleme kaynağı 450V'luk bir dc gerilim gerektirmektedir. Bu gerilim geleneksel yapılarda şebekeden doğrudan elde edilmesi mümkün değildir. Çalışmada DC gerilimin yenilenebilir bir kaynaktan (literatürde EES (Energy Storage System) olarak tanımlanmakta), akü/akü gruplarından veya PV modellerinden sağlanabileceği düşünülmüştür.

6. Semboller

- $V_{(t)}$:kaynak gerilimi
- V_m :kaynak gerilimi tepe değeri
- $u_{(t)}$:kaynak gerilimi birim sinüs sinyali
- $i_{s(t)}$:kaynak akımının anlık değeri
- $i_{l(t)}$:referans akımının anlık değeri
- $i_{f(t)}$:filtre akımının anlık değeri
- R_1 :stator sargısı omik direnci
- x_1 :stator sargısı kaçak reaktansı
- R_2 :rotor sargısı omik direnci
- x_2 :rotor sargısı kaçak reaktansı
- s :rotor kayması
- R_r :rotor yük direnci
- X_m :mıknatıslama reaktansı
- l_m :ortak indüktans
- P :kutup çifti

7. Kaynaklar

1. Özdemir, E., Özdemir, Ş., Kale, M. (2002). Aktif Güç Filtresi İle Harmonik Ve Reaktif Güç Kompanzasyonu, *ELECO'2002Elektrik-Elektronik-Bilgisayar Mühendis. Sempozyumu*, 135-139.

2. Uçar, F., (2012). Paralel Aktif Güç Filtresi Kullanarak Harmonik Ve Reaktif Güç Kompanzasyonu Yapılması, *Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.*
3. Avcı, T., (2008). Akım kaynaklı aktif güç filtresi için çeşitli kontrol yöntemlerinin karşılaştırılması, *Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.*
4. Das, J. C., (2004). Passive filters-potentialities and limitations, *IEEE Trans. On Indst. Appl.*, **40 (1)**: 232-241
5. Kaplan, O., (2011). Bir fazlı paralel aktif güç filtreleri için sensörsüz da gerilim kontrolü, *Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.*
6. Çolak, İ., Kaplan. O., (2011). Bir Fazlı Aktif Güç Filtreleri için sensörsüz DA Gerilim Kontrolü, *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.*, **26**, No:1, 223, 232.
7. Gyugyi, L., Strycula, E. C., (1976). Active AC Power Filters, *IEEE Ind. Appl. Ann. Meeting*, 19C: 529-535.
8. El-Habrouk, M., Darwish, M. K., Mehta, P., (2000). Active Power Filters: A Review, *IEE Proc. Electric Power Appl.*, **147(5)**: 403-413.
9. Golsorkhi, S. M., Binandeh, H., Moghani, S., Gharehpetian, B. G., Hosseinian, H., (2010). Harmonic Current Compensation by a Single Phase Shunt Active Power Filter Based On Least Compensation Current Control Method, *IEEE PECon2010 Conf. Rec.*, 125-128.
10. Bohonsle, D. C., Kelkar, R., B., (2011). Desing and Smulation of Single Phase Shunt Active Power Filter using MATLAB, *IEEE PECon2010 Conf. Rec.*, 237-241
11. Mutlu, H.H., (2011). DSP tabanlı paralel aktif güç filtresi ile harmonik ve reaktif güç kompanzasyonu, *Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.*
12. Qiao, C., Smedley, K. M., Maddaleno, F., (2001). A Comprehensive Analysis and Design of a Single Phase Active Power Filter with Unified Constant-frequency Integration Control, *IEEE PESC Conf. Rec.*, 1619-1625.
13. Singh, B., AL-Haddad, K., Chandra, A., (1999). A Review of Active Filters for Power Quality Improvement, *IEEE Transaction on Industrial Electronics*, Vol. 46, No.5, October, 133-138.
14. Rahim, N. A., Mekhilef, B., Islam, Z., (2005). A New Approach for Harmonic Compensation Using Single-phase Hybrid Active Power Filter, *IEEE TENCON Conf.*, Pages:1-5
15. Pires, V. F., Silva, J. F. A., (2002). Teaching Nonlinear Modeling, Simulation, and Control of Electronic Power Converters Using MATLAB/SIMULINK, *IEEE Transactions on Education*, **45 (3)**: 253-261.