

PARALEL PASİF VE PARALEL AKTİF GÜÇ SÜZGEÇLERİNİN SERİ KOMBİNASYONUNDAN OLUŞAN HİBRİT GÜÇ SÜZGEÇLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Muammer ÖZDEMİR¹ Cenk GEZEGİN²

Elektrik – Elektronik Mühendisliği Bölümü
Mühendislik Fakültesi

Ondokuz Mayıs Üniversitesi, 55129, Samsun

¹e-posta:ozdemirm@omu.edu.tr

²e-posta: cenkgezegin@gmail.com

ÖZET

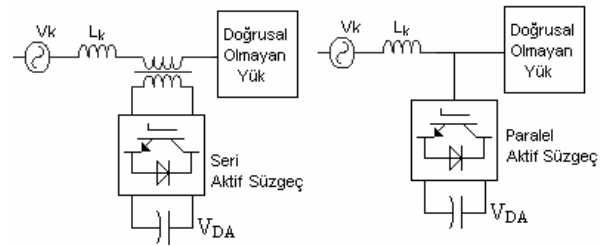
Bu çalışmada doğrusal olmayan yüklerin harmoniklerinin süzülmesi ve güç katsayısının istenilen değerlere getirilmesi için kullanılan paralel aktif güç süzgeci(PAGS) ile buna seri bağlı paralel pasif süzgeç(PPS)'in birlikte kullanıldığı hibrit bir süzgeç incelenmiştir. Son yıllarda kullanımı giderek artan asenkron motor hız kontrol sistemlerinde diyotlu doğrultucuların kullanımı tercih edilmektedir. Bu yüzden yük olarak üç fazlı 78kW gücünde bir diyotlu doğrultucu kullanılmıştır. PAGS bir DA sığacı, yarı iletken elemanlardan oluşmuş üç fazlı evirici devresi ve denetim tekniği olarak anlık güç teorisi yöntemi kullanılan denetim devresinden oluşmuştur. Bu makalede hibrit sistemde iki farklı PPS (20kVA değerinde 5. ve 7. harmoniğe ayarlı) kullanılarak simülasyon sonuçları verilmiş ve karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmalardan seçilen yük ve kaynak parametrelerine göre 5. harmoniğe ayarlı PPS' in performans açısından 7. harmoniğe ayarlı PPS' e göre daha iyi sonuç verdiği anlaşılmıştır.

Anahtar sözcükler: Paralel pasif süzgeç, paralel aktif güç süzgeci, hibrit aktif güç süzgeci.

1. GİRİŞ

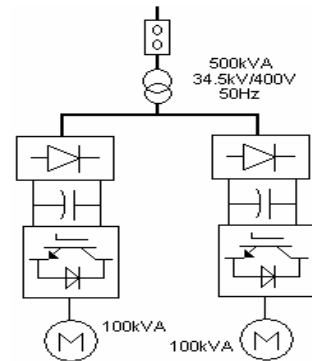
Şebeke gerilimi ve endüstriyel güç sistemlerindeki harmoniklerden kaynaklanan problemlerin artması, aktif güç süzgeçlerini önemli bir ilgi odağı haline getirmektedir. Aktif güç süzgeçleri, yükten ve hattan kaynaklanan harmonikleri ortadan kaldırmak için kullanılan güç çevrim sistemleridir. Pasif süzgeçlerle karşılaştırıldıkları zaman; daha iyi bir harmonik süzme karakteristiklerine ve etkilerine sahiptirler. Genel olarak bir aktif güç süzgeci, yüke seri bağlı bir gerilim kaynağı yada yüke paralel bağlı bir akım kaynağı gibi düşünülmektedir. Bu süzgeçler, sisteme bağlanış şekillerine göre üç farklı kategoride ele alınmaktadır. Bunlar seri aktif güç süzgeci, paralel aktif güç süzgeci ve hibrit süzgeçlerdir [1,2]. Paralel aktif güç süzgeçleri, akım dengesizliklerini, yüksek ve düşük dereceli harmonikleri, alt harmonikleri ve tepkin gücü kompanze etmek için kullanılmaktadır. Diğer taraftan gerilim inip çıkmaları, gerilim dengesizlikleri ve gerilim harmonikleri gibi şebeke ve

yük üzerindeki bozulmalar seri aktif güç filtreleri kullanılarak da ortadan kaldırılabilir [3,4].

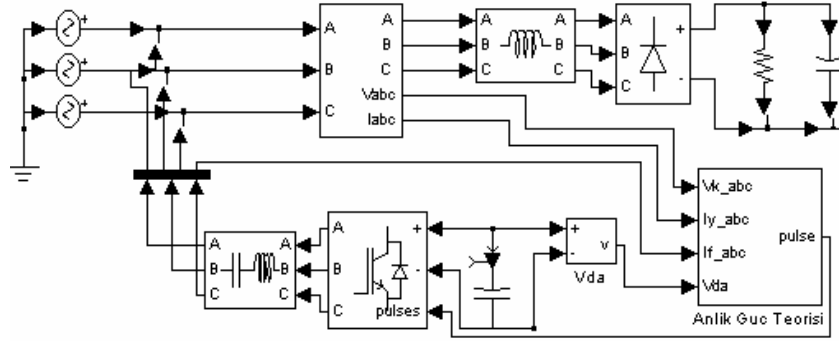


Şekil 1. Seri aktif ve paralel aktif güç süzgecin sisteme bağlantısı.

IGBT' ler kullanılan yükselen kenar gerilim kaynaklı PWM çevirici temelli ayarlanabilir hızlı sürücü sistemleri ev aletleri ve endüstriyel motor sürücülerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bununla birlikte çoğu uygulamada motor yüksek hızlardayken yavaşlamak için regeneratif frenlemeye ihtiyaç duyar. Sonuç olarak bir üç fazlı PWM doğrultucu yerine üç fazlı bir diyotlu doğrultucu kullanılması daha etkili ve güvenilirdir. Diyotlu doğrultucular düşük ve orta gerilim sürücü sistemlerinde PWM' li doğrultucuya göre daha ucuzdur. Bununla birlikte diyotlu doğrultucu büyük miktarlarda harmonikler üretir bu yüzden akımları ana harmonikten uzaktır[5].



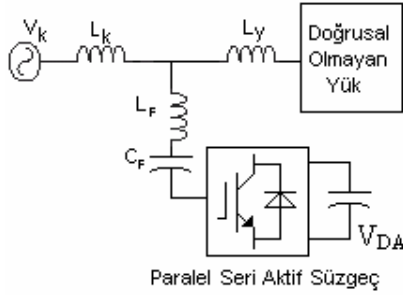
Şekil 2. Diyotlu doğrultuculu motor hız sürücü düzeneklerinden oluşmuş örnek bir içme suyu kaynağı planı.



Şekil 3. MATLAB/Simulink SimPowerSystem' de oluşturulmuş Hibrit PAGS blok diyagramı.

2. HİBRİT AKTİF GÜÇ SÜZGEÇLERİ

Pasif elemanlar olan sığaçlar ve reaktörler ile son yıllarda aktif güç süzgeçleri birlikte kullanılmaktadır. Aktif ve pasif güç süzgeçlerinin beraber kullanılmasındaki amaç aktif güç süzgeçlerinin akım ve gerilim değerlerini düşürüp başlangıç maliyetini azaltmak ve verimini yükseltmektir. Hibrit süzgeçlerde hem aktif süzgeçlerin hem de pasif süzgeçlerin avantajları birleştirilmiştir. Çeşitli hibrit AGS yapıları [6] kaynaktan incelenebilir.



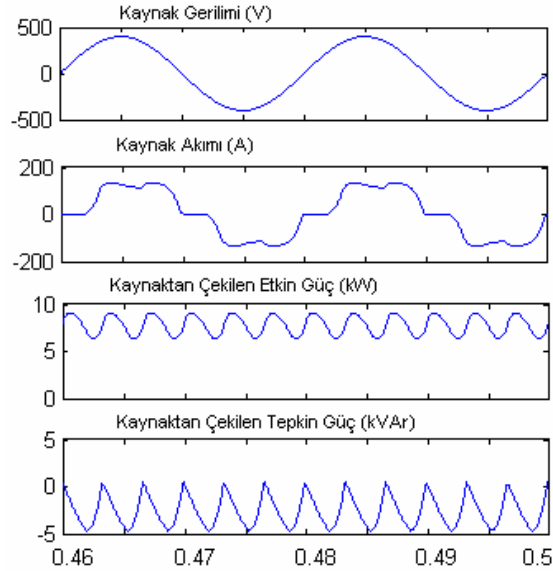
Şekil 4. Paralel pasif süzgecin paralel aktif güç süzgecine seri bağlanması ile oluşan hibrit sistem.

Bu çalışmada öncelikle 5. ve 7. harmoniğe ayarlı pasif süzgeç kullanılan hibrit sistem ile daha sonra aynı empedansları kullanan sade PAGS'i karşılaştırılacaktır. Hibrit sistem Şekil 4.'de basitçe gösterilmiş ve benzetimi MATLAB/Simulink SimPower System' de yapılarak Şekil 3. 'de görüldüğü gibi modellenmiştir.

3. BENZETİM ÇALIŞMALARI VE SONUÇLARIN KARŞILAŞTIRILMASI

Hibrit sistemde kullanılan 5. ve 7. harmoniğe ayarlı PPS' in karşılaştırılmasının tam olarak anlaşılabilmesi için Şekil 4. 'de gösterilen model üzerinde sabit yük ve kaynak değerlerinde çalışılmıştır. Kaynak gerilimi 400V ve frekansı 50Hz' dir. Yük olarak seçilen diyotlu doğrultucu 5Ω' luk bir direnç ve 5μF' lık bir sığaçtan oluşup 78kW gücündedir ve yüke 1mH' lik bir endüktans seri bağlıdır. PAGS' i devrede yokken kaynaktan

çekilen akım ve güçler Şekil 5.' de verilmiştir. PAGS' nin evirici uçlarındaki doğru akım sığacı 1500μF ve histeresiz band genişliği (HB=1A) olup bütün benzetimlerde aynıdır.



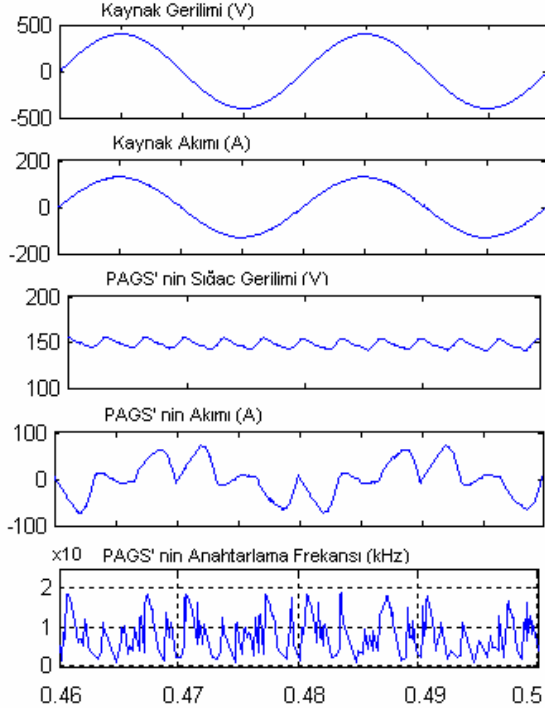
Şekil 5. Kaynağa sadece diyotlu doğrultucu bağlıyken kaynaktan çekilen akım ve güçler.

İlk olarak PAGS' ne endüktansı 1 mH ve sığacı 400μF olan 20kVA gücünde 5. harmoniğe ayarlı kalite faktörü 22 olan üç fazlı tek ayarlı bir PPS bağlanmıştır. PPS 5. harmonik civarı haricinde daha düşük harmonik frekanslarında kötü bir süzme performansı gösterir. PPS ve PAGS doğrudan birbirine seri bağlıdır. Oluşturulan bu hibrit sitem ile ilgili benzetim sonuçları Şekil 6.'da verilmektedir.

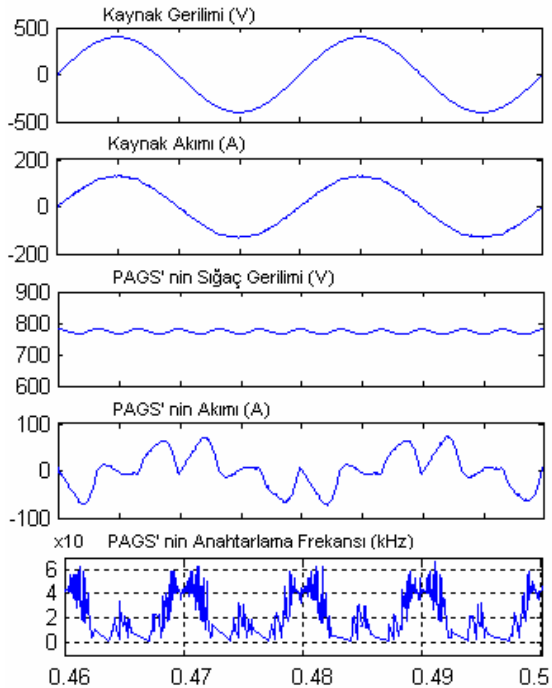
PAGS' ne 5. harmoniğe ayarlı PPS' nin 1 mH ' lik endüktansı bağlandığında oluşan sade PAGS benzetim sonuçları Şekil 7.'de verilmektedir.

Görülmektedir ki 5. harmoniğe ayarlı PPS ile oluşturulmuş hibrit sistemde evirici devresinde kullanılan yarı iletkenlerin anahtarlama frekansı 17kHz iken aynı endüktansı kullanan sade PAGS'in yarı iletkenlerinin anahtarlama frekansı 66kHz' dir. Hibrit PAGS' de kullanılan yarı iletken elemanların

anahtarlama frekansı sade PAGES' e göre yaklaşık 3,88 kat daha azdır. Ayrıca sade PAGES' nin DA sıgac gerilimi 775V iken hibrit sistemde DA sıgacında ki gerilimi 150V' dur. Hibrit PAGES' de kaynak akımı THD si %0.62 iken sade PAGES'de THD % 1,50'dir.

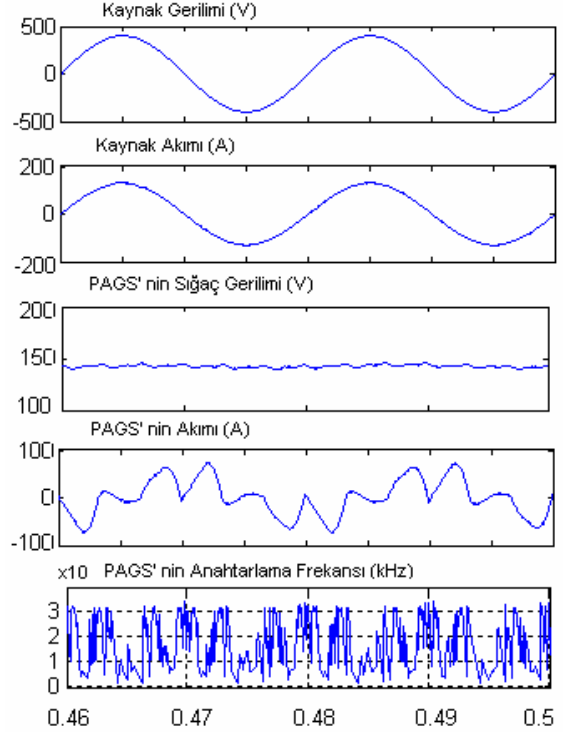


Şekil 6. PAGES' ne 5. harmoniğe ayarlı PPS' nin seri bağlı olduğu hibrit PAGES benzetim sonuçları.

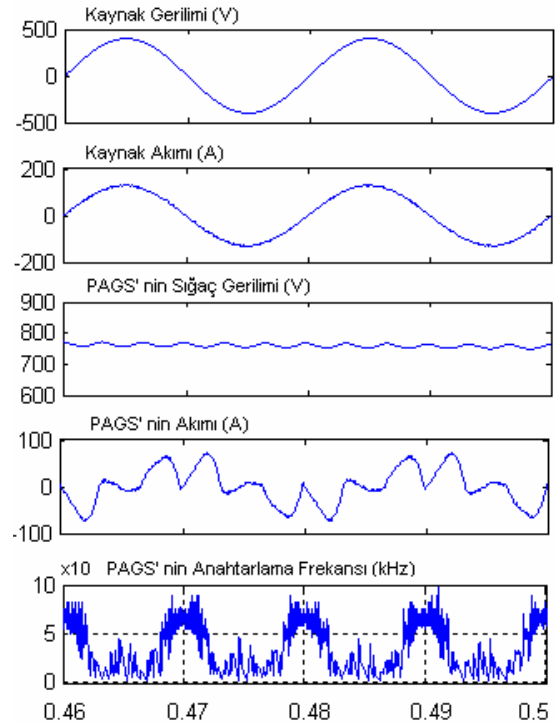


Şekil 7. PAGES' ne 5. harmoniğe ayarlı PPS' nin endüktansının (1 mH) seri bağlı olduğu sade PAGES benzetim sonuçları.

İkinci olarak PAGES' ne endüktansı 0.5 mH ve sıgacı 400 µF olan 20kVA gücünde 7. harmoniğe ayarlı kalite faktörü 22 olan üç fazlı tek ayarlı bir PPS bağlandığında oluşan hibrit PAGES benzetim sonuçları Şekil 8.'de gösterilmiştir.



Şekil 8. PAGES' ne 7. harmoniğe ayarlı PPS' nin seri bağlı olduğu hibrit PAGES benzetim sonuçları.



Şekil 9. PAGES' ne 7. harmoniğe ayarlı PPS' nin endüktansının (0.5 mH) seri bağlı olduğu sade PAGES benzetim sonuçları.

Son olarak PAGES' ne 7. harmoniğe ayarlı PPS' nin 0.5 mH ' lik endüktansı bağlandığında oluşan sade PAGES benzetim sonuçları Şekil 9.'de verilmektedir.

7. harmoniğe ayarlı PPS ile oluşturulmuş hibrit sistemde evirici devresinde kullanılan yarı iletkenlerin anahtarlama frekansı 33kHz iken aynı endüktansı kullanan sade PAGES' in yarı iletkenlerinin anahtarlama frekansı 90kHz olduğu görülmektedir. Hibrit PAGES' de kullanılan yarı iletken elemanların anahtarlama frekansı sade PAGES' e göre yaklaşık 2,72 kat daha azdır. Ayrıca sade PAGES' nin DA sığaç gerilimi 760V iken hibrit sistemde DA sığaçında ki gerilim 145V' dur. Hibrit PAGES'de kaynak akımı THD 'si %0,67 iken sade PAGES'de THD' si %0.71'dir. Benzetimi yapılan tüm sade ve hibrit PAGES' lerinden geçen en yüksek akım 73,5A' dir.

4. SONUÇLAR

Doğrusal olmayan yüklerin harmoniklerinin yok edilmesi ve tepkin güç kompanzasyonu yapmak için kullanılan PAGES' lerinin maliyetleri yüksektir. PAGES' lerinin maliyetinin bir bölümünü oluşturan evirici devresindeki yarı iletken anahtarlama elemanlarının değerleri oluşturulan hibrit sistemler sayesinde azaltılabilmektedir. Bu çalışmadan anlaşılmaktadır ki 5. ve 7. harmoniğe ayarlı PPS' in PAGES' ne doğrudan seri bağlandığı hibrit PAGES' lerinde kullanılan yarı iletken anahtarlama elemanlarının gerilim değerleri ve anahtarlama frekansları azaltılmıştır. Hibrit PAGES' lerinde evirici devresinde kullanılan pahalı IGBT' ler yerine MOSFET' lerde kullanılarak PAGES' leri yapılabilmektedir.

PAGES' lerinin VA oranı aşağıdaki denklemden kolayca bulunabilmektedir.

$$P_{AGF} = \sqrt{3} \times \frac{V_{DC}}{\sqrt{2}} \times \frac{I_{Fmax}}{\sqrt{2}} \quad (1)$$

Benzetimi yapılan tüm sade ve hibrit PAGES' lerinden geçen en yüksek akım 73,5A olduğuna göre denklem (1)' den her iki sade PAGES' nin hibrit PAGES' ne göre düşen DA sığaç gerilimlerinden dolayı daha düşük VA oranına (5. harmoniğe ayarlı PPS 'in endüktansı ile oluşturulmuş sade hibrit PAGES 49,33kVA hibriti 9,55 kVA, 7. harmoniğe ayarlı PPS 'in endüktansı ile oluşturulmuş sade hibrit PAGES 48,38 kVA hibriti 9,23kVA) sahip olduğu anlaşılmaktadır. Görülmektedir ki aynı yük özelliklerinde hibrit PAGES kullanmak daha ekonomik bir çözümdür.

Hibrit PAGES' leri ile sade PAGES' leri kullanıldığında kaynaktan çekilen akımların yüzde THD değerleri karşılaştırıldığında (5. harmoniğe

ayarlı PPS; %0,62<%1,50 ve 7. harmoniğe ayarlı PPS; %0,67<%0,71) hibrit PAGES' lerinin kaynak akımının THD değerlerini daha da düşürdüğü görülür. Bu PAGES 'ne seri bağlı olan PPS' lerin PAGES' nin yüksek frekanslı olan anahtarlama frekans harmoniklerinin kaynak tarafına geçmesini önlediğini göstermektedir.

Bu kaynak ve yük parametrelerinde; 5. harmoniğe ayarlı PPS kullanılarak yapılan hibrit PAGES ile 7. harmoniğe ayarlı PPS kullanılarak yapılan hibrit PAGES' nin kaynaktan çekilen akımdaki THD₁ değerleri karşılaştırıldığında (%0.62<%0.67) 5. harmoniğe ayarlı PPS kullanılarak yapılan hibrit PAGES, 7. harmoniğe ayarlı PPS kullanılarak yapılan hibrit PAGES' ne göre kaynaktan çekilen harmoniklerin azaltılmasında daha iyi sonuç vermektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Ondokuz Mayıs Üniversitesi Araştırma Fonu "Sayısal Kompanzasyon Sistemi Tasarımı" MF 100 nolu projesi kapsamında desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] Wang Q., Yao, W., Liu, Wang, J. Z., "Voltage Type Harmonic Source and Series Active Power Filter Adopting New Control Approach", Industrial Electronics Society, 1999. IECON '99 Proceedings. The 25th Annual Conference of the IEEE, Vol.2, 843–848, 1999.
- [2] Peng, F. Z., "Application Issues of Active Power Filters", IEEE Industry Applications Magazine, Vol.4, No.5, 21–30, 1998.
- [3] Alali, M.A.E., Saadate, S., Chapuis, Y.A., Braun, F., "Control and Analysis of Series and Shunt Active Filters with SABER", Proceedings of International Power Electronic Conference (IPEC), Tokyo-Japan, Vol.3, 1467-1472, 2000.
- [4] Atacak, İ., Bay, Ö. F., "Bulanık Mantık Denetimli Seri Aktif Güç Filtresi Kullanarak Harmonik Gerilimlerin Bastırılması" Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der., Cilt 19, No 2, 205-215, 2004.
- [5] Akagi, H., Active Harmonic Filters, Proceedings of the IEEE, Vol 93, No 12, 2005.
- [6] Peng, F. Z., Harmonic Sources And Filtering Approaches, Industry Applications Magazine IEEE, Vol 7, Page 18-25, 2001.