ÇUKUROVA I. ULUSLARARASI
MULTİDİSİPLİNER ÇALIŞMALAR KONGRESİ
TAM METİN BİLDİRİ

13-16 Aralık 2018 Adana/TÜRKİYE

GA TABANLI PI DENETLEYİCİ KULLANARAK TEK FAZLI DOĞRULTUCUNUN BENZETİM ÇALIŞMASI

SIMULATION STUDY OF SINGLE-PHASE RECTIFIER USING GA BASED PI CONTROLLER

Öğr. Gör. Dr. Hakan AÇIKGÖZ
Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Kilis, hakanacikgoz@kilis.edu.tr

Dr. Öğr. Üyesi Ö. Fatih KEÇECİOĞLU
K.Maraş Sütçü İmam Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği, K.Maraş, fkececioglu@ksu.edu.tr,

Öğr. Gör. Ahmet GANİ
K.Maraş Sütçü İmam Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği, K.Maraş, agani@ksu.edu.tr,

ÖZET

DA gerilime gereksinim yerlerde doğrultucu devreleri kullanılmaktadır. Doğrultucu devrelerinde ise diyot ya da tristörleri tercih edilmektedir. Fakat diyot veya tristör temelli doğrultucu devrelerinin güç faktörleri düşüktür ve şebekeden toplam harmonik bozulumu yüksek akım bileşenleri çekmektedirler. Son yıllarda, güç elektroniğindeki yeniliklere birlikte yüksek güç faktörüne sahip doğrultucu yapıları birçok uygulamada kullanılmaktadır. Bu çalışmada Genetik Algoritma (GA) tabanlı PI denetleyici tasarlanarak tek fazlı yükseltici tip doğrultucunun DA-link gerilimi denetlenmiştir. PI denetleyicinin kazanç parametreleri belirlenerek DA-link gerilim ünitesine uygulanmıştır. Önerilen denetleyici yapısının performansını incelemek için Matlab/Simulink ortamında benzetim modeli geliştirilmiştir. Ayrıca, önerilen denetleyici yapısı ile PI denetleyici aynı şartlar altında karşılaştırılmıştır. Benzetim çalışmalarından elde edilen sonuçlara göre, GA-tabanlı PI denetleyici yapısı tek fazlı doğrultucunun DA-link geriliminin denetimin de PI denetleyiciye göre daha iyi performansa sahiptir.

Anahtar Kelimeler: Tek Fazlı Doğrultucu, Genetik Algoritmalar, PI denetleyici

ABSTRACT

Rectifier circuits are used where DC voltage is needed. Diodes or thyristors are preferred in rectifier circuits. However, power factors of the rectifier circuits based on the current diode or thyristor are low and draws current components with high total harmonic distortion from the network. With the innovations in power electronics, the rectifier structures with high power factor have been used in many applications in recent years. In this study, Genetic Algorithm (GA) based PI controller is designed and DA-link voltage of the single-phase rectifier is controlled. Thus, the gain parameters of the PI controller are determined and applied to the DA-link voltage unit. A simulation model is developed in Matlab/Simulink to investigate the performance of the proposed controller structure. In addition, the proposed controller structure and PI controller are compared under the same conditions. According to the results obtained from the simulation studies, the GA-based PI controller structure has better performance than PI controller of the single-phase rectifier's DA-link voltage control.

Keywords: Single Phase Rectifier, Genetic Algorithms, PI controllers

1. GİRİŞ

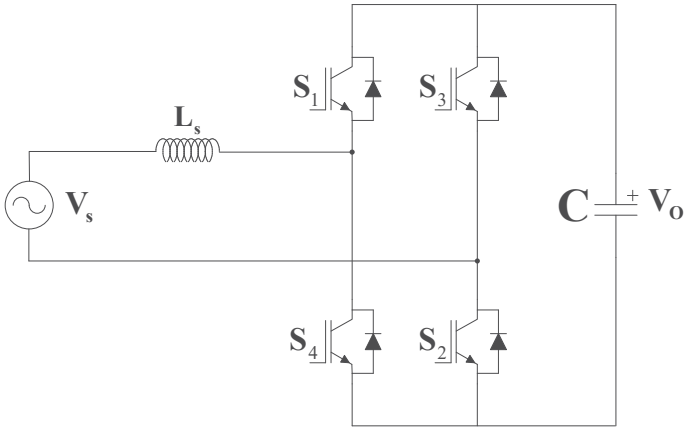
Son yıllarda birçok elektronik cihazın kullanımının artması reaktif gücün ve iletim hattındaki güç kayıplarının artmasına neden olmaktadır. Bu tip cihazlarda kullanılan doğrultucu devreleri genellikle denetimsiz olan diyot temellidir. Denetimsiz doğrultucu devrelerinin en büyük dezavantajları ise; güç faktörlerinin düşük ve yüksek harmonik bozulumuna sahip olmalarıdır. Yüksek harmonik bozulumu ise şebekedeki yüklerin tam verimli çalışamamasına ve şebekede aşırı yüklenmelere neden olmaktadır. Bu nedenle harmonik bozulumları sınırlamak gerekmektedir. Diyot temelli doğrultucuların bu tip istenilmeyen özelliklerinden dolayı daha düşük harmonik bozulumuna sahip ve güç faktörü yüksek doğrultucu devrelerine ihtiyaç duyulmaktadır. Güç elektroniği devrelerindeki ve yarı iletken malzemelerdeki hızlı ilerlemelerle birlikte denetlenebilir doğrultucu devrelerinin ortaya çıkması kaçınılmaz olmuştur. Bu tip doğrultucu devrelerine darbe genişlik modülasyonu (DGM) ya da uzay darbe genişlik modülasyon (UDGM) tekniğini kullanan yükseltici tip doğrultucu devreleri örnek gösterilebilir. Bu tip AA/DA dönüşümünü gerçekleştiren doğrultucu devreleri ile yüksek güç faktörü, düşük harmonik bozulum, çift yönlü güç akışı ve sabit DA-Link gerilimi elde edilebilir. Çeviriciler bu özelliklerinden dolayı birçok uygulamada oldukça sık olarak kullanılmaktadır[1-4].

DGM temelli doğrultucu devrelerinde bulunan DA-link gerilimi genellikle Oransal+İntegral (PI) denetleyiciler ile denetlenmektedir. PI denetleyiciler basit yapılarından dolayı da DA-link gerilim denetimi için tercih edilmektedir. Bilindiği gibi PI denetleyicilerde bulunan kazanç parametreleri belirlenirken ya Ziegler-Nichols yöntemi ya da denetlenecek sistemin indirgenmiş matematiksel modelinden faydalanılır. PI denetleyicilerin parametreleri sabit olduğu için zaman değişen sistemlerde iyi performansa sahip değildirler. Bu olumsuz durumu ortadan kaldırmak için PI denetleyicilerin kazanç parametreleri akıllı denetleyici yapılarıyla veya optimizasyon yöntemleriyle bulunmaktadır. Akıllı denetleyici yapılarından biri olan Bulanık Mantık Denetleyiciler (BMD) ile PI denetleyicilerin kazanç parametreleri belirlenebilmektedir. Günümüzde, Genetik Algoritmalar (GA), Yapay Arı Kolonisi (ABC), Ateş Böceği Algoritması (ABA), Karınca Koloni Optimizasyonu (KKO) ve Parçacık Sürü Optimizasyonu (PSO) gibi sezgisel algoritmalar birçok uygulamada yağın olarak tercih edilmekte ve oldukça iyi sonuçlar sağlamaktadır [4-10].

Bu çalışmada, tek fazlı DGM tabanlı doğrultucu yapısının DA-link geriliminin denetimi için klasik PI denetleyiciler yerine GA temelli PI denetleyici yapısı tercih edilmiştir. Her iki denetleyici yapısının aynı şartlar altında karşılaştırılması için Matlab/Simulink ortamında benzetim çalışmaları gerçekleştirilmiştir. GA ile en uygun değerdeki K_p ve K_i kazanç parametreleri belirlenerek DA-link gerilim denetim ünitesine uygulanmıştır. Çalışmanın diğer kısımları ise şu şekilde özetlenebilir: 2. Kısımda tek fazlı doğrultucu yapısı hakkında bilgiler verilmiştir. 3. Kısımda ise GA'ların genel özellikleri sunulmuştur. Benzetim çalışmaları 4. Kısımda verilirken sonuçlar ise son kısımda açıklanmıştır.

2. TEK FAZLI DOĞRULTUCU YAPISI

Tek fazlı DGM tabanlı doğrultucu devresi, çift yönlü güç akışı, sinüzoidal giriş akımı, sabit DA-link gerilimi, düşük harmonik içerik ve birim güç faktörü gibi özelliklerinden dolayı birçok uygulamada yaygın olarak kullanım alanı bulmaktadır. Bu çalışmada kullanılan Tek fazlı DGM tabanlı doğrultucunun temel blok şeması Şekil 1'de gösterilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi 4 tane IGBT ve bunlara paralel bağlı diyotlardan, endüktanstan *(L)* ve DA-link kondansatöründen *(C)* oluşmaktadır. Tek fazlı AA kaynak doğrultucu yapısı sayesinde istenilen DA-link gerilim değerine dönüştürülmektedir. Her pozitif ve negatif saykıl sürelerinde çapraz bağlı anahtarlar (S_1-S_2, S_3-S_4) iletime girerek gerekli doğrultma işlemi gerçekleştirilmektedir [1-3].



Şekil 1. Tek Fazlı Doğrultucunun Konfigürasyonu

Kaynak gerilimi ve kaynaktan çekilen akımın matematiksel eşitlikleri aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$u_s = U_s \sin \omega t \tag{3}$$

$$i_s = I_s \sin \omega t \tag{4}$$

Burada, u_s kaynak gerilimi, i_s kaynak akımıdır. Endüktansın gerilim değeri ise,

$$V_L = L\frac{di_s}{dt} \tag{5}$$

Olur. Ayrıca doğrultucu yapısı için aşağıdaki eşitlik verilebilir.

$$u_s = L_s\frac{di_s}{dt} + i_s R_s + u_{ab} \tag{6}$$

$$V_{conv} = (S_1 - S_3)V_o \tag{7}$$

$$I_{dc} = (S_1 - S_3)i_s \tag{8}$$

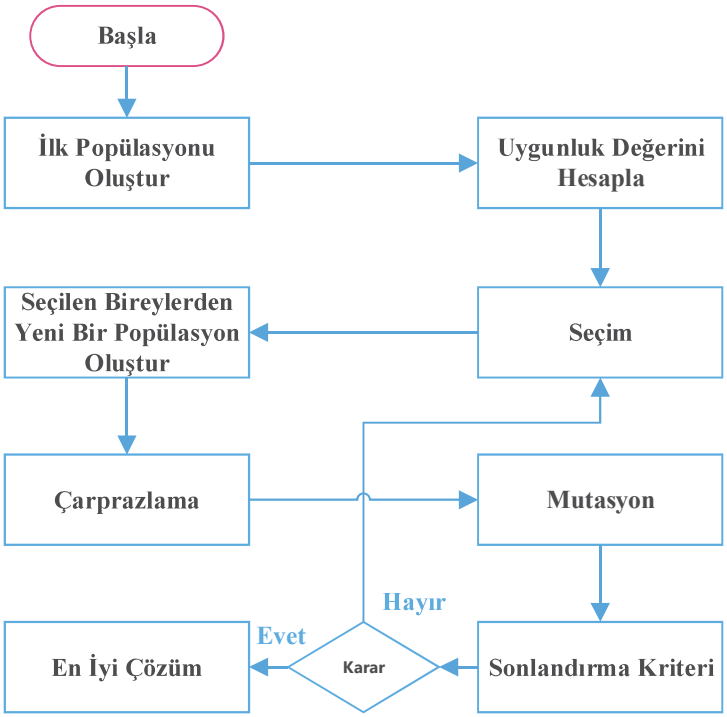
Burada, I_{dc} kondansatör akımı, V_o çıkış gerilimin ve V_{conv} tek fazlı doğrultucu giriş gerilimidir.

3. GENETİK ALGORİTMALAR

GA yöntemi doğal seçim mekanizmanı esas alan stokastik eniyileme yöntemi olup karmaşık mühendislik problemlerinin çözümünde yaygın bir biçimde kullanılır. GA, canlıların en iyi olanı yaşar prensibini örnek alır ve iyi bireylerin kendi yaşamlarını muhafaza edip kötü bireylerin yok olması esasına dayanır [5-9]. GA'da genel olarak kodlama, popülasyon büyüklüğü, seçim, mutasyon ve çaprazlama gibi genetik operatörler kullanılmaktadır. GA eniyileme süreci *n* adet kromozomdan oluşan rastgele ya da problemin olası çözümleri başlangıç popülasyonunu oluşturur. Daha sonra toplumdaki her *x* kromozomu için uygunluk fonksiyonu ile değerlendirmeler yapılarak başlangıçta oluşturulan popülasyondan farklı olmayan başka bir popülasyon oluşturulur. Yeni popülasyon çaprazlama yapıldıktan sonra başlangıç popülasyonundan farklı bireyleri içeren farklı bir popülasyon oluşturulur. Bazı durumlarda erken yakınsama ihtimaline karşı mutasyon işlemi gerekmektedir. Bunun için çaprazlama işleminden sonra düşük olasılıklı mutasyon işlemi gerçekleştirilmiştir [7-10].

Bu çalışmada kullanılan genetik operatörler ve değerleri şöyledir: GA'da popülasyon büyüklüğü eniyilemesi yapılacak olan sistemin performansını oldukça etkilemektedir. Bu çalışmada birçok deneme yapılarak en uygun popülasyon sayısı 50 olarak seçilmiştir. Çaprazlama olarak tek noktalı genetik operatörü seçilmiştir. Üniform mutasyon tekniği ise mutasyonda kullanılmıştır ve değeri 0.04 olarak seçilmiştir. Seçim operatörü olarak turnuva yöntemi kullanılmıştır. GA'nın genel

çalışma yapısı Şekil 2'de verilmiştir. PI denetleyicinin kazanç parametrelerinin eniyilemesi Matlab/Genetic algorithms toolbox yardımıyla yapılmıştır. GA parametreleri ve değerleri Tablo 1'de verilmiştir.



Şekil 2. GA'nın yapısı

Tablo 1. GA'nın parametreleri ve değerleri

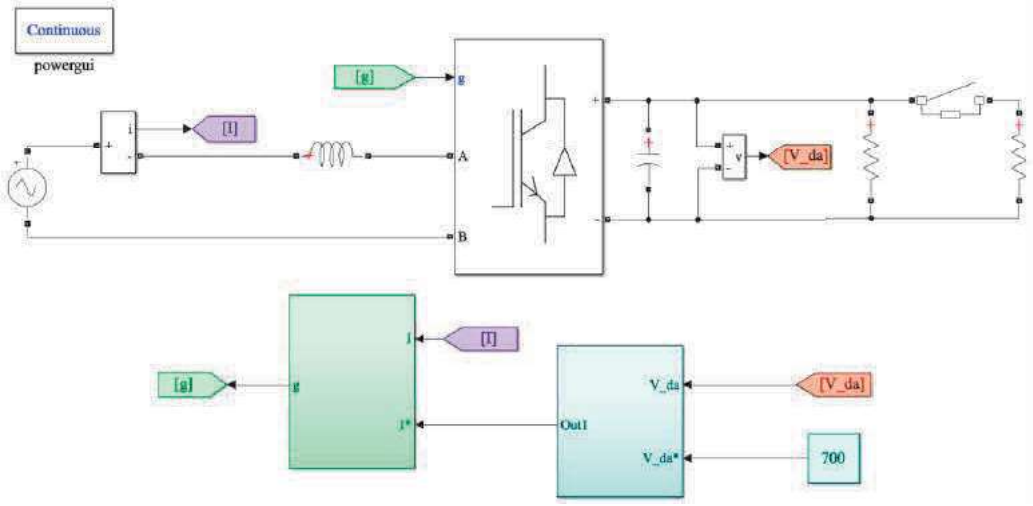
Parametre	Çeşit/Değer
Popülasyon sayısı	30
Popülasyon tipi	Çift vektör
Çaprazlama yöntemi	Tek noktalı
Seçim stratejisi	Turnuva
Çaprazlama olasılığı	0.05
Mutasyon tekniği	Üniform
Mutasyon olasılığı	0.02
[K_p K_i] Alt sınır	[0 0]
[K_p Ki] Üst sınır	[10 10]

4. BENZETİM ÇALIŞMALARI

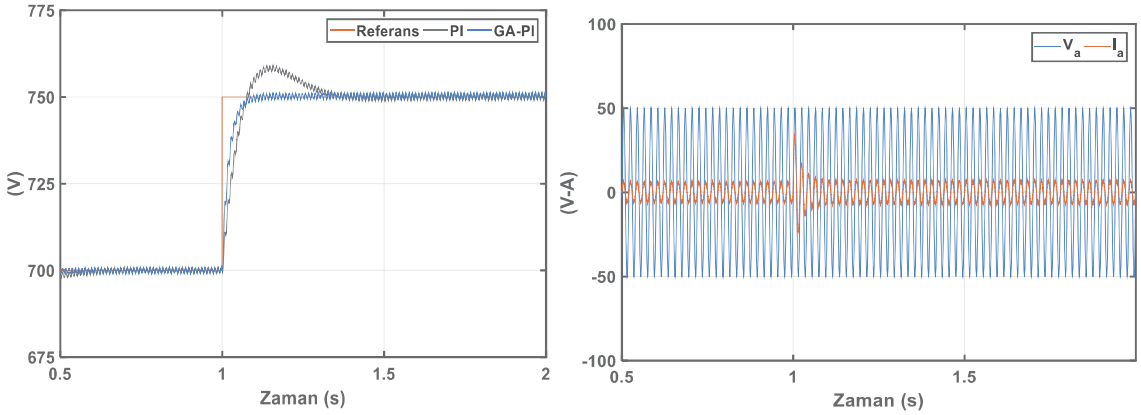
Önerilen denetleyici yapısının tek fazlı doğrultucu devresindeki performansını değerlendirmek için Matlab/Simulink ortamında benzetim çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Benzetim çalışmaları için hazırlanan model Şekil 3'de verilmiştir. Bu model; tek fazlı AA kaynak, endüktans, doğrultucu, DA-link kondansatörü ve denetim bloklarından oluşmaktadır.

Denetim bloklarında referans DA-link gerilimi ile DA-linkten ölçülen gerilim değeri karşılaştırılmakta ve doğrultucu için gerekli olan tetikleme sinyalleri elde edilmektedir. Benzetim çalışmaları için iki farklı senaryo oluşturulmuştur. Senaryo-1'de DA-link gerilimi ilk olarak 700 V'a ayarlanmıştır. GA-PI ve klasik PI denetleyiciler referans DC-link gerilimini takip etmişti. Daha sonra ise DA-link gerilimi 750 V'a yükseltilmiş ve önerilen denetleyici yapısının performansı incelenmiştir. Şekil 4'ten de görüldüğü gibi klasik PI denetleyici tasarımına uygun olarak aşma yaparak 0.35 saniye sonra referans DA-link gerilimini takip etmiştir. GA-PI denetleyici yapısı ise aşma yapmayarak 0.1 saniye sonra referans DA-link gerilimini takip etmiştir. Ayrıca şekilde verilen

akım-gerilim dalga şeklinden de görüldüğü gibi birim güç faktörü sağlanmış ve akım ile gerilim aynı fazdadır.

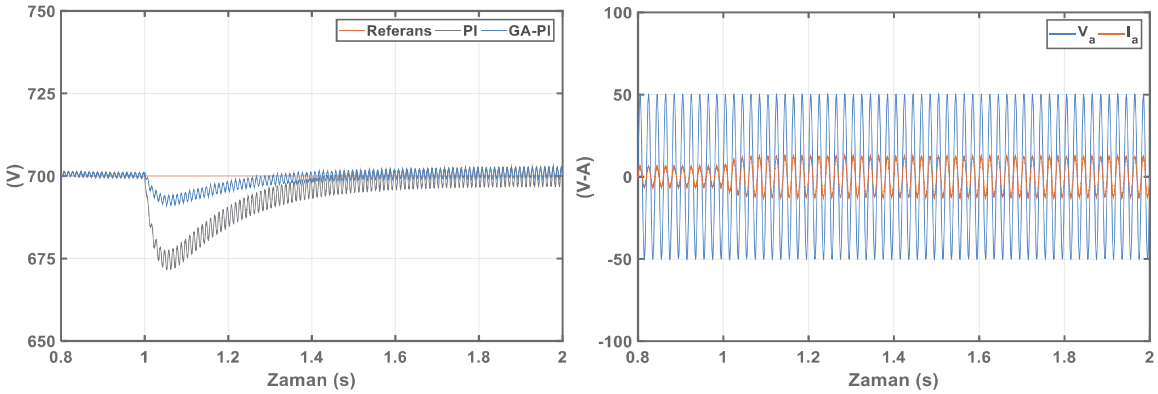


Şekil 3. Tek fazlı Doğrultucunun Matlab/Simulink Modeli



Şekil 4. Senaryo-1'den elde edilen sonuçlar

Senaryo-2'de ise her iki denetleyici yapılarının DA-link'e paralel bağlanan resistif yükün değişimine karşı performansları incelenmiştir. Benzetim çalışmasından elde edilen dalga şekilleri ise Şekil 5'de verilmiştir. ilk olarak DA-link gerilimi 700 V'a ayarlanmıştır ve her iki denetleyicinin referans DA-link gerilim değerini takip etmeleri sağlanmıştır. Bu durumdan sonra 1. saniyeden itibaren 320 Ω'luk yük değeri 160 Ω'a değiştirilmiştir. Yük değiştirildiği anda PI denetleyicinin DA-link gerilim cevabı 672 V'a düşmüştür. Hızlı bir şekilde toparlanarak 0.5 saniye sonra referans DA-link gerilimini yakalamıştır. Önerilen denetleyici yapısının DA-link gerilim cevabı 692 V'a düşmüştür ve 0.35 saniye sonra referans değerini yakalamıştır. Her iki senaryodan da görüldüğü GA-PI denetleyici yapısı daha üstün performansa sahiptir.



Şekil 5. Senaryo-2'den elde edilen sonuçlar

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada tek fazlı yükseltici tip doğrultucu için GA tabanlı PI denetleyici tasarlanarak DA bara gerilimi denetlenmiştir. Tek fazlı doğrultucu için gerekli olan denetim yapıları ve benzetim modeli Matlab/Simulink yardımıyla gerçekleştirilmiştir. GA-tabanlı PI denetleyicinin oransal ve integral kazanç değerleri belirlenmiş ve model içerisine entegre edilmiştir. Tüm model tasarlandıktan sonra GA-tabanlı PI ve klasik PI denetleyici iki farklı senaryo oluşturularak karşılaştırılmıştır. Her iki senaryodan elde edilen sonuçlara göre önerilen denetleyici yapısı hem aşma hem de yükselme zamanı bakımında daha iyi performansa sahiptir. Böylece GA-tabanlı denetleyici yapısı ile klasik PI denetleyicilerin olumsuz karakteristikleri ortadan kaldırılmış ve tüm sistemin performansı iyileştirilmiştir.

KAYNAKÇA

1. S. Somkun, P. Sehakul, V. Chunkag, "Novel control technique of single-phase PWM rectifier by compensating output ripple voltage", *2005 IEEE International Conference on Industrial Technology*, pp. 969-974, 2005.
2. L. Zhao, Q. Ge, J. Ren, Y. Li, "A novel dead time compensation method of single-phase PWM rectifier", *Electrical Machines and Systems (ICEMS) 2014 17th International Conference*, pp. 1453-1456, 2014.
3. B.-R Lin, H.-H Lu, "A New Control Scheme for Single-Phase PWM Multilevel Rectifier with Power-Factor Correction", IEEE Trans. Power Electron., vol. 15, no. 5, pp. 891-900, 2000.
4. H. Acikgoz, O. F. Kececioglu, A. Gani, C. Yildiz, and M. Sekkeli, "Improved control configuration of PWM rectifiers based on neuro-fuzzy controller," Springerplus, vol. 5, no. 1, 2016.
5. Kececioglu OF, Acikgoz H, Yildiz C, Gani A, Sekkeli M. Power Quality Improvement Using Hybrid Passive Filter Configuration for Wind Energy Systems. J Electr Eng Technol 2017; 12: 207-216.
6. Lin, C. L. Jan, H.Y. ve Shieh, N. C. "GA-based multi objective PID control for a linear brushless DC motor", IEEE/ASME Transactions on Mechatronics, 1083-4435, Cilt 8, 56-65, 2003.
7. H. Han, A. Luo, "Nonlinear PID Controller Based on Genetic Tuning Algorithm", Control Decision, Vol. 20, pp. 448-450, 2005.
8. J.S. Yang, "PID Control for a Binary Distillation Column Using a Genetic Searching Algorithm", WSEAS Trans. Syst., Vol. 5, pp. 720-726, 2006.
9. R.A. Krohling, J.P. Rey, "Design of Optimal Disturbance Rejection PID Controllers Using Genetic Algorithm", IEEE Trans. Evol. Comput., Vol. 5, pp. 78-82, 2001.
10. Neenu Thomas, Dr. P. Poongodi," Position Control of DC Motor Using Genetic Algorithm Based PID Controller", Proceedings of theWorld Congress on Engineering 2009 Vol II, WCE 2009, July, 2009.

ÇUKUROVA I. ULUSLARARASI
MULTİDİSİPLİNER ÇALIŞMALAR KONGRESİ
TAM METİN BİLDİRİ

13-16 Aralık 2018 Adana/TÜRKİYE

TİP-2 SİNİRSEL-BULANIK DENETLEYİCİ İLE ŞÖNT AKTİF GÜÇ FİLTRESİNİN DENETİMİ

CONTROL OF SHUNT ACTIVE POWER FILTER WITH TYPE-2 NEURO-FUZZY CONTROLLER

Öğr. Gör. Dr. Hakan AÇIKGÖZ
Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Kilis, hakanacikgoz@kilis.edu.tr

Dr. Öğr. Üyesi Ö. Fatih KEÇECİOĞLU
K.Maraş Sütçü İmam Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği, K.Maraş, fkececioglu@ksu.edu.tr

Öğr. Gör. Ahmet GANİ
K.Maraş Sütçü İmam Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği, K.Maraş, agani@ksu.edu.tr

ÖZET

Günümüzde doğrusal olmayan yüklerin yaygın kullanımı, enerji kalitesindeki sorunların artmasına neden olmaktadır. Bu problemler harmonik kirlilik ve reaktif güç olarak düşünülebilir. Geleneksel olarak, pasif filtrelerle harmonik dengeleme yapılmaktadır, ancak bu filtreler tek boyutlu bir çözüm sunmaktadır. Pasif filtrelerin sabit kompanzasyon özellikleri ve büyük güçlerde büyük boyutlar gibi dezavantajları bulunmaktadır. Bu nedenlerden dolayı, pasif filtreler harmonikleri baskılamak için yetersizdir. Mikroişlemci ve güç elektroniği teknolojileri, aynı anda harmonik ve reaktif güç kompanzasyonu gerçekleştirebilen aktif güç filtrelerinin kullanılmasına izin vermektedir. Bu çalışmada, harmonik ve reaktif güç kompanzasyonunu gerçekleştirebilen şönt aktif güç filtresinin (ŞAGF) benzetim modeli, Matlab/Simulink paket programı kullanılarak geliştirilmiştir. ŞAGF'nin DA-hat gerilimini denetlemek için, tip-2 sinirsel-bulanık denetleyici (T2SBD) önerilmiştir. Önerilen denetleyici ile PI denetleyici aynı koşullar altında karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, T2SBD'nin PI denetleyiciye göre daha iyi performansa sahip olduğu gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: ŞAGF, Tip-2 Sinirsel-Bulanık Denetleyici, Enerji Kalitesi, Harmonikler

ABSTRACT

Today, the widespread use of nonlinear loads has led to an increase in electric power quality problems. These problems are harmonic pollution and reactive power. Traditionally, harmonic compensation is carried out by passive filters, but such filters offer a one-dimensional solution. Passive filters have disadvantages such as fixed compensation characteristics and large sizes at large powers. For all these reasons, passive filters are insufficient to suppress harmonics. The emerging microprocessor and power electronics technologies allow the use of active power filters that can perform harmonic and reactive power compensation at the same time. In this study, simulation model of a shunt active power filter (SAPF), which can perform harmonic and reactive power compensation at the same time, is created using Matlab/Simulink package program. To control DC-link voltage of SAPF, type-2 fuzzy neural network controller (T2FNNC) is proposed. SAPF with the proposed controller is compared with the PI controller under the same conditions. The performance of SAPF structure with the proposed controller has been examined with the simulations studies.

Keywords: SAPF, Type-2 Fuzzy Neural Network Controller, Power Quality, Harmonics