ResearchGate

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: https://www.researchgate.net/publication/274897794

Modeling and analysis of three-phase space vector pulse width modulation based rectifiers using fuzzy-PI Controller

Article *in* INTERNATIONAL REFEREED JOURNAL OF ENGINEERING AND SCIENCES · January 2015

DOI: 10.17366/UHMFD.2015310576

CITATIONS
7

READS
359

4 authors, including:



Mustafa Sekkeli
KahramanmaraŞ Sütçü İmam University
137 PUBLICATIONS **641** CITATIONS
SEE PROFILE



O. Fatih Kececioglu
KahramanmaraŞ Sütçü İmam University
133 PUBLICATIONS **560** CITATIONS
SEE PROFILE



Ahmet Gani
Kayseri University
132 PUBLICATIONS **489** CITATIONS
SEE PROFILE

All content following this page was uploaded by Ahmet Gani on 31 December 2024.

The user has requested enhancement of the downloaded file.

UHMFD
ULUSLARARASI HAKEMLİ MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ DERGİSİ
International Refereed Journal of Engineering And Sciences

ÜÇ FAZLI UZAY VEKTÖR DARBE GENİŞLİK MODÜLASYON TABANLI DOĞRULTUCULARIN BULANIK-PI DENETLEYİCİ İLE MODELLENMESİ VE ANALİZİ(1)

MODELING AND ANALYSIS OF THREE-PHASE SPACE VECTOR PULSE WIDTH MODULATION BASED RECTIFIERS USING FUZZY-PI CONTROLLER

Mustafa ŞEKKELİ[1], Hakan AÇIKÖZ[2],Ö.Fatih KEÇECİOĞLU[1], Ahmet GANİ[1]

[1] K.Maraş Sütçü İmam Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü Kahramanmaraş / Türkiye
[2] Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Elektrik-Enerji Bölümü Kilis / Türkiye

Öz: Üç fazlı gerilim beslemeli uzay vektör darbe genişlik modülasyon (SVPWM) tabanlı doğrultucular, yüksek güç faktörü, sinüzoidal AC akım ve hızlı dinamik cevaplarından dolayı birçok endüstriyel uygulamada yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada üç fazlı uzay vektör darbe genişlik modülasyon (SVPWM) tabanlı doğrultucu için Matlab/Simulink paket programında benzetim çalışması gerçekleştirilmiştir Bu tip çevirici için ilk olarak PI denetleyici ve Bulanık-PI denetleyici tasarlanmış ve AC/DC çeviricinin gerilimi denetlenmiştir. Daha sonra her iki denetleyici aşma, yükselme zamanı, yerleşme zamanı, güç faktörü ve toplam harmonik bozulumu (THD) açısından karşılaştırılmış ve değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: SVPWM, Doğrultucu, PI Denetleyici, Bulanık-PI Denetleyici

Abstract: Three-phase voltage source space vector pulse width modulation based rectifiers are widely used in many industrial applications because of its high power factor, sinusoidal ac current and fast dynamic response. In this study, Simulation studies are realized by matlab/simulink package program for three-phase space vector pulse width modulation (SVPWM) based rectifier. PI controller and fuzzy-PI controller are firstly designed for this type converter and voltage of this AC/DC converter have been controlled. Both controllers are then compared and evaluated in terms of overshoot, rise time, settling time, power factor and total harmonic distortion (THD).

Key Words: SVPWM, Rectifier, PI Controller, Fuzzy-PI Controller

Doi: 10.17366/UHMFD.2015310576

(1) ***Sorumlu Yazar: Hakan AÇIKGÖZ, Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Elektrik-Enerji Bölümü Kilis / Türkiye hakanacikgoz@kilis.edu.tr*** ***Geliş Tarihi / Received: 11.03.2015 Kabul Tarihi/ Accepted: 10.04.2015 Makalenin Türü: Type of article (Araştırma – Uygulama / Research -Application) Çıkar Çatışması / Conflict of Interest:Yok / None"Etik Kurul Raporu Yok – None of Ethics Committee" (Araştırmada Kurum İzni Var / Yok) "YOK" "The Research Council Permit Yes / No" "NO"***

UHMFD
www. hmfdergisi.com
Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi
Ocak / Şubat / Mart - Nisan Kış İlkbahar Dönemi Cilt: 2 Sayı: 3 Yıl:2015
International Refereed Journal of Engineering And Sciences
January / February / March-April Spring Semester Winter Volume: 2 Issue: 3 Year: 2015
ID:26 K:21
PRINT ISSN: 2148-4783 ONLINE ISSN: 2149-2484
(ISO 9001-2008 Belge No / Document No: 12879 & ISO 14001-2004 Belge No / Document No: 12880)

1. GİRİŞ

Son yıllarda bilgisayar, televizyon, yazıcı ve radyo vb. gibi doğrusal olmayan yük meydana getiren elektronik cihazların kullanımının artması reaktif gücün ve iletim hattındaki güç kayıplarının artmasına neden olmaktadır. Bu tip cihazlarda kullanılan doğrultucu devreleri genellikle denetimsizdir. 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. Denetimsiz doğrultucuların bu tip istenilmeyen özelliklerinden dolayı daha düşük harmonik bozulumuna sahip ve güç faktörü yüksek doğrultucu devrelerine ihtiyaç duyulmaktadır (Blasko , Kaura, 1997; Kazmierkowski ve Malesani, 1998; Malinowski vd., 2004; Yin vd., 2004; Rodigues vd., 2005).

Güç elektroniği devrelerindeki ve yarı iletken malzemelerdeki hızlı ilerlemelerle birlikte denetlenebilir doğrultucu devrelerinin ortaya çıkması kaçınılmaz olmuştur. Bu tip doğrultucu devrelerine darbe genişlik modülasyonu ya da uzay darbe genişlik modülasyon tekniğini kullanan yükseltici tip doğrultucu devreleri örnek gösterilebilir (Lu vd., 2008; Lee vd., 2008; Liv d., 2010; Malinowski vd., 2001). Bu tip AC/DC dönüşümünü gerçekleştiren doğrultucu devreleri ile yüksek güç faktörü, düşük harmonik bozulum, çift yönlü güç akışı ve sabit DC bara gerilimi elde edilebilir. Bu çeviriciler bu özelliklerinden dolayı birçok uygulamada oldukça sık olarak kullanılmaktadır. Bu doğrultucuların denetlenmeleri için a-b-c, α-β ve d-q eksen dönüşümlerinin yapıldığı vektör denetim yöntemine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu yapıdaki doğrultucu devresinde DC gerilimin ve d-q akımlarının denetlenmesi gerekmektedir. Bu işlem genellikle sabit parametreli PI ya da PID denetleyici ile yapılmaktadır. PI ya da PID denetleyicinin kazanç parametrelerini belirlemek için doğrultucu devresinin matematiksel modelinin çıkartılması gerekmektedir [10-15]. PI ya da PID denetleyicinin kazanç parametreleri için literatürde birçok çalışma mevcuttur. Fakat bu yöntemlerden istenilen performans ve verim elde edilmeyebilmektedir (Antoniewicz vd., 2008; Jinbang vd., 2006; Acikgoz ve Sekkeli, 2014; Lee vd., 2000; . Cecati vd., 2005; Wang vd., 2008).

1965 yılında L.Zadeh tarafından ortaya atılan bulanık mantık kavramı birçok alanda yaygın olarak kullanılmaya başlamıştır (Zadeh, 1965). Bulanık mantıkta kesin yargılar yoktur. Bir durum bütünüyle doğru veya bütünüyle yanlış olarak ifade edilmeyip, bir doğruluk derecesiyle ifade edilir. Bu yöntemin araştırmacılar ve akademisyenler için en ilgi çekici yanı ise sistemin herhangi bir matematiksel modeline ihtiyaç duymadan uzman kişinin bilgi ve becerisine dayalı olmasıdır (Sekkeli ve Acıkgoz, 2013; Ross, 1995; Wanwei vd., 2008; Suul vd., 2008).

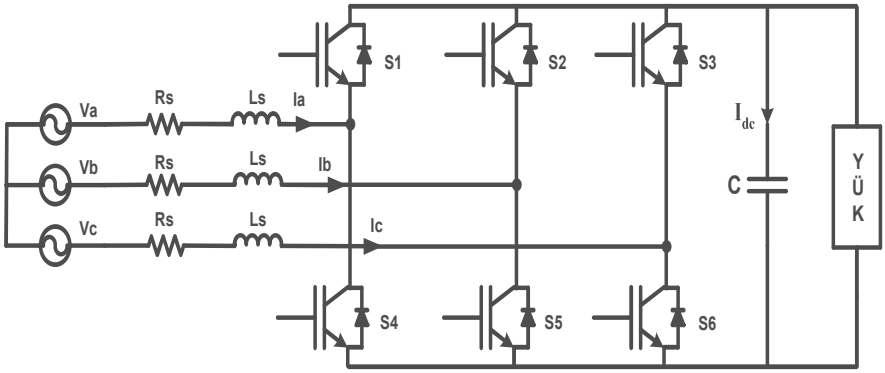
Bu çalışmada SVPWM tabanlı yükseltici tip doğrultucu için bulanık-PI denetleyici tasarlanarak bu doğrultucunun DC gerilimi denetlenmiştir. Ayrıca

UHMFD
www. hmfdergisi.com
Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi
Ocak / Şubat / Mart - Nisan Kış İlkbahar Dönemi Cilt: 2 Sayı: 3 Yıl:2015
International Refereed Journal of Engineering And Sciences
January / February / March-April Spring Semester Winter Volume: 2 Issue: 3 Year: 2015
ID:26 K:21
PRINT ISSN: 2148-4783 ONLINE ISSN: 2149-2484
(ISO 9001-2008 Belge No / Document No: 12879 & ISO 14001-2004 Belge No / Document No: 12880)

bulanık-PI denetleyici ile klasik PI denetleyici güç faktörü ve THD açısından karşılaştırılmıştır. Çalışmanın ikinci bölümünde SVPWM tipi doğrultucunun matematiksel modeli verilerek genel özelliklerinden bahsedilmiştir. Üçüncü bölümde ise klasik PI denetleyicinin kazanç parametreleri belirlenmiştir. Dördüncü bölümde bulanık mantık denetleyici (BMD) hakkında bilgiler verilerek bulanık-PI denetleyici oluşturulmuştur. Beşinci bölümde ise her iki denetleyiciyle oluşturulan SVPWM tipi doğrultucu için Matlab/Simulink paket programı yardımıyla benzetim çalışması gerçekleştirilmiştir. Sonuç kısmında ise iki denetleyici birçok yönden karşılaştırılarak bir değerlendirme yapılmıştır.

2. SVPWM TABANLI DOĞRULTUCUNUN MATEMATİKSEL MODELİ

Teknolojik gelişmeyle birlikte son yıllarda elektronik cihazların kullanımı hızla artmıştır. Bu cihazların büyük bir bölümü de doğru akım kullanacak şekilde tasarlanmıştır. Şebeke tarafı AC olduğu için bu gerilimin doğrultulması gerekmektedir. Bilindiği gibi diyot denetimli doğrultucuların birim güç faktörleri düşüktür (Blasko ve Kaura, 1997; Kazmierkowski ve Malesani, 1998). Şekil 1'de yükseltici tip SVPWM tabanlı bir doğrultucu devresi verilmiştir. Bu yapıya sahip olan doğrultuculardaki bobinler yükseltme işlemi için kullanılırlar. DC hat tarafındaki kapasite ise DC gerilimdeki salınımı azaltmak için kullanılır. Bu tip doğrultucular, birim güç faktörlerinin yüksek olmasından dolayı birçok uygulama ve sistemde sıkça kullanılmaktadır (Lu vd., 2008; Lee vd., 2008). Bu tip çeviricilerin denetim yöntemi üç fazlı değişkenlerin iki fazlı değişkenlere indirgenerek denetlenme ilkesine dayanır. Bu doğrultucunun genel matematiksel modelleri duran referans ekseninde çıkarılır. Daha sonra, dq ve αβ koordinatlarındaki modellemeleri yapılır. Şebeke akım ve gerilimleri, denklem 1–3' deki gibi tanımlanır.



Şekil 1. Üç Fazlı SVPWM Tabanlı Doğrultucu Devresi

UHMFD
www. hmfdergisi.com
Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi
Ocak / Şubat / Mart - Nisan Kış İlkbahar Dönemi Cilt: 2 Sayı: 3 Yıl:2015
International Refereed Journal of Engineering And Sciences
January / February / March-April Spring Semester Winter Volume: 2 Issue: 3 Year: 2015
ID:26 K:21
PRINT ISSN: 2148-4783 ONLINE ISSN: 2149-2484
(ISO 9001-2008 Belge No / Document No: 12879 & ISO 14001-2004 Belge No / Document No: 12880)

$$V_a = V_m \sin\theta \quad (1)$$

$$V_b = V_m \sin(\theta - 2\pi/3) \quad (2)$$

$$V_c = V_m \sin(\theta - 4\pi/3) \quad (3)$$

SVPWM tabanlı doğrultucu için şebeke gerilim değerleri ise denklem 4-6'daki gibi elde edilir. Burada I_a, I_b, I_c faz akımlarını, v_{ra}, v_{rb}, v_{rc} ise doğrultucu giriş gerilimleridir.

$$V_a = L\frac{dI_a}{dt} + RI_a + v_{ra} \quad (4)$$

$$V_b = L\frac{dI_b}{dt} + RI_b + v_{rb} \quad (5)$$

$$V_c = L\frac{dI_c}{dt} + RI_c + v_{rc} \quad (6)$$

Doğrultucu yapısında bulunan anahtarlama elemanlarının DC hat tarafindaki V_{dc} gerilimini elde etmek için uygun bir şekilde açılıp-kapanmasıyla birlikle v_{ra}, v_{rb}, v_{rc} gerilim değerleri aşağıdaki denklemlerle bulunabilir (Blasko ve Kaura, 1997). Burada *Sa,Sb,Sc* anahtarlama fonksiyonlarını göstermektedir. Bu anahtarlama fonksiyonları eğer anahtar kapalı ise 1 değerini, anahtar açıksa da 0 değerini alır

$$v_{ra} = \left[S_a - \frac{1}{3}(S_a + S_b + S_c)\right]V_{dc} \quad (7)$$

$$v_{rb} = \left[S_b - \frac{1}{3}(S_a + S_b + S_c)\right]V_{dc} \quad (8)$$

$$v_{rc} = \left[S_c - \frac{1}{3}(S_a + S_b + S_c)\right]V_{dc} \quad (9)$$

$$C\frac{dv_{dc}}{dt} = S_a I_a + S_b I_b + S_c I_c - I_L \quad (10)$$

SVPWM tabanlı doğrultucunun *abc* koordinat sistemindeki matematiksel modeli denklem 11-13 ile bulunabilir. Bu sisteme denklem 14'deki park dönüşümü uygulanırsa denklem 15-17 elde edilir.

$$L\frac{dI_a}{dt} = v_a - RI_a + \frac{S_b + S_c - 2S_a}{3}v_{dc} \quad (11)$$

$$L\frac{dI_b}{dt} = v_b - RI_b + \frac{S_a + S_c - 2S_b}{3}v_{dc} \quad (12)$$

$$L\frac{dI_c}{dt} = v_c - RI_c + \frac{S_a + S_b - 2S_c}{3}v_{dc} \quad (13)$$

UHMFD
www. hmfdergisi.com
Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi
Ocak / Şubat / Mart - Nisan Kış İlkbahar Dönemi Cilt: 2 Sayı: 3 Yıl:2015
International Refereed Journal of Engineering And Sciences
January / February / March-April Spring Semester Winter Volume: 2 Issue: 3 Year: 2015
ID:26 K:21
PRINT ISSN: 2148-4783 ONLINE ISSN: 2149-2484
(ISO 9001-2008 Belge No / Document No: 12879 & ISO 14001-2004 Belge No / Document No: 12880)

$$P=\sqrt{\frac{2}{3}}\begin{bmatrix} cos\theta & cos(\theta-2\pi/3) & cos(\theta-4\pi/3) \\ -sin\theta & -sin(\theta-2\pi/3) & -sin(\theta-4\pi/3) \\ 1/\sqrt{2} & 1/\sqrt{2} & 1/\sqrt{2} \end{bmatrix} \quad (14)$$

$$L\frac{dI_d}{dt}=v_d-RI_d+\omega LI_q-u_{rd} \quad (15)$$

$$L\frac{dI_q}{dt}=v_q-RI_q+\omega LI_d-u_{rq} \quad (16)$$

$$C\frac{dv_{dc}}{dt}=\frac{3}{2}\left(S_dI_d+S_qI_q\right)-\frac{v_{dc}}{R_L} \quad (17)$$

Burada; $u_{rd}=S_d.v_{dc}$ ve $u_{rq}=S_q.v_{dc}$'dir. Ayrıca S_d, S_q ve u_{rd}, u_{rq} ise sırasıyla d-q eksenindeki anahtarlama fonksiyonları ve doğrultucu giriş gerilimleridir. Dönüşümler için gerekli olan açı değeri(θ) matlab/simulink programında hazır blok olarak bulunan PLL (faz kilitleme döngüsü) ile bulunabilir ya da abc–αβ dönüşümü sayesinde de elde edilebilir. PLL kullanıldığında αβ dönüşüm yapılmadan direk d-q döner referans çerçevede dönüşüm yapılmasıyla denetim gerçekleştirilir (Blasko ve Kaura, 1997). Bu çalışmada PLL bloğu kullanılmadan aşağıdaki denklemler kullanılarak gerekli açı değerleri bulunmuştur.

$$\begin{bmatrix} v_d \\ v_q \end{bmatrix}=\begin{bmatrix} cos\theta & sin\theta \\ -sin\theta & cos\theta \end{bmatrix}\begin{bmatrix} v_\alpha \\ v_\beta \end{bmatrix} \quad (18)$$

$$sin\theta=\frac{u_\beta}{\sqrt{\left(u_\alpha{}^2+u_\beta{}^2\right)}} \quad (19)$$

$$cos\theta=\frac{u_\alpha}{\sqrt{\left(u_\alpha{}^2+u_\beta{}^2\right)}} \quad (20)$$

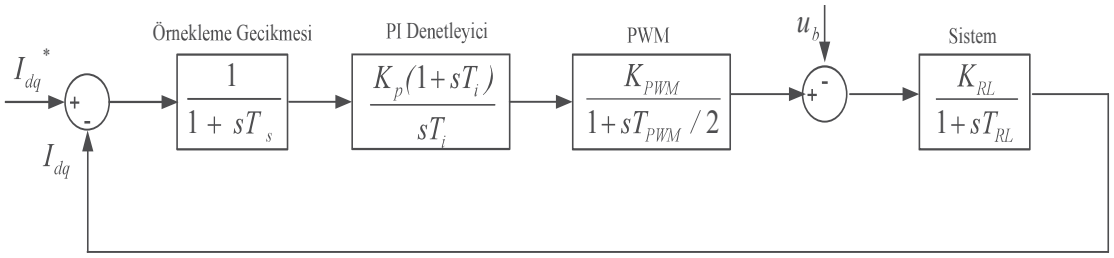
SVPWM tabanlı AC/DC doğrultucu devresinde DC gerilim (V_{dc}), referans V_{dc}^* ile karşılaştırıldıktan sonra aradaki fark bilgisi uygun bir gerilim denetleyici sayesinde aktif bileşene (I_d^*) dönüştürülmektedir. Reaktif gücün denetlenmesi için $I_q^*=0$ olarak ayarlanmalıdır. Şebeke gerilim ve akımlarının abc/α-β dönüşümlerinden I_q ve I_d bileşenleri elde edildikten sonra I_q^* ve I_d^* akımlarıyla karşılaştırılır. Aradaki fark akım denetleyici aracılığıyla V_q ve V_d gerilim değerlerine dönüştürülür.

3. SVPWM TABANLI DOĞRULTUCU İÇİN PI DENETLEYİCİNİN PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ

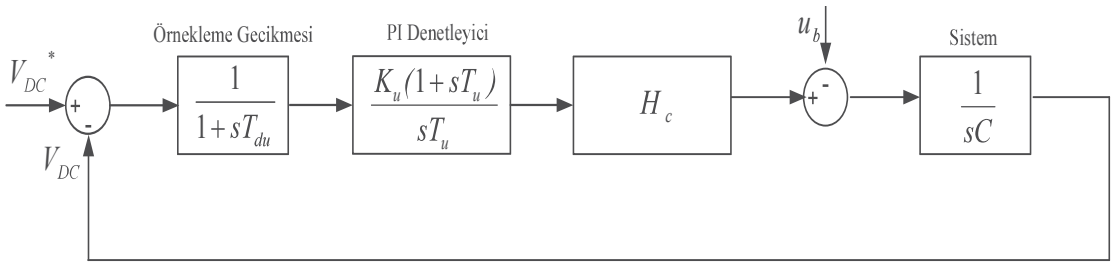
Üç fazlı SVPWM tabanlı AC/DC çevirilerde sıklıkla kullanılan PI denetleyicinin kazanç parametrelerini belirlemek için bu çeviricilerin eşdeğer devrelerinin çıkartılması gerekmektedir. Bu amaç için birçok çalışma mevcuttur (Blasko

UHMFD
www. hmfdergisi.com
Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi
Ocak / Şubat / Mart - Nisan Kış İlkbahar Dönemi Cilt: 2 Sayı: 3 Yıl:2015
International Refereed Journal of Engineering And Sciences
January / February / March-April Spring Semester Winter Volume: 2 Issue: 3 Year: 2015
ID:26 K:21
PRINT ISSN: 2148-4783 ONLINE ISSN: 2149-2484
(ISO 9001-2008 Belge No / Document No: 12879 & ISO 14001-2004 Belge No / Document No: 12880)

ve Kaura, 1997). İlk olarak gerilim denetiminde kullanılacak sabit parametreli PI denetleyici için denetim döngüsünün indirgenmiş blok diyagramı oluşturulmuştur. Şekillerde gösterilen gerilim ve akım döngüsü ideal olarak kabul edilerek PI denetleyici kazanç parametreleri belirlenebilir.



Şekil 2. d-q Akımları İçin İndirgenmiş Blok Diyagramı



Şekil 3. DC Gerilim İçin İndirgenmiş Blok Diyagramı

Şekil 2 ve 3'deki gerilim ve akım döngülerinden ve referanslardan yararlanarak PI denetleyicinin parametreleri aşağıdaki denklemlerle belirlenebilir. Bu çalışmada denklem 21-24'den elde edilen PI kazanç parametreleri sistemin optimal sonuçlarına göre tekrardan ayarlanmıştır.

$$K_{iP} = \frac{RT_i}{3T_s K_{PWM}} \tag{21}$$

$$K_{ii} = \frac{R}{3T_s K_{PWM}} \tag{22}$$

$$K_{uP} = \frac{4C}{3T_s + T_u} \tag{23}$$

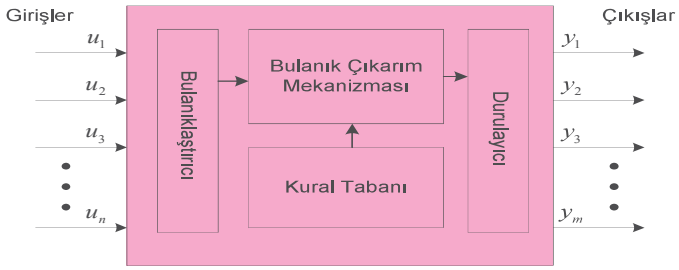
$$K_{ui} = 5(3T_s + T_u) \tag{24}$$

Burada *Ts*; örnekleme süresi, K_p; PI denetleyicinin oransal kazancı, T_i; PI denetleyici integral zaman sabiti, K_{PWM}; doğrultucu kazancı, T_{PWM}; PWM bloğunun zaman sabiti, u_b; bozucu giriş ve K_{RL}; sistem kazancı, H_C; akım döngüsünün birinci dereceden transfer fonksiyonunu, T_u; gerilim döngüsündeki PI denetleyicinin integral kazancını ifade etmektedir. $T_{RL} = L_s/R_s$, $K_{RL} = 1/R_s$'e eşittir.

UHMFD
www. hmfdergisi.com
Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi
Ocak / Şubat / Mart - Nisan Kış İlkbahar Dönemi Cilt: 2 Sayı: 3 Yıl:2015
International Refereed Journal of Engineering And Sciences
January / February / March-April Spring Semester Winter Volume: 2 Issue: 3 Year: 2015
ID:26 K:21
PRINT ISSN: 2148-4783 ONLINE ISSN: 2149-2484
(ISO 9001-2008 Belge No / Document No: 12879 & ISO 14001-2004 Belge No / Document No: 12880)

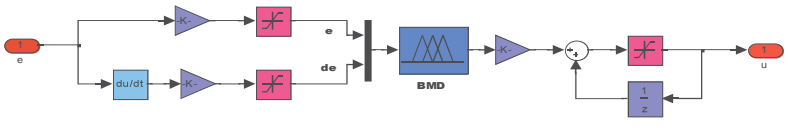
4. SVPWM TABANLI DOĞRULTUCU İÇİN BULANIK-PI DENETLEYİCİ TASARIMI

BMD algoritması, sezgisel denetim kurallar kümesini içermektedir ve dilsel terimleri ifade etmek için bulanık kümeler ve kuralları değerlendirmek için bulanık mantık kullanılmaktadır. Genel bir BMD blok diyagramı şekil 4'de verilmiştir. BMD, genel yapısıyla bulandırma birimi, bulanık çıkarım birimi, durulama birimi ve kural tabanı olmak üzere dört temel bileşenden oluşmuştur. Şekildeki bulanık sistemin giriş ve çıkışları gerçek dünyadan alınan verilerdir. Bu verilerin sisteme girmeden önce kullanılacak bulanık kümeler içerisindeki anlamları bilinmemektedir (Zadeh, 1965).



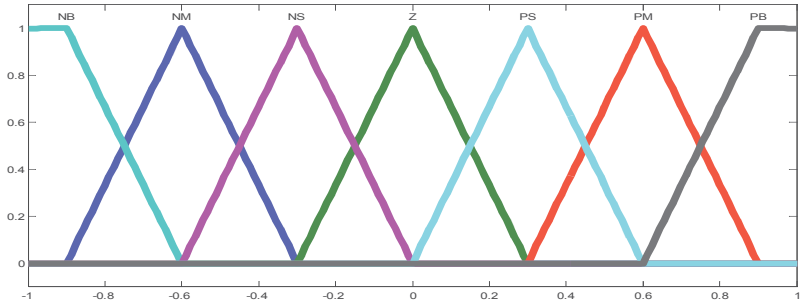
Şekil 4. Bulanık Sistem Genel Şeması

Bulanıklaştırma işlemi ile sistem girişlerinin tanımlanmış bulanık kümeler içerisindeki anlamları hesaplanır. Çıkarım mekanizması kural tabanındaki bulanık kuralları kullanarak bulanık sonuçlar elde eder. Son işlem durulama, bulanık sonuçları uygulamada kullanılacak uygun tanım aralıklarındaki değerlere dönüştürür. Şekil 5'te gösterilen bulanık-PI denetim sisteminin çıkışına anti-windup integrator bağlanarak sürekli durum hatasının oluşması engellenir.

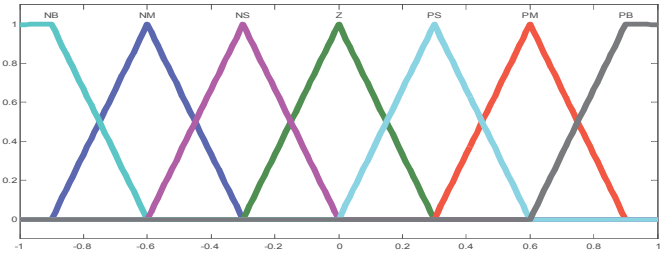


Şekil 5. Bulanık-PI Denetleyici Matlab/Simulink Blok Diyagramı

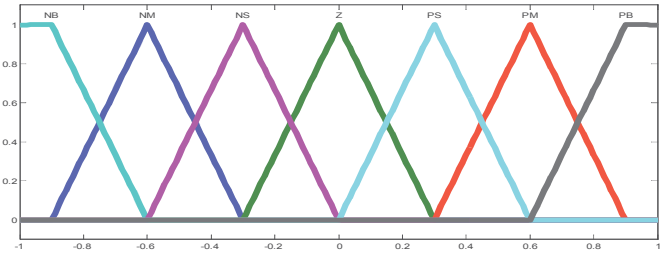
UHMFD
www. hmfdergisi.com
Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi
Ocak / Şubat / Mart - Nisan Kış İlkbahar Dönemi Cilt: 2 Sayı: 3 Yıl:2015
International Refereed Journal of Engineering And Sciences
January / February / March-April Spring Semester Winter Volume: 2 Issue: 3 Year: 2015
ID:26 K:21
PRINT ISSN: 2148-4783 ONLINE ISSN: 2149-2484
(ISO 9001-2008 Belge No / Document No: 12879 & ISO 14001-2004 Belge No / Document No: 12880)



Şekil 6. Hata(e) İçin Üyelik Fonksiyonları



Şekil 7. Hatanın Değişimi (Δe) İçin Üyelik Fonksiyonları



Şekil 8. Çıkış (u) İçin Üyelik Fonksiyonları

Bu çalışmada hata (e), hatanın değişimi (Δe) ve çıkış için (u), NS: Negatif Küçük, NM: Negatif Orta, NB: Negatif Büyük, Z: Sıfır, PS: Pozitif Küçük, PM: Pozitif Orta, PB: Pozitif Büyük olmak üzere 7 sözel değişken kullanılmıştır ve şekil 6-8'de verilmiştir. Bu sözel değişkenler 7x7'lik toplam 49 kural ile tanımlanmış ve Tablo 1'de gösterilmiştir.

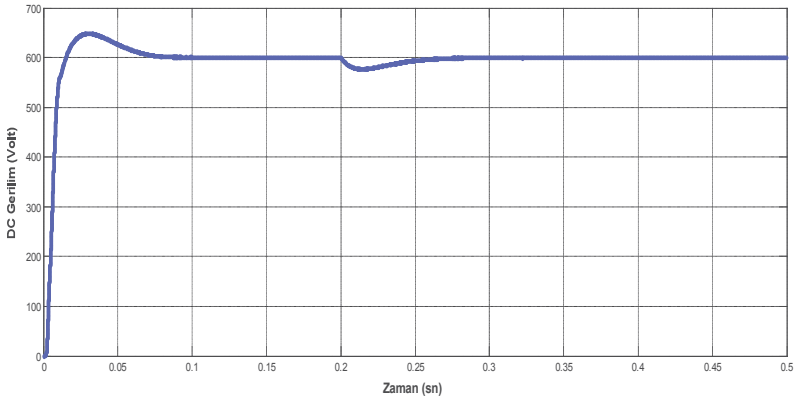
UHMFD
www. hmfdergisi.com
Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi
Ocak / Şubat / Mart - Nisan Kış İlkbahar Dönemi Cilt: 2 Sayı: 3 Yıl:2015
International Refereed Journal of Engineering And Sciences
January / February / March-April Spring Semester Winter Volume: 2 Issue: 3 Year: 2015
ID:26 K:21
PRINT ISSN: 2148-4783 ONLINE ISSN: 2149-2484
(ISO 9001-2008 Belge No / Document No: 12879 & ISO 14001-2004 Belge No / Document No: 12880)

Tablo 1. 7x7 Kural Tablosu

e/de	NB	NM	NS	Z	PS	PM	PB
NB	NB	NB	NB	NB	NM	NS	Z
NM	NB	NB	NM	NM	NS	Z	PS
NS	NB	NM	NS	NS	Z	PS	PM
Z	NB	NM	NS	Z	PS	PM	PB
PS	NM	NS	Z	PS	PS	PM	PB
PM	NS	Z	PS	PM	PM	PB	PB
PB	Z	PS	PM	PB	PB	PB	PB

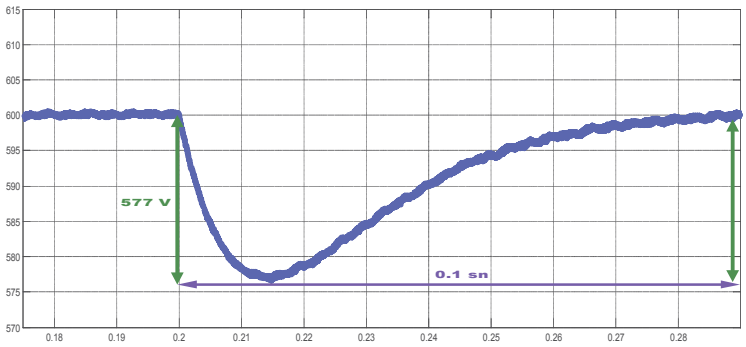
5. BENZETİM ÇALIŞMASI SONUÇLARI

Bu çalışmada üç fazlı SVPWM tabanlı doğrultucular için Matlab/Simulink paket programında benzetim çalışması gerçekleştirilmiştir. İlk olarak AC/DC tip çeviricinin gerilim ve akım döngüleri için PI ve Bulanık-PI denetleyici tasarlanmıştır. Daha sonra her iki denetleyici AC/DC tip çeviricinin gerilim döngüsüne uygulanmıştır. Çalışmada kullanılan elemanların değerleri ise; şebeke gerilimi 220 Vrms, R=0.1Ω, L_s=3mH, C=3300µF, örnekleme süresi *($T_ş$)* ise 100µs'dir. Şekil 9'da PI denetleyici ile elde edilen DC gerilim görülmektedir. Sistem PI denetleyicinin tasarımına uygun olarak aşma yapmış ve sürekli durum hatası olmadan referans hızı izlemiştir. Sisteme 0.2. sn'den itibaren yük bindirilmiştir ve sabit parametreli PI denetleyicinin DC gerilim değeri 577 V'a kadar düşmüş fakat hızlı bir şekilde toparlanarak tekrardan referans DC gerilimi başarılı bir şekilde izlemiştir. PI denetleyicinin yüke karşı verdiği cevap ise detaylı olarak şekil 10'da verilmiştir.



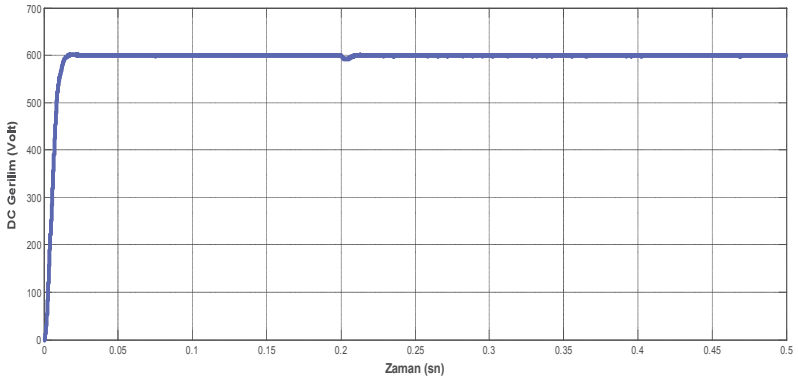
Şekil 9. PI Denetleyici ile Elde Edilen DC Gerilim

UHMFD
www. hmfdergisi.com
Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi
Ocak / Şubat / Mart - Nisan Kış İlkbahar Dönemi Cilt: 2 Sayı: 3 Yıl:2015
International Refereed Journal of Engineering And Sciences
January / February / March-April Spring Semester Winter Volume: 2 Issue: 3 Year: 2015
ID:26 K:21
PRINT ISSN: 2148-4783 ONLINE ISSN: 2149-2484
(ISO 9001-2008 Belge No / Document No: 12879 & ISO 14001-2004 Belge No / Document No: 12880)



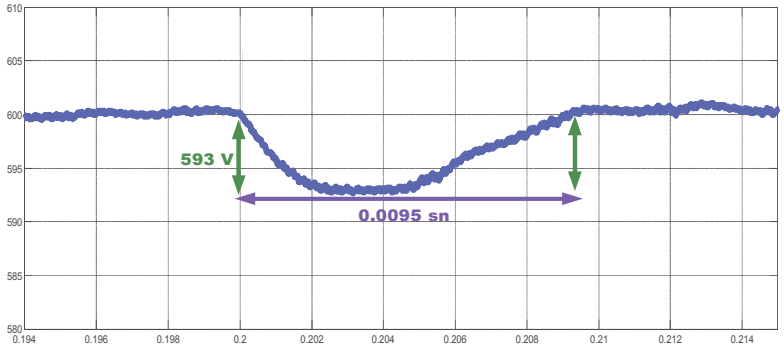
Şekil 10. PI Denetleyicinin Yüke Verdiği Cevap

Şekil 11'de ise bulanık-PI denetleyici ile elde edile DC gerilim görülmektedir. Yine sisteme 0.2. sn'den itibaren yük bindirilmiş ve bulanık-PI denetleyici referans DC gerilimi çok hızlı bir şekilde yakalamış ve sürekli durum hatası yapmamıştır. Bulanık-PI denetleyicinin yüke verdiği cevap ise detaylı olarak şekil 12'de gösterilmektedir. İki denetleyicinin yüke karşı verdikleri cevaplar ise şekil 13'de verilmiştir. Her iki denetleyiciden de yüksek güç faktörleri elde edilmiştir. Güç faktörünü hesaplamak için şekil 14 ve 15'deki blok diyagramları kullanılmıştır. Her iki denetleyicinin şebeke tarafındaki akım-gerilim ilişkileri ise şekil 16 ve 17'de verilmiştir.

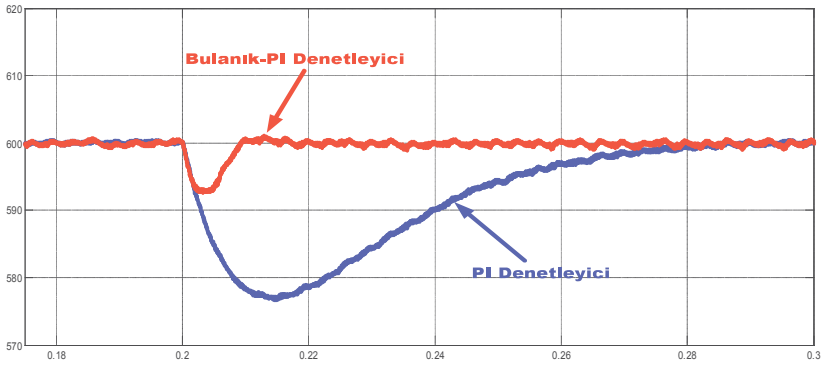


Şekil 11. Bulanık-PI Denetleyici ile Elde Edilen DC Gerilim

UHMFD
www. hmfdergisi.com
Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi
Ocak / Şubat / Mart - Nisan Kış İlkbahar Dönemi Cilt: 2 Sayı: 3 Yıl:2015
International Refereed Journal of Engineering And Sciences
January / February / March-April Spring Semester Winter Volume: 2 Issue: 3 Year: 2015
ID:26 K:21
PRINT ISSN: 2148-4783 ONLINE ISSN: 2149-2484
(ISO 9001-2008 Belge No / Document No: 12879 & ISO 14001-2004 Belge No / Document No: 12880)

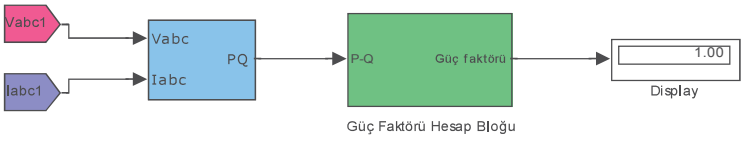


Şekil 12. Bulanık-PI Denetleyicinin Yüke Verdiği Cevap



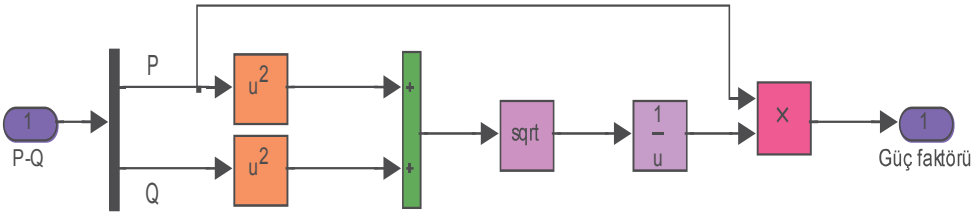
Şekil 13. Her İki Denetleyicinin Yüke Karşı Verdikleri Cevapların Karşılaştırılması

PI denetleyici için THD değeri %4.95 ve bulanık-PI denetleyici için %2.97 olarak elde edilmiştir. Şekil 18 ve 19'da sırasıyla PI ve bulanık-PI denetleyici için THD değerleri gösterilmiştir. Güç faktörüne ve THD değerlerine ilişkin karşılaştırma ise grafik 1'de verilmiştir. Her iki denetleyicinin aşma, yükselme ve yerleşme zamanı bakımından karşılaştırılması ise tablo 2'de verilmiştir.

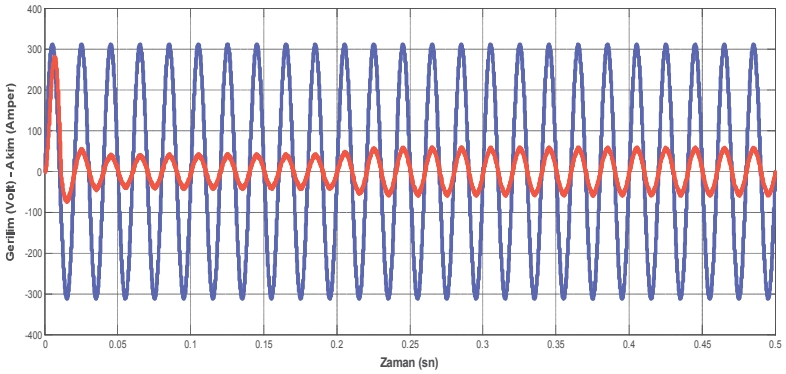


Şekil 14. Güç Faktörü Hesaplama Bloğu

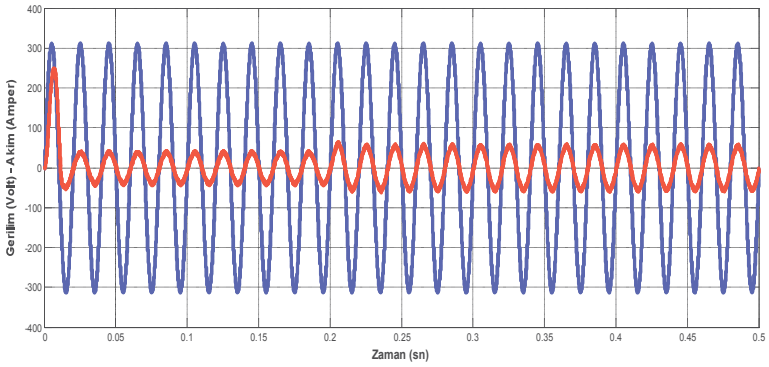
UHMFD
www. hmfdergisi.com
Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi
Ocak / Şubat / Mart - Nisan Kış İlkbahar Dönemi Cilt: 2 Sayı: 3 Yıl:2015
International Refereed Journal of Engineering And Sciences
January / February / March-April Spring Semester Winter Volume: 2 Issue: 3 Year: 2015
ID:26 K:21
PRINT ISSN: 2148-4783 ONLINE ISSN: 2149-2484
(ISO 9001-2008 Belge No / Document No: 12879 & ISO 14001-2004 Belge No / Document No: 12880)



Şekil 15. Güç Faktörü Hesap Bloğunun İçyapısı

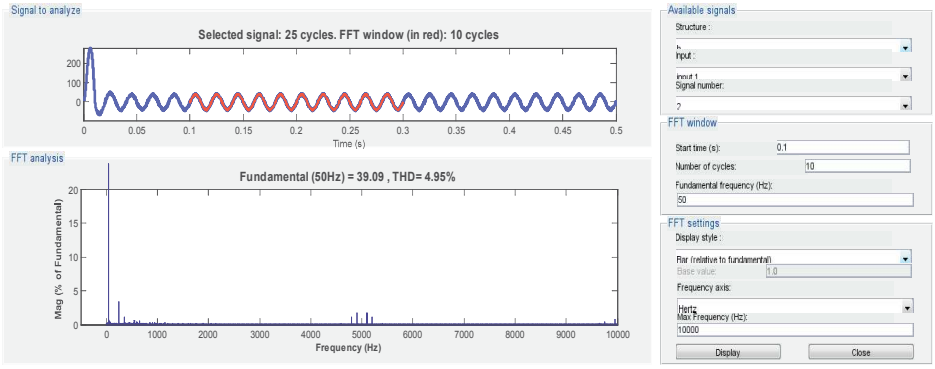


Şekil 16. PI Denetleyici İçin Akım-Gerilim İlişkisi

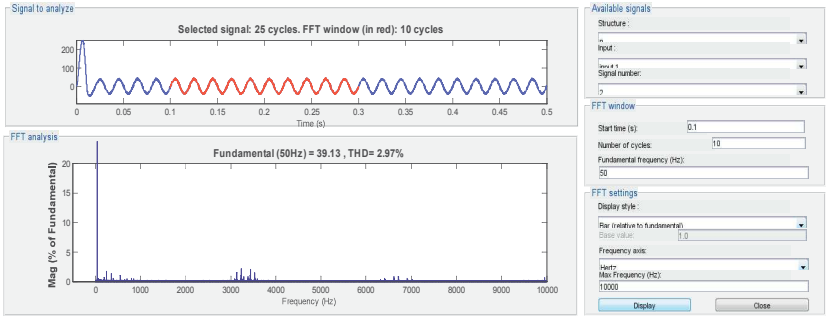


Şekil 17. Bulanık-PI Denetleyici için Akım-Gerilim İlişkisi

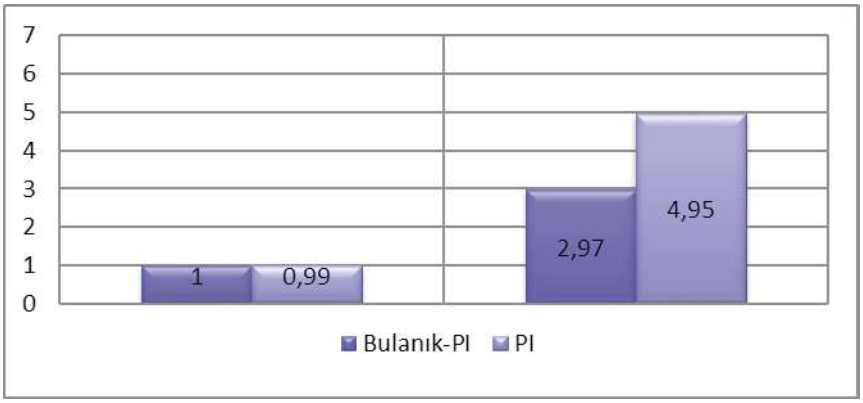
UHMFD
www. hmfdergisi.com
Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi
Ocak / Şubat / Mart - Nisan Kış İlkbahar Dönemi Cilt: 2 Sayı: 3 Yıl:2015
International Refereed Journal of Engineering And Sciences
January / February / March-April Spring Semester Winter Volume: 2 Issue: 3 Year: 2015
ID:26 K:21
PRINT ISSN: 2148-4783 ONLINE ISSN: 2149-2484
(ISO 9001-2008 Belge No / Document No: 12879 & ISO 14001-2004 Belge No / Document No: 12880)



Şekil 18. PI Denetleyicinin THD Değeri



Şekil 19. Bulanık-PI Denetleyicinin THD Değeri



Grafik 1. Her İki Denetleyici İçin Güç Faktörü ve THD Değerinin Karşılaştırılması

UHMFD
www. hmfdergisi.com
Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi
Ocak / Şubat / Mart - Nisan Kış İlkbahar Dönemi Cilt: 2 Sayı: 3 Yıl:2015
International Refereed Journal of Engineering And Sciences
January / February / March-April Spring Semester Winter Volume: 2 Issue: 3 Year: 2015
ID:26 K:21
PRINT ISSN: 2148-4783 ONLINE ISSN: 2149-2484
(ISO 9001-2008 Belge No / Document No: 12879 & ISO 14001-2004 Belge No / Document No: 12880)

Tablo 2. PI ve Bulanık-PI Denetleyicinin Karşılaştırılması

Denetleyici	% Aşma	Yerleşme Zamanı	Yükselme Zamanı
PI	% 6.78	0.078	0.00722
Bulanık-PI	%0.5	0.0125	0.007350

6. SONUÇ

Bu çalışmada SVPWM tabanlı AC/DC tip çeviriciler için PI ve Bulanık-PI denetleyici tasarlanmıştır. Her iki denetleyici için aynı şartlarda bir takım karşılaştırılmalar yapılmıştır. Klasik PI denetleyicinin parametrelerinin belirlenmesi için sistemin indirgenmiş blok diyagramlarından faydalanılmıştır. Fakat PI denetleyicinin kazanç parametrelerin belirlenmesi her zaman kolay olmamakta ve yeterli performansı gösterememektedir. Bulanık-PI denetleyici ise sistemin herhangi bir matematiksel modeline ihtiyaç duymadığı için uzman kişi tarafından oluşturulabilir ve PI denetleyiciye göre çok daha iyi sonuçlar elde edilebilir. Bu çalışmada ise her iki denetleyicinin de güç faktörleri çok yüksektir ve buda istenilen bir sonuçtur. Bulanık-PI denetleyicinin THD bakımından da PI denetleyiciye göre üstün olduğu gösterilmiştir. DC referans gerilim değerini yakalama ve yüke verilen cevaplar bakımından bulanık-PI denetleyici daha başarılı sonuçlar vermiştir. Sonuç olarak bulanık-PI denetleyici kolay tasarımı ve etkin performansından dolayı SVPWM tipi doğrultucu devrelerinde kullanılabilir.

KAYNAKLAR

AÇIKGÖZ H., ŞEKKELI M.,(2014). Simulation Study Of Power Electronıc Transformers With Fuzzy Logıc Controller", International Refereed Journal of Engineering And Sciences, Issue: 01 Volume: 01 Spring Summer ID:03 K:21

B., YIN, R., ORUGANTI, S. K., PANDA AND A. K. S., BHAT, (2008). An Output-Power-Control Strategy for a Three-Phase PWM Rectifier under Unbalanced Supply Conditions, IEEE Trans. Ind. Electron., 2008, Vol. 55, No. 5, pp. 2140-2151

BLASKO, V., and KAURA, V., (1997). A New Mathematical Model and Control of A Three Phase AC-DC Voltage Source Converter, IEEE Transaction on Power Electronics, 12, 116 123

C., CECATI, A., DELL'AQUILA, A. LECCI, AND M., LISERRE, (2005). Implementation issues of a fuzzy-logic-based three-phase active rectifier employing only Voltage sensors, Industrial Electronics, IEEE Transactions on, vol. 52, pp. 378-385

D., LEE, AND G. L, (2000). DC-Bus Voltage Control of Three-Phase AC/DC PWM Converters

UHMFD
www. hmfdergisi.com
Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi
Ocak / Şubat / Mart - Nisan Kış İlkbahar Dönemi Cilt: 2 Sayı: 3 Yıl:2015
International Refereed Journal of Engineering And Sciences
January / February / March-April Spring Semester Winter Volume: 2 Issue: 3 Year: 2015
ID:26 K:21
PRINT ISSN: 2148-4783 ONLINE ISSN: 2149-2484
(ISO 9001-2008 Belge No / Document No: 12879 & ISO 14001-2004 Belge No / Document No: 12880)

Using Feedback Linearization, IEEE Trans. On Ind. Appl., Vol. 36, No. 3, pp:826-833

D.C., LEE, G. M., LEE, K. D., LEE, (2000). DC-Bus Voltage Control of Three-Phase AC/DC PWM Converters Using Feedback Linearization, IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 36, No. 3, pp. 826-833

JINBANG XU, DINGXIN HE, JIN ZHAO, SHUYUN WAN, (2006). A new design method of maximum inductor value for PWM rectifier, Journal of Huazhong University of Science and Technology (Nature Science Edition), vol. 34, pp. 33-35

J. R. RODIGUES, J. W. DIXON, J. R. ESPINOZA, J. PONTT AND P. LEZANA, (2005). PWM Regenerative Rectifiers: State of Art, IEEE Transactions on Industrial Electronics, 2005, Vol. 52, No. 1, pp. 5-22

KAZMIERKOWSKI, M.P, MALESANI, L., (1998). Current Control Techniques for Three-Phase Voltage-Source PWM Converters: A Survey, IEEE Transactions on Industrial Electronics, 45(5), 691-703

M., MALINOWSKI, M. P. KAZMIERKOWSKI, S., HANSEN, F., BLAABJERG AND G., D., MARQUEZ, (2001). Virtual-Flux-Based Direct Power Control of Three-Phase PWM Rectifiers, Industrial Application, IEEE Transactions on, vol. 37, no. 4, pp. 1019-1027

MALINOWSKI, M., ET AL. (2004). Simple direct power control of three-phase PWM rectifier using space-vector modulation (DPC-SVM), IEEE Transaction on Industrial Electronics, 51(2), pp. 447–454

P., ANTONIEWICZ, M. P., KAZMIERKOWSKI, (2008). Virtual Flux Predictive Direct Power Control of Three Phase AC-DC Converter, Human System Interactions, IEEE Conference, pp. 510-515

ROSS, T. J., (1995). Fuzzy Logic with Engineering Applications, McGraw-Hill Inc., ISBN 0-07-053917-0

SEKKELI M., ACIKGOZ, H., (2013). Examine Of Speed Control Performance Of Direct Torque Controlled Induction Motor Using Fuzzy Logic Controller, Academic Platform Journal Of Engineering And Science. 53-54, 2013

SUUL, J. A., MOLINAS, M., NORUM, L., AND UNDELAND, T., (2008). Tuning Of Control Loops For Grid Connected Voltage Source Converters, 2nd Ieee International Conference On Power And Energy (Pecon 08). 797-802

T., LU, Z., M. ZHAO, Y. C., ZHANG, Y., CH. ZHANG, AND L. Q., YUAN, (2008). A Novel Direct Power Control Strategy for Three-Level PWM Rectifier Based on Fixed Synthesizing Vectors, in Proc. ICEM'08, Wuhan, China, p. 520.

ZADEH, L.A., (1965). Fuzzy Sets, Inform Control, Vol.8

UHMFD
www. hmfdergisi.com
Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi
Ocak / Şubat / Mart - Nisan Kış İlkbahar Dönemi Cilt: 2 Sayı: 3 Yıl:2015
International Refereed Journal of Engineering And Sciences
January / February / March-April Spring Semester Winter Volume: 2 Issue: 3 Year: 2015
ID:26 K:21
PRINT ISSN: 2148-4783 ONLINE ISSN: 2149-2484
(ISO 9001-2008 Belge No / Document No: 12879 & ISO 14001-2004 Belge No / Document No: 12880)

Z. LI, Y. LI, P., WANG, H. ZHU, C., LIU AND F., GAO, (2010). Single-Loop Digital Control of High-Power 400Hz Ground Power Unity for Airplanes, IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 57, No. 2, pp. 532-543

WANG, XU., HUANG KAIZHENG, YAN SHIJIE, XU BIN, (2008). Simulation of Three phase Voltage Source PWM Rectifier Based on the space Vector Modulation, Chinese Control and Decision Conference, pp.1881-1884

WANWEI, W., HUAJIE, Y.,(2008). A Parameter Setting Method For Double Closed-Loop Vector Control Of Voltage Source PWM Rectifier", International Conference On Electrical Machines And Systems