

Asenkron Motorun Klasik Denetimli PWM Inverter ile Mikroişlemci Tabanlı Hız Kontrolü

Kübra BULUT

Elektrik- Elektronik Mühendisi
Bülent Ecevit Üniversitesi
kubrabort92@gmail.com

Gülşah DANE

Elektrik- Elektronik Mühendisi
Bülent Ecevit Üniversitesi
gulsahdane@gmail.com

Artun SEL

Elektrik- Elektronik Mühendisi
Bülent Ecevit Üniversitesi
artunsel@gmail.com

Serap TUTAN

Elektrik- Elektronik Mühendisi
Bülent Ecevit Üniversitesi
serap_tutan@hotmail.com

Özet

Bu çalışmada, üç fazlı sincap kafesli asenkron motorun stator gerilimi üzerinden hız kontrolü yapılmıştır. Bunun için öncelikle sincap kafesli asenkron motorun boşa çalışma ve kısa devre deneyleri yapılmıştır. Bu deneyler sonucunda elde edilen gerilim, akım ve güç çarpanı ile asenkron motorun eşdeğer devresi elde edilmiştir. Bulunan parametreler üzerinden asenkron motorun giriş gerilim, çıkış hız olacak şekilde bir transfer fonksiyonu elde edilmiştir. Ziegler-Nichols yöntemi ile asenkron motor transfer fonksiyonu kullanılarak PI denetleyici tasarlanmıştır. Devamında üç fazlı kontrolsüz doğrultucu ve buck tipi dc kıyıcı devreleri tasarlanmıştır. Bu devreler PWM inverter ile desteklenerek devre simülasyonu tamamlanmıştır. Bu çalışma sayesinde, endüstriyel uygulamalarda kullanılabilecek kararlı bir hız kontrol projesi tasarlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Asenkron Motor, PWM, Kontrolsüz Doğrultucu, Dc Kıyıcı, Hız Kontrolü

Abstract

In this study, three -phase squirrel cage induction motor speed control is done out of the stator voltage. For this first 1.1 kW asynchronous motor idle and short-circuit tests have been conducted. As a result of this experiment, the resulting voltage, current and power factor of asynchronous motor equivalent circuit has been achieved. The parameters via asynchronous motor input voltage,output speed can be obtained by a transfer function. Ziegler-Nichols method of induction motor using PI controller transfer function is designed. Afterward,the three phase uncontrolled rectifiers and buck-type dc chopper circuit are designed. These circuits the PWM inverter,supported by circuit simulation Matlab program have been achieved. Through this work,can be used in industrial applications are designed a stable speed control project.

Keywords: Asynchronous Motor, PWM Uncontrolled Rectifiers, Dc Chopper, Speed Control

1.Giriş

Günümüzde endüstriyel alanlarda elektrik kullanımı oldukça fazladır. Elektrik makineleri endüstriyel süreçlerdeki tüm hareketli yapıların temel elemanlarıdır. Günlük yaşamımızın her alanında kullanılan elektrik makineleri adeta hayatımızın bir parçasıdır.

Endüstriyel ülkelerde üretilen enerjinin büyük bir bölümü elektrik makinelerinin çalışmasıyla tüketilmektedir. Elektrik makineleri aynı zamanda elektrik enerjisi üretiminin de temel elemanlarıdır. Bu nedenle, mühendislerin ve teknik elemanların elektrik makinelerinin süreçlere uygun olarak seçilmeleri, işletilmeleri ve bakımları konularında bilgi sahibi olmaları büyük önem taşımaktadır.

Günümüz endüstrisinde, değişken hızlı sürücü sistemleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Güç elektroniği

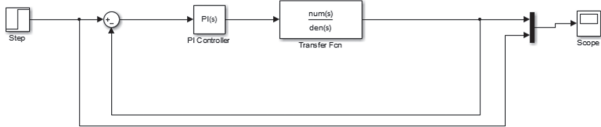
ve mikroişlemci tabanlı denetim alanında yaşanan hızlı gelişmeler sonucu, endüstrideki birçok doğru akım motorlu hız sürücü uygulamaların yerini, yapıları basit ve sağlam, ucuz ve daha az bakım gerektiren, asenkron motorlu hız denetleyici uygulamaları almaktadır. Asenkron motorlarda motorun dönüş hızını stator gerilimini değiştirerek uygun devirde tutan değişken hız kontrol yöntemleriyle verimli bir hız kontrolü yapılabilmektedir.

Bu çalışma kapsamında asenkron motor eşdeğer devresi ile tasarlanan PI denetleyici yardımıyla üç fazlı kontrolsüz doğrultucu ve buck tipi dc kıyıcı devreleri tasarlanarak darbe genişlik modülasyonu tekniğiyle, referans bir sinusoidal dalga ile taşıyıcı dalga(testere dişi) modüle edilerek anahtar tetiklenmiştir. Böylece hız kontrolü sağlanmıştır.

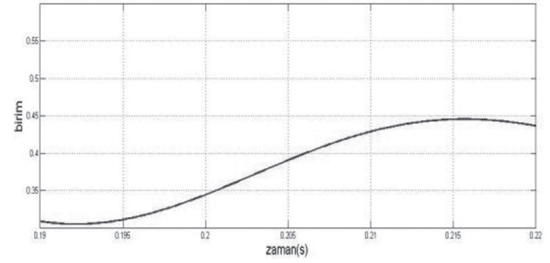
2.Asenkron Motor Eşdeğer Devresi ve PI Denetleyici Tasarımı

Asenkron motor için boştta çalışma ve kilitli rotor(kısa devre) deneyi yapılarak öncelikle gerilim, akım ve güç çarpanı değerleri bulunarak bunlar üzerinden gerekli hesaplamalar yardımıyla eşdeğer devre parametrelerine ulaşıldı [5]. Matlab-Simulink üzerinde elimizdeki motor parametrelerine en yakın değerli motor seçilerek bunun üzerinden transfer fonksiyonu yazılmıştır. Burada asenkron motor blok diyagramı yardımıyla giriş gerilim,çıkış hız olacak şekilde transfer fonksiyonu elde edildi.[3]

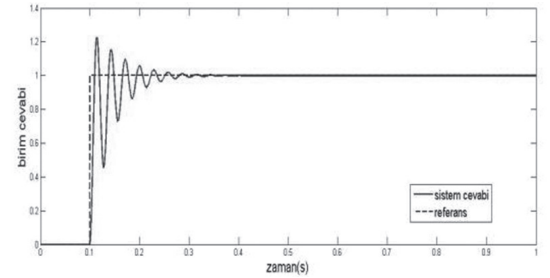
Transfer fonksiyonu kullanılarak Matlab-Simulink üzerinde PI denetleyici tasarımı yapıldı. Bunun için öncelikle transfer fonksiyonunun basamak girişine karşılık çıkış elde edildi. Sonrasında bu çıkış üzerinden Ziegler-Nichols açık çevrim yöntemiyle K_p ve T_i değerleri bulundu. Böylece PI denetleyici tasarımı tamamlanmış oldu.[6]



Şekil 1: PI Denetleyici



Şekil 2: Ziegler-Nichols yönteminin uygulandığı grafik



Şekil 3: PI denetleyici uygulaması

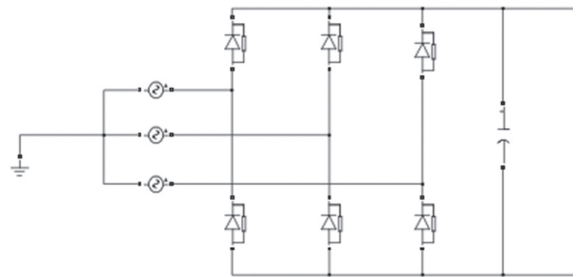
Burada denetleyiciye ait parametreler;

$$K_p=0.9 \cdot T/L \text{ ve } T_i=L/0.3 \quad (1)$$

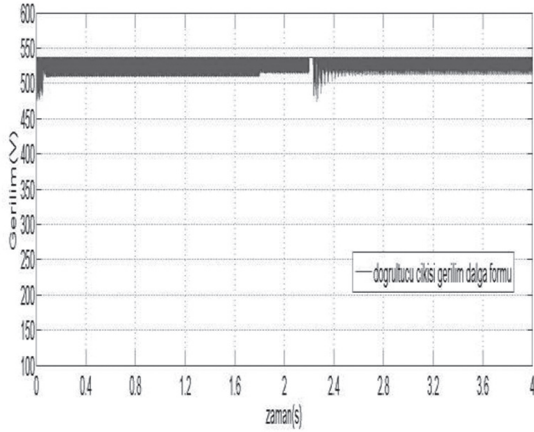
$$G(s)=K_p(1+1/(T_i s)) \quad (2)$$

3.Üç Fazlı Kontrolsüz Doğrultucu

Doğrultucular, endüstride en eski ve en yaygın olarak kullanılan dönüştürücü türüdür. Çıkış gerilimi ortalama olarak kontrol edilir. Bu çalışmada kullanılan kontrolsüz doğrultucu sadece diyotlarla gerçekleştirildi. Sadece doğrultucu modunda çalışması sağlandı. MatlabSimulink ortamında simüle edildi.



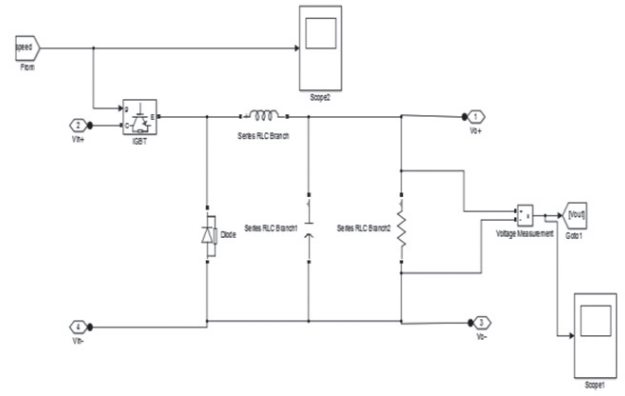
Şekil 4: Kontrolsüz doğrultucu devresi



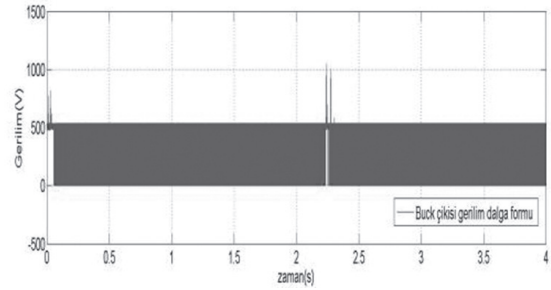
Şekil 5: Doğrultucu çıkışı dalga formu

4. Buck Tipi DC Kıyıcı

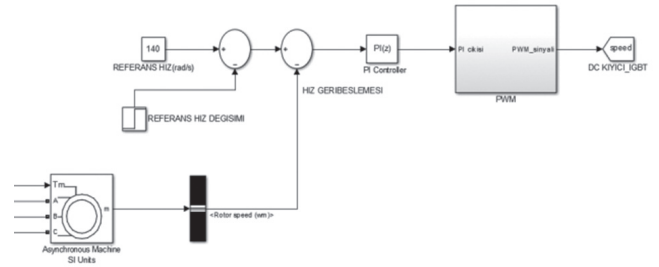
Bir çok endüstriyel uygulamada mevcut sabit doğru gerilimin, değişken bir doğru gerilime dönüştürülmesi istenir. Bu çalışmada mevcut olan gerilimi istenilen dc gerilime düşürmek için Buck tipi kıyıcı kullanılmıştır. Dc kıyıcı devresi MatlabSimulink üzerinde aşağıda görüldüğü gibi gerçekleştirilmiştir. Burada buck tipi dc konverterin ana görevi inverterin giriş gerilimini PI denetleyici sonucu doğrultusunda değiştirmesidir. Şekil 8'de gösterildiği gibi Motorun hız değeri ile istenilen hız değeri arasındaki fark PI denetleyiciden geçtikten sonra modüle edilerek ortaya çıkan PWM sinyalleri Buck konverterdaki anahtarlama elemanının bu doğrultuda çalışması sağlanmıştır. Bu sayede inverter çıkış gerilimi efektif değeri değiştirilmiştir olmaktadır. Gerilim değeri üzerinden ise hız kontrolü gerçekleştirilmiştir olmaktadır. Bu yaklaşımın gerçekleştirilebilirliği uluslararası çalışmalarla ve gerçek zamanlı uygulamalarla kanıtlanmıştır. İnverter çıkış gerilim kontrolü, inverter anahtar elemanlarının tetiklenmesi için kullanılan sinüzoidallerin genliğinin değiştirilmesi ile değil de direk olarak inverter girişini kontrol eden DC kıyıcı aracılığı ile sağlanmıştır. Böylelikle inverter çıkışında daha kaliteli bir gerilim görülmüştür. Aksi takdirde yüksek harmonik ve DC bileşen görüleceği aşikardır.



Şekil 6: DC kıyıcı devresi



Şekil 7: DC kıyıcı çıkışı dalga formu

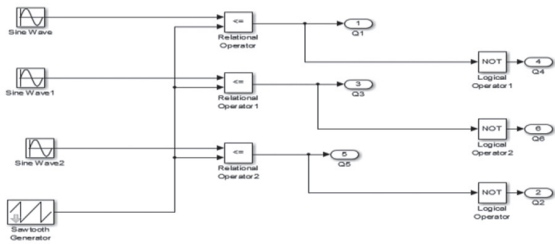


Şekil 8: Hız durumuna göre DC kıyıcı anahtar tetikleme sinyali üretimi

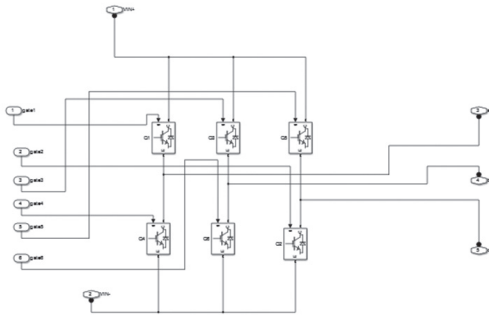
5. PWM (Darbe Genişlik Modülasyonu)

Değişken hızlı tahrik sistemlerinin endüstriyel uygulamalarında, güç katı olarak büyük bir çoğunlukla değişken genlik ve frekansın elde edilmesi için eviriciler kullanılmaktadır. Eviriciler sabit doğru gerilim veya akımdan beslenirler. Bu kaynaktan motor sargılarına uygulanmak üzere sinüzoidal akımlar elde edilmesi için en ekonomik ve uygulanması en kolay yöntem, giriş genliğinin sabit tutulduğu fakat bu genliğin uygulanma süresinin yada darbe genişliğinin istenilen sinüzoidal işarete göre modüle edilerek darbe dizisi biçimindeki işaretlerle-

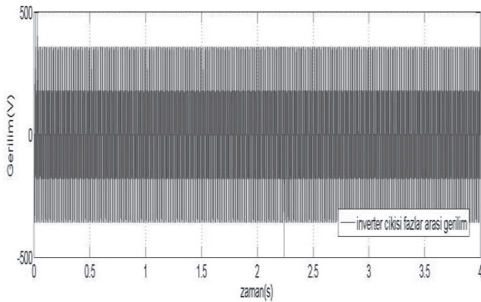
rin oluşturduğu yöntemdir[4]. PWM dalga şekli değişik yöntemlerle üretilir. Bunlardan en çok uygulananı ve basit olanı sinüzoidal işaret ile elde edilmektedir. Bu çalışmada eviricide kullanılan anahtarlama elemanlarının tetiklenme süreci sabit frekans ve sabit modülasyon sabitli 120° derece faz farklı üç adet sinüzoidal dalga formlarının yüksek frekanslı testere dişli dalga formundaki bir sinyal ile tetiklenmesi yapılmıştır. Bununla birlikte motorun hız değeri istenen hız değeri ile karşılaştırılarak ortaya çıkan hata değeri tasarlanan PI denetleyici ile işlenerek aynı şekilde yüksek frekanslı testere dişli dalga formundaki bir sinyal ile modüle edilerek kullanılan DC konverterdaki anahtarlama elemanının bu sinyalle tetiklenmesi sağlanmıştır.



Şekil 9: Inverter anahtar PWM komut sinyalleri



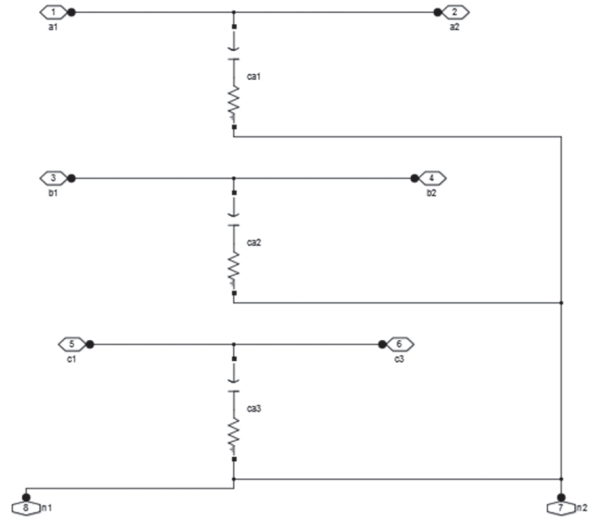
Şekil 9: Inverter



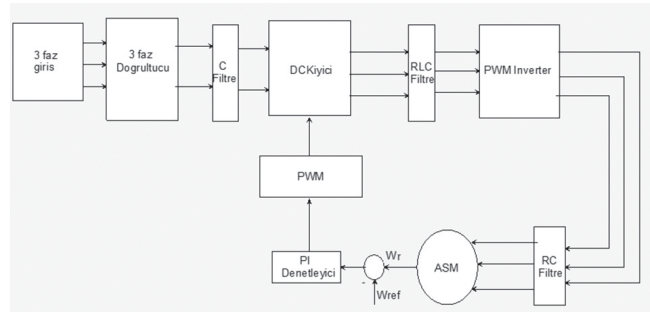
Şekil 10: İnverter çıkış fazlararası gerilim

6.RC Filtre

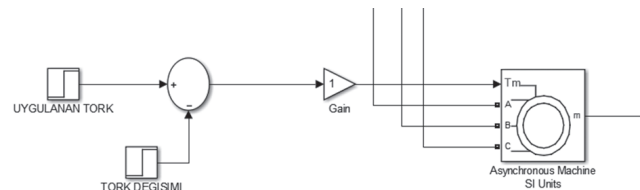
Rc filtre ile inverter çıkışındaki sinyalin yüksek değerli frekans bileşenleri elimine edildi.



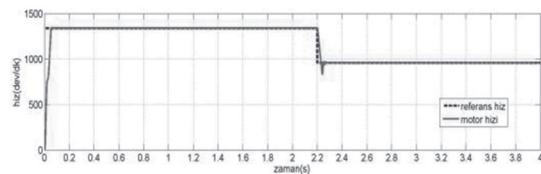
Şekil 11: Rc filtre



Şekil 12: Sistem blok diyagramı



Şekil 13: motora uygulanan tork ve değişimi



Şekil 14: Motor hız ve referans hız grafiği

7.Sonuç

Bu çalışma da PI denetleyici, kontrolsüz doğrultucu, dc kıyıcı, PWM inverter gerekli filtreler yardımıyla birleştirilerek Şekil 12’de verilen sistem elde edilmiştir. Çıkış grafikleri de Şekil 13 ve Şekil 14’de gösterildiği gibidir. Şekil 14’de motor hızının referans hıza ulaşma süresi gösterilmiştir. Üç fazlı doğrultucu ve dc kıyıcı devrelerinde filtre görevini kapasitörler üstlenmiştir. Burada filtre kullanılmamasının nedeni basit harmonikleri azaltmaktır. Bu çalışma simülasyonları ayrı zamanda yapılmıştır çünkü en son gerçeklemede mikroişlemci kullanılacaktır.

Günümüz endüstriyel alanlarında dünya çapında gelişmiş kontrol teknikleri bulunmaktadır. Ancak ülkemizde hala analog sistemler kullanılmaktadır. Bu projenin dijital bir sistem olduğu düşünülürse usb, port vs. üzerinden ana sisteme bağlanması fabrikasyon uygulamalarının önünü açacaktır.

8.Kaynakça

- [1] Muhammad H. Rashid “Power electronics Circuits,Devices and Applications”,University of West Florida,s:166-167-168,2004
- [2] Ned Mohan,William P. Robbins,Tore M. Undeland,“Güç Elektroniği” Çev. Nejat Tuncay, 08/2003
- [3] Prof. Dr. Muammer Gökbulut “Kontrol Sistemlerinin Analiz ve Tasarımı”, s:106,107,107, Temmuz 2014, Ankara
- [4] Prof. Dr. M. Kemal Sarıoğlu, Doç. Dr. Metin Gökaşan , Doç. Dr. O. Seta Boğosyan “Asenkron Makinalar ve Kontrolü”,s:254,255,256, Ağustos 2003
- [5] Prof. Dr. Nurdan Güzelbeyoğlu, “Elektrik Makinaları”, s:58, 59, 2001
- [6] Katsuhiko Ogata, “Sistem Dinamiği”, s:682-683685, 2013
- [7] Katsuhiko Ogata, “Discrete Time Control Systems”
- [8] Zafer Bingül, “Matlab ve Simulink’le Modelleme /Kontrol 1-2, 2000, İstanbul
- [9] İbrahim Alışkan, Kayhan Gülez, Galip Cansever, “pH Nötralizasyon Surecine Yönelik Doğrusal Olmayan Denetleyici Tasarımı”, 13-15 Kasım, TOK’08, İstanbul
- [10] Prof. Dr. Hacı Bodur, “Güç Elektroniği”, s:30-3435-60-62

MÜHENDİSLİK GELİŞTİRME EĞİTİMLERİ (MÜGE) 2016 ARALIK DÖNEMİ BAŞLIYOR

EMO Ankara Şubesi bünyesinde uzun yıllardır devam eden, üyelerimizin mesleki ve kişisel gelişimlerini amaçlayan Mühendislik Geliştirme Eğitimleri (MÜGE) 2016 Aralık ayı programı 07 Aralık 2016 Çarşamba günü Ali Haydar Gümüş tarafında düzenlenecek “Arduino’ya Giriş”semineri ile başlayacak. 14 Aralık 2016 Çarşamba günü Haşim Cihaner tarafından “Fiber Optik Kablo Tesisi”, 21 Aralık 2016 Çarşamba günü Abdullah Algün tarafından “İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği”, 28 Aralık 2016 Çarşamba günü Haşim Cihaner tarafından “Fiber optik Kablo Teorisi ve Kullanma Alanları” seminerleri düzenlenecektir.

Seminerler EMO Merkez Toplantı Salonu Teras Kat`ta 19.00-21.00 saatleri arasında düzenlenecektir. Eğitimlere web sayfamızdan online kayıt yaptırabilirsiniz. Üyelerimize önemle duyurulur.

MÜGE 2016 ARALIK DÖNEMİ PROGRAMI:

07 ARALIK 2016 ARDUİNO`YA GİRİŞ (ALİ HAYDAR GÜMÜŞ)

14 ARALIK 2016 FİBER OPTİK KABLO TESİSİ (HAŞİM CİHANER)

21 ARALIK 2016 İŞÇİ SAĞLIĞI VE İŞ GÜVENLİĞİ (ABDULLAH ALGÜN)

28 ARALIK 2016 FİBER OPTİK KABLO TEORİSİ VE KULLANMA ALANLARI (HAŞİM CİHANER)

**2017 YILI
ÜCRETLİ ÇALIŞAN
MÜHENDİS, MİMAR VE
ŞEHİR PLANCISI ASGARİ ÜCRETİ
3500 TL OLARAK BELİRLENDİ**

Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği (TMMOB) tarafından SGK ile imzalanan protokol kapsamında SGK bildirimine esas olacak mühendis, mimar ve şehir plancısı asgarî ücreti 2017 yılı için brüt 3500 TL olarak belirlendi. Üyelerimize önemle duyurulur.