



ASENKRON MOTORLARIN DARBE GENİŞLİK MODÜLASYONLU (DGM) İNVERTER ÜZERİNDEN BİLGİSAYAR DESTEKLİ HIZ DENETİMİNİN DENEYSEL YAKLAŞIMI

Ayhan GÜN, Yılmaz ASLAN, A. İhsan ÇANAKOĞLU

Dumlupınar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Merkez Kampus, 43270 Kütahya, gun@dpu.edu.tr, yaslan@dpu.edu.tr, acanakoglu@dpu.edu.tr

Geliş Tarihi: 23.03.2009

Kabul Tarihi: 25.02.2010

ÖZET

Bu çalışmada model olarak seçilen 1 kW gücündeki 3 ~ asenkron motorun hız kontrolü Darbe Genişlik Modülasyonlu (DGM) çevirici kullanılarak yapılmış ve buna ilave olarak bilgisayar üzerinden ikinci bir kanaldan uzaktan kontrol sağlanmıştır. Çalışma deneysel yaklaşımlara faydası olması bakımından, farklı hızlarda motorun yük altında ve yüksüz çalışmasından elde edilecek olan verilere ulaşabilme kolaylığı sunmaktadır. Sistemdeki güç devresi 4.5 kW a kadar olan motorların hızını denetlemek için tasarlanmıştır. Güç devresinin denetimi iki farklı kanaldan, analog potansiyometre ve paralel port üzerinden dijital veriler kullanılarak yapılmıştır. Böylece motor için hassas bir denetim sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Asenkron Motor, Darbe Genişlik Modülasyonu (DGM), Bilgisayar Destekli Hız Denetimi.*

AN EXPERIMENTAL APPROACH TO COMPUTER SUPPORTED SPEED CONTROL OF ASYNCHRONOUS MOTORS WITH PULSE WIDTH MODULATION (PWM)

ABSTRACT

In this work by using pulse width modulated (PWM) converter, the speed control of a three phase asynchronous induction motor with power rating of 1 kW has been realised. Moreover the remote control of the motor is achieved through computer by using a second channel of the control unit. The study provides experimental data for different motor speeds on load and on no load. The control unit is designed to control the speed of induction motors up to 4.5 kW of power rating. The speed of the induction motor is controlled via two different channels using analogue potentiometer and through parallel port utilising digital data. Hence a sensitive speed control is achieved for the asynchronous induction motors.

Key Words: *Induction Motor, Pulse Width Modulation, Computer Aided Speed Control.*

1. GİRİŞ

Asenkron motorlar, daha ucuz ve dayanıklı olmaları, kolaylıkla üretilmeleri, kollektör ve fırça düzenlerinin bulunmaması ve daha az bakım gerektirmeleri nedenleri ile günümüzde yaygın olarak kullanılan tahrik makineleridir.

Tahrik sistemlerinde kullanılan hız kontrol yöntemleri devamlı bir gelişim içinde olmuş ve bu gelişmeler mekanik ve hidrolik sistemlerden elektrik, elektronik, dijital sistemlerine doğru yönelmiştir. Elektronik devre elemanları ile, elektronik sistemlerin ve dijital sistemlerin gelişimi asenkron makinelerin kontrolünü daha hassas ve güvenli bir hale getirmiştir [1,2].

Asenkron motorun hız kontrolü için farklı yöntemler kullanılmaktadır. Fakat şimdiye kadar en güvenli, en etkin, en hassas ve en verimli yöntem darbe genişlik modülasyonlu eviricilerin kullanıldığı frekans çeviricili sistemlerdir. Bu tür uygulamada evirici ile, sabit ara devre olarak kullanılan filtre geriliminden, efektif değeri ve frekansı ayarlanabilen üç fazlı simetrik bir alternatif gerilim elde edilir. Böylece motorun endüklemediği moment ayarlanabilir [3-5].

Asenkron motor hız denetimi için tasarlanan darbe genişlik modülasyonlu bir frekans çevirici, doğrultucu, filtre, evirici, denetim ünitesi ve ikinci bir denetim ünitesi olarak da bilgisayardan oluşmaktadır. Doğrultucu ile şebeke geriliminden doğru akım elde edilir. Filtre devresi bir kondansatör gurubundan oluşmakta ve bu devre ile gerilim filtrelenmektedir. Filtre devresi ayrıca motorun reaktif güç ihtiyacını karşılamaktadır. Evirici ise, doğru akımdan frekansı ve genliği ayarlanabilir üç fazlı bir sinüsoidal gerilim üretir.

Frekans çeviricinin evirici katında, yarı iletken güç eleman olarak MOSFET'ler kullanılmıştır. Böylece, tristör kullanımında gerekli olan zorunlu anahtarlama devrelerine ihtiyaç kalmamıştır. Ayrıca, MOSFET'lerin iletme ve kesime girme zamanlamaları tristörlere ve güç transistörlerine nazaran daha hızlıdır. Denetleme devresinin temel işlevi, değişken frekans ve gerilim için gerekli olan frekans ve genişlikteki darbe genişlik modülasyonlu işaretlerin elde edebilmesidir. Çalışmadaki denetimde motorun çalıştırılması, yumuşak yol verme, yön değiştirme ve durdurma fonksiyonları yerine getirilebilmektedir [6].

2. DEVRE TASARIMI

2.1 Dönüştürücü Devrelerinin Tasarımı

Dönüştürücü devrelerin tasarımında MOSFET, transistör veya tristör gibi elektronik güç elemanlarının ve diyot değerlerinin belirlenmesi gerekir. Tristör ve diyotlar; üzerlerinden geçen akımların ortalama, etkin, tepe ve ters tepe değerleriyle tanımlanır. Kontrollü doğrultucularda, elemanın akım oranları, gecikme açısına bağlıdır. Güç elemanlarının değerleri, en kötü koşullar altında tasarlanmalıdır ve dönüştürücü devresinde en yüksek ortalama çıkış gerilimine (V_{dn}) izin vermelidir. Bu nedenle giriş ve çıkış filtreleri minimum çıkış gerilimi koşulu altında tasarlanmalıdır [7].

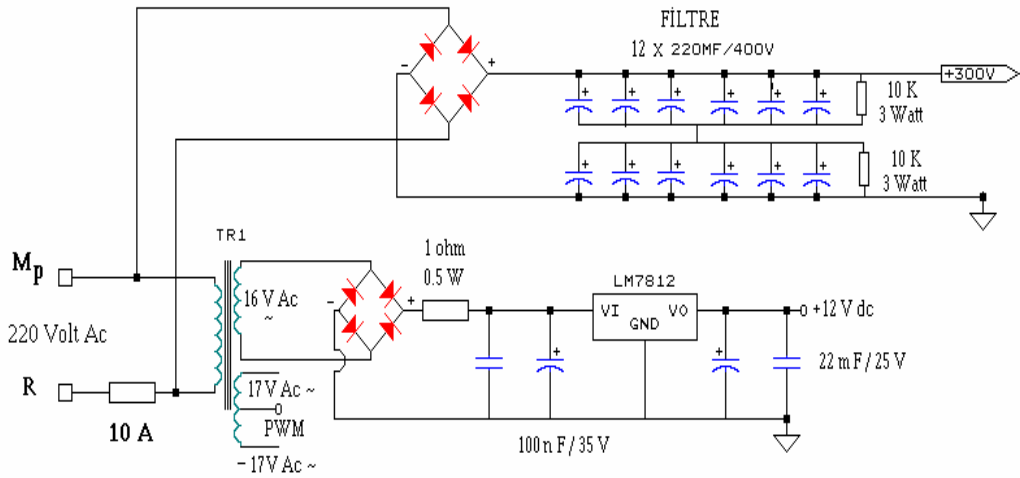
Çıkış harmoniklerini azaltmak için çeşitli çıkış filtreleri kullanılmaktadır. Bunlardan C filtresi çok basit olmasına karşılık fazla reaktif güç tüketir. LC filtresi ise sadece belli bir frekansı elimine eder. CLC filtresi ise geniş band genişliğindeki harmonikleri azaltmada daha etkilidir ve daha az reaktif güç tüketir [7].

2.2 Doğrultucu Devre Tasarımı

Bir doğrultucu devre tasarımı için yarı iletken diyotların nominal değerlerinin tanımlanması gerekir. Diyotların nominal değerleri normalde, ortalama akım, RMS akımı, tepe akımı ve ters tepe gerilimi bakımından tanımlanırlar. Diyot için ise standart bir işlem olmamakla birlikte diyot akımlarının ve gerilimlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Doğrultucunun DC çıkış gerilimini düzeltmek için DC filtreler kullanılır. DC filtreler; L, C veya LC tipinde olabilir. Doğrultma işleminden dolayı doğrultucunun giriş akımında oluşan harmonikler AC filtre kullanılarak temizlenebilir. Normalde filtre tasarımında harmoniklerin büyüklükleri ve frekansları tanımlanmalıdır [7].

2.3 Güç Devresi

Doğrultucu, filtre ve eviriciden oluşan güç devresi Şekil 1'de gösterilmektedir. Devrede transformatörün girişinden elde edilen doğru akım filtrelenerek 300 V gerilim elde edilmiş ve motoru sürmek için MOSFET güç devresine uygulanmıştır. Transformatör çıkışından elde edilen 16-17 V gerilim, doğru akıma çevrilip düzeltildikten sonra DGM denetleme devresine uygulanmıştır. Entegreden önce paralel bağlı kapasitörler kullanılarak sisteme zarar verebilecek dalgacıklar önlenmiştir.



Şekil 1. Doğrultucu ve güç devresi

2.4 Güç Devresi Elemanlarının Seçimi

Tasarımı gerçekleştirilen devre $4.5 kW$ 'a kadar olan asenkron motorların hız ve yön kontrolünü, fazlar arası gerilim değerlerinin kontrolünü yapmaktadır. $4.5 kW$ 'lık asenkron motorun anma akımı yaklaşık olarak 11 amperdir. Güç devresinin elemanları seçilirken bu değer göz önüne alınacaktır [8].

Filtre kapasite değerinin hesaplanması :

$$V_p = \sqrt{2} \times 220 = 310V - DC \quad (1)$$

V_{ort} , $50 Hz$ 'de çıkışın tepe değeridir. V_{ort} ' un $280 Volt$ olduğu kabul edilirse,

$$V_p - V_{ort} \cong \frac{\Delta V}{2} \quad (2)$$

$$\Delta V = 2(V_p - V_{ort}) \quad (3)$$

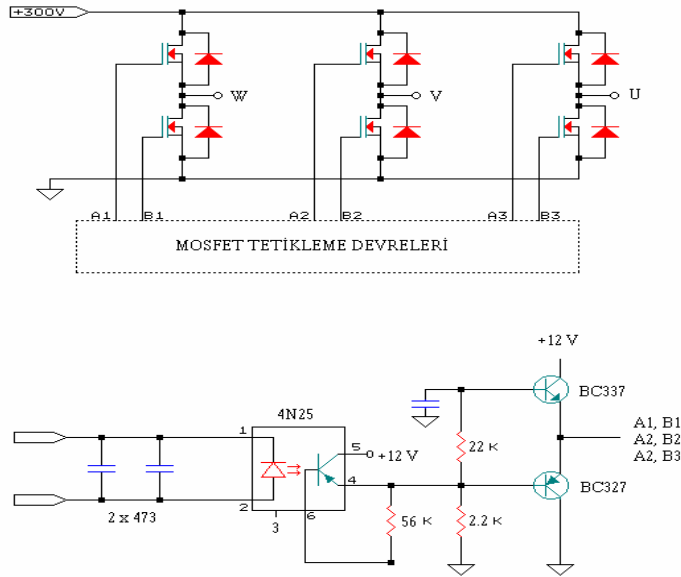
$$\Delta V = 60 \text{ Volt}, \Delta t = 3.5 \text{ ms} \quad (4)$$

$$i = C_p \frac{dv}{dt} \quad (5)$$

C_p filtre kapasitesinin gerilim seçimi yapılırken güç katı geriliminin motor geriliminden büyük olması da dikkate alınmalıdır. Bu kapasitörün yükünün zamana bağlı şarj olma değerlerini de göz önüne alarak, zaman seçiminden kapasitif değeri hesaplanabilir. Kullanılan $220 \mu F / 400 V$ kapasitörlere göre $t = 3.5 ms$ 'dir. Diğer bir yaklaşımda, bu değer ne olması gerektiğini belirleyerek kullanılacak olan kapasitör değerini

hesaplayabiliriz. $5.5 kW$ gücündeki motorları kontrol edebilmek için $400 V$ kapasitörler seri bağlanarak çıkışta $800 V$ elde edilmiştir [8].

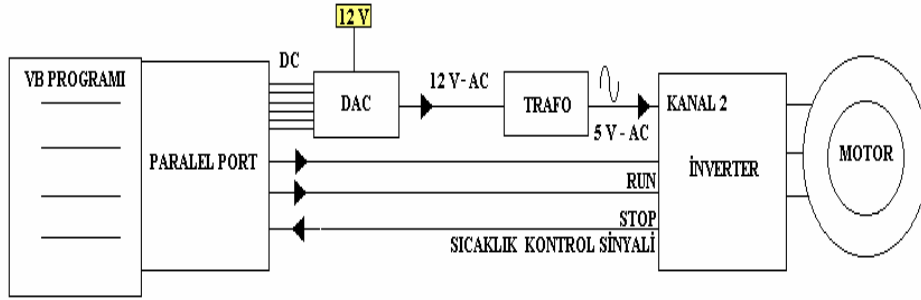
Şekil 2. MOSFET tetikleme devresini ve motorun MOSFET'ler tarafından nasıl tetikleneceğini göstermektedir. EPROM tarafından gönderilen tetikleme sinyalleri senkronize ve aynı sinyaller üst-üste gelmeyecek şekilde $4N25$ optokuplör tarafından sürülmektedir [9].



Şekil 2. MOSFET tetikleme devresi

3. BİLGİSAYAR DESTEKLİ UYGULAMA

Gerçeklenen sistem Şekil 3'te verilmektedir. Bu sistemde 8 bitlik paralel port çıkışı kullanılmıştır. Burada gerçekleştirdiğimiz devrenin daha önce gerçekleştirilen sistemlerden farkı, motor devir sayısının yükseltilmesi veya düşürülmesi esnasında frekans üzerinde değişiklik yapabilmesidir. Bu devir sayısı frekans değerleri ile orantısal olarak artmaktadır. Bu sistemde ölçülen frekansta, dijital bir arabirim kullanıldığı için net olarak frekans elde edilebilmektedir. Yani potansiyometre tarafından meydana gelebilecek dalgacıklar (ripple) önlenmiştir. Dezavantajı ise sınırlı sayıda devir sayısı girilebilmesinden dolayı ara devirlerde çalışma imkanı sağlanamamaktadır. Dijital-Analog çeviri entegrelerinin gelişmelerine paralel olarak devir sayısı çalışma aralığı artacaktır. Motorun aşırı yüklenmesi durumunda devredeki ısınma artmakta ve sistem otomatik olarak durdurulmaktadır. Böylece motorun aşırı yüklenmesi esnasında meydana gelebilecek zararlardan korunması sağlanmaktadır.



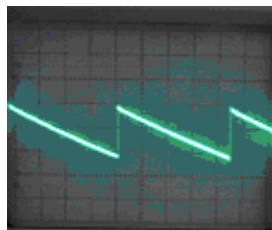
Şekil 3. Bilgisayar kontrolü blok yapısı

Tablo 1’de elde edilen değerlere göre potansiyometre geriliminin artırılması ile motorun devir sayısı doğrusal olarak artmaktadır. Fakat motorun faz-nötr gerilimi 1500 d/dk’dan sonra değişim göstermemektedir. Bunun sebebi motorun nominal devrinin 1500d/dk olmasıdır.

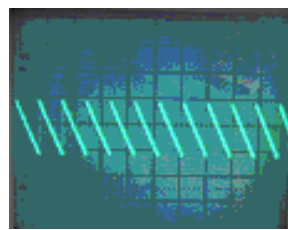
Tablo 1. Uygulama Esnasında Ölçülen Değerlerin Tablosu

Potansiyometre Gerilimi	Motor Devri d/dk	Motora Uygulanan Faz-Nötr Gerilimi	Frekans
0.725 V	300	46.9 V	10.26
2.158 V	800	116.33 V	27.45
3.597 V	1300	187.10 V	43.70
5.174 V	1800	219.00 V	62.55
6.530 V	2300	220.50 V	81.13
7.760 V	2600	218.55 V	92.31

Şekil 4.’te devir sayıları dakikada 500 ve 2500 olan V / Hz periyodunu belirleyen dalga şekilleri verilmektedir. Devir sayısının artması ile taşıyıcı sinyalin frekansındaki artma göze çarpmaktadır.



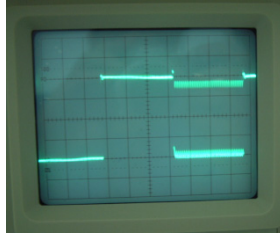
500 Devir / Dakikada V/Hz periyodunu belirleyen sinyal



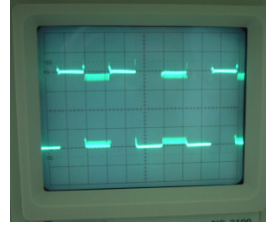
2500 Devir / Dakikada V/Hz periyodunu belirleyen sinyal

Şekil 4. Devir sayısına göre taşıyıcı sinyalin frekansındaki değişim

Şekil 5’ de düşük ve yüksek frekanslardaki MOSFET’leri tetikleyen sinyallerin periyotlarının değişimi görülmektedir. Düşük frekansta tetikleme sinyallerinin periyotları daha yüksek, yüksek frekansta ise tetikleme sinyallerinin periyotları çok daha düşüktür.



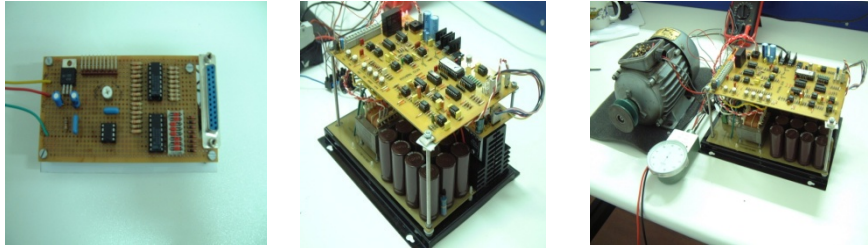
Düşük frekansta EPROM darbelerinin
1.ve 6. MOSFET'leri tetiklediği
sinyaller



Yüksek frekansta EPROM
darbelerinin 1.ve 6. MOSFET'leri
tetiklediği sinyaller

Şekil 5. Düşük ve yüksek frekansta MOSFET'lerin tetikleme sinyalleri

Şekil 6'da bilgisayar kontrolü için tasarlanan DAC, tüm devreden oluşan güç katı ve DGM katı birlikte gösterilmiş ayrıca ölçümü yapılan AC motora bağlantısı gösterilmiştir.



Şekil 6. Motor hızı kontrolü için tasarlanan ara devre ve DGM devresi

Şekil 7'de asenkron motor hız kontrolü için visual basic programlama dili kullanılarak yazılan ara yüz programı verilmektedir. Tasarlanan arabirime göre motor devri maksimum seviyeye çıkabilmektedir. Ayrıca motor hızının yükseltilmesi esnasında veri transferindeki zamanlama ayarını değiştirilebilmektedir.



Şekil 7. Tasarlanan DGM inverter için motor hız denetimini sağlayan bilgisayar programı

4. SONUÇ

DGM tekniği ile asenkron motorların hız kontrolü çok geniş sahada esnek olarak ayarlanabilmektedir. Bu tekniğe bilgisayar desteğinin eklenmesi, motorun daha kolay ve daha hassas denetlenmesini sağlamıştır. DGM teknikli inverter ile bilgisayarın haberleşmesi için bir arabirim kartı tasarlanmış, kart üzerinde kullanılan 8 bitlik DAC'ın bit sayısının artırılmasına imkan sunulmuştur. Program üzerinde zaman ayarlaması yapılabilmesi denetlenen motorun ani yüklerdeki davranışını gözlemlenebilmesini kolaylaştırmıştır. Bu zamanlama ile motorun kalkış süresi, yüke göre ayarlanabilmektedir. Motorun yol alma zamanı ve hız geçiş süreleri bilgisayar ile kontrol edilebilmektedir. Aşırı ısınmadan kaynaklanacak problemler için sıcaklık denetimi sağlanmıştır.

KAYNAKÇA

- [1] Y. Sozer, D.A. Torrey, Reva Suhan, New Inverter Filter Topology for PWM Motor Drives, November, IEEE Transactions on Power Electronics, p.1007, 2000.
- [2] N. Mohan, T.M. Undeland, W.P. Robbins, Power Electronics, John Wiley & Sons, New York, 1995.
- [3] M. Keiju, K. Yasutaka, U. Fukashi, Application of Parallel Connected NPC-PWM Inverters with Multilevel Modulation for AC Motor Drive, September, IEEE Transactions on Power Electronics, p.901, 2000.
- [4] C.M. Liaw, Y.M. Lin, C.H. Wu, K.I. Hwu, Analysis, Design, and Implementation of a Random Frequency PWM Inverter, September, IEEE Transactions on Power Electronics, p.843, 2000.
- [5] D. Kastha, A.K. Majumdar, An Improved Starting Strategy for Voltage Source Inverter Fed Three Phase Induction Motor Drives Under Inverter Fault Conditions, July, IEEE Transactions on Power Electronics, p.726, 2000.
- [6] L.M. Tolber, F.Z. Peng, T.G. Habetler, Multilevel PWM Methods at Low Modulation Indices, July, IEEE Transactions on Power Electronics, p.719, 2000.
- [7] M.H. Rashid, Power Electronics, Prentice Hall, USA, 1993.
- [8] F. Atalay, Asenkron Motorlarda Darbe Genişlik Modülasyonlu Frekans Çevirici İle Hız Denetimi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, 1990.
- [9] (Philips Semiconductors Integrated Circuits Data Sheet., 1995.