

T Ü R K İ Y E ' D E V E D Ü N Y A D A

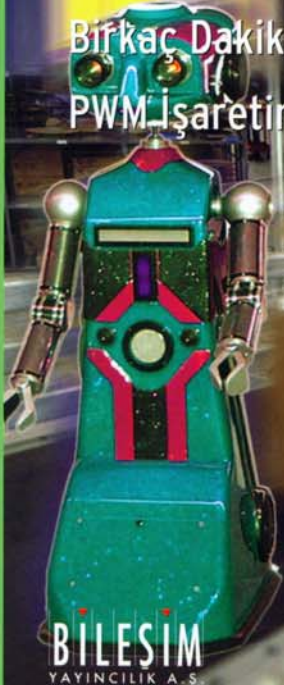
OTOMASYON

AYLIK ELEKTRİK ELEKTRONİK MAKİNA BİLGİSAYAR DERGİSİ

Agustos 2006
112498 2006/08
Fiyatı: 3 YTL



Robotik Camiasına Verilen Hediye
Scada Sistemleri ve Uygulamaları
Endüstride ve Makinada Güvenlik
Kalorimetrik Akış Ölçme Sistemleri
Bulanık Mantık Denetleyici Simülatörü
Birkaç Dakika İçinde Kolay Görsel Denetim
PWM İşaretinin Mikroşlemci İle Üretimi ve Denetimi



BİLESİM
YAYINCILIK A.Ş.

WIN
World of Industry

OTOMASYON'07

14. Endüstriyel Otomasyon Fuarı

08-11 Mart 2007

Tüyap Fuar ve Kongre Merkezi Beylikdüzü-İstanbul

PWM İşaretinin Mikroişlemci İle Üretimi ve Denetimi

Aykut Fatih Güven

afguven@yahoo.com

İsmail H. Altaş

ihaltas@altas.org ve

Onur Özdal Mengi

onurmengi@yahoo.com

Karadeniz Teknik Üniversitesi

Mühendislik Fakültesi

Elektrik-Elektronik

Mühendisliği Bölümü

Özet

Güç devrelerinde yarıiletken teknolojisine dayalı anahtarlama işlemlerinin kontrolünde kullanılan işaretlerin başında PWM (Pulse Width Modulated) işareti gelmektedir. Elektronik anahtarlama yapabilen tristör, mosfet, güç transistörleri UJT'ler ve benzeri güç elektroniği devre elemanlarının kontrollü olarak ilettime geçirilmeleri ve iletimden çıkarılmalarında oldukça fazla tercih edilen PWM işaretlerinin üretilmesi ve amacına uygun olarak denetlenmesi gerekir. Pratikte bu işaretleri üreten entegre devreler belirli uygulama alanları için geliştirilmiş olup, gerçekleştirilecek olan uygulamaya bağlı olarak temin edilip kullanılabilir. Bu çalışmada önerilen PWM işa-

ret üretici ise genel amaçlı uygulamalarda kullanılacak şekilde tasarlanarak gerçekleştirilmiş test edilmiştir. Değişik sistemlerin denetiminde kullanılacak olan PWM işareti mikrodenetleyiciler vasıtasıyla üretilip denetlenebilmektedir. Burada mikroişlemciler aracılığı ile denetimli olarak üretilen PWM işaretleri fırçasız bir doğru akım motorunun hız denetimine uygulanmış ve bu motorun sürülmesi için gerekli faz darbelerinin ayarlanmasında kullanılmışlardır. PWM yöntemlerinin kullanıldığı eviriciler ve eviricilerde kullanılan modülasyon tekniklerine de burada yer verilmektedir.

1. Giriş

Fırçasız doğru akım motoru (FDAM), isminden de anlaşılacağı gibi fırça ve kolektörü bulunmayan bir doğru akım motorudur. Yapı olarak çok fazlı sürekli mıknatıslı senkron motora benzerler [1]. Sürekli mıknatıs kutupları rotor üzerine yerleştirilmiştir. Rotoru statorun içinde (standart yapı) veya statoru rotorun içinde (ters çevrilmiş yapı) olacak şekilde yapılabilirler. Şekil 1'de böyle bir motorun iç yapısı görülmektedir. Genellikle küçük güçlüdürler. Bilgisayarlarda, robotlarda, fan ve pompalarda, yazıcılarda, tıp aletlerinde vs. gibi birçok uygulama alanında kullanılmaktadırlar. Fırça ve kolektörlerinin olmayışı yüksek hızlarda çalıştırıla-



Şekil 1. Fırçasız doğru akım motorunun yapısı [2].

bilmeleri gibi üstün özelliklerinin yanında sargılarının anahtarlanması bu gün için en önemli sorunlardır. Değişik hızlarda çalıştırılabilme, görev çevrimi, devir yönü değiştirilmesi, programlanabilir denetime uygunluk, sessiz çalışma ve uzun ömürlülük gibi üstünlükleri vardır.

Bu çalışmada Microchip'in PIC serisi 16F84A denetleyicisi kullanılmıştır. Bu denetleyicilerin üretim amacı çok fonksiyonlu mantık uygulamalarının hızlı ve ucuz bir denetleyici ile yazılım yoluyla karşılanmasını sağlamaktır. Bu denetleyici 8031 ve 8051 ailesine göre fiyat, çevre birimleri, kolay programlama ve kullanım esnekliği gibi üstün özelliklere sahiptir. PIC elemanı PWM üretimini gerçekleştirmek ve fırçasız doğru akım motorunun hız denetimini sağlamak için kullanılmıştır. PIC16F84A kullanılarak anahtarlar elemanına gerekli olan PWM tetikleme sinyalleri üretilmiş ve bu elemanların iletim-kesim açısını ayarlayabilen mikrodenetleyici tabanlı PWM modülatör geliştirilmiştir. Yazılım Assembler dilinde hazırlanmıştır. Gerçekleştirilen bu uygulamada, kullanıcı tarafından istenilen çıkış değerleri için gerekli anahtarlama süreleri yazılım tarafından üretilerek sürücü devreye aktarılmaktadır. Windows tabanlı yazılım geliştirme ortamlarının zamanda belli bir geciktirme sağlaması bu gibi uygulamalar için pek fazla elverişli değildir. Ancak Assembler yazılım geliştirme ortamının kullanılması vasıtasıyla sistemin diğer programlama dillerine göre daha hızlı şekilde sinyallerini sürücü devreye aktarması gerçekleştirilmiştir. PWM denetim değişik anahtarlama teknikleri kullanılarak yapılır. Bazı elektronik

elemanlar açık veya kapalı durumlu anahtar olarak kullanılır. İdeal bir anahtar kayıpları önleyerek bir denetim yapılabilir. Gerçekte ise hiçbir eleman böyle bir ideal anahtar görevini yerine getiremez. Fakat ideal eleman sayılabilecek BJT, MOSFET, SIT, IGBT, SCR, TRIYAK, GTO gibi kullanışlı elemanlar mevcuttur.

2. Üç Fazlı Motor Sürücü Devre Şeması

Fırçasız doğru akım motorunu PWM teknikleri ile kontrol etmek

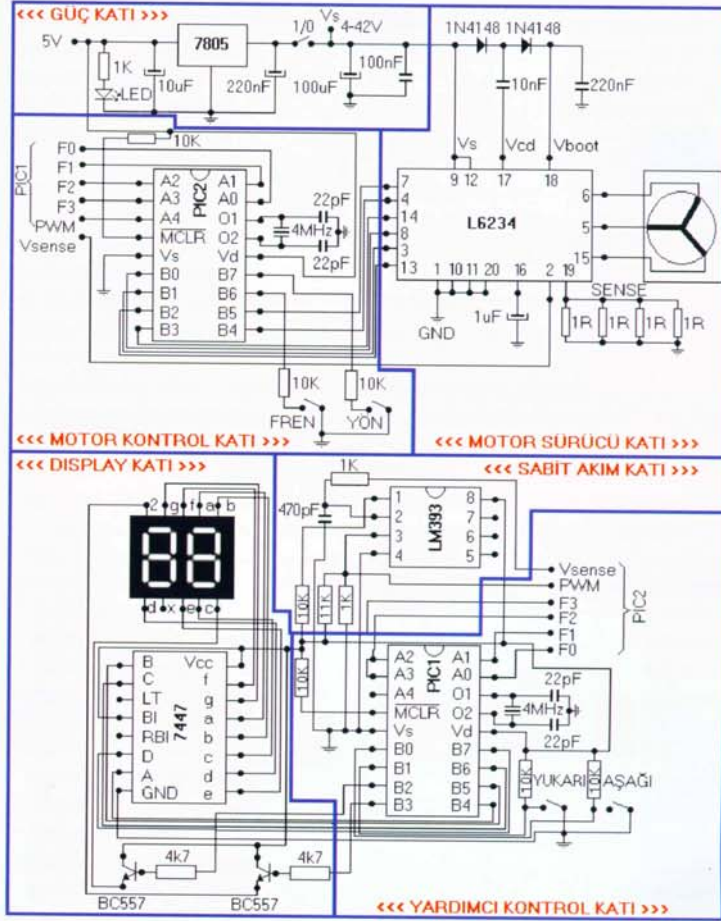
için Şekil 2'de gösterilen sürücü devresi kullanılmıştır.

Motor sürücü devresi 6 devre kattan oluşmaktadır. Bunlar;

1. Güç Katı
2. Sabit Akım Katı
3. Gösterge Katı
4. Yardımcı Kontrol Katı
5. Merkezi Kontrol Katı
6. Motor Sürücü Katı

2.1. Güç Katı

Devrenin besleme katıdır. Diğer beş kat besleme gerilimlerini bu kattan almaktadır. Güç katı 8-52



Şekil 2. Tüm devre katları ve içeriği



V giriş gerilimi ile beslenmektedir. Bu kat 7805 ve çevre elemanları, açma-kapama anahtarı, 5 V gösterge lambası ve yardımcı kapasitelerden oluşmaktadır. Açma-kapama anahtarı 7805 gerilim regülâtörünün açılmasını ve kapatılmasını sağlar. 7805 ve çevre elemanları 5 V sabit gerilim elde etmek için kullanılır.

Motor Sürücü Katı dışındaki diğer dört kat beslemesini 7805 gerilim regülâtöründen almaktadır. Gerilim regülâtörü aşırı ısınmaya karşı bir soğutucuya bağlanmalıdır. 5V gösterge lambası devrede 7805 regülâtörünün çalışıp çalışmadığını göstermektedir. Bu gösterge bir LED ve akım sınırlamasını sağlayan 1K ohm'luk bir dirençten oluşmaktadır. Göstergenin enerji tüketimini azaltmak için 330 ohm'luk direnç yerine 1K ohm'luk direnç kullanılmıştır.

2.2. Sabit Akım Katı

Sabit akım katı motor sürücü entegresinin korunması ve aşırı güç harcanmasının önlenmesini sağlar. Bu kat LM393 karşılaştırıcısı ve çevre elemanlarından oluşmaktadır. LM393 Vsense gerilimi ile sabit 417 mV'luk gerilimini karşılaştırır. Motor sürücü entegresinin çektiği akım 2A'ın altında ise devre normal çalışma modundadır ve PWM çıkışı lojik-1 seviyesindedir. Çalışma akımı 2A'i aştığında ise devre akım koruma (enerji tasarruf) moduna geçer ve PWM çıkışı lojik-0 seviyesine çekilir.

2.3. Gösterge Katı

Bu kat devrenin çalışma frekansını göstermek amaçlı olarak tasarlanmıştır. Frekans değeri iki hane ile gösterilmektedir. Çalışma frekansını göstergeden görülen değerin 10 katıdır. Örneğin gösterge-

100 Hz	120 Hz
140 Hz	160 Hz
180 Hz	200 Hz
220 Hz	240 Hz
260 Hz	280 Hz
300 Hz	320 Hz
340 Hz	360 Hz
380 Hz	400 Hz

Çizelge 1. Çalışma frekansları

den okunan değer 10 ise çalışma frekansını 100 Hz, 40 ise 400 Hz'dir. Bu kat 7447 ortak anotlu yedi hücreli gösterge sürücü entegresi, iki haneli yedi hücreli gösterge ve BC557 anahtarlama transistörlerinden oluşmaktadır. 7447 bir kod çözücü entegresidir. A, B, C ve D uçlarındaki bilgiye göre göstergeleri sürmektedir. A, B, C ve D girişleri PIC1 mikrobilgisayar tarafından kontrol edilmektedir. Hane seçimi PIC1 mikrobilgisayar tarafından kontrol edilen BC557 transistörleri ile sağlanmaktadır. 7447 ile gösterge arasındaki yedi segment bağlantısı 100 ohm'luk dirençler üzerinden yapılır. Bu dirençler gösterge aralığını ayarlar. Direnç değeri küçük olursa parlaklık ve güç harcaması fazladır.

2.4. Yardımcı Kontrol Katı

Bu kat çalışma frekansının ayarlanmasını ve göstergeden gösterilmesini sağlar. Çalışma frekansını yukarı ve aşağı butonları ile ayarlanır ve Merkezi Kontrol Katına iletilir. Bu kat, 16F84A mikrobilgisayarından ve çevre elemanlarından oluşur.

PIC1 çalışma frekansını ayarlamak, göstergede göstermek ve frekans bilgisini Merkezi Kontrol Katına iletmekle görevlidir. Mikrobilgisayarın çalışma frekansını 4 MHz dir. Çalışma frekansını devreye ilk enerji verildiğinde 200

Hz'dir. Çalışma frekansını 100 Hz ile 400 Hz arasında 20 Hz'lik adımlarla ayarlanmaktadır. Çalışma frekansları Çizelge 1'de verilmektedir.

2.5. Merkezi Kontrol Katı

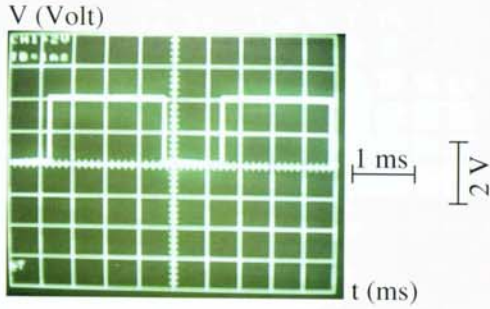
Bu kat motor sürücü entegresini tetiklemek için gerekli olan 6 sinyalin üretilmesini, dönme yönünün ayarlanmasını, frenleme işlemini, çalışma frekansını ve akım korumasını sağlar. Merkezi Kontrol Katı (MKT), Yardımcı Kontrol Katı (YKT) dan aldığı frekans bilgisine göre 6 tetikleme işaretini üretir. Bu işaretlerin periyodu çalışma frekansına bağlı olarak daralır veya genişler. Motor yönü YÖN butonu ile ayarlanır. Bu butonun açık veya kapalı olmasına göre 6 tetikleme işaretinde uygun değişiklikler PIC2 tarafından yapılır. FREN butonu motorun frenlenmesini sağlar. Frenleme 6 tetikleme sinyalinin lojik-0 yapılması ile sağlanır. MKT, Sabit Akım Katından gelen PWM sinyaline bakarak çalışma modunu belirler. PWM lojik-1 olduğunda devre normal çalışma modundadır. PWM lojik-0 ise devre akım koruma modunda çalışır. Akım koruması 3 ENABLE sinyalinin 40µs'lik kare dalgalara bölünmesi ile sağlanır. MKT tüm bu işlemleri PIC ASM dilinde yazılmış kontrol programı ile gerçekleştirir. Bu devreye büyük bir esneklik kazandırır.

2.6. Motor Sürücü Katı

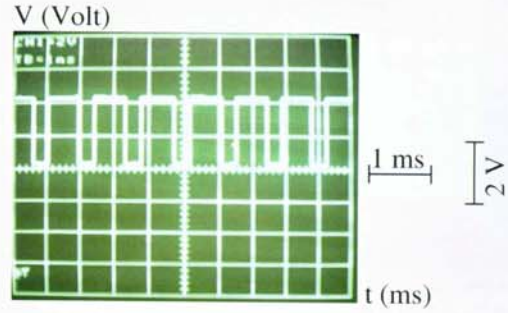
Bu kat 3 fazlı motoru süren kattır. Çalışma gerilimi 8 ile 52 V arasında değişmektedir. Ancak çalışma geriliminin 42 V değerini aşmaması tavsiye edilir. Bu kat L6234 sürücü entegresi ve çevre elemanlarından oluşur. Bu katın denetimi ve L6234 entegresinin tetiklenmesi MKT ile sağlanır.

3. Sonuçlar

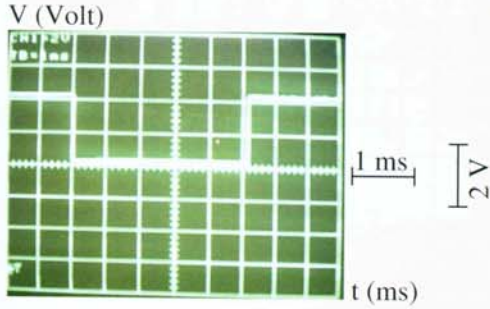
Yapılan çalışmanın sonucunda farklı frekanslarda elde edilen çıkış işaretleri;



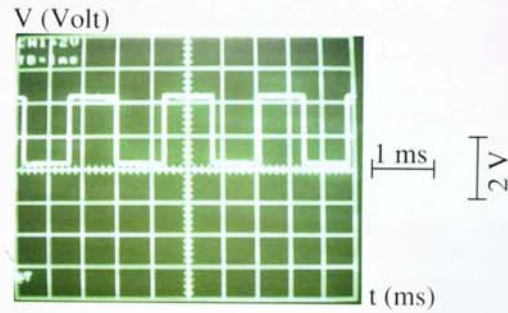
Şekil 3. 100 Hz çalışma frekansındaki etkinleştirme işareti



Şekil 4. 400 Hz çalışma frekansındaki etkinleştirme işareti



Şekil 5. 100 Hz çalışma frekansındaki giriş işareti



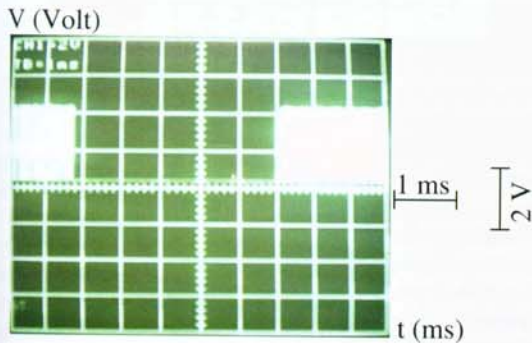
Şekil 6. 400 Hz çalışma frekansındaki giriş işareti

Şekil 3,4,5 ve 6'da giriş işaretleri, 1-0 ve 0-1 geçişlerinin keskin olması gerekir. Bu işaretlerin üretimi 4MHz saat frekansında çalışan bir mikrobilgisayar kullanıldığı için çok keskin 1-0, 0-1 geçiş-

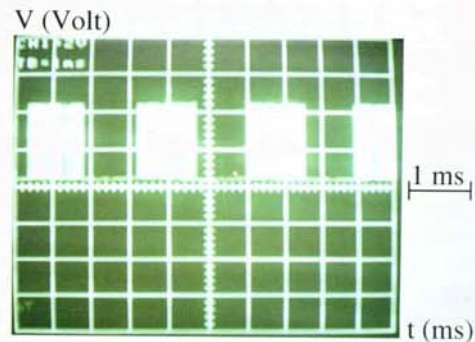
leri elde edilmiştir. Bu işlemci bu geçişleri 1 sn içerisinde gerçekleştirmektedir. Bu çıkışlardan da görüldüğü gibi frekans artmasıyla işaret periyotları azalmaktadır. Akım koruma modunda giriş işa-

retleri 40 sn periyotlu saat darbelerine bölünür.

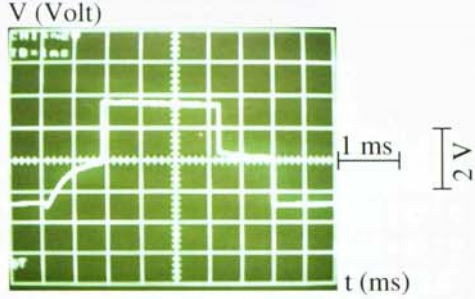
Bu durum Şekil 7 ve 8'de görülmektedir. Akım koruma ve akım korumasız giriş işaretleri aynı pe-



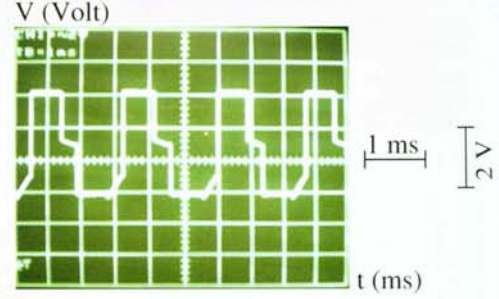
Şekil 7. 100 Hz çalışma frekansında akım korumalı giriş işareti



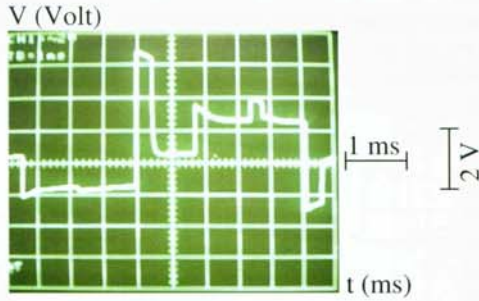
Şekil 8. 400 Hz çalışma frekansında akım korumalı giriş işareti



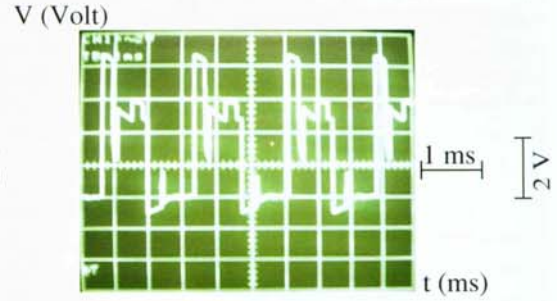
Şekil 9. 100 Hz çalışma frekansındaki çıkış işareti



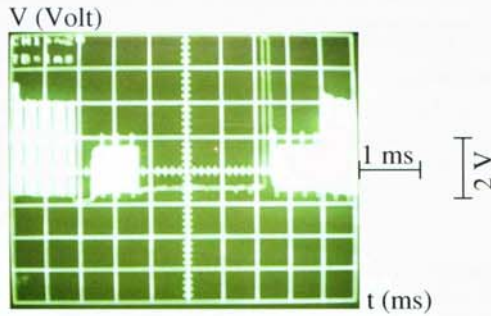
Şekil 10. 400 Hz çalışma frekansındaki çıkış işareti



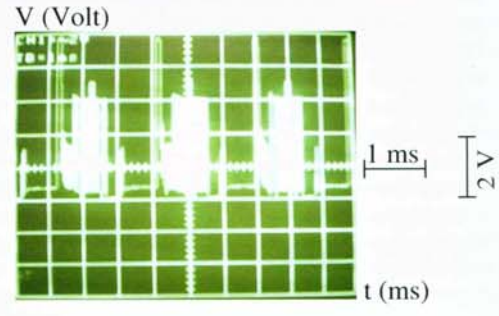
Şekil 11. 100 Hz çalışma frekansında yük altındaki çıkış işareti



Şekil 12. 400 Hz çalışma frekansında yük altındaki çıkış işareti



Şekil 13. 100 Hz çalışma frekansında yük altında akım korumalı çıkış işareti



Şekil 14. 400 Hz çalışma frekansında yük altında akım korumalı çıkış işareti

riyet değerlerine sahiptir. Kontrol devresinde 2 amperlik akım koruması yapılmıştır. Motor sürücü entegresinin çektiği akım 2A' in altında ise devre normal çalışma modundadır ve PWM çıkışı lojik-1 seviyesindedir. Çalışma akımı 2A' i aştığında ise devre akım ko-

ruma (enerji tasarruf) moduna geçer ve PWM çıkışı lojik-0 seviyesine çekilir. Aralarındaki fark akım koruma modunda işaretin 40 sn'lik saat darbelerine bölünmesidir. Çünkü işaretleri etkinleştirme ve giriş işaretleriyle aynı periyottadır. Etkinleştirme ve giriş

işaretlerine ait frekansın artıp azalmasıyla çıkış işaretinin frekansı da artar veya azalır.

Çıkış işareti, yük olmadığı zaman Şekil 9 ve 10'daki gibi, yük altında iken Şekil 10 ve 11'deki'deki gibi ve akım koruma modunday-

ken Şekil 13 ve 14'deki gibi elde edilir.

Yük olmadığı durumda çıkış işareti -3V ile +4V arasında değişir. Yük altında iken çıkış işareti -3V, +7V arasında değişir. Akım koruma modunda ise -2V ile +8V arasında değişir. Umax ve Umin değerleri çalışma frekansından bağımsızdır. Bu değerler tüm çalışma frekans değerlerinde sabit kalır.

4. Değerlendirmeler

Üretilen PWM işareti kullanılarak PIC üzerinden Fırçasız doğru akım motorunun hız kontrolü burada gerçekleştirilmiştir. Geliştirilen yazılım vasıtasıyla belirlenen aralık kapsamında istenen PWM işaretleri üretilmektedir. Darbe genişlik modülasyonu ile yapılmış hız denetimi için deney sonuçları önceki bölümde verilmiştir. Farklı frekanslardaki PWM işaretleri için motorun hız karakteristikleri osiloskopta incelenerek kaydedilmiştir.

Burada anahtarlama frekansı en fazla 50 KHz olabilmektedir. Çalışma frekansı ise devreye ilk enerji verildiğinde 200 Hz'dir. Frekans değerini okumak için kullanılan göstergenin enerji tüketimini azaltmak için 330 ohm'luk dirençler yerine 1K ohm'luk dirençler kullanılmıştır.

L6234 Motor sürücü entegresinin çektiği akım 2A'ın altında ise devre normal çalışma modundadır. Çalışma akımı 2A'i aştığında ise devre akım koruma moduna geçmektedir. Ayrıca motorun yön ve frenlemesi için bir düzene hazırlanmıştır. Çıkış işaretlerinde osilasyonların fazla olmaması dikkat çekmektedir.

“ *Microchip'in PIC serisi 16F84A denetleyicilerin üretim amacı çok fonksiyonlu mantık uygulamalarının hızlı ve ucuz bir denetleyici ile yazılım yoluyla karşılanmasını sağlamaktır. Bu denetleyici 8031 ve 8051 ailesine göre fiyat, çevre birimleri, kolay programlama ve kullanım esnekliği gibi üstün özelliklere sahiptir. PIC elemanı PWM üretimini gerçekleştirmek ve fırçasız doğru akım motorunun hız denetimini sağlamak için kullanılmıştır.* ”

Çizelge 1'de verilen frekans değerleri 20Hz aralıklarla değiştirilerek sistemin değişimi gözlemlenmiştir. Tüm işlemlerin PIC ASM dilinde yazılmış kontrol programı ile gerçekleştirilmesi bu devreye büyük bir esneklik kazandırmıştır.

5. Öneriler

Darbe genişlik modülasyonunun eviricilerde kullanılmaya başlanması, eviricilerin performansını artırmıştır. Bu makalede fırçasız DA motorun darbe genişlik modülasyonu kullanılarak denetimi sağlanmaya çalışılmıştır. Yapılan çalışma açık çevrim bir denetim sağladığından elde edilen sonuçlar ileri için olumludur.

Devrenin çalışma gerilimi 8 V ile 52 V arasında değişmektedir. Çalışma geriliminin artırılması devrenin kullanım alanlarını genişletir. Devre, çalışma akımı maksimum 4 A olacak şekilde tasarlanmıştır. Çalışma akımı artırılması devrenin büyük güçteki yüklerin sürmesine olanak verecektir.

Devre 2 A sabit değerli akım korumasına sahiptir. Akım koruması kart üzerindeki karşılaştırmacı entegresi ile gerçekleştirilmektedir. Devrede karşılaştırmacı yerine bir

ADC'nin (analog dijital dönüştürücü) kullanılması farklı akım değerleri için de akım koruması yapılmasını sağlar.

Devrede çalışma frekansı 100 Hz ile 400 Hz arasında 20 Hz'lik adımlarla değişmektedir. Devre üzerindeki mikrobilgisayarların programlarında değişiklik yapılarak çalışma frekans bant genişliği artırılabilir ve çalışma frekansı adım aralıkları küçültülebilir. Ayrıca devreye küçük bir eklemeye yapılarak devrenin bilgisayar ile haberleşmesi sağlanabilir. Mikroişlemci kullanıldığı için sistem gelişen tümleşik entegre teknolojisine uygundur. Bu da, özellikle küçük cihazlarda kullanılan motorların denetimi için iyi bir uygulama olacaktır [3].

6. Kaynaklar

1. Bal, G., *Özel Elektrik Makinaları, Seçkin Yayıncılık San. ve Tic. A.Ş., Ankara, 2004.*
2. <http://www.univ-lille1.fr/l2ep/commande/c-xa-ke-P18.jpg>
3. Güven, A. F., *"PWM İşaretinin Mikroişlemci ile Üretimi ve Denetimi", Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2004.*