

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DEĞİŞKEN PWM FREKANSLI PI TİPİ
DC MOTOR KONTROLÜ**

Mak. Müh. Özgün GÜNAY

**FBE Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı Bilgisayar Mühendisliği Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Prof. Dr. A. Coşkun SÖNMEZ

İSTANBUL, 2007

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	iv
KISALTMA LİSTESİ	v
ŞEKİL LİSTESİ	vi
ÇİZELGE LİSTESİ	viii
ÖNSÖZ.....	ix
ÖZET	x
ABSTRACT	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. DOĞRU AKIM MOTORLARI.....	2
2.1 Genel.....	2
2.2 Kullanılan Motorun Özellikleri	3
2.3 Motor Devir Ölçümü	4
2.4 Motor Test Sonuçları	6
3. MOTOR SÜRÜCÜ DEVRESİ VE KAYIPLARI.....	7
3.1 Genel.....	7
3.2 Seçilen devre elemanları.....	9
3.3 Sürücü devresinin kayıpları	10
4. KONTROL DONANIMI	12
4.1 PIC 16F877'nin genel yapısı	12
4.2 Yakalama (Capture) modülünün devir hızının ölçümünde kullanımı	16
4.3 PWM modülünün motor hız kontrolünde kullanımı	17
5. SİSTEM MODELİ	20
6. PI KONTROLÖR TASARIMI.....	27
6.1 15kHz'lik PWM ile sürülen sistem için PI tipi kontrolör tasarımı	27
6.2 20kHz'lik PWM ile sürülen sistem için PI tipi kontrolör tasarımı	29
6.3 25kHz'lik PWM ile sürülen sistem için PI tipi kontrolör tasarımı	31
6.4 20-25kHz arasında değişen PWM frekansı ile sürülen sistem için değişken parametrelili PI tipi kontrolör tasarımı	32
7. SONUÇLAR ve ÖNERİLER	35
KAYNAKLAR.....	37
EKLER	38

Ek 1 IRF640 Mosfet katalođu	39
Ek 2 1N4007 Diyot katalođu	44
Ek 3 DME Motor katalođu	46
Ek 4 Değişken frekanslı ve sabit frekanslı sistemlerin hız değişimi	48
ÖZGEÇMİş	49

SİMGE LİSTESİ

Ω	Ohm
A	Amper
f	Frekans
V	Voltaj
W	Watt
P	Watt

KISALTMA LİSTESİ

AC	Alternating Current (Alternatif Akım)
AGK	Anahtarlama Güç Kaynağı (Switch Mode Power Supply)
ALU	Arithmetic Logic Unit
BEMF	Back Electromagnetic Flux (Test Elektro Motor Kuvveti)
CPU	Central Processing Unit (Merkezi İşlem Birimi)
DC	Direct Current (Doğru Akım)
DO	Doluluk Oranı (Duty Ratio)
EMF	Electromagnetic Flux (Elektro Motor Kuvveti)
FM	Frekans Modülasyonu
IGBT	Insulated Gate Bipolar Transistor
MOSFET	Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor
PI	Proportional Integral
PWM	Pulse Width Modulation (Darbe Genişlik Modülasyonu)
TTL	Transistor Transistor Logic

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Temel 2 kutuplu fırçalı doğru akım motoru	2
Şekil 2.2 DME–34BEA 50G–54 model motor.....	3
Şekil 2.3 DME–34BEA 50G–54 model motorun karakteristik eğrileri	4
Şekil 2.4 Optik kodlayıcı elemanları	5
Şekil 2.5 Optik kodlayıcı devre şeması	5
Şekil 2.6 Hall effect sensörü elemanları.....	5
Şekil 2.7 Motor test sistemi	6
Şekil 3.1 Fırçalı motor sürücüsünün devre şeması	7
Şekil 3.2 N kanallı çoğalan tip mosfet sembolü	7
Şekil 3.3 MOSFET iletim karakteristiği.....	8
Şekil 3.4 MOSFET tiplerinin sembolleri.....	8
Şekil 3.5 Kodlayıcılı motor, sürücü devresi ve mikrodenetleyici	9
Şekil 3.6 Anahtarlama kayıplarının, anahtarlama frekansı ile değişimi	11
Şekil 3.7 Sürücü toplam kayıplarının, anahtarlama frekansı ile değişimi	11
Şekil 4.1 Mikrodenetleyici mimarileri	12
Şekil 4.2 Komut işleyişi	13
Şekil 4.3 PIC16F877 Pin dizilimi ve açıklamaları	15
Şekil 4.4 Düşük devirlerde 2 yükselen köşe arasındaki zamanın gösterimi.....	17
Şekil 4.5 Yüksek devirlerde 2 yükselen köşe arasındaki zamanın gösterimi	17
Şekil 4.6 Doluluk oranı ile etkin gerilim değerinin değişimi	18
Şekil 5.1 Frekansa göre basamak girişine sistem tepkisi.....	21
Şekil 5.2 Sistem belirleme modülünde sistem modelinin çıkarılması.....	21
Şekil 5.3 15kHz’lik sistem için, ölçüm sonuçları ile model simülasyon sonucunun farkı.....	22
Şekil 5.4 20kHz’lik sistem için, ölçüm sonuçları ile model simülasyon sonucunun farkı.....	22
Şekil 5.5 25kHz’lik sistem için, ölçüm sonuçları ile model simülasyon sonucunun farkı.....	23
Şekil 5.6 Sistem modellerinin basamak fonksiyon cevabı için yerleşme süresi	24
Şekil 5.7 Sistem modellerinin basamak fonksiyon cevabı için yükselme süresi	25
Şekil 5.8 Sistem modellerinin darbe fonksiyon cevabı için en yüksek genlikler	26
Şekil 6.1 Sistem modeli	27
Şekil 6.2 15kHz’lik sistemin root locus gösterimi	27
Şekil 6.3 15kHz’lik kontrolörlü sistemin root locus gösterimi	28
Şekil 6.4 15kHz’lik kontrolörlü sistemin basamak cevabı	28
Şekil 6.5 20kHz’lik sistemin root locus gösterimi	29
Şekil 6.6 20kHz’lik kontrolörlü sistemin root locus gösterimi	29

Şekil 6.7 20kHz’lik kontrolörlü sistemin basamak cevabı	30
Şekil 6.8 25kHz’lik sistemin root locus gösterimi	31
Şekil 6.9 25kHz’lik kontrolörlü sistemin root locus gösterimi	31
Şekil 6.10 25kHz’lik kontrolörlü sistemin basamak cevabı	32
Şekil 6.11 20-25kHz’lik değişken PWM frekanslı PI kontrolörün simulink modeli	33
Şekil 7.1 Değişken ve sabit PWM frekanslı sistemlerin, basamak giriş tepkisi	35
Şekil 7.2 Değişken ve sabit PWM frekanslı sistemlerin, basamak giriş tepkisinin detay görünümü	36

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 3.1 Sürücü devresinin elemanları	9
Çizelge 3.2 %50 doluluk oranında, anahtarlama frekansına göre sürücü kayıpları	10
Çizelge 4.1 PIC16F877'nin özellikleri.....	15
Çizelge 4.2 20kHz ve 25kHz için PIC16F877'nin parametreleri.....	19
Çizelge 5.1 15kHz, 20kHz ve 25kHz için sistemin tepkisi	20

ÖNSÖZ

Doğru akım motorları, düşük maliyeti, bakım gerektirmemesi, kolay kontrol edilebilmesi ve kolay bulunabilirliği nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır. Motorun devir hızı, besleme voltajının darbe genişliği değiştirilerek verimli ve etkili şekilde kontrol edilebilir. Fakat sistem frekansının sabit olması durumunda performans veya verimlilik arasında tercih yapılması anlamına gelmektedir. Günümüz mikrodeneleyicileri çalışma anında sistem frekansının değişimine olanak vermektedir, fakat sistem frekansının değişimi sistem modelini değiştirmektedir. Sistemin performansını kaybetmeden verimlilik artışını sağlamak için parametreleri değişebilen PI tipi kontrolör oluşturdum. P ve I parametreleri, referans hızın değişimine göre değişmektedir. Ani hız değişimlerinde performansın yükselmesini, yavaş hız değişimlerinde ise kayıpların azalarak verimliliğin artması sağlanmaktadır.

Bu çalışmama destek olan ve yol gösteren Prof. Dr. Coşkun Sönmez'e teşekkürlerimi sunarım.

ÖZET

DC motorlar, kolay kontrol edilebilirliği, ucuz oluğu, uzun ömürlülüğu ve bakım gerektirmemesi dolayısıyla geniş kullanım alanına sahiptir. Motorun devir hızı, besleme voltajının darbe genişliği değiştirilerek verimli ve etkili şekilde kontrol edilebilir (PWM metodu). PWM frekansı, kontrolörün performansını belirlerken, PWM doluluk oranı motorun hızını belirler. Mikrodenetleyici olarak, ucuz oluğu, kolay geliştirme ortamı, seri haberleşme birimi oluğu, yakalama (capture) girişinin olması ve PWM modülü içermesi dolayısıyla Microchip firmasının PIC16F877 ürünü seçildi. Mikrodenetleyici, hedef motor hızını, analog girişinden alır, optimum P ve I parametrelerini hesaplar, motora uygun PWM frekansı ve doluluk oranı çıkışı belirler. Optimum kontrolör parametreleri ve PWM frekansı seçildiğinden, yavaş hız değişimlerinde verimlilik, yüksek hız değişimlerinde ise performans sağlanmaktadır.

ABSTRACT

DC motors widely used, due to the easy controllability, inexpensive prices, durability and less maintenance requirements. Speed of DC motor can be controlled efficiently and effectively by changing the wideness of pulses. PWM frequency determines the controller performance and PWM duty ratio determines the speed. PIC 16F877A microcontroller is chosen due to inexpensive prices, simple development environment, serial interface, capture module and PWM module. The microcontroller takes the target speed from analog input, calculates the optimum P and I parameters according to the variations of the target speed, determine the PWM frequency and duty ratio as an output. Due to the optimum controller parameters and PWM frequency, system efficiency increases in slow speed variations, performance increases in high speed variations.

1. GİRİŞ

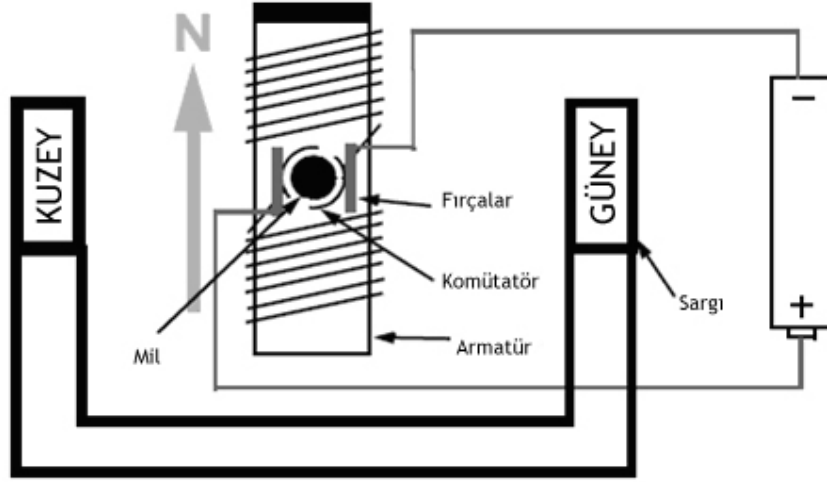
Doğru akım motorları, düşük maliyeti, hız kontrolünün kolay olması, geniş güç ve tork aralığında kolay bulunabilirliği ve bakım gerektirmemesi nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada, darbe genişlik modülasyonu (PWM) metodu ile doğru akım motorunun hız kontrolü yapılmıştır. PWM metodunda doluluk oranı (DO), devir hızını belirlerken, frekans, kayıpları ve performansı belirler. PWM frekansının değişimi, sistem modelini de değiştirdiğinden, PI kontrolörünün parametreleri de PWM frekansının değişimlerine göre değişmektedir. Sistem, ani hız değişimlerine hızlı cevap verebilmesi için, PWM frekansını yükseltir. Bu sayede kontrolörün performansı yükselirken, kayıplar artar, dolayısıyla sistem verimi düşer. Sistemde, yavaş hız değişimlerinde ve sabit hızlarda ise PWM frekansı düşürülerek kayıplar azaltılır, dolayısıyla sistem verimi artar. Kontrol donanımı olarak kolay bulunabilirliği, basit geliştirme ortamı olması ve düşük maliyeti dolayısıyla, Microchip firmasının PIC17F877A ürünü seçilmiştir.

2. DOĞRU AKIM MOTORLARI

2.1 Genel

Elektrik enerjisini mekanik enerjiye dönüştüren aygıtlara elektrik motorları denir. Her elektrik motoru biri sabit (Stator) ve diğeri kendi çevresinde dönen (Rotor ya da Endüvi) iki ana parçadan oluşur.

Doğru akım motorlarının çalışma prensibi ilk kez Faraday tarafından ortaya konulmuştur. Faraday'ın bulduğu doğru akım motorlarının çalışma prensibi, “Manyetik alan içerisinde bulunan bir iletkenin elektrik akımı geçirilirse iletken hareket eder.” şeklinde ifade edilebilir. N-S kutuplarından meydana gelen mıknatısın manyetik hatlarının yönünün N'den S'ye doğru olduğu kabul edilir. Diğer taraftan, bir iletkenin elektrik akımı geçerse bu iletkenin etrafında bir manyetik alan meydana gelir. Doğru akım motorlarının çalışma prensibi, mıknatısın ve üzerinden elektrik akımı geçen iletkenin etrafında meydana gelen manyetik hatların, birbirini itmesi ile gerçekleşmektedir.



Şekil 2.1 Temel 2 kutuplu fırçalı doğru akım motoru

Rotorun sürekli dönmesi, her yarım devirde kolektör dilimleri ile temas durumunda olan fırçalar aracılığı ile sağlanmaktadır. Fırçalar ve komütatör, sargılardan geçen akımın yönünü, her yarım devirde bir değiştirmektedir.

$$\text{Mekanik Güç (watt)} = \text{Tork (Nm)} \cdot \pi \cdot \text{Devir Hızı (dev/dak)} / 30 \quad (2.1)$$

$$\text{Elektrik Güç (watt)} = \text{Gerilim (volt)} \cdot \text{Akım (amp)} \quad (2.2)$$

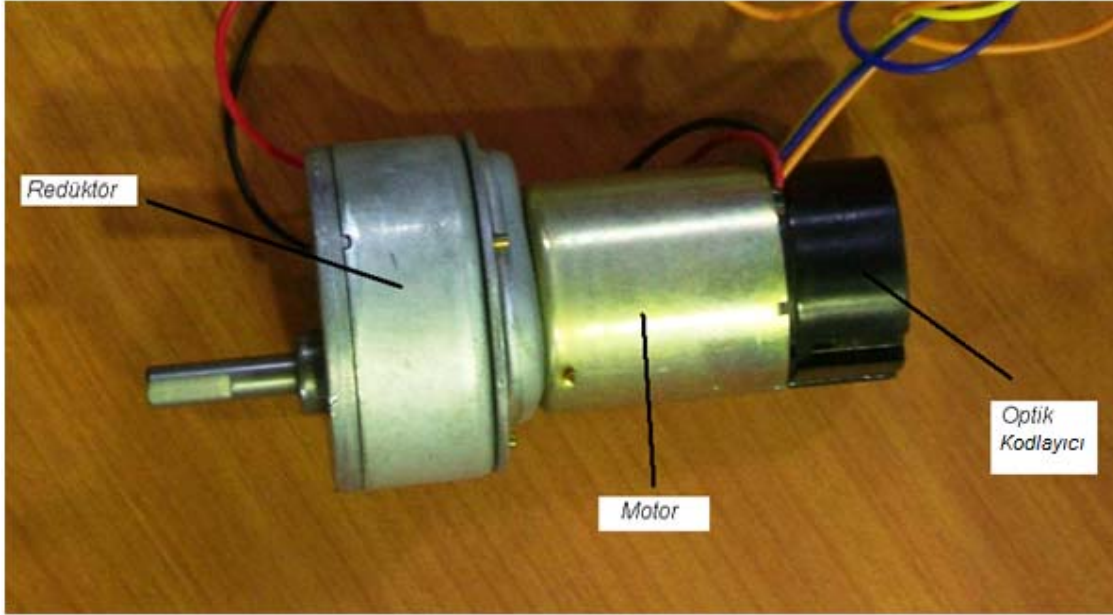
2.2 Kullanılan Motorun Özellikleri

Bu çalışmada “Japan Servo Co.” firmasının DME – 34 B E A 50G – 54 model ürünü kullanıldı. Model kodunun açılımı aşağıdaki gibidir;

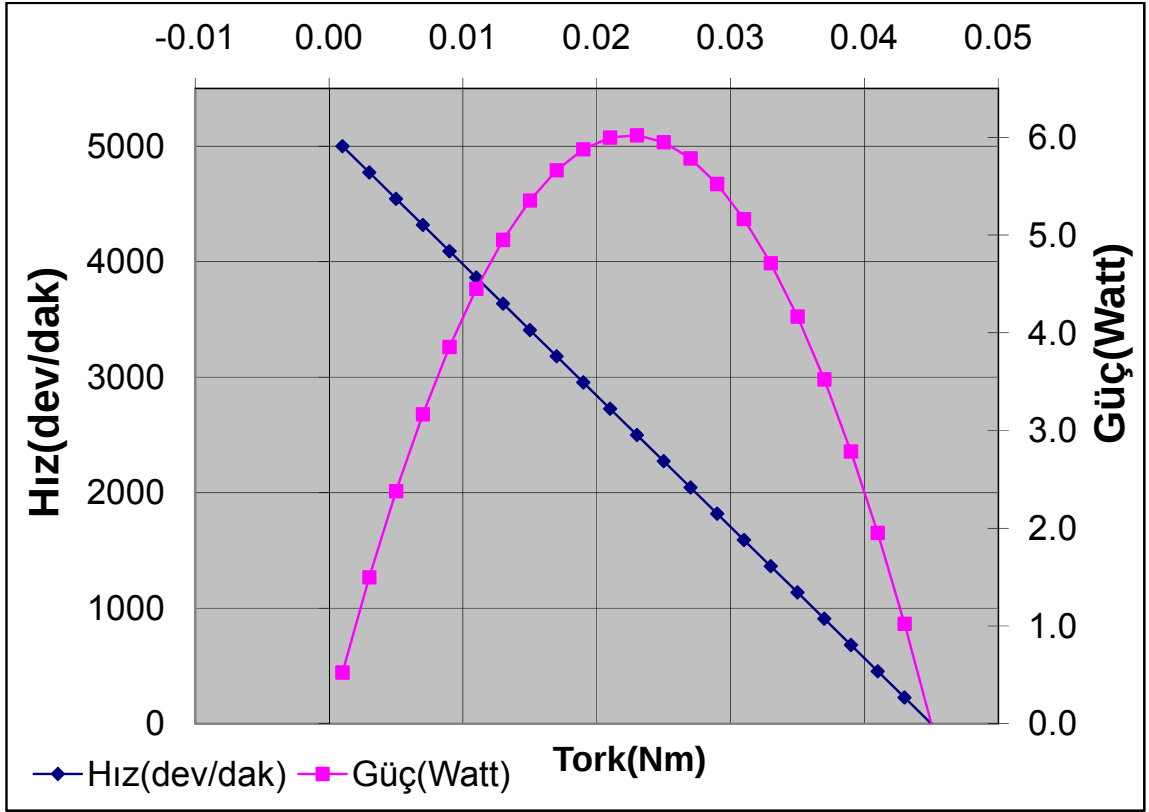
- DME Serisi
- 34 : 34mm çapında
- B : 4.5watt’lık orta güçte
- E : 24darbe/dev’lik optik kodlayıcısı var.
- A : 12DCV’luk
- 50G–54 : 50G redüktör tipinde, 54:1 redüksiyon oranında

Motorun karakteristik özellikleri;

- Maksimum Devir : 5000dev/dak (12DCV’da moment yok iken.)
- Anma Torku : 11.8mN-m
- Anma Akımı : 0.65amp
- Anma Hızı : 3700dev/dak
- Yük yokken Hız-Akım : 5000dev/dak - 0.04amp
- Durma hızında Tork : 45mN-m



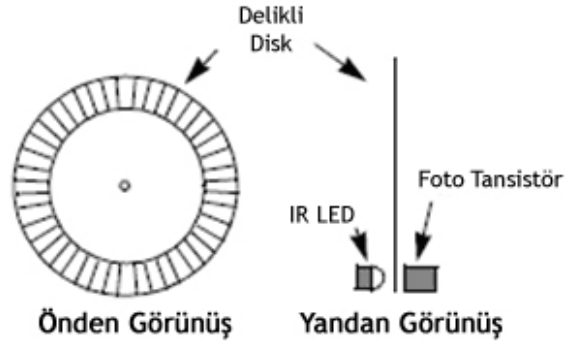
Şekil 2.2 DME–34BEA 50G–54 model motor



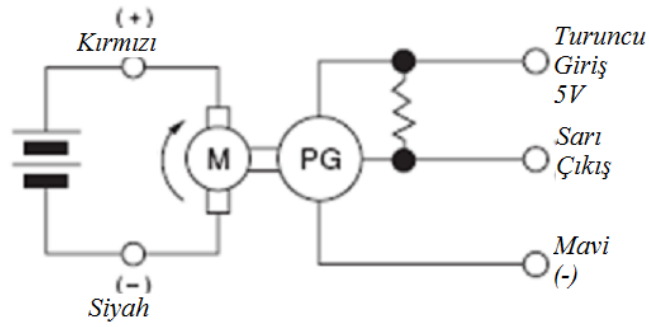
Şekil 2.3 DME-34BEA 50G-54 model motorun karakteristik eğrileri

2.3 Motor Devir Ölçümü

Motor devrinin ölçümü için çok çeşitli metodlar ve sensörler bulunmaktadır. Bunlardan optik kodlayıcı (enkoder) sensörü ile hall effect sensörü en yaygın olarak kullanılmaktadır. Optik kodlayıcılar, delikli disk, optik vericisi ve alıcısından oluşmaktadır. Delikli disk, motorun arkasından motorun miline monte edilir. Kapalı hazne içindeki diskin bir yüzeyinden infrared LED ile ışık verilir, delikten geçen ışık diskin diğer yüzeyindeki photo transistörü aktif hale getirir ve fototransistör sinyal üretir. Motorun mili döndükçe delikli disk döner. Fototransistör, milin bir turunda diskteki delik sayısı kadar sinyal üretir. Bu sinyalin frekansı, milin hızını verir. Eğer yön bilgisi de gerekiyorsa, birden fazla sıralı ve simetrik olmayan delikli diskler kullanılır. Bu tip sensörlerin dezavantajı, düşük devir hızlarında, iki delik arasında geçen zaman çok uzun olacağından ölçüm süresinin uzamasıdır.

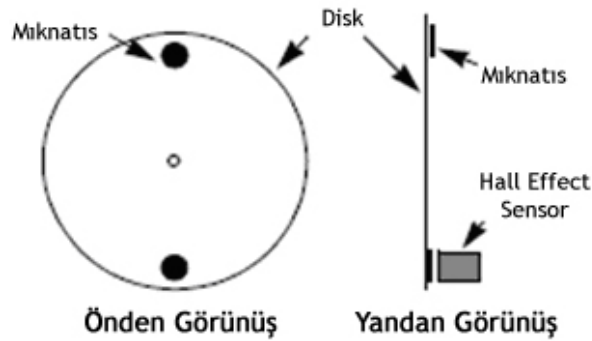


Şekil 2.4 Optik kodlayıcı elemanları



Şekil 2.5 Optik kodlayıcı devre şeması

Hall effect sensöründe ise motor miline takılan diskde, delikler yerine mıknatıslar bulunmaktadır. Motorun mili döndükçe üzerinde mıknatıslar bulunan disk döner. Hall effect sensörü, milin bir turunda diskdeki mıknatısların sayısı kadar sinyal üretir.

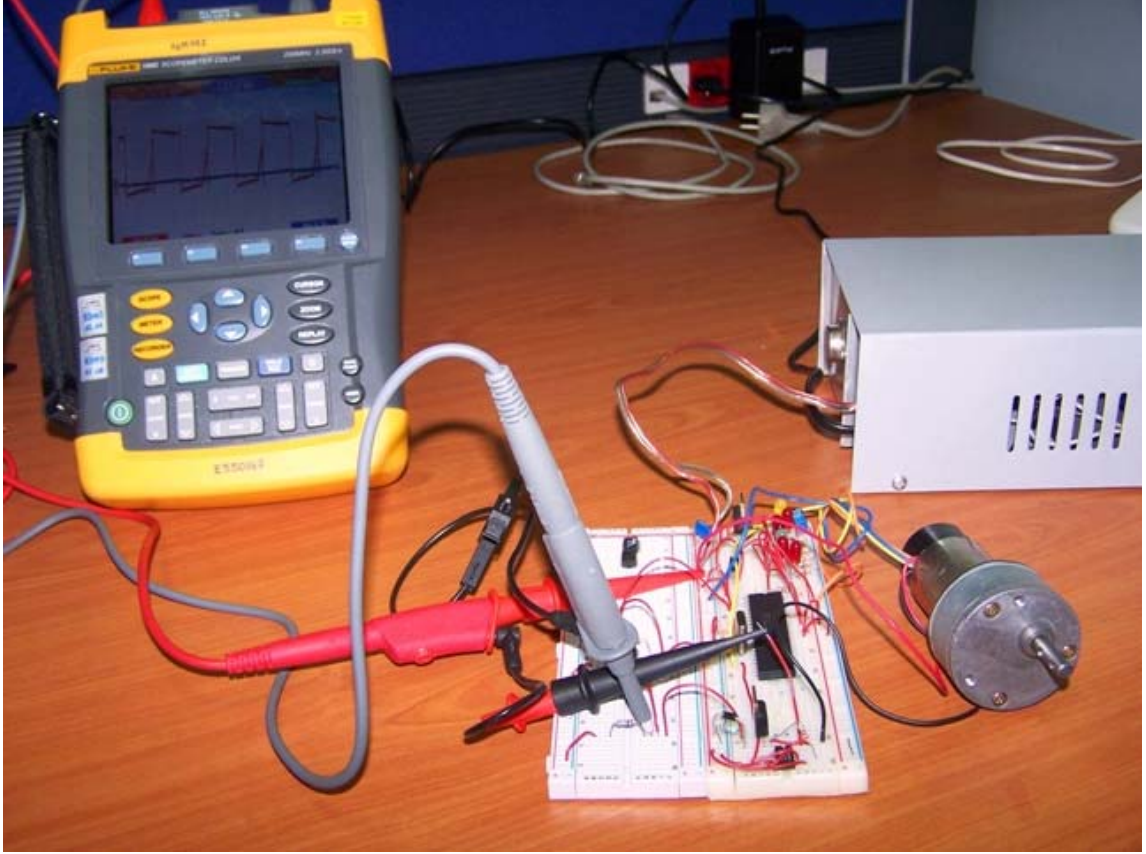


Şekil 2.6 Hall effect sensörü elemanları

Bu çalışmada, 24darbe/dev'lik optik kodlayıcılı motor kullanıldı.

2.4 Motor Test Sonuçları

Bu çalışmada, 13.5DCV'luk güç kaynağı kullanıldı. Motor, 13.5DCV ile beslenirken ve motor milinde moment yok iken motorun optik kodlayıcısından milin devir hızı 5830dev/dak olarak ölçüldü. Bu aynı zamanda sistemin çıkabileceği en yüksek devir hızıdır. Redüktörün çıkış devri ise 108dev/dak olmaktadır. Optik kodlayıcı tur başına 24 darbe verdiği için motor mili 5830dev/dak devir hızında iken kodlayıcının çıkış sinyalinin frekansı 2330Hz olmaktadır.

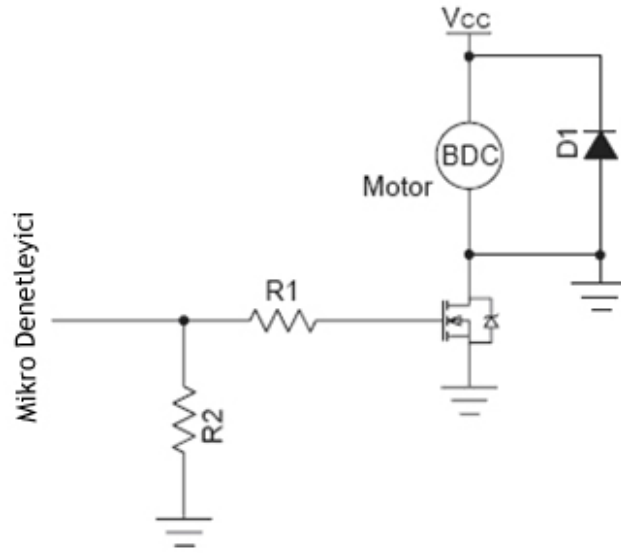


Şekil 2.7 Motor test sistemi

3. MOTOR SÜRÜCÜ DEVRESİ VE KAYIPLARI

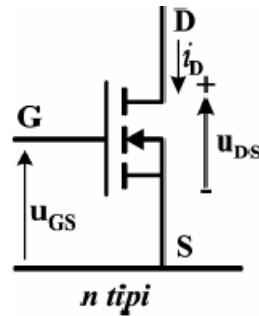
3.1 Genel

Sürücü devreleri, kontrolör kullanılan ve hız kontrolü gereken uygulamalarda gereklidir. Sürücü devresinin amacı, kontrolörün motorun akımını değiştirmesini sağlamaktır. Analog kontrol yönteminde devreye seri olarak eklenmiş değişken direnç ile motorun hızı değiştirilir. Bu uygulamada kullanılan sürücü devresi ile motor, darbe genişliği ayarlanmış (PWM) voltaj ile beslenir. Enerji sarfiyatı açısından bu yöntem geleneksel analog kontrol yöntemine göre daha verimlidir. Eğer motor sadece bir yönde döndürülerek kullanılacak ise MOSFET, MOSFET sürücüsü, diyot ve iki adet direnç (Şekil 3.1) yeterlidir.



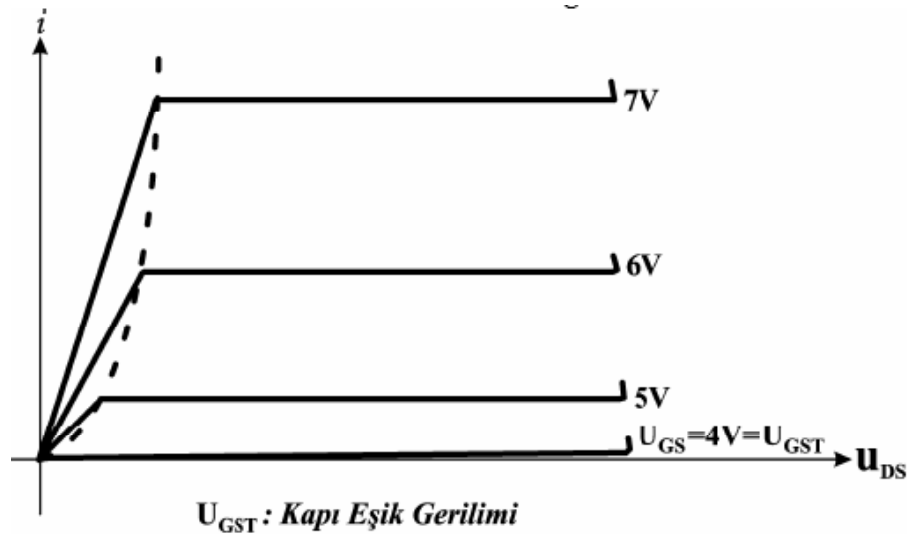
Şekil 3.1 Fırçalı motor sürücüsünün devre şeması

MOSFET, güç elektroniğinde en çok kullanılan yarıiletken devre elemanıdır. Devrede gerektiğinde iletken, gerektiğinde yalıtkan olarak bir nevi anahtar görevi görür. (Şekil 3.2)



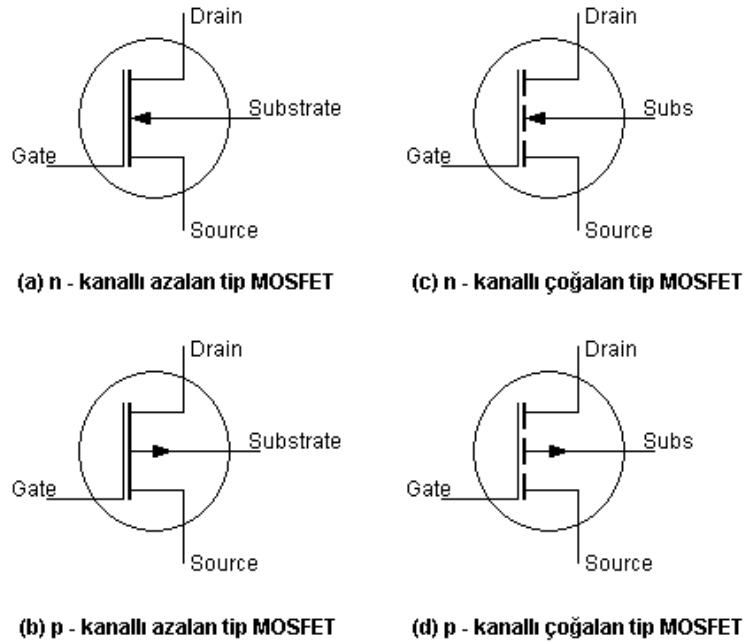
Şekil 3.2 N kanallı çoğalan tip mosfet sembolü

Drain, source ve gate olmak üzere 3 terminali bulunur. G-S terminalleri arasındaki potansiyel farka bağımlı olarak D-S arasındaki akım geçişini belirler.



Şekil 3.3 MOSFET iletim karakteristiği

4 farklı tipde bulunmaktadır.



Şekil 3.4 MOSFET tiplerinin sembolleri

MOSFET sürücüsü, mikrodenetleyicinin TTL tipi çıkış sinyalini MOSFET'in tetikleme eşik seviyesine çıkarır ve gerekli akımı sağlar.

MOSFET kapalı durumdayken ve motor dönüyorken BEMF voltajı oluşur. Diyot, bu voltajın

MOSFET'e zarar vermesini önler.

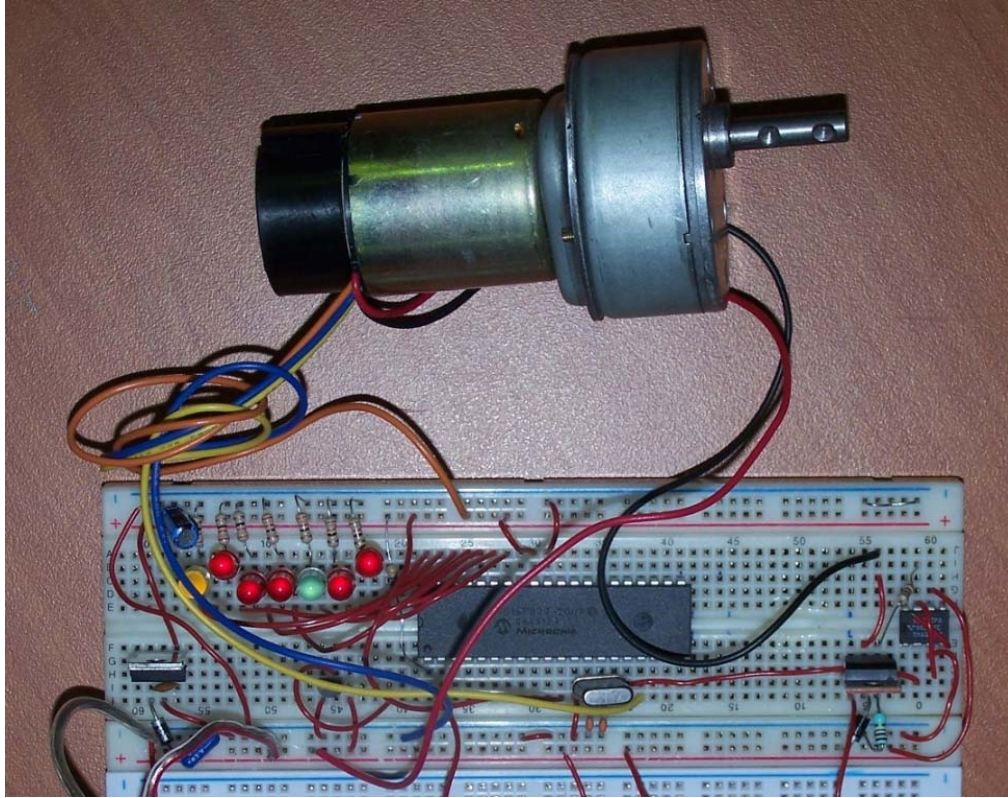
R1 direnci mikrodeneetleyiciyi ani gelebilecek olan yüksek voltajlardan korur. R2 direnci ise mikrodeneetleyici çıkışını kapadığında, MOSFET'in gate terminalinde potansiyel farkın 0'a düşmesini garantiye alır.

3.2 Seçilen devre elemanları

Bu uygulamada kullanılan sürücü devresindeki devre elemanları aşağıdaki gibidir;

Çizelge 3.1 Sürücü devresinin elemanları

IRF640 MOSFET	$r_{DS(ON)} = 0.180\Omega$ $I_D = 18A$, $V_{DS} = 200V$ $t_{SW} = 150ns$
Diyot	1N4007
R1 Direnç	25Ω
R2 Direnç	$12k\Omega$



Şekil 3.5 Kodlayıcı motor, sürücü devresi ve mikrodeneetleyici

3.3 Sürücü devresinin kayıpları

Sürücü devresinde, iletim kayıpları (conduction loss) ve anahtarlama kayıpları (switching loss) kayıpları oluşmaktadır.

İletim kayıpları, akım, MOSFET üzerinden geçerken oluşur.

$$P_{Cond} = I_{DS}^2 \cdot R_{DS} \cdot DO \quad (3.1)$$

Anahtarlama kayıpları, MOSFET'in açılıp kapanması sırasında oluşur. MOSFET açılırken, kapanırken ve kapasitif deşarj sırasında olmak üzere 3 bölümden oluşur. Anahtarlama frekansıyla orantılıdır.

$$P_{SW} = I_{DS} \cdot V_{DS} \cdot t_{SW} \cdot f_{SW} + \frac{1}{2} \cdot C_{DS} \cdot V_{DS}^2 \cdot f_{SW} \quad (3.2)$$

Toplam kayıplar;

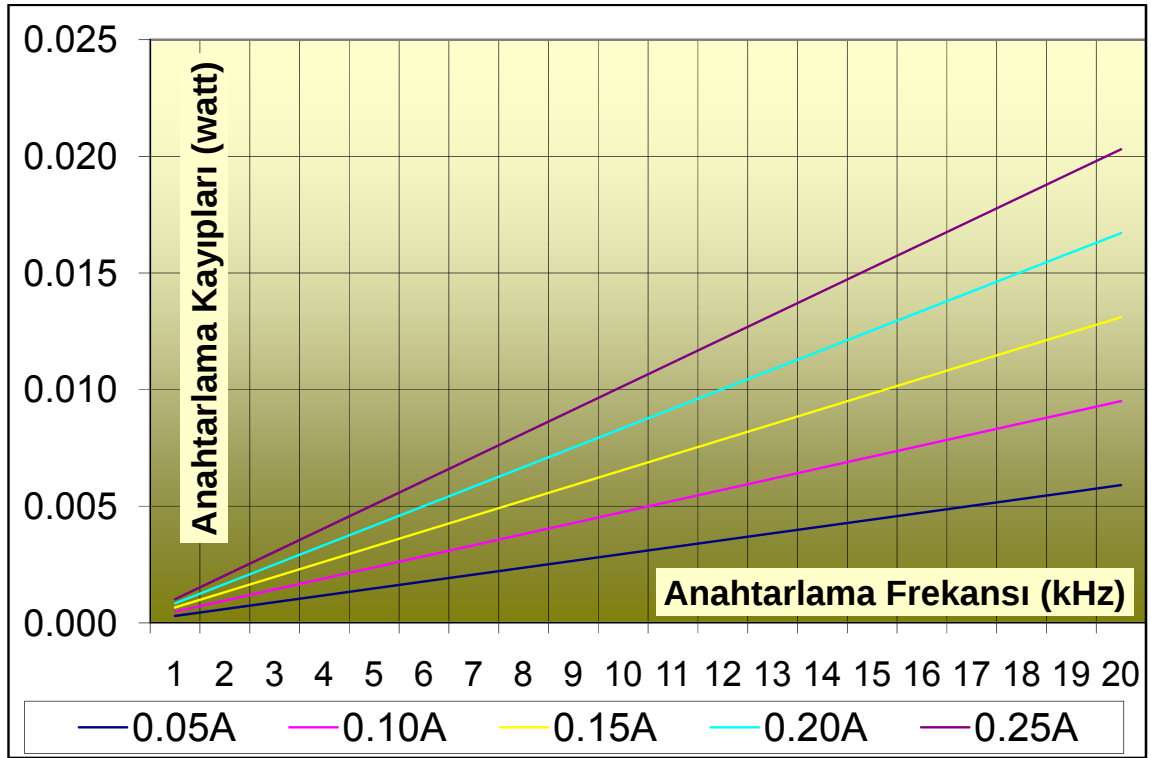
$$P_{tot} = P_{Cond} + P_{SW} = I_{DS}^2 \cdot R_{DS} \cdot DO + I_{DS} \cdot V_{DS} \cdot t_{SW} \cdot f_{SW} + \frac{1}{2} \cdot C_{DS} \cdot V_{DS}^2 \cdot f_{SW} \quad (3.3)$$

Aşağıdaki koşulları sağlayan sistemin anahtarlama frekansına göre kayıpları Çizelge 3.2'de gösterilmiştir.

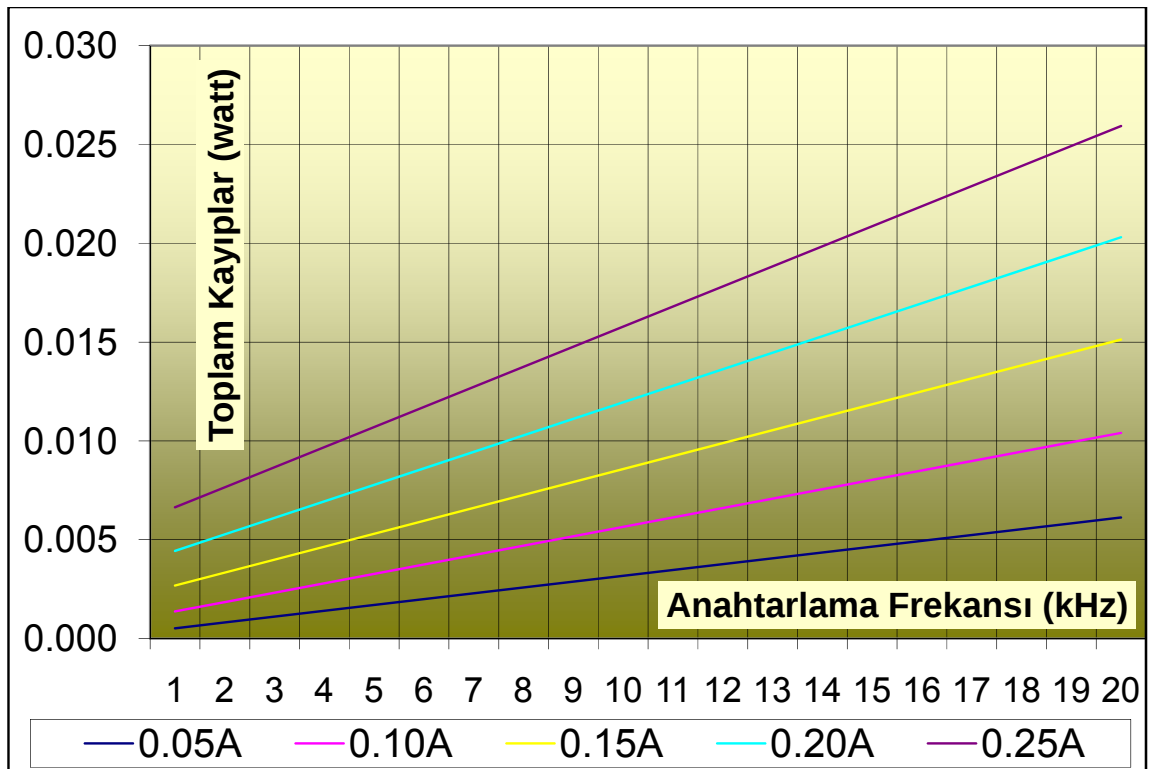
$r_{DS(ON)} = 0,18 \text{ ohm}$
 $I_{DS} = 0,05 \text{ amp}$
 $V_{DS} = 24 \text{ V}$
 $C_{OSS} = 400 \text{ pF}$
 $DO = 0,5$
 $t_{SW} = 150 \text{ ns}$

Çizelge 3.2 %50 doluluk oranında, anahtarlama frekansına göre sürücü kayıpları

Frekans (kHz)	P _{Cond} (watt)	P _{SW} (watt)	P _{Total} (watt)
6	0,000225	0,0017712	0,0019962
8	0,000225	0,0023616	0,0025866
10	0,000225	0,0029520	0,0031770
12	0,000225	0,0035424	0,0037674
14	0,000225	0,0041328	0,0043578
16	0,000225	0,0047232	0,0049482
18	0,000225	0,0053136	0,0055386
20	0,000225	0,0059040	0,0061290



Şekil 3.6 Anahtarlama kayıplarının, anahtarlama frekansı ile değişimi

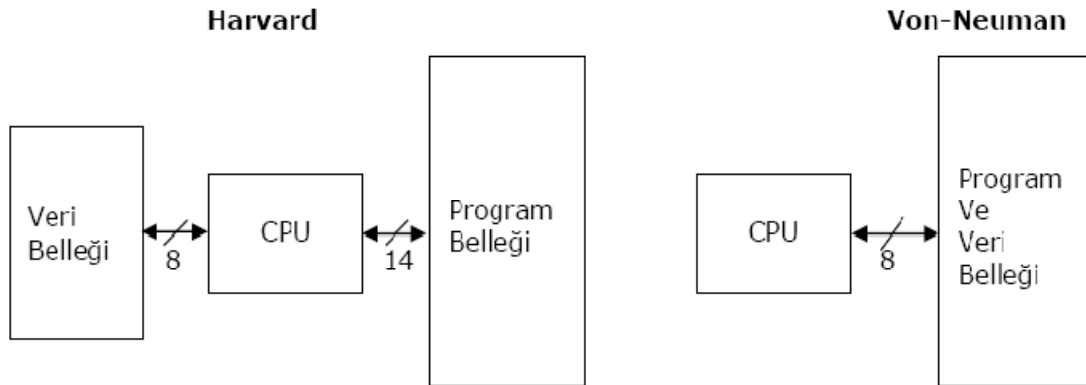


Şekil 3.7 Sürücü toplam kayıplarının, anahtarlama frekansı ile değişimi

4. KONTROL DONANIMI

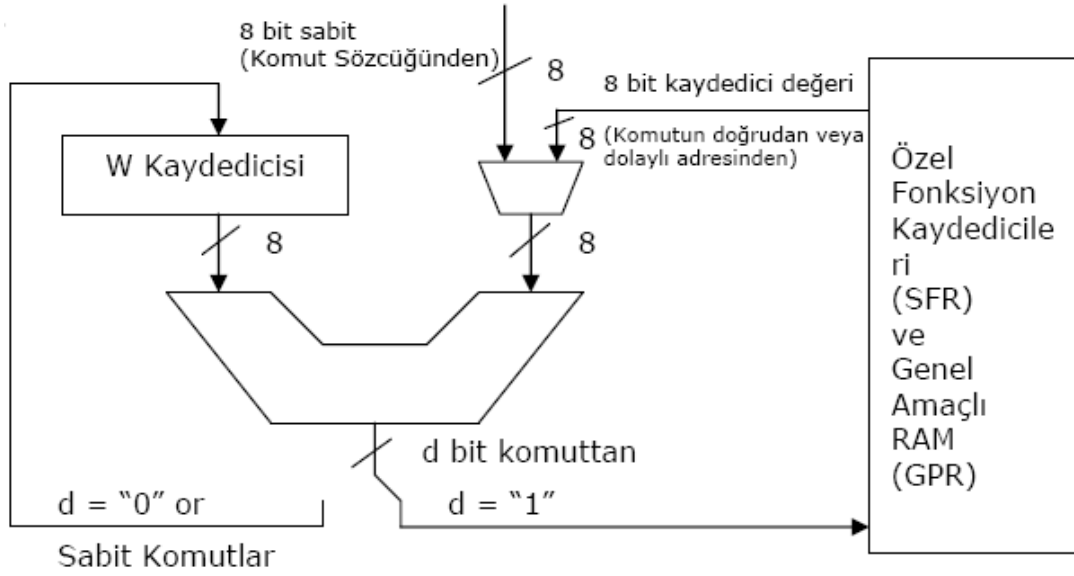
4.1 PIC 16F877'nin genel yapısı

PIC 16F87X serisi öncelikle, PIC 16CXX ailesinin özelliklerini taşır. PIC 16CXX'de Harvard mimarisi kullanılmıştır. Von Neuman mimarisinde, veri ve program belleğine aynı yoldan erişilebilirken, bu mimaride program belleği ve veri belleğine erişim farklı boylarda yapılır. Veri yolu (databus) 8 bit genişliğindedir. Aynı anda, veri belleğine 8 bit genişliğindeki bu yolla erişilirken; program belleğine program yolu ya da adres yolu (program bus / adress bus) denilen 14 bit genişliğindeki diğer bir yolla erişilir. Bunun için PIC 16F87X serisinde komut kodları (opcode), 14 bittir. 14 bitlik program belleğinin her bir adresi, bir komut koduna (Instruction Code / Instruction Word) karşılık gelir. Dolayısıyla her komuta bir çevrim süresinde (cycle) erişilir ve komut kaydedicisine yüklenir. Komut kaydedicisi, CPU tarafından kullanılan bir kaydedicidir ve dallanma komutları dışındaki bütün komutlar, aynı çevrim süresinde çalıştırılırlar. Bu sırada program sayacı, PC (Program Counter) bir artar. Dallanma ya da sapma komutları ise, iki ardışık periyotta çalıştırılır ve program sayacı PC, iki artırılır.



Şekil 4.1 Mikrodenetleyici mimarileri

Merkezi işlem biriminin (CPU) en önemli alt birimlerinden biri, ALU (Arithmetic Logic Unit) olarak adlandırılan aritmetik mantık birimidir. ALU'nun görevi, kendisine yollanan veriler üzerinde, aritmetik ya da mantıksal işlemler yapmaktır. ALU'nun biri W (Working Register) ismi verilen kaydediciden olmak üzere, iki ana girişi vardır. ALU kendisine gelen iki veriyi (işleçler), toplayıp çıkarılabilir. Çeşitli mantık işlemleri yapabilir (and, or, xor gibi).



Şekil 4.2 Komut işleyişi

Mikrodenetleyicilerde en çok kullanılan kaydedici, “working register”dır. Bu kısaca W olarak adlandırılır. W, aritmetik ve mantık işlemlerinde, iki işlevi bir arada yürütür. İşlemden önce, işlenenlerden birini barındırır. İşlemden sonra ise işlem sonucunu saklar, PIC 16F87X serisi mikrodenetleyicilerde, komutun sonuna konan 1 veya 0 sayısı (d), sonucun W’de ya da başka bir kaydedicisinde tutulacağı mikroişlemciye bildirilir.

PIC 16F877 ve 16F876, 8 Kword büyüklüğünde belleğe sahiptir. Program belleği yonganın içerisinde. 16F87X serisi mikrodenetleyiciler, kendi kaydedicilerini ve veri belleğini, doğrudan, dolaylı ve göreceli olarak adresleyebilirler.

16F87X Mikrodenetleyici ailesi aşağıdaki temel özellikleri taşır.

- RISC temellidir.
- 35 komut bulunmaktadır ve her biri 14 bit uzunluktadır.
- Dalların komutları iki çevrim (cycle) sürede, diğerleri ise bir çevrimlik sürede uygulanır.
- İşlem hızı 16F877’de osilatör frekansı 20MHz’dir. (16F877’de bir komut DC-200 ns hızında çalışır.)
- Veri yolu (databus) 8 bittir.
- 32 adet SFR (Special Function Register) olarak adlandırılan özel işlem kaydedicisi vardır
- 8 Kword’e kadar artan flash belleği 1 milyon kez programlanabilir.
- 368 Byte’a kadar artan veri belleği (RAM),
- 256 Byte’a kadar artan EEPROM veri belleği vardır.
- 14 kaynaktan kesme yapabilir.

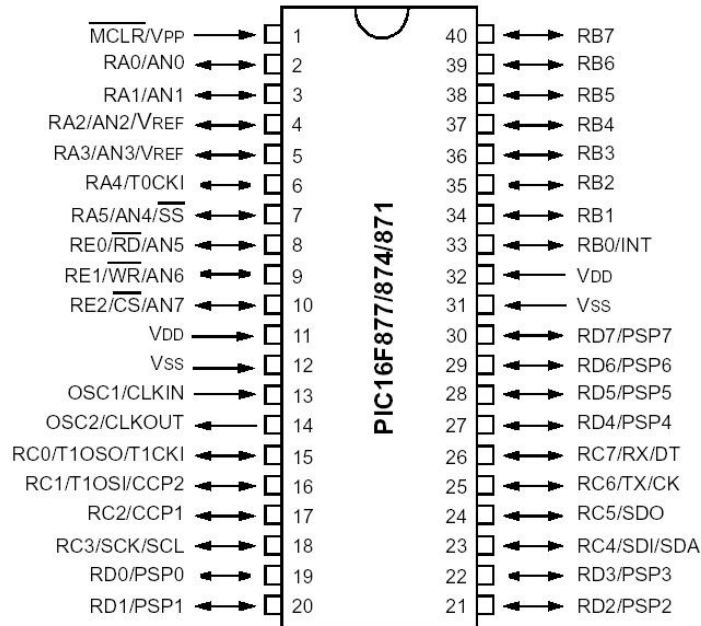
- Yığın derinliği 8'dir.
- Doğrudan, dolaylı ve göreceli adresleme yapabilir.
- Enerji verildiğinde sistemi resetleme özelliği (Power-on Reset) bulunmaktadır.
- Power-up zamanlayıcı (Power-up Timer)
- Watch-dog Timer (Özel tip zamanlayıcı), devre içi RC osilatör
- Programla kod güvenliğinin sağlanabilmesi özelliği
- Hata ayıklamakta kullanılabilecek modül (Debugger)
- Düşük gerilimli programlama özelliği
- Flash ROM program belleği (EEPROM özellikli program belleği)
- Enerji tasarrufu sağlayan Sleep Modu
- Seçimli osilatör özellikleri
- Düşük güçle, yüksek hızla erişilebilen, CMOS-Flash EEPROM teknoloji
- Tümüyle statik tasarım
- 2 pinle programlanabilme özelliği
- İşlecimin program belleğine, okuma/yazma özelliği ile erişimi
- 2.0 V – 5.0 V arasında değişen geniş işletim aralığı
- 25 mA'lık kaynak akımı
- Devre içi, iki pin ile hata ayıklama özelliği
- Geniş sıcaklık aralığında çalışabilme özelliği
- Düşük güçle çalışabilme özelliği

Çevresel özellikleri ise şöyle sıralanabilir:

- TMR0: 8 bitlik zamanlayıcı, 8 bit önbölücülü.
- TMR1: Önbölücülü, 16 bit zamanlayıcı, uyuma modundayken dış kristal zamanlayıcıdan kontrolü arttırılabilir.
- TMR2: 8 bitlik zamanlayıcı, hem önbölücü hem de sonbölücü sabiti
- İki adet Capture / Compare / PWM modülü
- 10 bit çok kanallı A/D çevirici
- Senkron seri port (SSP), SPI (Master mod) ve I2C (Master Slave) ile birlikte Paralel Slave Port, 8 bit genişlikte ve dış RD, WR, CS kontrolleri
- USART/SCI, 9 bit adres yakalamalı
- BOR Reset (Brown Out Reset) özelliği

Çizelge 4.1 PIC16F877'nin özellikleri

ÖZELLİKLER	PIC16F877
Çalışma Hızı	DC-20MHz
Program Belleği	8 Kword Flash ROM
EEPROM Belleği	256 Byte
Kullanıcı RAM	368 Byte
Giriş/Çıkış Port Sayısı	33
Zamanlayıcı	3 Adet (TMR0, TMR1, TMR2)
A/D Çevirici	8 Kanal, 10 Bit
Capture/Compare/PWM	16 Bit Capture, 16 Bit Compare, 10 Bit PWM çözünürlük
Seri Çevresel Arayüz	SPI (Master) ve 12C (Master - Slave) modunda SPI portu ve senkron seri port
Paralel Uydu Port	8 Bit, harici, RD, WR ve CS kontrollü
USART/SCI	9 Bit adresli



Şekil 4.3 PIC16F877 Pin dizilimi ve açıklamaları

PIC 16F87X serisinde üç adet bellek bloğu bulunur. Bunlar program belleği (program memory), veri belleği (data memory) ve EEPROM veri belleğidir. Her bloğun, kendi veri yolu vardır (Harvard mimarisi). Öyle ki, aynı osilatör çevriminde, her bir bloğa erişim sağlanabilir.

16F877’de program belleği kapasiteleri sırasıyla; 0000h-07FFh, 0800h-0FFFh, 1800h-1FFFh adresleri arasındadır. Reset vektörü adresi 0000h ve kesme (interrupt) vektör adresi 0004h’tır.

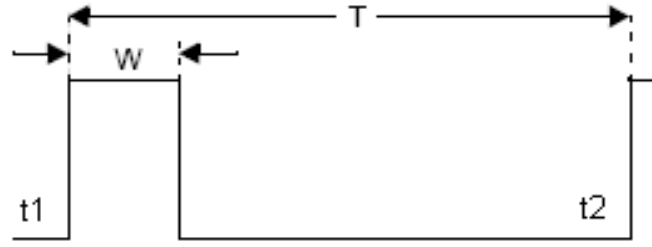
Veri belleği kendi içinde, bank adı verilen sayfalara bölünmüştür. Bunların her birinin başında özel fonksiyonlu kaydedici (Special Function Register-SFR) alanı ve daha sonra da genel amaçlı kaydedici (General Purpose Registers-GPR) alanı bulunur. Özel işlem kaydedicileri mikrodenetleyicinin işletimini kontrol eder ve bir işlemin sonucunu öğrenebileceğimiz, özel durum bitleri vardır.

Bazı özel işlem kaydedicileri birden fazla bankta yer alır. Bu yöntem, erişimi hızlandırma amaçlı olup, çok kullanılan kaydedicilerin görüntüsü diğer banklara yansıtılmıştır. Böylece bu kaydedicilere erişmek için sık sık bank değiştirilmesi gereği ortadan kaldırılmıştır.

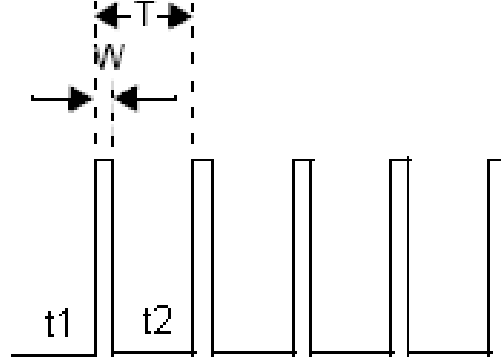
Veri belleği olarak kullanılmak üzere, kılıfın içerisinde bir de EEPROM bellek alanı vardır. Bu bellek, diğer veri belleği gibi doğrudan adreslenemez. EEPROM veri belleğine dolaylı erişilir. Toplam 92 byte’tır.

4.2 Yakalama (Capture) modülünün devir hızının ölçümünde kullanımı

Bu uygulamada, motorun kodlayıcısından (encoder) gelen sinyalden, PIC16F877’nin yakalama modülü vasıtasıyla motorun devir hızı bilgisine ulaşıldı. Kodlayıcı, (encoder) her delik başlangıcında çıkış sinyali olarak yükselen köşe yaratır. Yakalama modülünde yükselen köşe tetikleyici olarak belirlenir. Yakalama modülü mikrodenetleyicinin TMR1 zamanlayıcısını kullanır ve her tetikleyici geldiğinde TMR1 değerini CCPxL ve CCPxH registerlarına koyar. Programda ise her tetikleyici geldiğinde CCPxL ve CCPxH registerlarından alınan bilgi değişkene alınır. Bu değer bir önceki değerine göre farkı alındığında bir delik geçiş süresini verir. Kodlayıcıda (enkoder) 24 delik olduğundan, bu sürenin 24 katı motor milinin 1 tur zamanını (periyodunu) verir. Motorun devri hızı ise 1’in periyoda bölümüdür.



Şekil 4.4 Düşük devirlerde 2 yükselen köşe arasındaki zamanın gösterimi



Şekil 4.5 Yüksek devirlerde 2 yükselen köşe arasındaki zamanın gösterimi

$$Period = 24.(t2 - t1) \quad (4.1)$$

Yakalama modülü ile kare dalga periyodunun ölçümünün akışı:

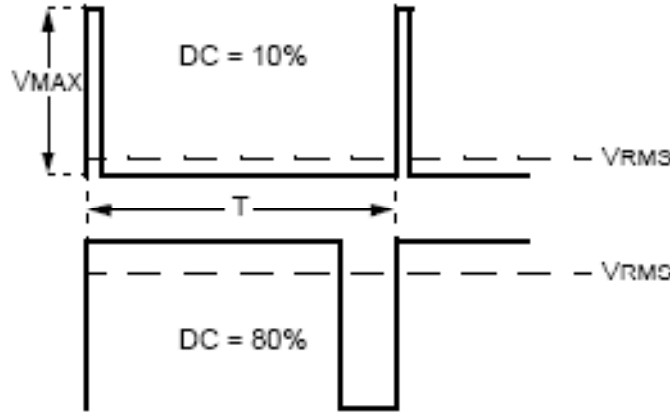
- CCPxM3:CCPxM0 kontrol bitleri, dalganın her yükselen köşesini yakalayacak şekilde konfigüre edilir.
- TMR1 ön ölçekleyici (prescaler) katsayısı çalışma anında taşma yapmayacak şekilde konfigüre edilir.
- CCP kesmesi aktif hale getirilir.
- CCP kesmesi oluştuğunda alınan süreden (t1) bir önceki kesmede alınan süre (t2) çıkartılır. Sonuç kare dalganın periyodudur.
- t1 süresi t2 olarak kaydedilir.
- TMR1'in bayrağı (flag'i) set edilmiş ise temizlenir.

4.3 PWM modülünün motor hız kontrolünde kullanımı

Bu uygulamada motorun hız kontrolü için PIC16F877'nin PWM modülü kullanıldı. PWM modülü belli frekans aralığında istenen doluluk oranında kare dalga üretilmesini sağlar. Yüksek PWM frekansında motor daha hızlı tepki verir, kontrol performansı artar fakat

anahtarlama kayıpları da artacağından verim düşer. 6kHz'in altındaki PWM frekansında motordan insan kulağının da duyacağı sesler çıktığından genel olarak PWM frekansı 10-25kHz arasında seçilebilir. Doluluk oranı, (Duty Ratio) gerilimin etkin değerini belirlediğinden, motorun hızını da belirler.

$$V_{RMS} = V_{MAX} \cdot DO \quad (4.2)$$



Şekil 4.6 Doluluk oranı ile etkin gerilim değerinin değişimi

$$Doluluk \cdot Süresi = \frac{PWMPeriyod.CCPxL}{(PR2 + 1)} + \frac{2LSBits}{4.Tosc.(TMR2_prescale)} \quad (4.3)$$

$$PWM_Periyodu = [PR2 + 1] \cdot 4 \cdot Tosc \cdot TMR2_prescale \quad (4.4)$$

PWM modülü ile istenen frekansta ve doluluk oranında kare dalga üretmenin akışı:

- TMR2 önölçekleyici (prescaler) seçilir.
- PR2 seçilir.

$$PR2 = F_{OSC} / (F_{PWM} * 4 * \text{önölçekleyici}) - 1 \quad (4.5)$$

- CCPRxL and CCPxCON<5:4> bitleri istenen doluluk oranını sağlayacak şekilde belirlenir.
- CCPxCON konfigüre edilir. Bu sayede ilgili kanal PWM tipi çıkış sinyali verir.

PWM ile motor kontrolünün avantajları:

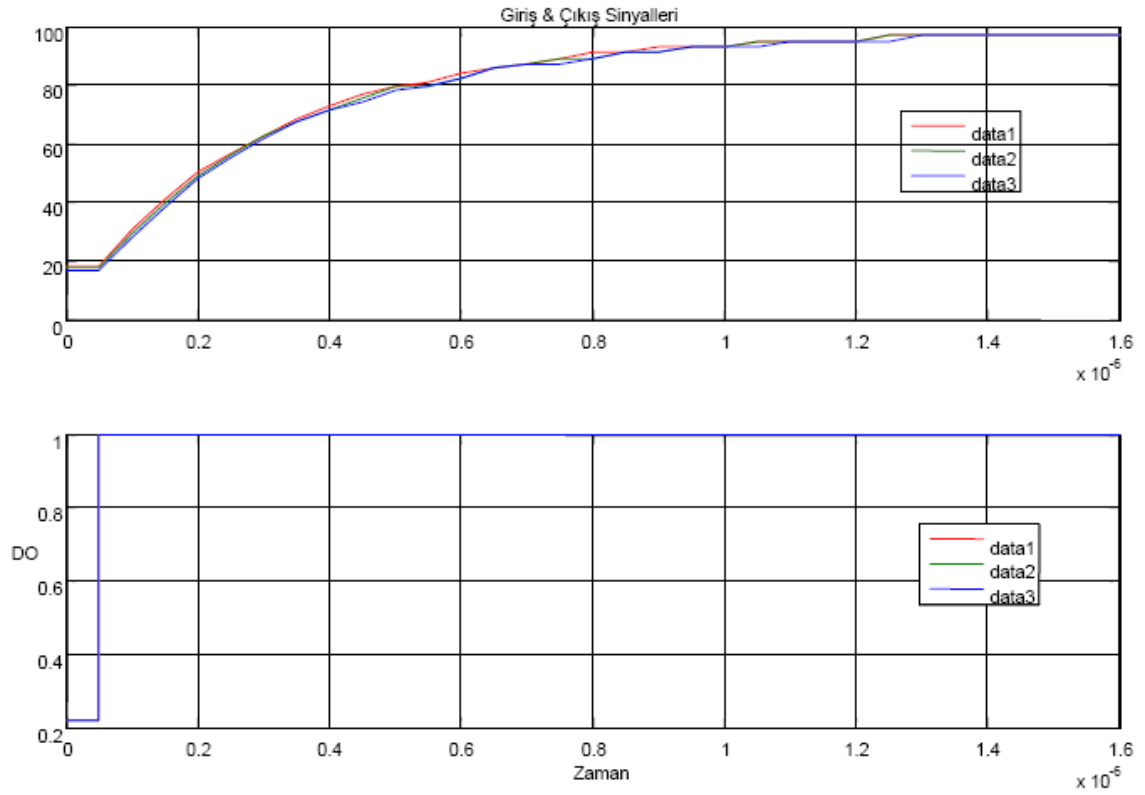
- Hızlı dinamik tepki
- Yüksek verim
- Esnek kontrol

Bu uygulamada PWM frekansı, referans hızdaki değişimlere göre 20-25kHz arasında değişmektedir.

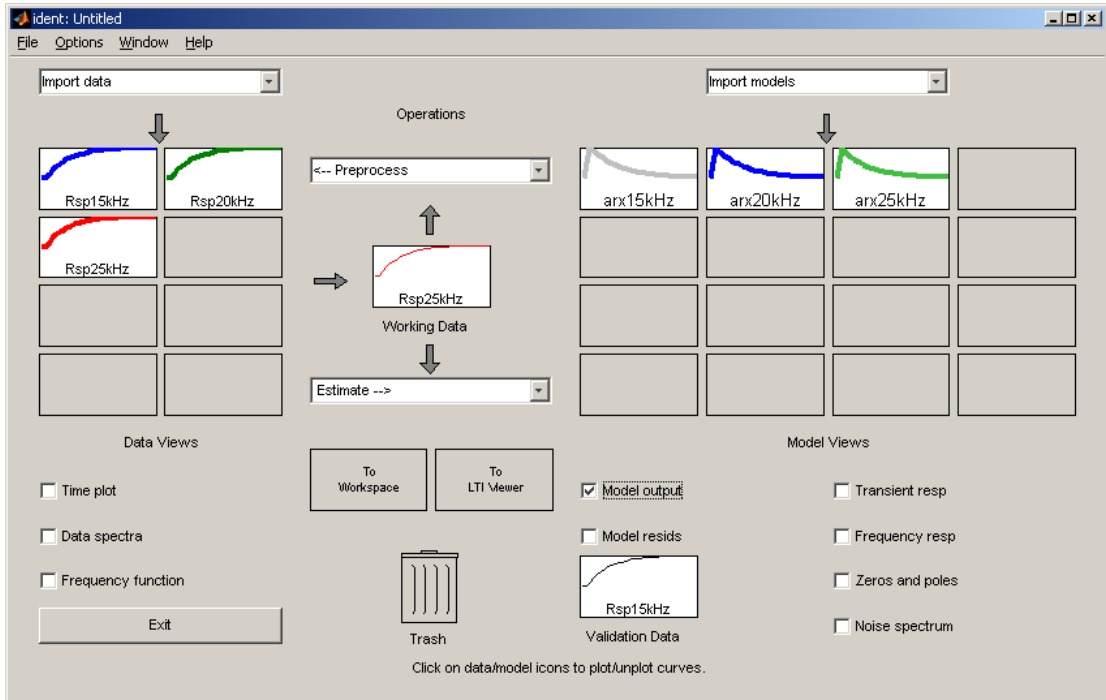
Çizelge 4.2 20kHz ve 25kHz için PIC16F877'nin parametreleri

	20kHz	25kHz
PWM Periodu	0,0000512sn	0,00004sn
PWM Frekansı	19531,25Hz	25000Hz
PR2	255	199
T _{osc} – Osilatör Peryodu	0,00000005sn	0,00000005sn
F _{osc} – Osilatör Frekansı	20MHz	20MHz
Önölçekleyici	1	1
Çözünürlük	10 bit → 1024 farklı değer	9,65 bit → 800 farklı değer

[illegible]

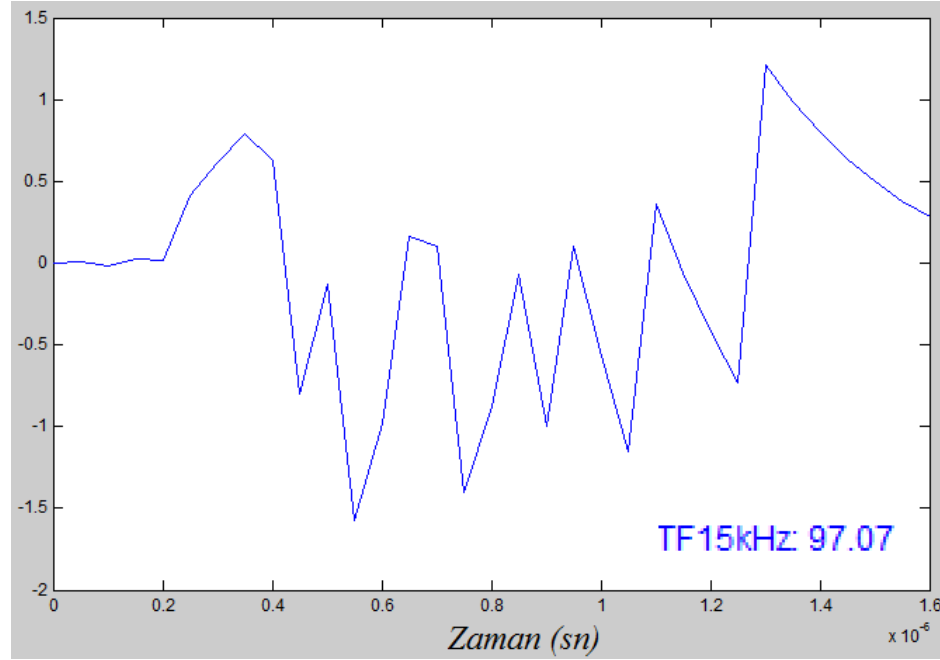


Şekil 5.1 Frekansa göre basamak girişine sistem tepkisi

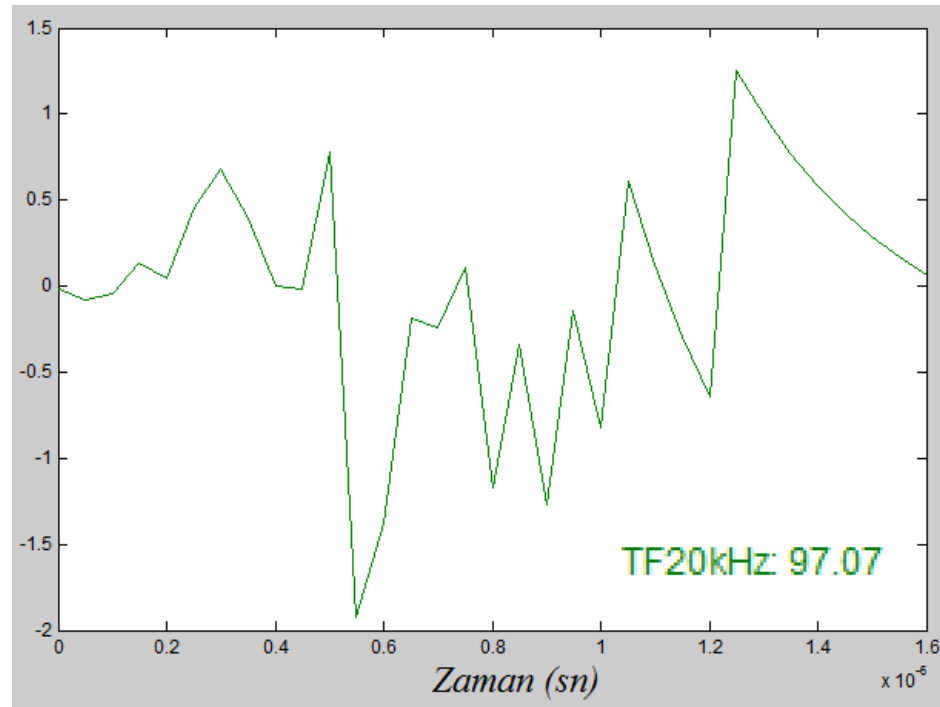


Şekil 5.2 Sistem belirleme modülünde sistem modelinin çıkarılması

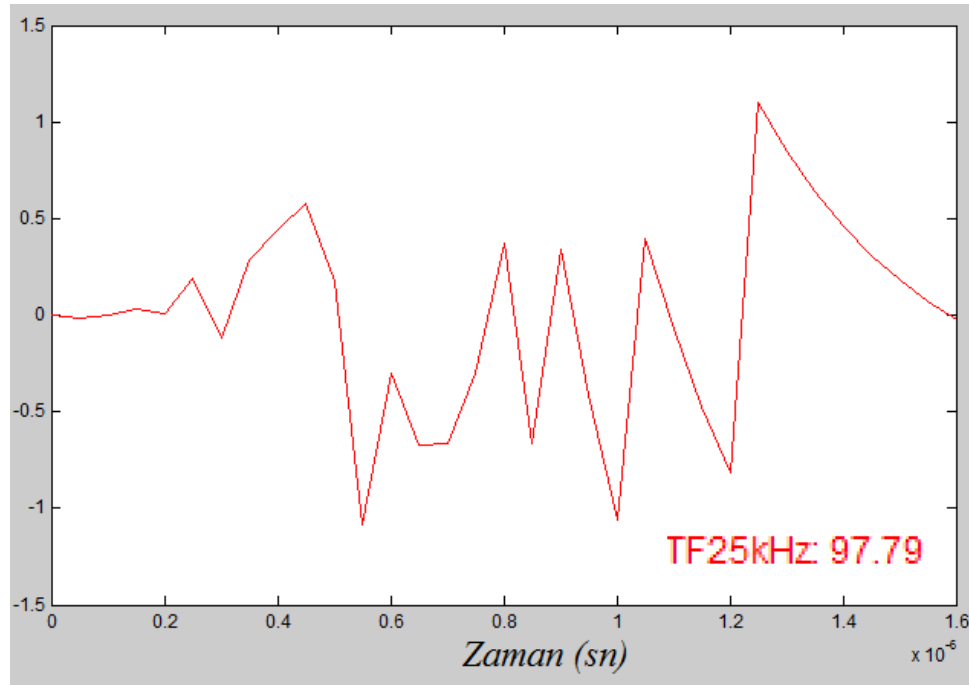
Sistem belirleme modülünde, 15kHz PWM frekansı için oluşturulan modelin %97.07 oranında, 20kHz PWM frekansı için oluşturulan modelin %97.07 oranında ve 25kHz PWM frekansı için oluşturulan modelin %97.79 oranında, sistemin ölçülen cevaplarıyla uyduğu görülmüştür.



Şekil 5.3 15kHz'lik sistem için, ölçüm sonuçları ile model simülasyon sonucunun farkı



Şekil 5.4 20kHz'lik sistem için, ölçüm sonuçları ile model simülasyon sonucunun farkı



Şekil 5.5 25kHz'lik sistem için, ölçüm sonuçları ile model simülasyon sonucunun farkı

15kHz'lik PWM ile sürülen sistemin transfer fonksiyonu:

$$\frac{13.73z + 0.8776}{z^2 - 0.8498z} \quad (5.1)$$

20kHz'lik PWM ile sürülen sistemin transfer fonksiyonu:

$$\frac{14.52z + 0.1471}{z^2 - 0.8495z} \quad (5.2)$$

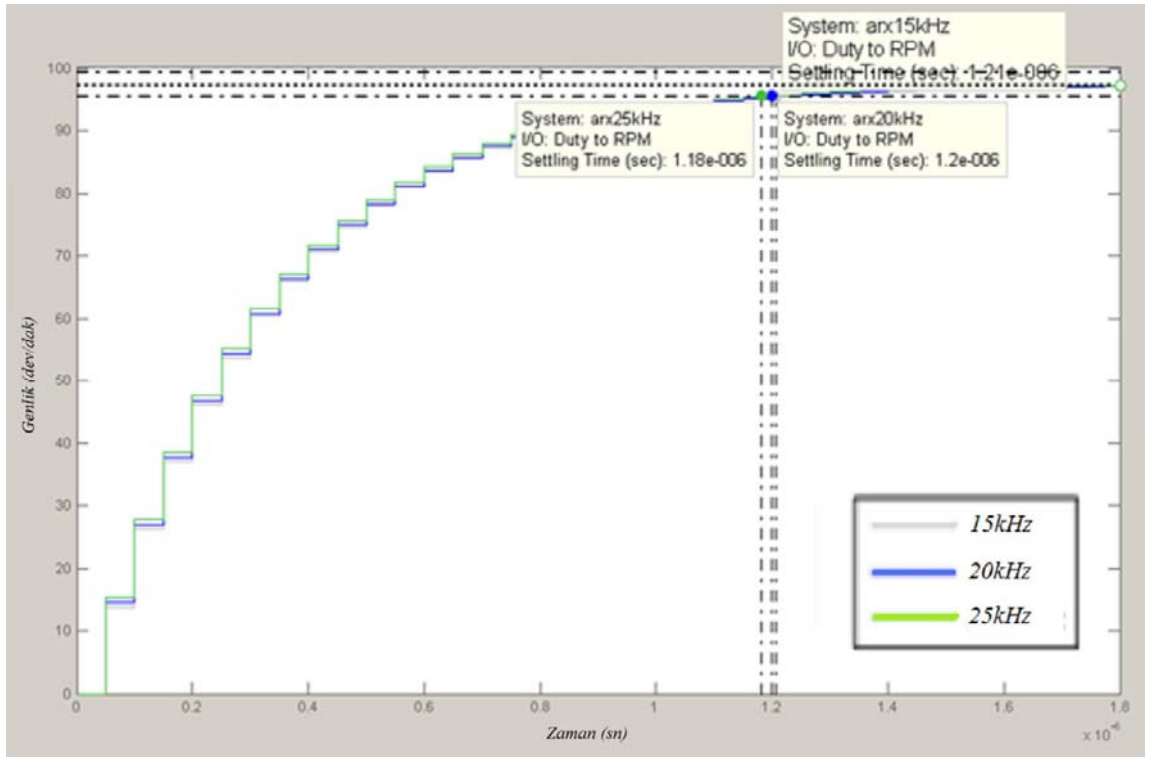
25kHz'lik PWM ile sürülen sistemin transfer fonksiyonu:

$$\frac{15.26z - 0.388}{z^2 - 0.8474z} \quad (5.3)$$

Sistem modellerinin, giriş olarak basamak fonksiyon cevabı için yerleşme zamanı (settling time):

- 15kHz'lik sistemin : 1.21µs
- 20kHz'lik sistemin : 1.20µs
- 25kHz'lik sistemin : 1.18µs

Sürücünün PWM frekansı düştükçe yerleşme zamanı uzamaktadır.

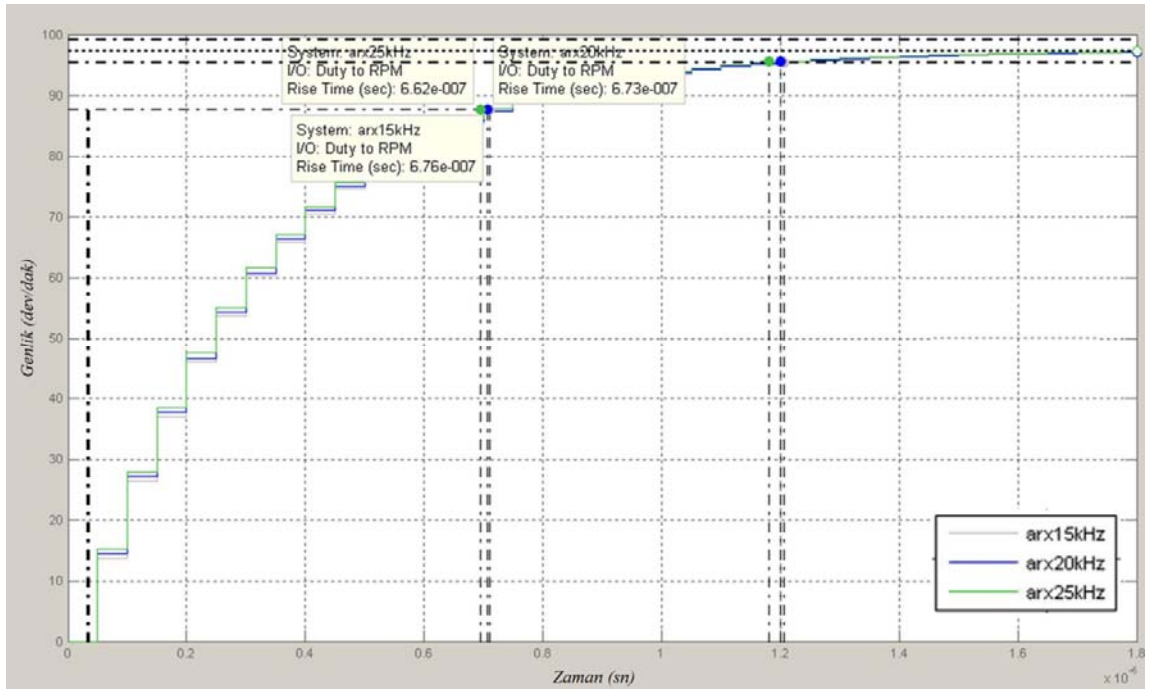


Şekil 5.6 Sistem modellerinin basamak fonksiyon cevabı için yerleşme süresi

Sistem modellerinin, basamak fonksiyon cevabı için yükselme zamanı (rise time):

- 15kHz'lik sistemin : 0.676 μ s
- 20kHz'lik sistemin : 0.673 μ s
- 25kHz'lik sistemin : 0.662 μ s

Sürücünün PWM frekansı düştükçe yükselme zamanı uzamaktadır.

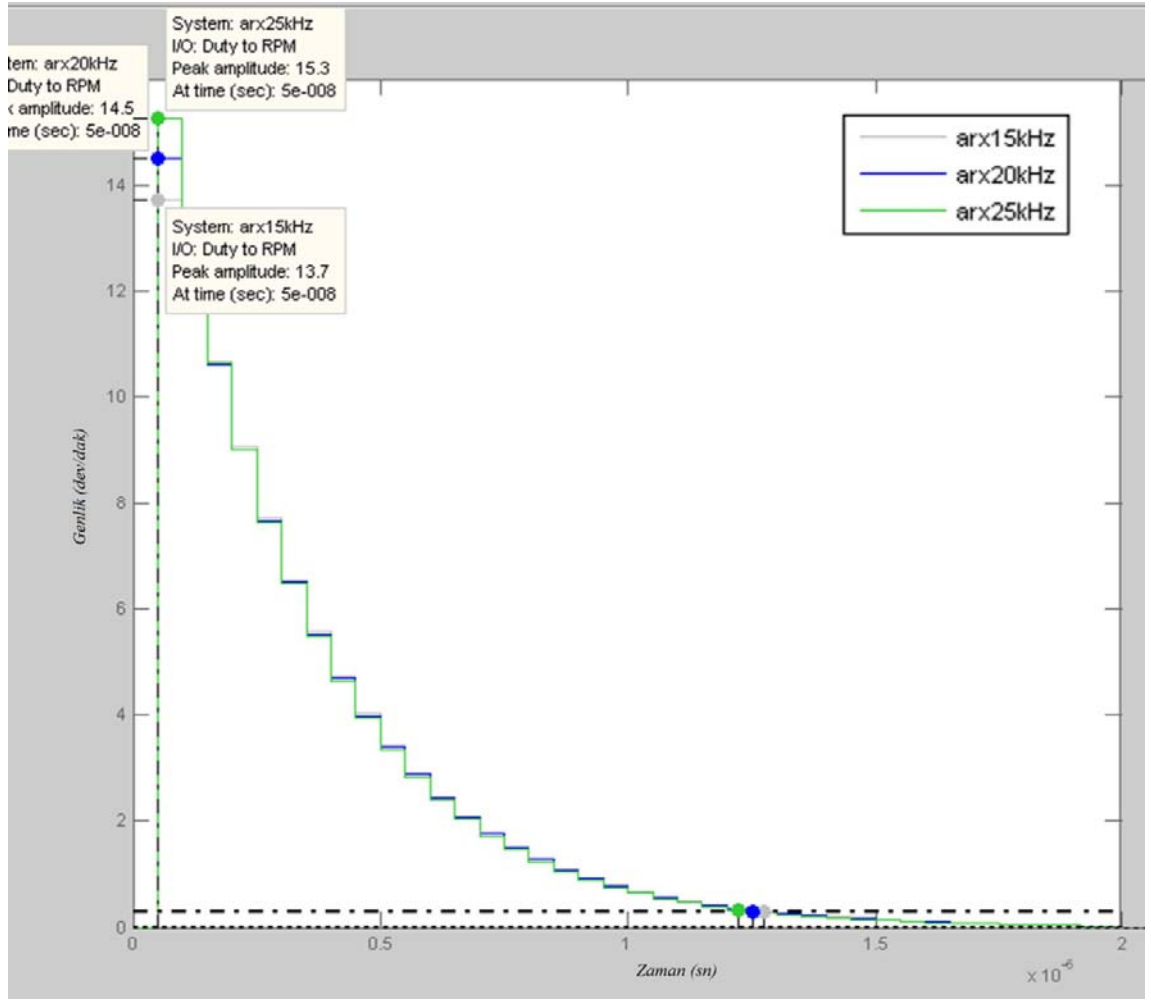


Şekil 5.7 Sistem modellerinin basamak fonksiyon cevabı için yükselme süresi

Sistem modellerinin, darbe fonksiyon cevabı için en yüksek genlikler (peak amplitude):

- 15kHz'lik sistemin : 13.7dev/dak
- 20kHz'lik sistemin : 14.5dev/dak
- 25kHz'lik sistemin : 15.3dev/dak

Sürücünün PWM frekansı yükseldikçe en yüksek genlikler artmaktadır.

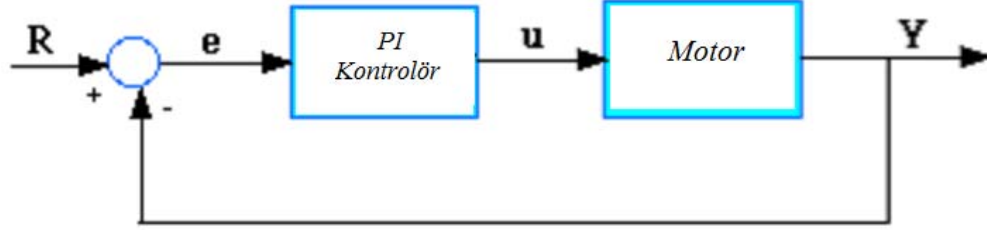


Şekil 5.8 Sistem modellerinin darbe fonksiyon cevabı için en yüksek genlikler

6. PI KONTROLÖR TASARIMI

PI tipi kontrolör tasarımı için Matlab'in SISO modülü kullanıldı. PI tipi kontrolör de P kazancı, hata miktarı ile çarpılır. P tipi kontrolör, sistemin, hata miktarına, lineer tepki vermesini sağlar. I kazancı, hata miktarı ile çarpılıp daha önce integrali alınmış olan hata değerine eklenir. I tipi kontrolör, sistemdeki birikmiş hatanın giderilmesini sağlar.

R, referans hız, e, hata miktarı, u, giriş sinyali, Y, çıkış sinyali olmak üzere sistemin modeli;

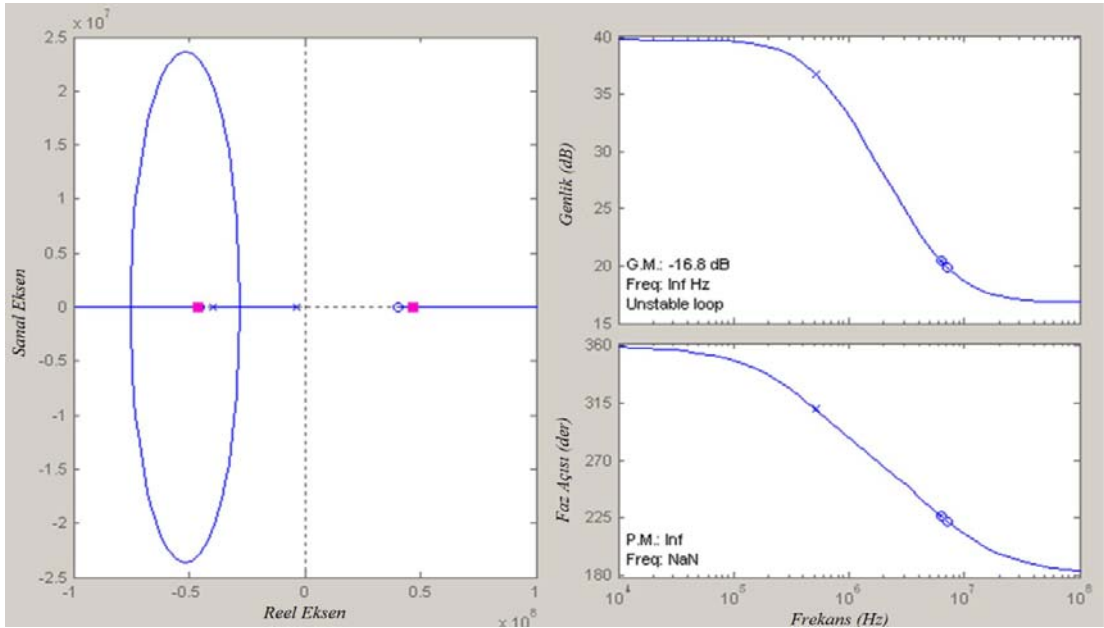


Şekil 6.1 Sistem modeli

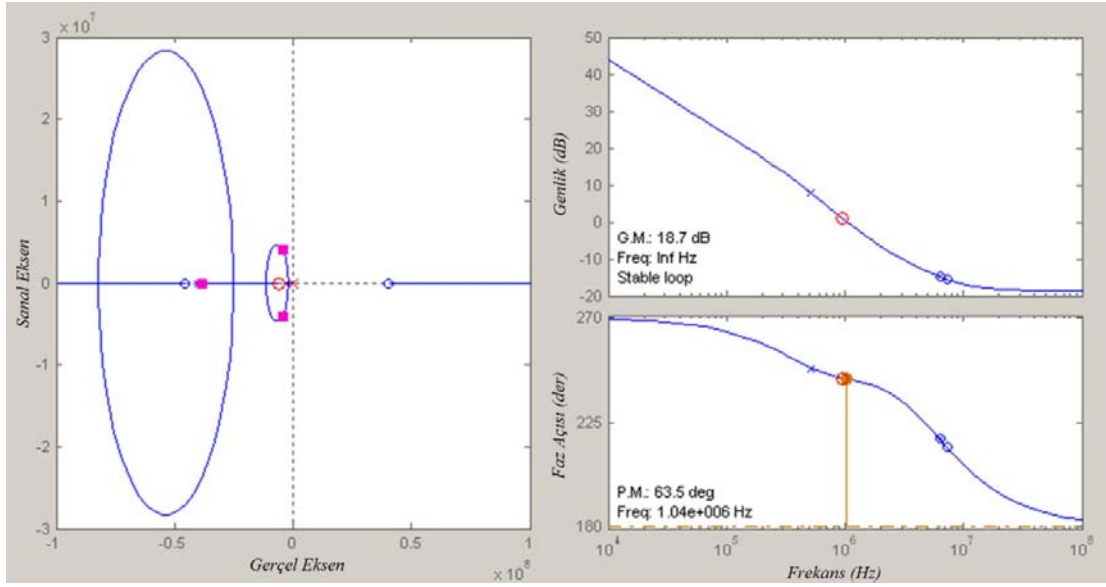
$$u = P.e + I.\int e.dt \quad (6.1)$$

P ve I parametreleri, sistemin yükselme zamanı (Rise Time), en yüksek genlik (Peak Amplitude), aşım (Overshoot), yerleşme zamanı (Settling Time) değerlerinin hedeflenen değeri sağlamasına göre seçilir.

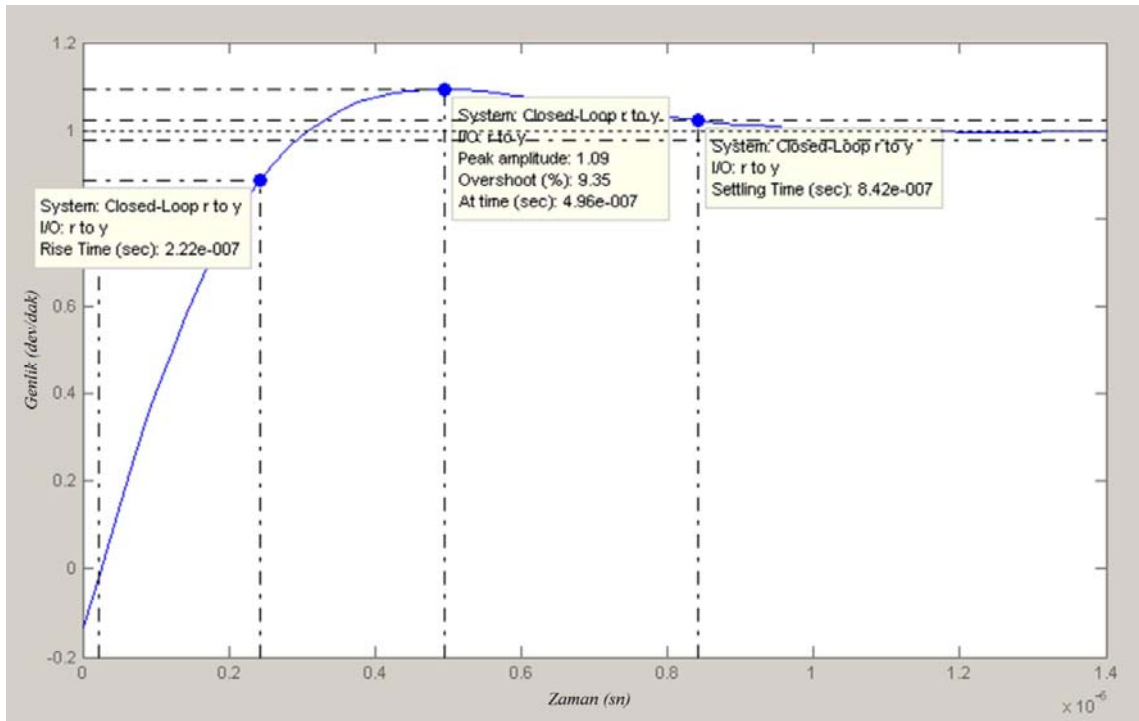
6.1 15kHz'lik PWM ile sürülen sistem için PI tipi kontrolör tasarımı



Şekil 6.2 15kHz'lik sistemin root locus gösterimi



Şekil 6.3 15kHz'lik kontrolörlü sistemin root locus gösterimi



Şekil 6.4 15kHz'lik kontrolörlü sistemin basamak cevabı

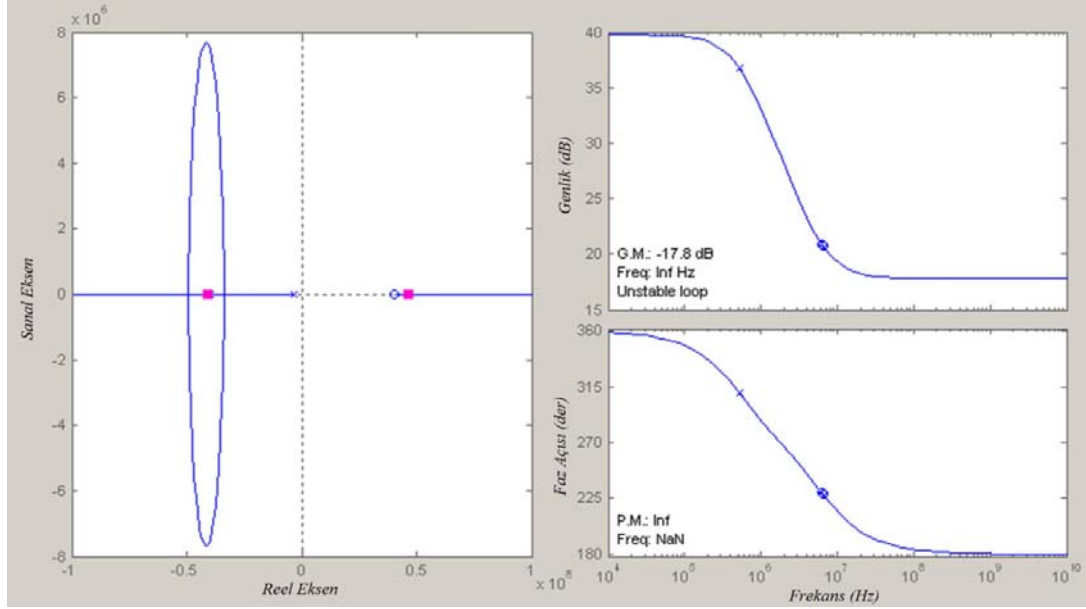
Dizayn edilen kontrolörün parametreleri:

- P Kazancı : 0.016772
- I Kazancı : 100630

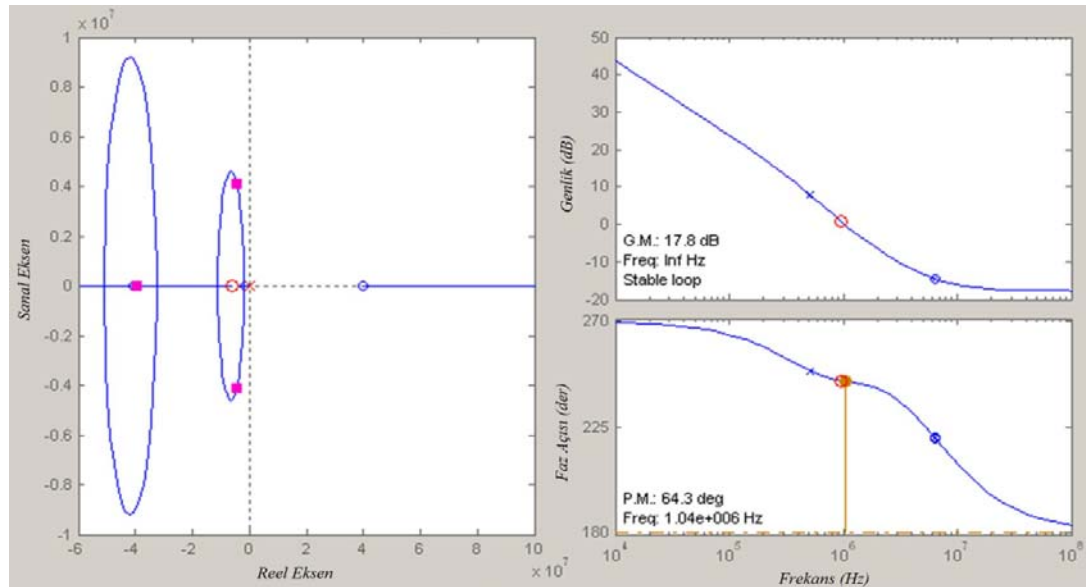
Dizayn edilen kontrolörün karakteristiği:

- Yükselme zamanı (Rise Time) : $0.222\mu s$
- En yüksek genlik (Peak Amplitude) : 1.09dev/dak
- Aşım (Overshoot) : $\%9.35$ ($0.496\mu s$ 'de)
- Yerleşme zamanı (Settling Time) : $0.842\mu s$

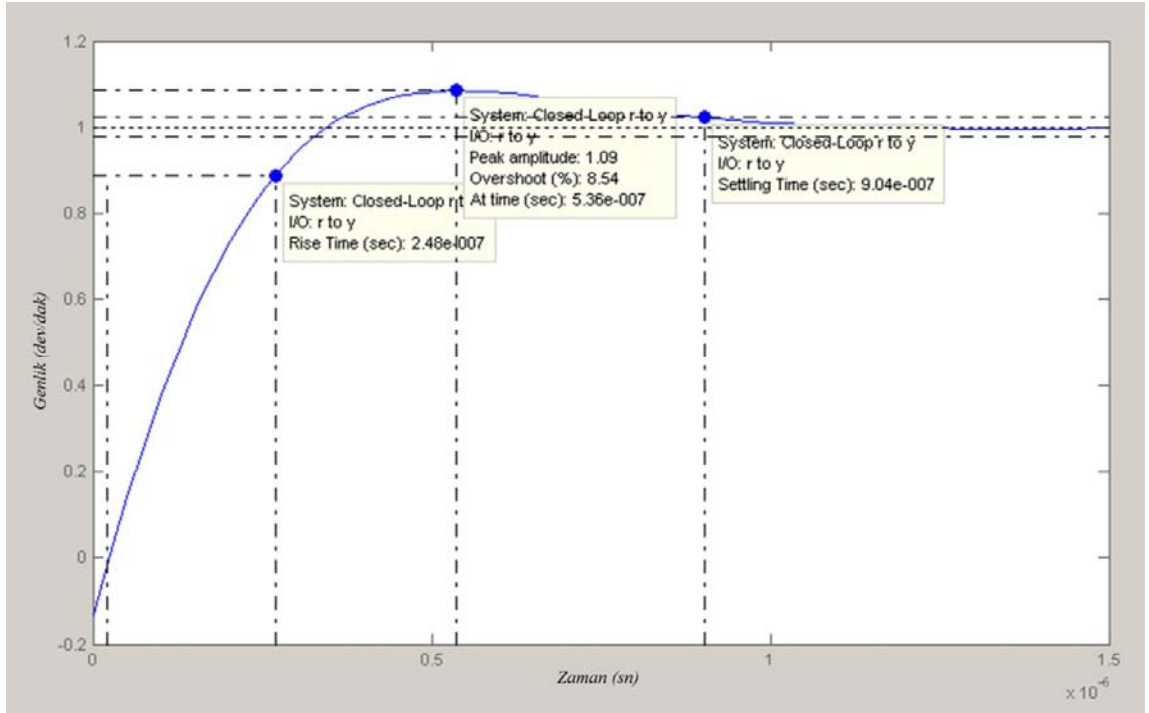
6.2 20kHz'lik PWM ile sürülen sistem için PI tipi kontrolör tasarımı



Şekil 6.5 20kHz'lik sistemin root locus gösterimi



Şekil 6.6 20kHz'lik kontrolörlü sistemin root locus gösterimi



Şekil 6.7 20kHz'lik kontrolörlü sistemin basamak cevabı

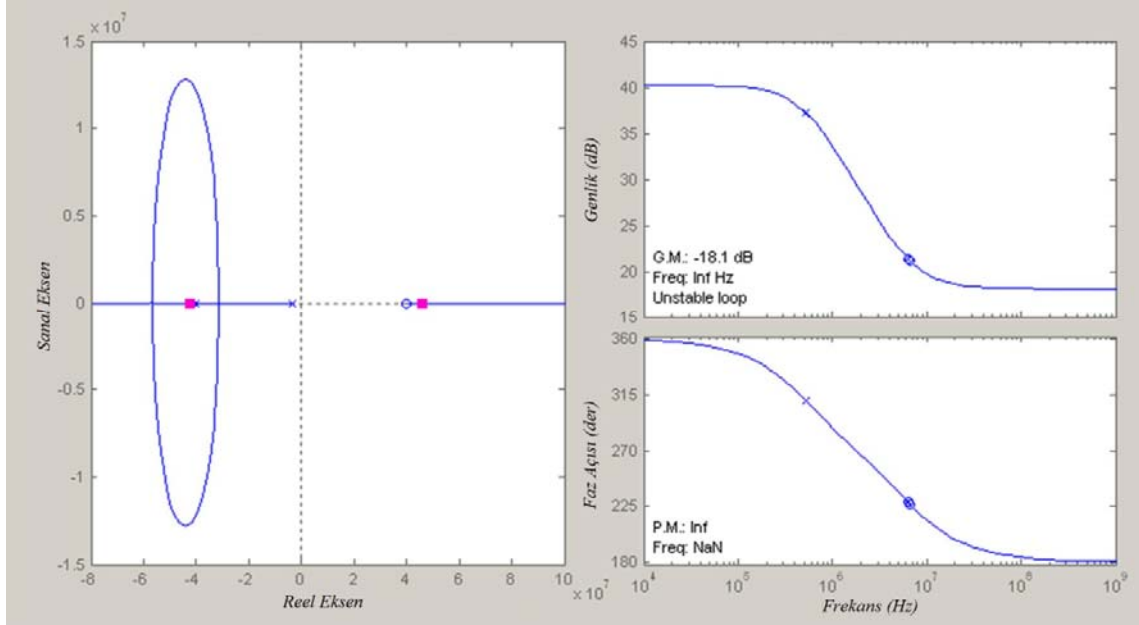
Dizayn edilen kontrolörün parametreleri:

- P Kazancı : 0.015018
- I Kazancı : 89657

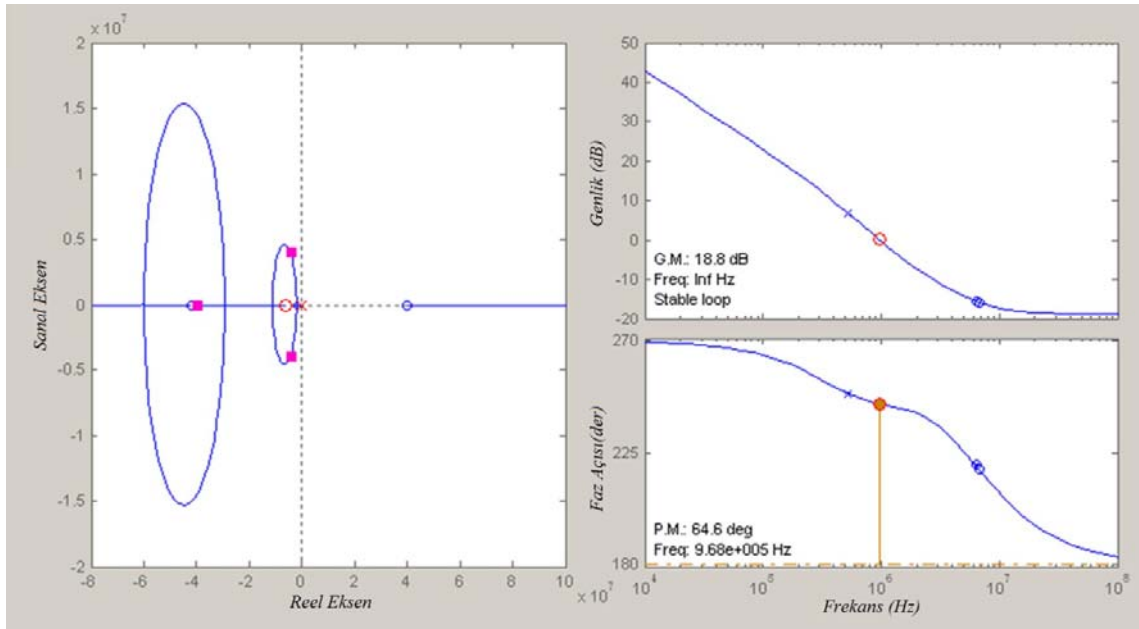
Dizayn edilen kontrolörün karakteristiği:

- Yükselme zamanı (Rise Time) : 0.248 μ s
- En yüksek genlik (Peak Amplitude) : 1.09dev/dak
- Aşım (Overshoot) : %8.54 (0.536 μ s'de)
- Yerleşme zamanı (Settling Time) : 0.904 μ s

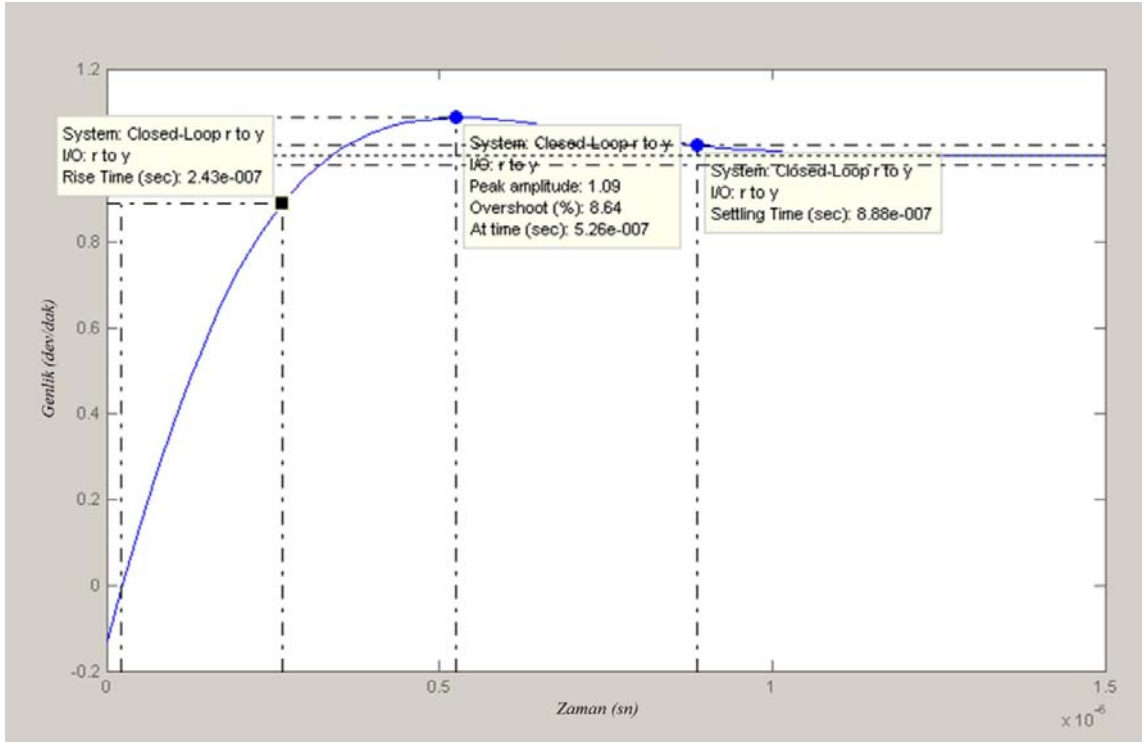
6.3 25kHz'lik PWM ile sürülen sistem için PI tipi kontrolör tasarımı



Şekil 6.8 25kHz'lik sistemin root locus gösterimi



Şekil 6.9 25kHz'lik kontrolörlü sistemin root locus gösterimi



Şekil 6.10 25kHz'lik kontrolörlü sistemin basamak cevabı

Dizayn edilen kontrolörün parametreleri:

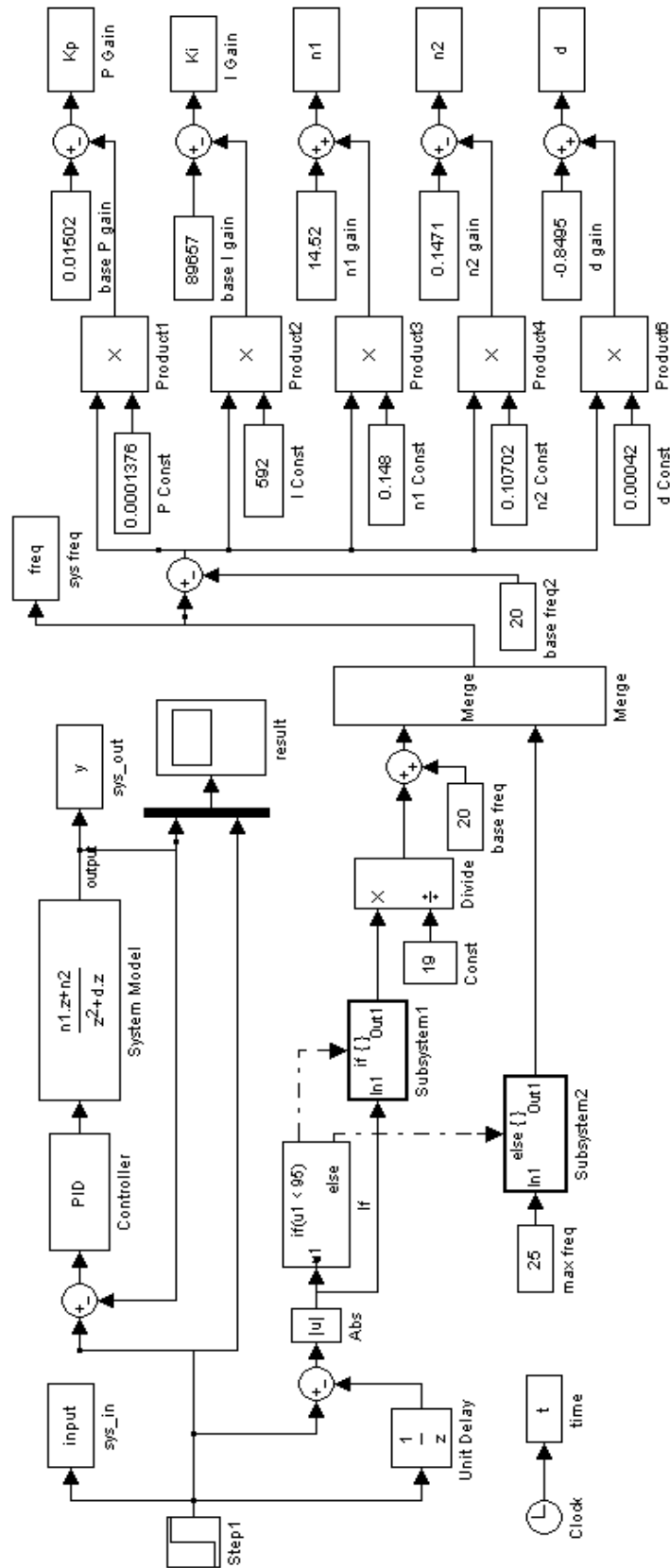
- P Kazancı : 0.01433
- I Kazancı : 86696

Dizayn edilen kontrolörün karakteristiği:

- Yükselme zamanı (Rise Time) : 0.243µs
- En yüksek genlik (Peak Amplitude) : 1.09dev/dak
- Aşım (Overshoot) : %8.64 (0.526µs'de)
- Yerleşme zamanı (Settling Time) : 0.888µs

6.4 20-25kHz arasında değişen PWM frekansı ile sürülen sistem için değişken parametrelili PI tipi kontrolör tasarımı

PIC16F877 mikrodnetleyicisi, 20kHz PWM frekansında 10 bit çözünürlükte (1024 farklı değer) sinyal üretebilirken, 25kHz PWM frekansında 9.65 bit çözünürlükte (800 farklı değer) sinyal üretebilir. PWM frekansı yükseldikçe, çözünürlüğü azalmaktadır, dolayısıyla bu çalışmada 20-25kHz arasında değişim yapıldı. Bu çalışmada referans hız girişindeki değişim hızına göre PWM frekansı ile birlikte P ve I parametrelerini değiştiren kontrolör geliştirildi.



Şekil 6.11 20-25kHz'lik değişken PWM frekanslı PI kontrolörün simulink modeli

PWM frekansı:

$$f(kHz) = (\Delta V / 19) + 20 \quad (6.1)$$

Değişken PWM frekansı ile sürülen sistemin transfer fonksiyonu:

$$\frac{n1.z + n2}{z^2 + d.z} \quad (6.2)$$

$$n1 = ((f - 20) * 0.148) + 14.52 \quad (6.3)$$

$$n2 = 0.1471 - ((f - 20) * 0.10702) \quad (6.4)$$

$$d = ((f - 20) * 0.00042) - 0.8495 \quad (6.5)$$

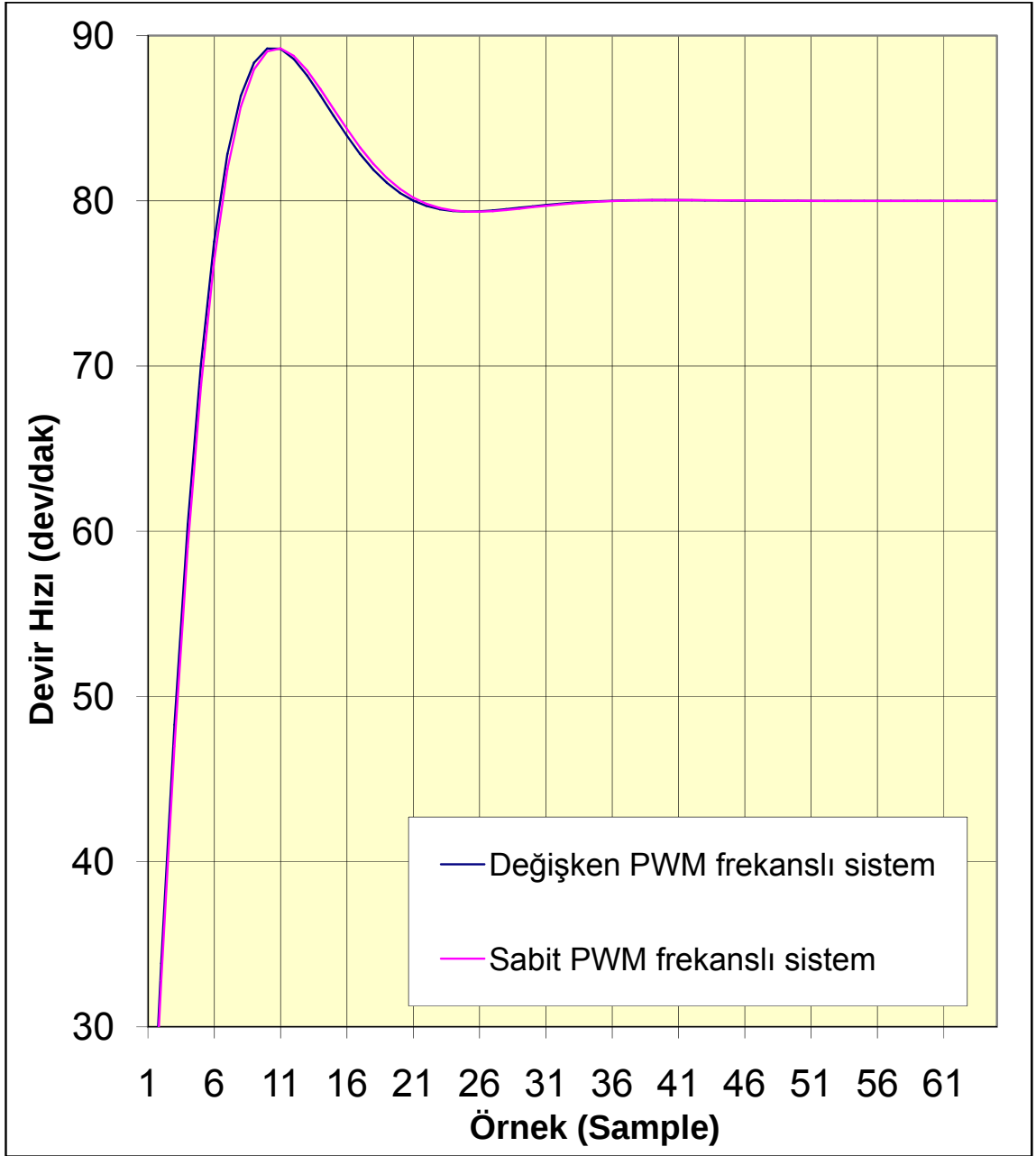
PI kontrolörün PWM frekansı ile değişen parametreleri:

$$Kp = 0.01502 - ((f - 20) * 0.0001376) \quad (6.6)$$

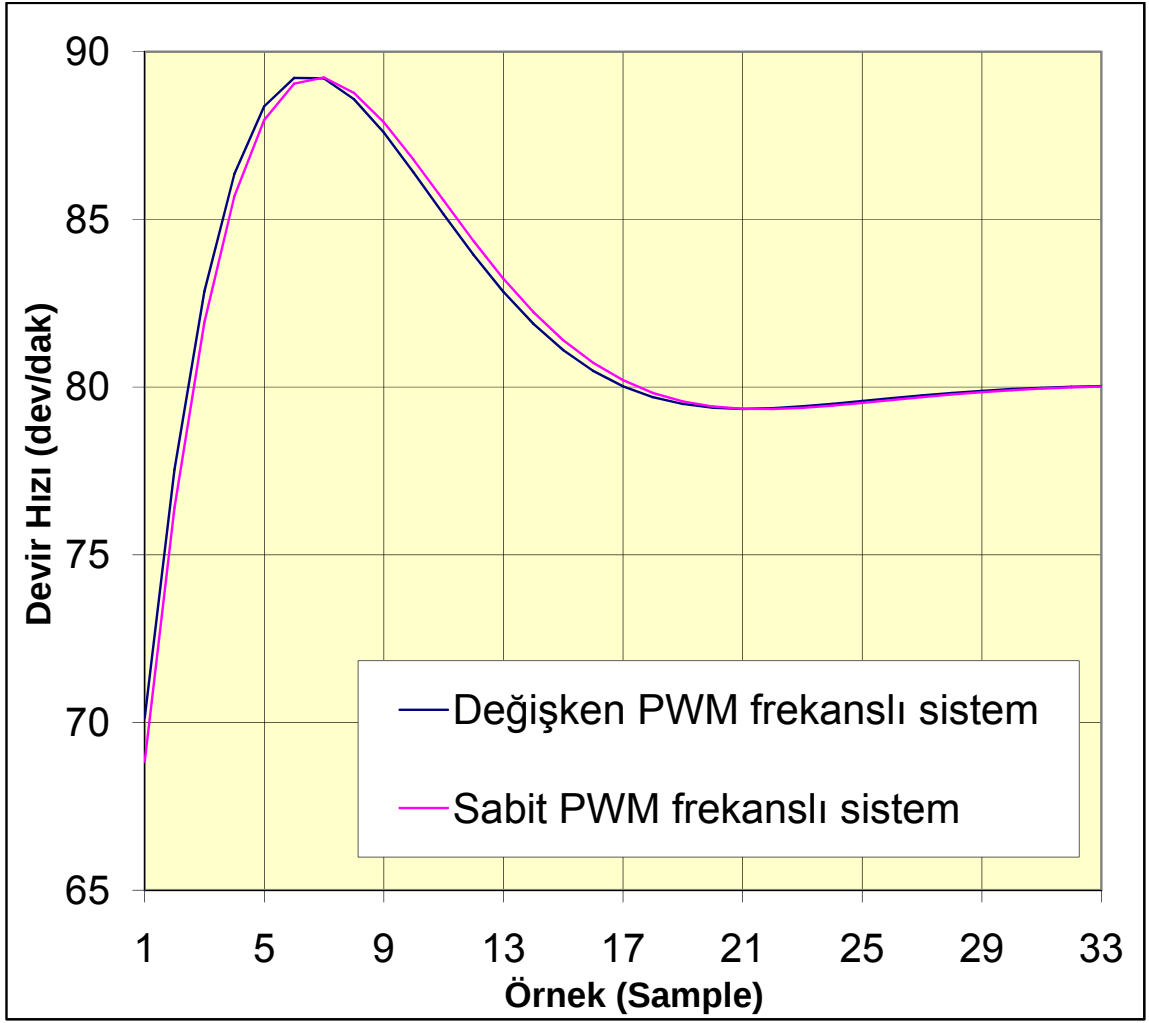
$$Ki = 89657 - ((f - 20) * 592) \quad (6.7)$$

7. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Değişken PWM frekanslı sistem, 20kHz PWM frekansında çalışırken, 80dev/dak'lık hedef hız basamak girişi geldiğinde PWM frekansı 24.2105kHz'e yükselmiştir. Şekil 7.1'de görüleceği üzere değişken PWM frekanslı sistem daha hızlı tepki vermiştir. Sistem basamak girişin ardından tekrar 20kHz'e düştüğünden daha verimlidir. Mevcut hız ile hedef hız farkı daha fazla olsaydı, PWM frekansı 25kHz'e kadar çıkacaktı.



Şekil 7.1 Değişken ve sabit PWM frekanslı sistemlerin, basamak girişe tepkisi



Şekil 7.2 Değişken ve sabit PWM frekanslı sistemlerin, basamak giriş tepkisinin detay görünümü

Mevcut sistemde PWM frekansı, sadece performansa ihtiyaç duyulan anlarda yükselerek diğer zamanda normal değerindedir. Sistem kayıplarının azaltılarak, daha da verimli hale getirilmesi için PWM frekansı referans hız değişimlerine ilaveten devre akımına da bağlı olarak değiştirilebilir. Motor düşük devirde ve yüksek torkta dönerken, çekilen akımla orantılı olarak anahtarlama kayıplar artar. Bu kayıpların azaltılması için de PWM frekansı düşürülebilir.

KAYNAKLAR

- Bodur H., “Güç Elektroniği 1 Ders Notları”
- Fairchild, (2006), “AN-6005 - Synchronous Buck MOSFET Loss Calculations”
- Fairchild, (2006), “AN-42026 – Phase Modulated PWM Topology with the ML4818”
- Ogata K., (Fourth Edition), “Modern Control Engineering”
- Microchip, (1997), “AN545 - Using the Capture Module”
- Microchip, (1997), “AN594 - Using the CCP Module”
- Microchip, (2004), “AN905 - Brushed DC Motor Fundamentals”
- Microchip, (2003), “16F87xA Datasheet”
- Mathworks, (2007), “Getting Started with System Identification Toolbox 7”
- Mathworks, (2007), “System Identification Toolbox 7 User’s Guide”

EKLER

- | | |
|------|--|
| Ek 1 | IRF640 Mosfet katalođu |
| Ek 2 | 1N4007 Diyot katalođu |
| Ek 3 | DME Motor katalođu |
| Ek 4 | Değişken frekanslı ve sabit frekanslı sistemlerin hız değişimi |

Ek 1 IRF640 Mosfet katalogu



IRF640, RF1S640, RF1S640SM

Data Sheet

January 2002

18A, 200V, 0.180 Ohm, N-Channel Power MOSFETs

These are N-Channel enhancement mode silicon gate power field effect transistors. They are advanced power MOSFETs designed, tested, and guaranteed to withstand a specified level of energy in the breakdown avalanche mode of operation. All of these power MOSFETs are designed for applications such as switching regulators, switching convertors, motor drivers, relay drivers, and drivers for high power bipolar switching transistors requiring high speed and low gate drive power. These types can be operated directly from integrated circuits.

Formerly developmental type TA17422.

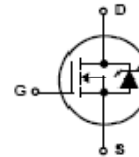
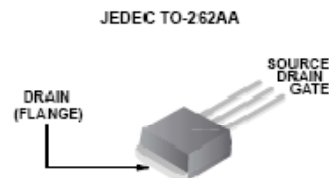
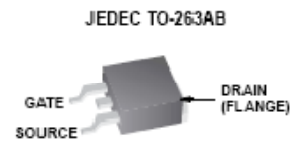
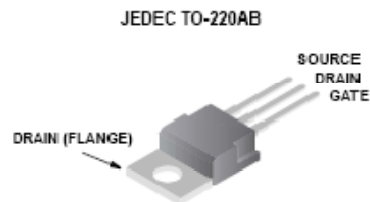
Ordering Information

PART NUMBER	PACKAGE	BRAND
IRF640	TO-220AB	IRF640
RF1S640	TO-262AA	RF1S640
RF1S640SM	TO-263AB	RF1S640

NOTE: When ordering, use the entire part number. Add the suffix 9A to obtain the TO-263AB variant in the tape and reel, i.e., RF1S640SM9A.

Features

- 18A, 200V
- $r_{DS(ON)} = 0.180\Omega$
- Single Pulse Avalanche Energy Rated
- SOA is Power Dissipation Limited
- Nanosecond Switching Speed
- Linear Transfer Characteristics
- High Input Impedance
- Related Literature
 - TB334 "Guidelines for Soldering Surface Mount Components to PC Boards"

Symbol**Packaging**

IRF640, RF1S640, RF1S640SM

Absolute Maximum Ratings

$T_C = 25^{\circ}\text{C}$, Unless Otherwise Specified

	IRF640, RF1S640, RF1S640SM	UNITS
Drain to Source Breakdown Voltage (Note 1)	V_{DS} 200	V
Drain to Gate Voltage ($R_{GS} = 20\text{k}\Omega$) (Note 1)	V_{DGR} 200	V
Continuous Drain Current	I_D 18	A
$T_C = 100^{\circ}\text{C}$	I_D 11	A
Pulsed Drain Current (Note 3)	I_{DM} 72	A
Gate to Source Voltage	V_{GS} ± 20	V
Maximum Power Dissipation	P_D 125	W
Dissipation Derating Factor	1.0	$\text{W}/^{\circ}\text{C}$
Single Pulse Avalanche Energy Rating (Note 4)	E_{AS} 580	mJ
Operating and Storage Temperature	T_J, T_{STG} -55 to 150	$^{\circ}\text{C}$
Maximum Temperature for Soldering		
Leads at 0.083in (1.6mm) from Case for 10s.	T_L 300	$^{\circ}\text{C}$
Package Body for 10s, See TB334.	T_{pkg} 200	$^{\circ}\text{C}$

CAUTION: Stresses above those listed in "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress only rating and operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operational sections of this specification is not implied.

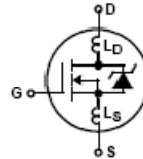
NOTE:

1. $T_J = 25^{\circ}\text{C}$ to 125°C .

Electrical Specifications

$T_C = 25^{\circ}\text{C}$, Unless Otherwise Specified

PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Drain to Source Breakdown Voltage	BV_{DSS}	$I_D = 250\mu\text{A}$, $V_{GS} = 0\text{V}$, (Figure 10)	200	-	-	V
Gate Threshold Voltage	$V_{GS(TH)}$	$V_{GS} = V_{DS}$, $I_D = 250\mu\text{A}$	2	-	4	V
Zero Gate Voltage Drain Current	I_{DSS}	$V_{DS} = \text{Rated } BV_{DSS}$, $V_{GS} = 0\text{V}$	-	-	25	μA
		$V_{DS} = 0.8 \times \text{Rated } BV_{DSS}$, $V_{GS} = 0\text{V}$, $T_J = 125^{\circ}\text{C}$	-	-	250	μA
On-State Drain Current (Note 1)	$I_{D(ON)}$	$V_{DS} > I_{D(ON)} \times r_{DS(ON)MAX}$, $V_{GS} = 10\text{V}$ (Figure 7)	18	-	-	A
Gate to Source Leakage Current	I_{GSS}	$V_{GS} = \pm 20\text{V}$	-	-	± 100	nA
Drain to Source On Resistance (Note 1)	$r_{DS(ON)}$	$I_D = 10\text{A}$, $V_{GS} = 10\text{V}$ (Figures 8, 9)	-	0.14	0.18	Ω
Forward Transconductance (Note 1)	g_{fs}	$V_{DS} \geq 10\text{V}$, $I_D = 11\text{A}$ (Figure 12)	6.7	10	-	S
Turn-On Delay Time	$t_{d(ON)}$	$V_{DD} = 100\text{V}$, $I_D = 18\text{A}$, $R_{GS} = 0.1\Omega$, $R_L = 5.4\Omega$, MOSFET Switching Times are Essentially Independent of Operating Temperature	-	13	21	ns
Rise Time	t_r		-	50	77	ns
Turn-Off Delay Time	$t_{d(OFF)}$		-	46	68	ns
Fall Time	t_f		-	35	54	ns
Total Gate Charge (Gate to Source + Gate to Drain)	$Q_{g(TOT)}$	$V_{GS} = 10\text{V}$, $I_D = 18\text{A}$, $V_{DS} = 0.8 \times \text{Rated } BV_{DSS}$ (Figure 14) Gate Charge is Essentially Independent of Operating Temperature	-	43	64	nC
Gate to Source Charge	Q_{gs}	$I_{G(REF)} = 1.5\text{mA}$	-	8	-	nC
Gate to Drain "Miller" Charge	Q_{gd}		-	22	-	nC
Input Capacitance	C_{ISS}	$V_{DS} = 25\text{V}$, $V_{GS} = 0\text{V}$, $f = 1\text{MHz}$ (Figure 11)	-	1275	-	pF
Output Capacitance	C_{OSS}		-	400	-	pF
Reverse Transfer Capacitance	C_{RSS}		-	100	-	pF
Internal Drain Inductance	L_D	Measured From the Contact Screw on Tab to Center of Die	-	3.5	-	nH
		Measured From the Drain Lead, 6mm (0.25in) From Package to Center of Die		4.5	-	nH
Internal Source Inductance	L_S	Measured From the Source Lead, 6mm (0.25in) from Header to Source Bonding Pad	-	7.5	-	nH
Thermal Resistance Junction to Case	$R_{\theta JC}$		-	-	1	$^{\circ}\text{C}/\text{W}$
Thermal Resistance Junction to Ambient	$R_{\theta JA}$	Free Air Operation, IRF640	-	-	62	$^{\circ}\text{C}/\text{W}$
	$R_{\theta JA}$	RF1S640SM Mounted on FR-4 Board with Minimum Mounting Pad	-	-	62	$^{\circ}\text{C}/\text{W}$



IRF640, RF1S640, RF1S640SM

Source to Drain Diode Specifications

PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Continuous Source to Drain Current	I_{SD}	Modified MOSFET Symbol Showing the Integral Reverse P-N Junction Diode	-	-	18	A
Pulse Source to Drain Current (Note 2)	I_{SDM}		-	-	72	A
Source to Drain Diode Voltage (Note 2)	V_{SD}	$T_J = 25^\circ\text{C}$, $I_{SD} = 18\text{A}$, $V_{GS} = 0\text{V}$, (Figure 13)	-	-	2.0	V
Reverse Recovery Time	t_{rr}	$T_J = 25^\circ\text{C}$, $I_{SD} = 18\text{A}$, $dI_{SD}/dt = 100\text{A}/\mu\text{s}$	120	240	530	ns
Reverse Recovery Charge	Q_{RR}	$T_J = 25^\circ\text{C}$, $I_{SD} = 18\text{A}$, $dI_{SD}/dt = 100\text{A}/\mu\text{s}$	1.3	2.8	5.6	μC

NOTES:

- Pulse Test: Pulse width $\leq 300\mu\text{s}$, duty cycle $\leq 2\%$.
- Repetitive Rating: Pulse width limited by maximum junction temperature. See Transient Thermal Impedance curve (Figure 3).
- $V_{DD} = 50\text{V}$, starting $T_J = 25^\circ\text{C}$, $L = 3.37\text{mH}$, $R_G = 25\Omega$, peak $I_{AS} = 18\text{A}$.

Typical Performance Curves Unless Otherwise Specified

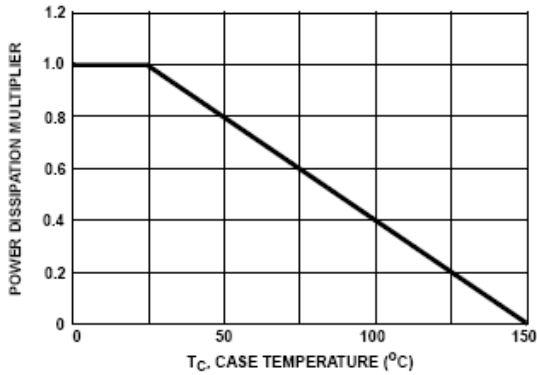


FIGURE 1. NORMALIZED POWER DISSIPATION vs CASE TEMPERATURE

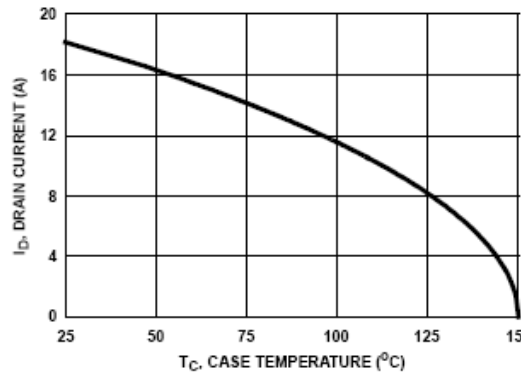


FIGURE 2. MAXIMUM CONTINUOUS DRAIN CURRENT vs CASE TEMPERATURE

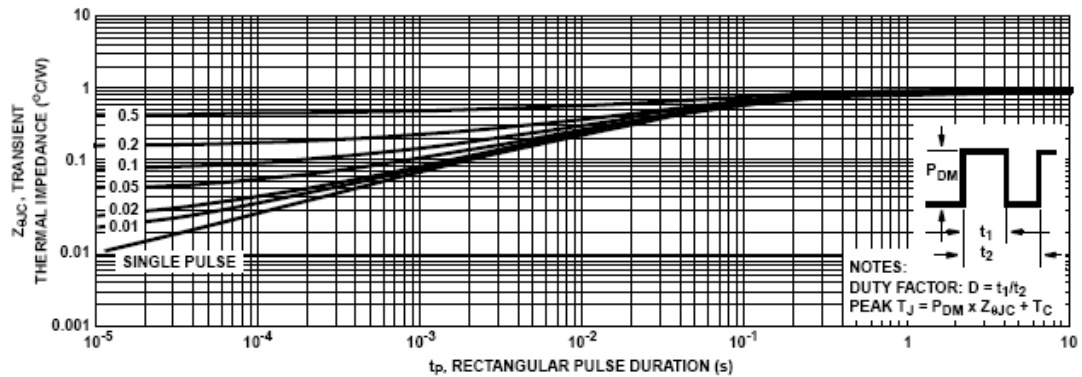


FIGURE 3. MAXIMUM TRANSIENT THERMAL IMPEDANCE

IRF640, RF1S640, RF1S640SM

Typical Performance Curves Unless Otherwise Specified (Continued)

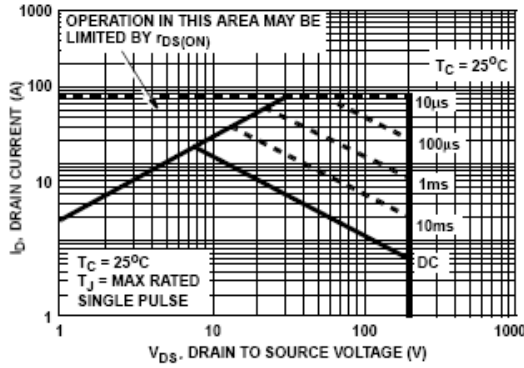


FIGURE 4. FORWARD BIAS SAFE OPERATING AREA

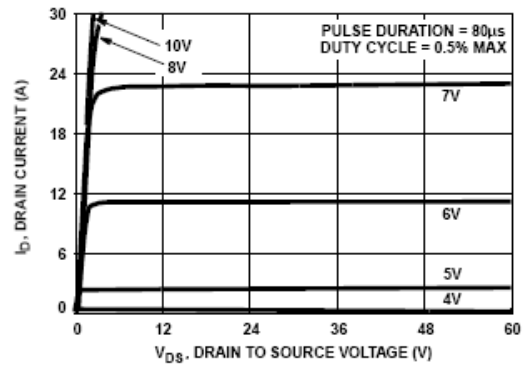


FIGURE 5. OUTPUT CHARACTERISTICS

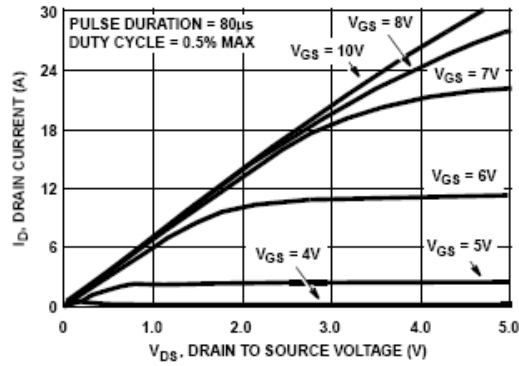


FIGURE 6. SATURATION CHARACTERISTICS

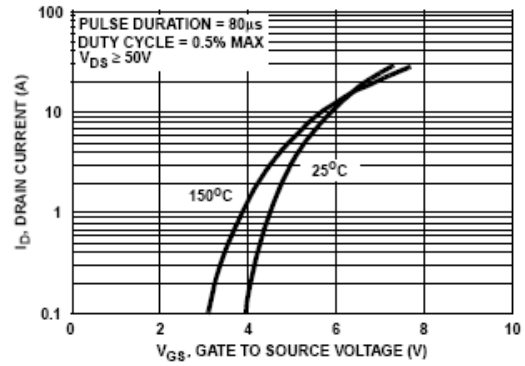


FIGURE 7. TRANSFER CHARACTERISTICS

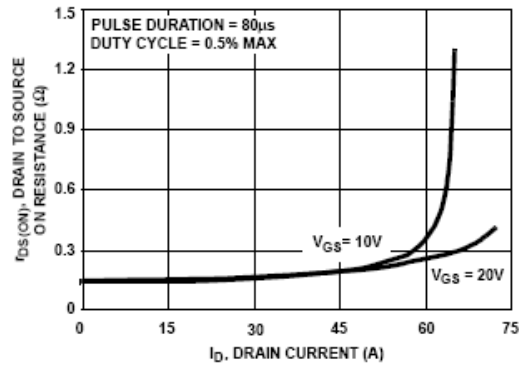


FIGURE 8. DRAIN TO SOURCE ON RESISTANCE vs GATE VOLTAGE AND DRAIN CURRENT

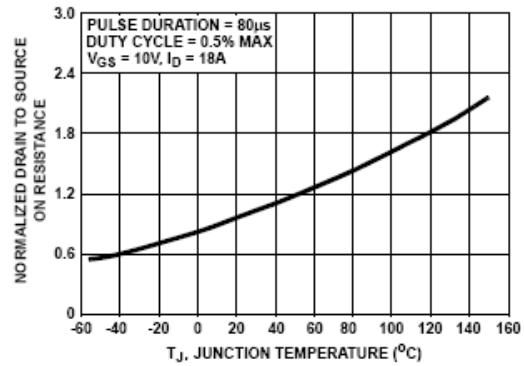


FIGURE 9. NORMALIZED DRAIN TO SOURCE ON RESISTANCE vs JUNCTION TEMPERATURE

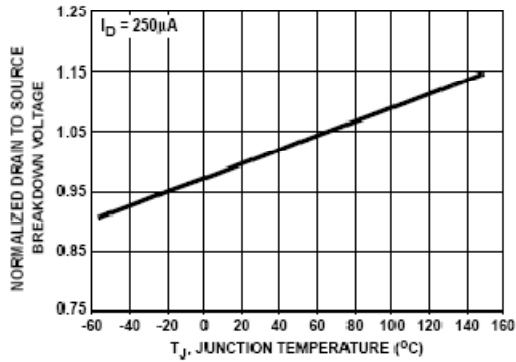
IRF640, RF1S640, RF1S640SM
Typical Performance Curves Unless Otherwise Specified (Continued)


FIGURE 10. NORMALIZED DRAIN TO SOURCE BREAKDOWN VOLTAGE vs JUNCTION TEMPERATURE

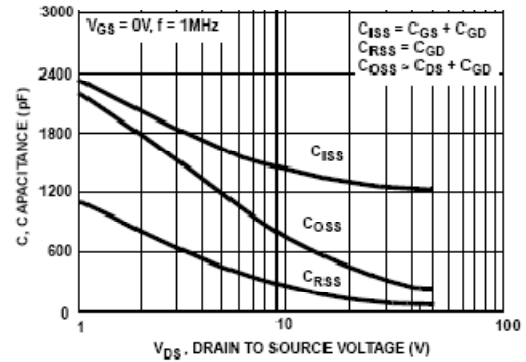


FIGURE 11. CAPACITANCE vs DRAIN TO SOURCE VOLTAGE

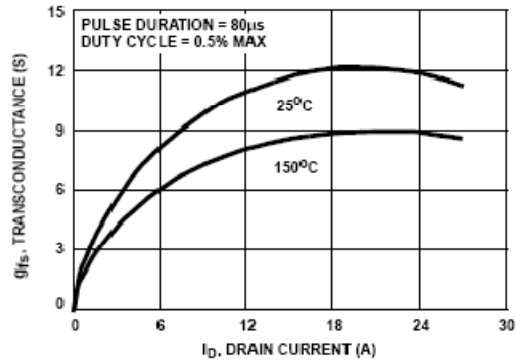


FIGURE 12. TRANSCONDUCTANCE vs DRAIN CURRENT

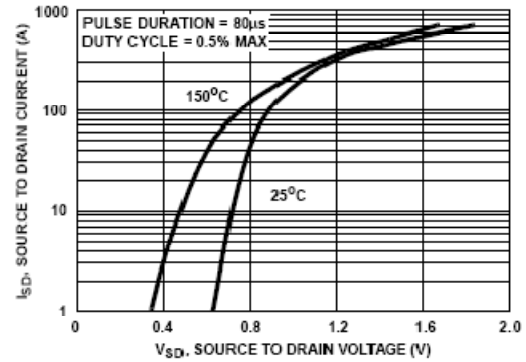


FIGURE 13. SOURCE TO DRAIN DIODE VOLTAGE

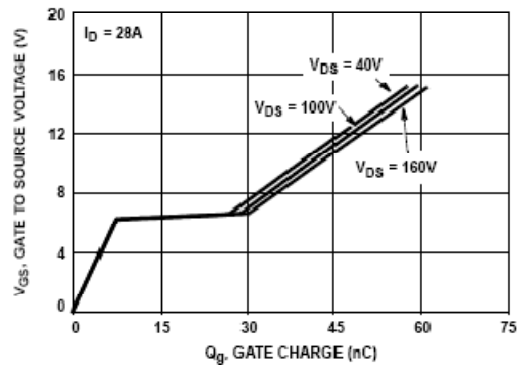
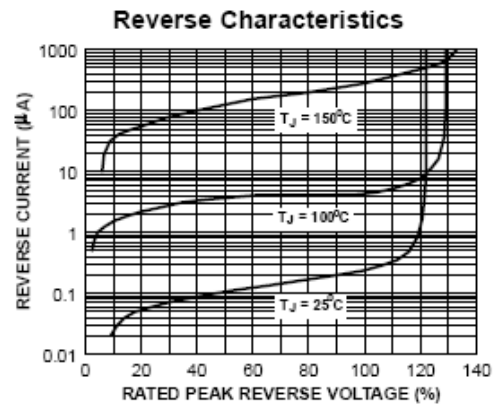
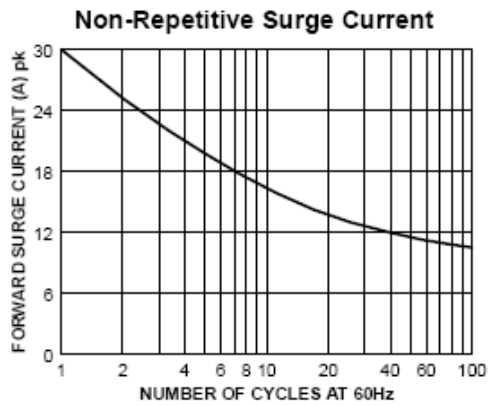
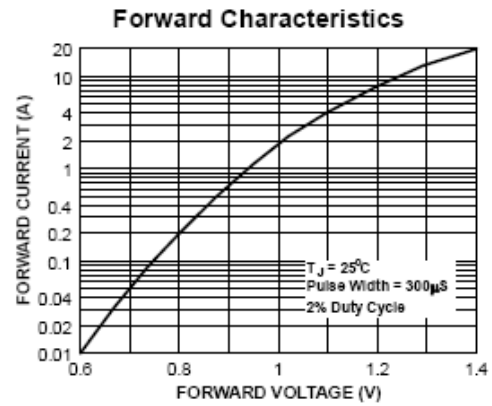
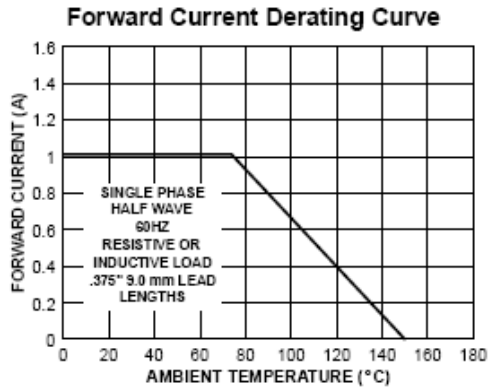


FIGURE 14. GATE TO SOURCE VOLTAGE vs GATE CHARGE

Symbol	Parameter	Device							Units
		4001	4002	4003	4004	4005	4006	4007	
V_F	Forward Voltage @ 1.0 A	1.1							V
I_{rr}	Maximum Full Load Reverse Current, Full Cycle $T_A = 75^\circ\text{C}$	30							μA
I_R	Reverse Current @ rated V_R $T_A = 25^\circ\text{C}$ $T_A = 100^\circ\text{C}$	5.0 500							μA μA
C_T	Total Capacitance $V_R = 4.0 \text{ V}$, $f = 1.0 \text{ MHz}$	15							pF

General Purpose Rectifiers (continued)

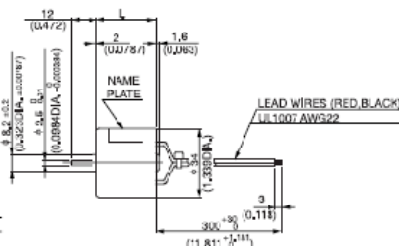
Typical Characteristics



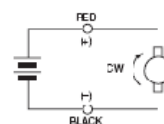
●DIMENSIONS Unit mm(inch)



3-M2.6 DEPTH 3MAX
 3-M2.6 DEPTH 0.118MAX
 P=120° P.C.D=6.26 ±0.2
 P.C.D=1.24DIA. ±0.007(7)



● CONNECTION

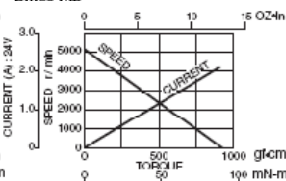
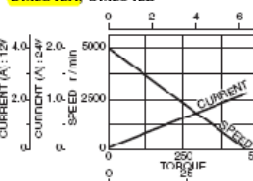
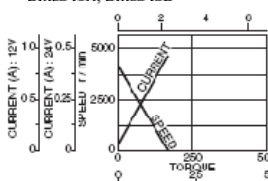


●CURRENT, SPEED-TORQUE CURVE

DME34SA, DME34SB

DME34BA, DME34BB

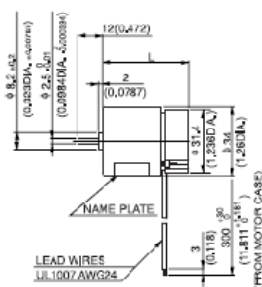
DME34KB



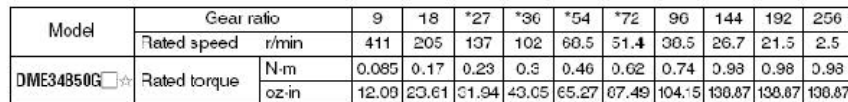
● STANDARD SPECIFICATIONS

Model	Rated						No load		Stall torque	
	Output W	Voltage V	Torque		Current A	Speed r/min	Current A	Speed r/min	mN-m	oz-in
			mN-m	oz-in						
DME34SA	1.3	12	3.9	0.56	0.2	3300	0.04	4300	17	2.36
DME34SB	1.3	24	3.9	0.56	0.1	3300	0.02	4300	17	2.36
DME34BA	4.5	12	11.8	1.67	0.65	3700	0.04	5000	45	6.39
DME34BB	4.5	24	11.8	1.67	0.31	3700	0.04	5000	45	6.39
DME34KB	7	24	14.7	2.08	0.41	4300	0.06	5100	92	13.03

●REVOLUTION SENSOR MAGNET TYPE



Model	L	Weight	
		g	lb
DME34SMA DME34SMB	43.1	110	0.24
DME34BMA DME34BMB	48.5	120	0.26
DME34KMB	58.6	260	0.57

●REVOLUTION SENSOR OPTICAL TYPE

Ek 4 Değişken frekanslı ve sabit frekanslı sistemlerin hız değişimi

Değişken PWM frekanslı sistem (dev/dak)	Sabit PWM frekanslı sistem (dev/dak)
70.13623328	68.83320965
77.54238473	76.40151956
82.85218039	81.93567966
86.35494591	85.69181270
88.37086339	87.96259074
89.22046341	89.04768310
89.20339663	89.23259588
88.58505436	88.77474028
87.58952648	87.89545444
86.39742821	86.77670644
85.14725454	85.56128822
83.93909713	84.35544437
82.83975863	83.23304035
81.88850117	82.24054457
81.10285677	81.40226407
80.48409809	80.72542464
80.02211240	80.20481880
79.69953964	79.82685502
79.49512629	79.57292961
79.38631312	79.42210924
79.35111993	79.35315959
79.36941744	79.34598647
79.42368935	79.38257350
79.49938985	79.44750720
79.58499641	79.52817942
79.67184720	79.61475070
79.75383959	79.69994851
79.82705193	79.77876236
79.88933696	79.84808627
79.93992226	79.90634686
79.97904190	79.95314520
80.00761414	79.98893101
80.02697229	80.01472025

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	28.05.1980	
Doğum yeri	Ereğli - Zonguldak	
Lise	1991-1998	Kdz Ereğli Anadolu Lisesi
Lisans	1998-2003	Yıldız Üniversitesi Mühendislik Fak. Makine Mühendisliği Bölümü

Çalıştığı kurum(lar)

2004-Devam ediyor Otokar Otobüs Karoseri A.Ş.