



**LABVIEW ORTAMINDA KMDA MOTORUNUN PI DENETLEYECİ İLE
HIZ KONTROLU**

İsmail MALLI

**LİSANS TEZİ
ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ**

OCAK 2017

İsmail MALLI tarafından hazırlanan “LABVIEW ORTAMINDA KMDA MOTORUNUN PI DENETLEYECİ İLE HIZ KONTROLU” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ / OY ÇOKLUĞU ile Gazi Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümünde LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Doç. Dr. Şevki DEMİRBAŞ

Elektrik Elektronik Mühendisliği, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum

.....

Üye: Prof. Dr. Ramazan BAYINDIR

Elektrik Elektronik Mühendisliği, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum

.....

Üye: Prof. Dr. Erol KURT

Elektrik Elektronik Mühendisliği, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum

.....

Tez Savunma Tarihi: 16/01/2017

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Prof. Dr. Ramazan BAYINDIR

Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölüm Başkanı

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

İsmail MALLI

16/01/2017

LABVIEW ORTAMINDA KMDA MOTORUNUN PI DENETLEYECİ İLE HIZ KONTROLU

(Lisans Tezi)

İsmail MALLI

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ

Ocak 2017

ÖZET

Bu tezde, görsel tabanlı programlama dillerinden biri olan LabVIEW ve Microchip Technology ile Digilent Inc. firmaları tarafından geliştirilen chipKIT Max32 geliştirme kartı kullanılarak kalıcı mıknatıslı doğru akım (KMDA) motorunun PI denetleyici ile hız kontrolü yapılmaktadır. Akış şeması şeklinde geliştirilen kontrol modeli LabVIEW'e özgü olan ön panel ve blok çizelgesi kısımlarından oluşmaktadır. Ön panel kontrol objeleri, parametre tabloları ve çıkış grafiklerini barındırmaktadır. Blok çizelgesi kısmında ise geliştirme kartı ve LabVIEW uyumluluğu altında seri haberleşme ile analog ve dijital sinyallerin giriş-çıkış, encoder'ın sayım ve kıyaslama, PI denetleyici ve darbe genişlik modülasyonu (DGM) tekniği ile sinyal üretme işlemleri akış şemaları ile yerine getirilmektedir. PI denetleyici ile sistemde, motor hızının referans hız değerini izlemesi sağlanmaktadır. Geri besleme için kullanılmakta olan motor hızı değeri, bir artırıcı optik encoder ile ölçülmekte ve blok çizelge içerisinde belirli süreçlerden geçirilmektedir. Darbe genişlik modülasyonu(DGM) tekniği ile elde edilen sinyal ve motor sürücüsü kullanılarak motor uç gerilimi yani hızı ayarlanmaktadır. Böylece KMDA motorları için hızlı, güvenilir, farklı uygulamalar için kolayca uyumlu hale getirilebilecek ve sade bir kullanıcı arayüzüne sahip bir hız sabitleyici sistem oluşturulmuştur.

Anahtar Kelimeler : KMDA Motoru, PI denetleyici, DGM, LabVIEW, hız kontrolü, görsel programlama, gömülü sistemler, encoder

Sayfa Adedi : 26

Danışman : Doç. Dr. Şevki DEMİRBAŞ

SPEED CONTROLLING OF PMDC MOTOR WITH PI CONTROLLER IN LABVIEW PLATFORM

(Bachelor's Degree Thesis)

İsmail MALLI

GAZI UNIVERSITY
FACULTY OF TECHNOLOGY

January 2017

ABSTRACT

In this thesis, the speed controlling of permanent magnet direct current motor (PMDC) has been realized using LabVIEW one of the visually-based programming languages and the chipKIT MAX32 development card developed by the Microchip Technology and Digilent Inc. companies with PI controller. The control model developed as a flow chart has consisted of front panel and block diagram sections to LabVIEW specific. The front panel has contained control objects, parameter tables and output graphs. The development card's and LabVIEW's compatibility has been realized with serial communication in the block diagram section. With the flow charts have been accommodated input and output of analog and digital signals, encoder counting and comparison, signal generating processes with PI controlling and pulse width modulation (PWM). The motor's speed monitoring to reference speed value has been accommodated with the PI controller in system. The motor's speed value used for feedback has been measured an incremental optical encoder and has been passed certain processes in the block diagram. The motor terminal voltage or speed has been adjusted using the signal from obtained the pulse width modulation (PWM) technique and the motor driver. In this way, a speed stabilizer system for PMDC motor has been realized fast, reliable, easily can adapt for diverse applications and by obtain a plain user's interface.

Key Words : PMDC Motor, PI Controller, PWM, LabVIEW, speed controlling, graphical programming, embedded systems, encoder

Page Number : 26

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Şevki DEMİRBAŞ

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren Sayın Doç. Dr. Şevki DEMİRBAŞ hocama yine kıymetli tecrübelerinden faydalandığım Sayın Dr. Emre Çelik hocama, manevi ve maddi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan aileme ve ev arkadaşım Akif SÜNBÜL'e teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	viii
RESİMLERİN LİSTESİ	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	x
1. GİRİŞ	1
2. MATERYAL VE METHOD	5
2.1. KMDA Motorunun Modeli	5
2.2. Encoder çalışma prensibi.....	8
2.3. DA motor sürücüler ve DGM sinyal tekniği	12
2.4. PI denetleyici	14
2.5. ChipKIT MAX32 geliştirme kartı	15
2.6. JAPAN DME34BE50G encoderlı KMDA motoru	17
2.7. L298N tam köprü motor sürücü kartı	17
3. LABVIEW ORTAMINDA KMDA MOTORUNUN PI DENETLEYİCİ İLE HIZ KONTROLÜ.....	19
3.1. LabVIEW programlama ortamı ve LINX gömülü sistemlerle etkileşim aracı	19
3.2. Kontrol Bloğuna ve Algoritmaya Genel Bakış	20
3.3. Blok çizelge detayları.....	22
3.4. Ön panel detayları	23
4. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	25
KAYNAKLAR	26
ÖZGEÇMİŞ	27

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Serbest uyarımlı bir DA motorun eşdeğer devresi	5
Şekil 2.2. Kalıcı mıknatıslı bir DA motorun eşdeğer devresi	6
Şekil 2.3. Kalıcı mıknatıslı bir DA motorunun yüklü eşdeğer devresi	7
Şekil 2.4. Tipik bir artımlı(incremental) encoderın sinyalleri	9
Şekil 2.5. A ve B kanallarının ana noktaları	9
Şekil 2.6. Hızın işlevi içindeki iki yöntemin görelî hataları	12
Şekil 2.7. DA-DA kıyıcıya ait blok diyagram	13
Şekil 2.8. Anahtarlama elemanı kontrol sinyali	13
Şekil 2.9. Bir H-köprüsünün prensip şekli	14
Şekil 2.10. PI denetleyicili DA motorunun hız kontrol blok diyagramı	15
Şekil 2.11. Encoder bağlantı şekli	17
Şekil 2.12. L298N sürücü entegresi iç yapısı	17
Şekil 2.13. L298N sürücü entegresi ile bir DA motorunun çift yönlü kontrolü ve çalışma şekilleri	18
Şekil 3.1. Sistemin blok diyagramı	21
Şekil 3.2. Oluşturulan görsel yazılım	22
Şekil 3.3. Oluşturulan kullanıcı arayüzü	24
Şekil 4.1. Açık döngü çıkış sinyalleri	25

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 2.1. Çalışmada kullanılan ChipKIT Max32 geliştirme kartı	16
Resim 3.1. Sistemin fiziksel hali.....	21

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklamalar
V_T, V_a	Terminal gerilimi(V)
E_A, e_a	İndüklenen gerilim(V)
R_A, R_a	Endüvi direnci(Ω)
R_F	Uyartım direnci(Ω)
R_{adj}	Ayarlanabilir direnç(Ω)
L_A, L_a	Endüvi endüktansı(H)
L_F	Uyartım endüktansı(H)
I_A, i_a	Endüvi akımı(A)
I_L	Yük akımı(A)
I_F	Uyartım akımı(A)
τ_{ind}	İndüklenen moment(N.m)
τ_{load}	Yük momenti(N.m)
K	Motor sabiti(V/A-rad/s)
\emptyset	Manyetik akı(W)
ω	Açısal hız(rad/s)
B	Viskoz sürtünme katsayısı(N.m/rad/s)
J	Eylemsizlik momenti(N.m)
r	Dairenin yarıçapı(m)
rpm	Rotation per minute (Dakikadaki tur sayısı)
n	Doğrusal hız(rpm)
T_1	İki nokta arasında geçen süre
E	Değerlendirme çarpanı
X	Saat çevrimlerinin veya kenarların sayısı
f_{clk}	Kullanılan saatin frekansı(Hz)
T_{rev}	Bir devir için gereken süre
R	Encoderın çözünürlüğü
ΔT_{rev}	Ölçümün örnekleme hatası(s)

$\Delta\omega$	Ölçümün örnekleme hatası(rpm)
T_m	Ölçme süresi
e_{rel_freq}	Frekans esaslı gerçek hata
e_{rel_time}	Zaman esaslı gerçek hata
T_s	Anahtarlama sinyali periyodu
t_{on}	Anahtar kapama süresi
t_{off}	Anahtar açma süresi
D	Çalışma oranı
ω_r^*	Referans açısal hız
ω_r	Ölçülen motor hızı
ω_e	Hata sinyali
V_d^*	Referans gerilim sinyali
$+V_{DA}$	Sürücü tarafından aktarılan motor besleme gerilimi
K_P	Oransal kazanç
K_i	İntegral etki kazancı

Kısaltmalar

Açıklamalar

DA	Doğru akım
KMDA	Kalıcı mıknatıslı doğru akım
DGM	Darbe genişlik modülasyonu
PWM	Pulse width modulation
PI	Proportional integral (Oransal İntegral)
LabVIEW	Laboratuary virtual instruments for engineering workbench
IDE	Integrated development environment
USB	Universal serial bus(Evrensel veri yolu)
UART	Universal asynchronous receiver/transmitter
SPI	Serial Peripheral Interface Bus
I2C	Inter-Integrated Circuit
MAC	Media Access Control
OTG	USB On-The-Go
G/Ç	Giriş/Çıkış

1. GİRİŞ

Kolay kontrol edilebilme ve yüksek performans gibi üstünlüklere sahip olan DA motorlarının hızları geniş sınırlar içerisinde ayarlanabilmektedir. DA motorları endüstride hızlı taşımacılık, elektrik trenleri, elektrikli taşıtlar, elektrikli vinçler, yazıcı, disket sürücü, kâğıt endüstrisi gibi yerlerde ayarlanabilir hız ve hassas konumlandırma uygulamalarında kullanılırlar. Son yıllarda teknolojik gelişmelerle birlikte ev aletleri uygulamalarında, düşük güçlü ve düşük maliyet istenen ayarlanabilir hız gereken yerlerde yaygın bir kullanım alanı bulmuştur[1].

Kalıcı mıknatıslı bir DA motor (KMDA), kutupları kalıcı mıknatıslardan oluşmaktadır. Kalıcı mıknatıslı DA motorları bazı uygulamalarda şönt DA motorlarına kıyasla daha yararlıdır. Bu motorların harici bir uyarma gereksinimi olmadığından şönt motorlardaki uyarma devresi bakır kayıpları yoktur. Keza, uyarma sargısı istenmediğinden dolayı dengi şönt motorlardan daha küçüktürler. KMDA motorlar ayrı uyarma devresinin hacmi ve bedelin değerlendirme dışı olduğu yerlerde özellikle çok küçük kesirli ve alt kesir beygircü boyutlarında yaygındırlar. Bununla birlikte KMDA motorların dezavantajları da vardır. Kalıcı mıknatıslar dışardan beslenen şönt uyarmada olduğu gibi yüksek akı yoğunluğu üretmez. Böylece KMDA motor aynı boyut ve yapıdaki bir şönt motordan endüvi akımı başına daha düşük bir indüklenen momente sahiptir. Ayrıca KMDA motor mıknatıssızlaşma riski ile çalışır. Ancak son 40 yılda kalıcı mıknatısları yapmak için istenen karakteristiklere sahip olan yeni manyetik malzemeler geliştirilmiştir. Ana malzeme tipleri seramik(ferrit) manyetik malzemeler ve nadir element manyetik malzemelerdir. Nadir element mıknatıslar endüvi reaksiyonu nedeniyle oluşan mıknatıssızlandırma problemlerine karşı bağışık olurken ferromanyetik alaşımlar kadar artık akıya sahip olabilmektedirler. Bir KMDA motorun akısının sabitlenmesi dışında temelde bir DA şönt motor ile aynıdır. Dolayısıyla uyarma akımını veya akıyı değiştirerek bir KMDA motorun hızını kontrol etmek mümkün değildir. Bir KMDA motorun hızını kontrol etmenin en iyi yolu endüvi gerilimi kontrolü veya endüvi direnç kontrolüdür[2].

AA motoru sürücüleri ile kıyaslandığında, DA motoru sürücü devrelerinin basit ve ucuz olması ayarlanabilir hız uygulamalarında DA motoru sürücülerini ön plana çıkarmıştır. DA sürücülerinin uygulamasında kullanılan analog sürücüler, analog devre elemanları ve uygulanan karmaşık kontrol şemaları gibi dezavantajlara sahiptir. Ancak yarı iletken teknolojisindeki gelişmeler mevcut olan sistemlerden daha küçük olan, daha hızlı işlem

yapabilen, ekonomik ve ayarlanabilir hızlı sürücülerini denetleyiciler ile yapmak mümkün olmuştur[3].

Doğru akım motorlarının hızları yükün momentine göre değişir. Sabit bir hızı sağlamak için, endüvi(ve\veya alan) geriliminin sürekli olarak değiştirilmesi gerekir. Pratikte sürücü sistemlerinin sabit bir moment ve sabit bir güç ile çalışması istenir. Bunun yanında denetimli olarak hızlanma ve yavaşlama yapılması beklenir. Pek çok endüstriyel sürücü, kapalı döngü geri besleme sistemleri ile çalışır. Kapalı döngü denetim sistemi, geliştirilmiş bir doğruluk, hızlı dinamik yanıt ve yük bozunumları ile sistem sapmalarının etkilerinin azaltılması gibi avantajlara sahiptir. Kapalı döngü sürücülerde, motorun hızının artan yük momenti sebebiyle azalması durumunda, hız hatası yükselir. Hız denetleyici buna arttırılmış bir denetim ile karşılık verir ve dönüştürücünün tetikleme açısı veya doluluk oranı değiştirilerek motorun endüvi gerilimi yükseltilir. Yükseltilmiş bir endüvi gerilimi, motor hızın tekrar istenilen değere çıkaracak olan daha yüksek momenti oluşturur. Sürücü, üretilen momentin yük momentine eşit olacağı ana kadar süren bir geçiş süreci yaşar[4].

Günümüzde kullanılan endüstriyel kontrol cihazlarının yarısından fazlasında PID denetleyiciler veya değiştirilebilir PID denetleyiciler kullanılmaktadır. Literatürde önerilmiş farklı türdeki birçok ayarlama kuralları ile çoğu PID denetleyicisi yerinde, kesin ve ince ayarlanabilmektedir. Ayrıca, otomatik ayarlama yöntemleri geliştirilmiştir ve bazı PID denetleyicileri çevrimiçi otomatik ayarlama yapabilir durumu gelmiştir. Kapalı döngü sistemlerde ise hız denetleyicisi olarak PI sıkça kullanılmaktadır[5].

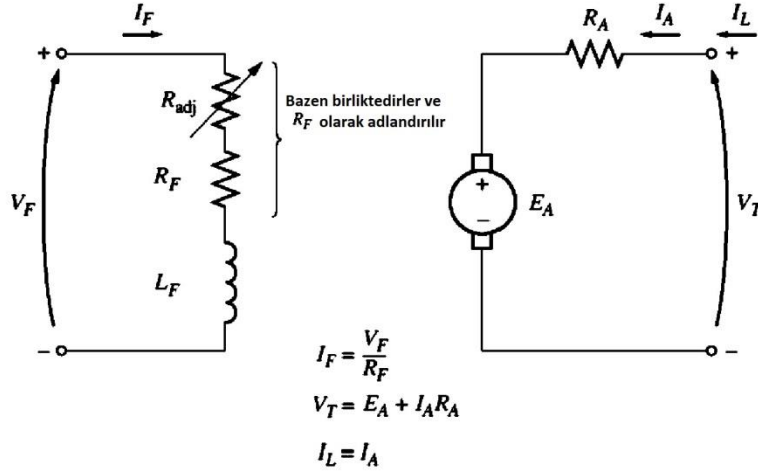
Bu çalışmada ise, görsel tabanlı programlama dillerinden biri olan LabVIEW ve Microchip Technology ile Digilent Inc. firmaları tarafından geliştirilen chipKIT Max32 geliştirme kartı kullanılarak kalıcı mıknatıslı doğru akım (KMDA) motorunun PI denetleyici ile hız kontrolü yapılmaktadır. Akış şeması şeklinde geliştirilen kontrol modeli LabVIEW'e özgü olan ön panel ve blok çizelgesi kısımlarından oluşmaktadır. Ön panel kontrol objeleri, parametre tabloları ve çıkış grafiklerini barındırmaktadır. Blok çizelgesi kısmında ise geliştirme kartı ve LabVIEW uyumluluğu altında seri haberleşme ile analog ve dijital sinyallerin giriş-çıkış, encoder'ın sayım ve kıyaslama, PI denetleyici ve darbe genişlik modülasyonu(DGM) tekniği ile sinyal üretme işlemleri akış şemaları ile yerine getirilmektedir. PI denetleyici ile sistemde, motor hızının referans hız değerini izlemesi sağlanmaktadır. Geri besleme için kullanılmakta olan motor hızı değeri, bir artırımlı optik encoder ile ölçülmekte ve blok çizelge içerisinde belirli süreçlerden geçirilmektedir. Darbe genişlik modülasyonu(DGM) tekniği ile elde edilen sinyal ve motor sürücüsü

kullanılarak motor uç gerilimi yani hızı ayarlanmaktadır. Böylece KMDA motorları için hızlı, güvenilir, farklı uygulamalar için kolayca uyumlu hale getirilebilecek ve sade bir kullanıcı arayüzüne sahip bir hız sabitleyici sistem oluşturulmuştur.

2. MATERYAL VE METHOD

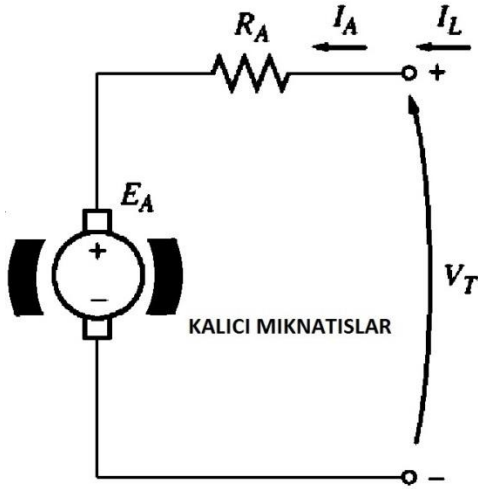
2.1. KMDA Motorunun Modeli

Bir DA motorunun eşdeğer devresi Şekil 2-1'de gösterilmektedir. Bu şekilde endüvi devresi ideal bir gerilim kaynağı E_A ve bir direnç R_A ile temsil edilmektedir.



Şekil 2.1. Serbest uyarımlı bir DA motorun eşdeğer devresi

Bu gösterim gerçekte rotor bobinlerini, ara kutupları ve varsa kompozisyon sargılarını kapsayacak şekilde tüm rotor yapısının Thevenin eşdeğeridir. Fırça gerilim düşümü makinada akan akımın yönüne zıt olan küçük bir batarya V_{brush} ile temsil edilir. Motordaki manyetik alanı üreten uyarma bobinleri L_F indüktansı ve R_F direnci ile temsil edilir. Ek direnç R_{adj} , uyarma devresindeki akım miktarını kontrol etmek için kullanılan harici bir değişken olan direnci temsil eder. KMDA motoru, kutupları kalıcı mıknatıslardan oluşan bir DA motorudur. KMDA motorlarda Şekil 2.2. 'de görülebileceği üzere uyarım devresi kalıcı mıknatıslardan oluşmaktadır.



Şekil 2.2. Kalıcı mıknatıslı bir DA motorun eşdeğer devresi

Bu temel eşdeğer devrelerin birkaç varyasyonu ve basitleştirilmiş hali vardır. Fırça gerilim düşümü makinada üretilen gerilimin sadece çok küçük bir kısmıdır. Dolayısıyla kritik olmadığı durumlarda fırça gerilim düşümü ihmal edilebilir veya yaklaşık olarak R_A tarafından kapsandığı söylenebilir. Keza uyarma bobinlerinin iç direnci bazen değişken dirençle birlikte ve toplam R_F olarak adlandırılabilir. Üçüncü bir varyasyon bazı motorların tamamı eşdeğer devrede görünecek olan birden fazla uyarma bobinine sahip olmasıdır. Bir KMDA motorunda üretilen iç gerilim ' $E_A = K\Phi\omega$ ' denklemi ile verilir. İndüklenen moment ise ' $\tau_{ind} = K\Phi I_A$ ' denklemi ile verilir. Bu iki denklem, endüvi devresinin Kirchhoff'un gerilim kanunu denklemi ve makinanın mıknatıslanma eğrisi bir DA motorunun performans ve davranışını analiz etmek için gerekli tüm araçları oluşturur.

Bir KMDA motorunun milindeki yük arttırılırsa yük momenti τ_{load} makinada indüklenen momenti aşacaktır ve motor yavaşlamaya başlayacaktır. Motor yavaşlamaya başladığı zaman kendi içinde üretilen gerilim(E_A) düşer. Böylece motor endüvi akımı(I_A) artar. Endüvi akımı yükselirken motorda indüklenen moment artar ve sonuç olarak daha düşük bir ω açısal hızında indüklenen moment yük momentine eşit olacaktır. Bir KMDA motorunun çıkış karakteristikleri; indüklenen gerilim ve motorun moment denklemleri ile Kirchhoff'un gerilim kanunlarından türetilir:

$$V_T = E_A + I_A R_A \quad (2-1)$$

İndüklenen gerilim $E_A = K\Phi\omega$, böylece

$$V_T = K\Phi\omega + I_A R_A \quad (2-2)$$

$\tau_{ind} = K\Phi I_A$ olduğundan, I_A akımı:

$$I_A = \frac{\tau_{ind}}{K\phi} \quad (2-3)$$

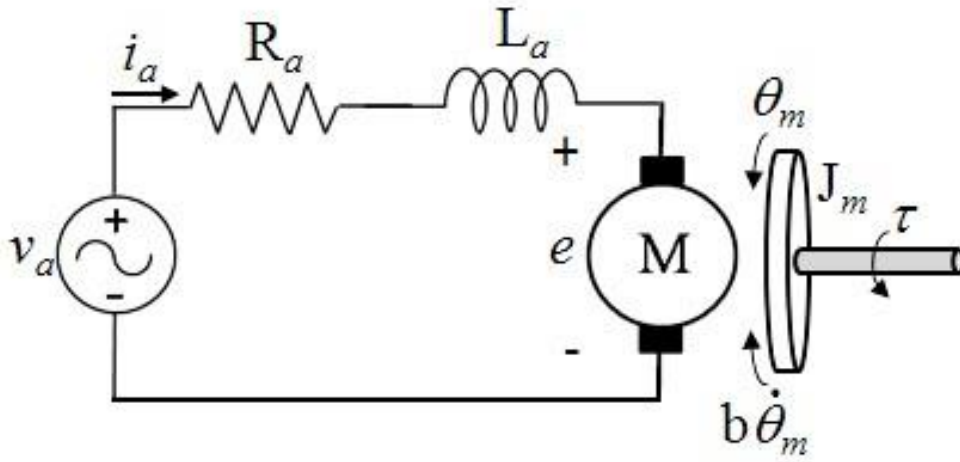
Eşitlik 2-2 ve eşitlik 2-3'den:

$$V_T = K\phi\omega + \frac{\tau_{ind}}{K\phi} R_A \quad (2-4)$$

Sonuç olarak hız için ise :

$$\omega = \frac{V_T}{K\phi} - \frac{R_A}{(K\phi)^2} \tau_{ind} \quad (2-5)$$

elde edilir.



Şekil 2.3. Kalıcı mıknatıslı bir DA motorunun yüklü eşdeğer devresi

KMDA motorunun yüklü eş değer devresi Şekil 2.3' de gösterilmektedir. KMDA motoru kalıcı mıknatıslardan sağlanan sabit bir I_F uyarma akımı ve I_A endüvi akımı endüvi devresinde akmaya başladığı zaman, motor bir ters elektromanyetik kuvvet(emk) ve yük momentini belli bir hızda dengelemek için bir moment üretir. KMDA motorunun yüklü eş değer devresinden karakteristik denklemler çıkartılabilir:

Anlık uyarma akımı,

$$I_F = \text{sabit} \quad (2-6)$$

Böylece indüklenen moment eşitlik 2-3 de görüleceği gibi sadece I_A endüvi akımına bağlıdır ve üretilen moment yük momentine eşit olmaktadır[2],

$$\tau_{ind} = J \frac{d\omega}{dt} + B\omega + \tau_{load} \quad (2-7)$$

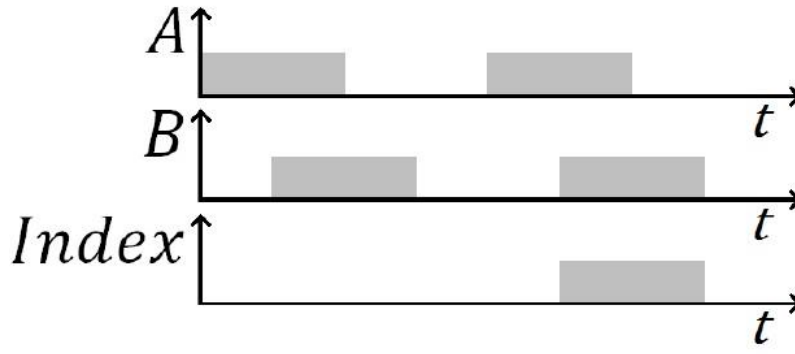
2.2. Encoder çalışma prensibi

Bir motorun hızını kontrol etmek, modern elektrikli sürücülerin temel bir işlevidir. Bir elektrik motorunun hızını hassas bir şekilde kontrol etmek için, motorun gerçek hızını ölçmek gerekir. Bu ölçüm çeşitli araçlar ve yöntemlerle yapılabilir. Çoğu durumda, genellikle motorda bulunan veya harici olarak miline monte edilmiş bir sensörle yapılır. Bu sensörlerin prensibi, çıktı sinyaline ve çözünürlük açısına göre farklılık gösterir. Bunlardan bazıları konum ölçümü için de uygundur. Doğru sensörü seçmek çok önemlidir, çünkü bu karar sürücünün kalitesini ve toplam maliyetini büyük ölçüde etkiler.

Geçmişte takogeneratörler hız ölçümünde yaygın olarak kullanılmıştır. Bu sensör temelde hızına orantılı bir gerilim üreten küçük bir DC generatörüdür. Çıkış gerilimini ölçerek hız kolayca hesaplanabilir. Kesin tasarım ve yapı ile geniş hız aralıklarında iyi bir doğruluk elde edilebilir. Ancak shaftın konumunun belirlenmesi, takogeneratörün çıkış gerilimini ölçülmesi ile mümkün değildir.

Günümüzde çoğunlukla encoderlar, elektrik motorlarının konum ve hız ölçümleri için kullanılmaktadır. İşlem teorisi şudur: Sensörde, birbirine bakan fototransistör ve LED çiftleri vardır. Aralarında enkoderin miline monte edilmiş bir disk var. Bu diskte, şeffaf ve saydam olmayan bölgeler vardır. Motor dönerken, bir LED ışığı o anda aralarındaki bölge türüne bağlı olarak ilgili fototransistorü tetikler.

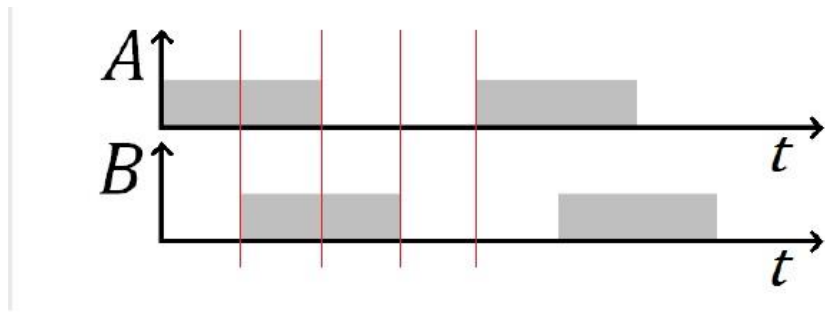
Encoderların iki ana türü vardır: mutlak ve artımlı. Mutlak bir enkoderin sinyallerini okumakla milin konumunu saptamak mümkündür. Bu tür bir sensör daha karmaşıktır, bu nedenle artımlı encoderdan daha pahalıdır. Artımlı enkoderde üç çift fototransistor ve LED bulunur. Aralarındaki diskte şeffaf ve şeffaf olmayan bölgelerin üç farklı bandı vardır. Fototransistor ve LED çiftlerinin diski ve konumu, motor sabit hızda dönerken Şekil 2.4'deki sinyalleri üretmek üzere tasarlanmıştır:



Şekil 2.4. Tipik bir artımlı(incremental) encoderın sinyalleri

Kanal A ve B'nin sinyalleri kare dalgadır ve aralarında 90 derecelik bir faz kayması var. Bu özelliğe dayanılarak, artımlı enkoderlara genelde quadrature enkoder da denir. İndeks kanalı her turda bir darbe üretir. Çoğu uygulamada, hız ölçümü amacıyla yalnızca ilk iki kanal kullanılır. İndeks kanalı, ilk devirden sonra mutlak pozisyonu almak için kullanılabilir.

Artımlı bir enkoderin en önemli özelliklerinden biri, bir turda A veya B kanalının sinyallerinin toplam sayısına eşit olan çözünürlüğüdür. Motorun hareketi hakkındaki bilgiler, A ve B kanallarındaki durum değişiklikleri tarafından tespit edilir. Dolayısıyla Şekil 2.5' de görüleceği üzere sinyallerin her periyodunun dört ana noktası vardır.



Şekil 2.5. A ve B kanallarının ana noktaları

Bu noktaların frekansını veya aralarındaki geçen zamanı ölçerek, motorun hızı hesaplanabilir. Bu noktaların kaçının ölçüm için kullanıldığına bağlı olarak üç farklı değerlendirme yöntemi türü vardır. Tek değerlendirme yönteminde yalnızca bir kanalın yükselen veya düşen kenarları kullanılır, çift değerlendirme yönteminde tek kanalın hem yükselen hem de düşen kenarlarını kullanır ve dörtlü değerlendirme yönteminde, iki kanalın tüm kenarları kullanılır. Ölçülen değerlerden hız hesaplaması sırasında seçilen değerlendirme yöntemi önemlidir.

Zaman esaslı hız ölçümü; Artımsal enkoder ile hızı ölçmenin yollarından biri, Şekil 2.5.'de gösterilen iki ana nokta arasındaki geçen zamanı ölçmektir. Zaman ölçümü, saat çevrimlerini sayarak yapılabilir:

$$T_1 = \frac{X * E}{f_{clk}} \quad (2.8)$$

T_1 , iki nokta arasındaki geçen zamandır. E, değerlendirme çarpanıdır ($E = 1, 2, 4$). f_{clk} , kullanılan saatin Hz cinsinden frekansı ve X saat çevrimlerinin sayısıdır. Buradan, bir devir için gereken süre şu şekilde hesaplanabilir:

$$T_{rev} = R * T_1 \quad (2.9)$$

Burada, T_{rev} bir devir için gereken süre ve R sensörün çözünürlüğüdür. Böylece motorun hızı:

$$\omega = \frac{60}{T_{rev}} = \frac{60 * f_{clk}}{R * X * E} (rpm) \quad (2.10)$$

Bu yöntem temelde bir devir için gereken zamandan hesaplandığından, ölçümün örnekleme hatası şöyledir:

$$\Delta T_{rev} = \frac{E * R}{f_{clk}} \quad (2.11)$$

Frekans esaslı hız ölçümü; Hız ölçümü için bir başka çözüm, ölçme zamanı olarak adlandırılan belli bir süre için ana noktaları (bkz. Şekil 2.5'de) saymaktır. Sayımın sonucunda, bir devir için gereken süre aşağıdaki eşitlik temel alınarak hesaplanabilir:

$$\frac{E * R}{T_{rev}} = \frac{X}{T_m} \quad (2.12)$$

E burada değerlendirme çarpanıdır ($E = 1, 2, 4$). R sensörün çözünürlüğü, T_{rev} saniye cinsinden bir devir için gereken süre, X sayılan kenar sayısını ve T_m saniye cinsinden ölçme süresidir. Hız şu şekilde hesaplanabilir:

$$\omega = \frac{60}{T_{rev}} = \frac{60 \cdot X}{T_m \cdot E \cdot R} (rpm) \quad (2.13)$$

Ölçümün örnekleme hatası şöyledir:

$$\Delta\omega = \frac{60}{T_m \cdot E \cdot R} \quad (2.14)$$

Hız ölçümünde en önemli özelliklerden biri örnekleme hatasıdır. Frekansa dayalı yöntemi kullanırken, mümkünse dörtlü değerlendirme kullanılmalıdır. Doğru ölçüm süresinin seçilmesi esastır. Temel olarak, ölçüm süresi ne kadar uzun olursa sonuçlar da o kadar iyi olur. Daha uzun ölçüm süresi karşılığında hız kontrol cihazı daha yavaş olacak ve bu sürücünün kalitesini düşürecektir. Bu yöntem, yüksek çözünürlüklü enkoderlara sahip sürücüler için idealdir, çünkü daha yüksek çözünürlük, örnekleme hatasını azaltır. Ölçümün göreceli hatasını, örnekleme hatasına bölerek motorun gerçek hızı hesaplanabilir:

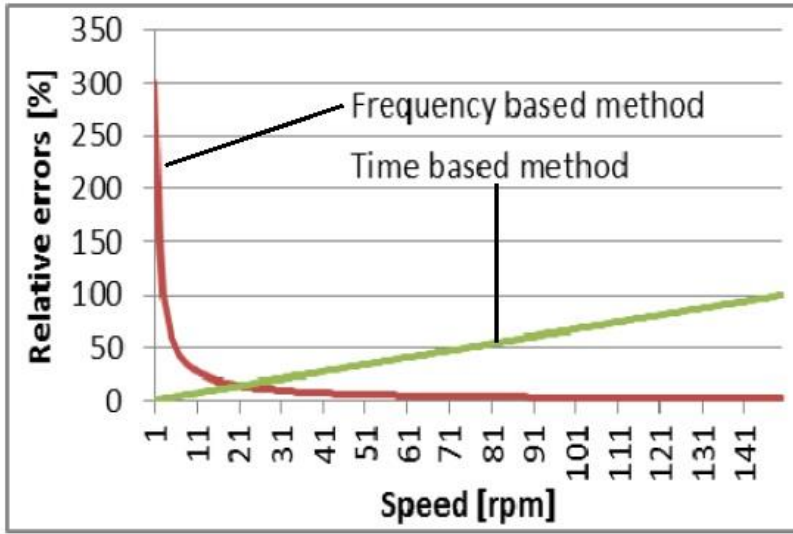
$$e_{rel_freq} = \frac{\Delta\omega_{freq}}{\omega} \quad (2.15)$$

Gerçek hız paydada olduğu için, bu yöntemin hassaslığı hızla birlikte artar. Zaman esaslı yöntemle, düşük çözünürlüklü enkoderlar kullanıldığında örnekleme hatası daha küçük olur. Ölçüm uzunluğu, ölçülmekte olan hıza bağlıdır: hız ne kadar düşük olursa ölçüm de o kadar uzun olur. Genellikle maksimum ölçüm süresi vardır ve bunun üzerine, sonuç sıfıra ayarlanır. Göreceli hata, örnekleme hatasını, bir devir için gerekli olan fiili zamana bölmek suretiyle hesaplanır:

$$e_{rel_time} = \frac{\Delta T_{rev}}{T_{rev}} \quad (2.16)$$

Ölçülen hız değeri T_{rev} 'den bölme yoluyla hesaplandığından, hız ölçümünün göreceli hatası aynıdır. Hız arttıkça bir tam dönüş zamanı azaldığından, bu yöntem daha düşük hızda daha hassas olur.

Hız ile göreceli hatalar arasındaki bağlantı nedeniyle, iki yöntem sıklıkla birlikte kullanılır. Motor, motorun hızına bağlı olarak, iki yöntem arasında geçiş yapabilir. İki yöntemin aynı göreceli hataya sahip olduğu hız hesaplanabilir (bknz. Şekil 2.6'da bu nokta 21 rpm'de). Anahtarlama noktası veya noktalar bu hızın çevresinde olmalıdır.

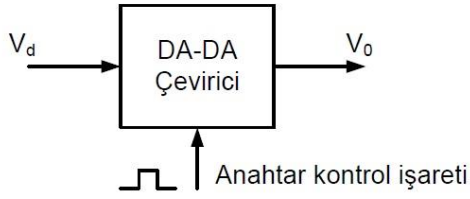


Şekil 2.6. Hızın işlevi içindeki iki yöntemin görelî hataları

Sürücü, konum kontrollü modda çalışıyorsa, konumlandırmanın sonunda sürücünün ölçebileceği minimum hız çok önemlidir. Bu değer, daha yüksek çözünürlüklü enkoderler, daha iyi değerlendirme yöntemi veya ölçüm uzunluğunu artırmak suretiyle azaltılabilir. Frekans ve zamana dayalı yöntemlerin her ikisi de, sürücü minimum hızda olduğunda aynı zamanı alır. Ölçüm başlangıcı, encoder sinyalleri ile senkronize ediliyorsa, örnekleme hatasının etkisini azaltmak mümkündür. Örneğin: frekans esaslı yöntem sinyallerin kenarlarını saymayı ve motorun gerçek hızını hesaplamayı bitirdikten sonra, bir sonraki ölçüm bir sonraki kenarla başlar. Bu işlev, zamana dayalı yöntem kullanıldığında da önemli olabilir[6].

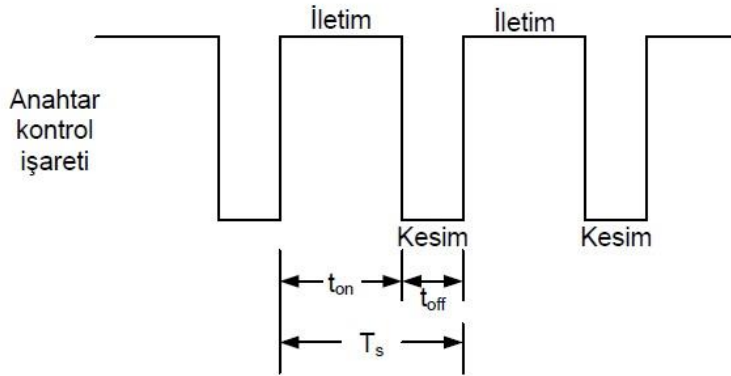
2.3. DA motor sürücüler ve DGM sinyal tekniği

DA motor sürücülerı kontrollü bir DA-DA kıyıcı uygulamasıdır. DA-DA kıyıcılar girişine uygulanan doğru gerilimi çıkışına istenilen gerilim değerinde ve kontrol edilebilir şekilde aktaran güç elektroniği devreleridir. Şekil 2.6'da DA-DA kıyıcılar çalışma şeklini özetleyen blok diyagram verilmiştir.



Şekil 2.7. DA-DA kıyıcıya ait blok diyagram

Şekil 2.7’de kıyıcıların devre topolojilerinde kullanılan anahtarlama elemanlarının kontrol sinyaline ait dalga formu verilmiştir. Bu kontrol sinyali bir testere dişi referans sinyal ile doğru bir kontrol sinyalin karşılaştırılması sonucu elde edilebileceği gibi gelişen teknoloji ile kullanımı oldukça yaygınlaşan programlanabilir mikrodenetleyiciler yardımıyla da darbe genişlik modülasyon yöntemi elde edilebilir.



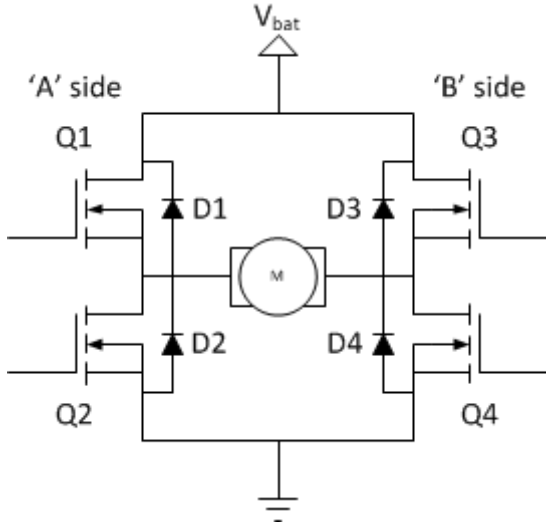
Şekil 2.8. Anahtarlama elemanı kontrol sinyali

Kıyıcılarda kullanılan anahtarlama elemanlarının çalışma oranının (D) matematiksel ifadesi Eşitlik 2-8’de verilmiştir[7].

$$D = \frac{t_{on}}{T_s} \quad (2-17)$$

Motor sürücülerinin dört bölgeli çalışma özelliğine sahip olması istenir. Bunun için 4 adet anahtarlama elemanı kullanılarak Şekil 2.8’de H-köprüsü adı verilen yapı oluşturulur. Anahtarlama şekline göre motor ileri yönde çalışma(Q1 ve Q4 iletimde), ileri yönde

frenleme (Q1 ve Q3 iletimde), geri yönde çalışma(Q2 ve Q3 iletimde), ve geri yönde frenleme(Q2 ve Q4 iletimde) şeklinde dört bölge çalıştırılabilir.

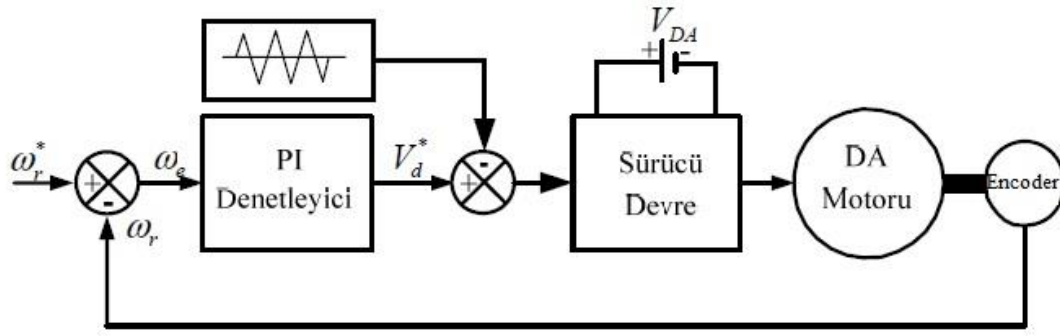


Şekil 2.9. Bir H-köprünün prensip şekli

Motorun hız denetimi, motorun DA giriş geriliminin kontrolü ile yapılır. Motorun giriş gerilimi kıyıcının çıkış gerilimidir. Kıyıcının çıkış gerilimi ise kontrol sinyali değerinin ayarlanmasıyla yapılır. Kontrol sinyalinin değerinin ayarlanması için PI denetleyiciler kullanılabilmektedir.

2.4. PI denetleyici

Kapalı döngü sistemle motor hız kontrolünün amacı, çıkış büyüklüğünü istenilen referans değerine uydurmaktır. Şekil 2.8’de kapalı döngü DA motor hız kontrol sisteminin blok diyagramı verilmiştir. Burada referans hız (ω_r^*), encoder yardımıyla ölçülen motor hızı (ω_r) ile karşılaştırılarak hata sinyali (ω_e) üretilmektedir. Hata sinyali bir PI denetleyici yardımıyla referans gerilim sinyaline (V_d^*) dönüştürülmüştür.



Şekil 2.10. PI denetleyicili DA motorunun hız kontrol blok diyagramı

Referans gerilim sinyalinin yüksek frekanslı üçgen veya testere dişi dalga ile karşılaştırılması sonucunda DGM sinyalleri üretilmektedir. DGM sinyallerine bağlı olarak sürücü devrede ki güç anahtarları yardımıyla motor endüvi uçlarına 0 ile $+V_{DA}$ gerilimi uygulanmaktadır. Şekil 2.9’de PI denetleyicinin görevi referans hız ile gerçek hız arasındaki hatayı en aza indirmektir. Hata sinyali PI denetleyiciye girdiğinde oransal kazanç (K_P) ve hata sinyalinin integrali alınarak integral etki kazancı (K_I) ile çarpılmaktadır. Oransal integral (PI) tipi kontrol, oransal ve integral kontrol etkilerinin birleştirilmesinden meydana gelir. PI denetleyici çıkışı eşitlik 2-9 ile ifade edilir

$$V_d^* = K_P \omega_e(t) + K_I \int_0^t \omega_e(t) dt \quad (2-18)$$

PI denetleyicisi kapalı döngü bir sistemle birleştirildiğinde, hata sıfır olana kadar kontrol etkisinin değişimine neden olacaktır. PI kontrolünün en büyük üstünlüğü sistemde kalıcı durum hatasının olmaması, kolay uygulanabilirliği ve katsayılar doğru seçildiğinde hızlı tepki verebilmesidir[1].

2.5. ChipKIT MAX32 geliştirme kartı

ChipKIT Max32, PIC32 mikroişlemci ailesinin 32 bitlik işlemcilerinden olan Microchip PIC32MX795F512L mikrodeneleyicisi tabanlı bir geliştirme kartıdır. Elektronik ve gömülü sistemlerde hem yeni başlayan hem de ileri seviye uygulamalar yapacak olan kullanıcılar için oldukça uygundur. USB seri portu ile tümleşik geliştirme ortamı(IDE) için bağlantı sunmaktadır ve USB veya harici bir güç kaynağı ile beslenebilmektedir.

ChipKIT Max32, UART, SPI, I2C bağlantı noktaları ve darbe genişliği modülasyonu sağlayabilen çıkışlar gibi bir dizi çevresel işlevleri destekleyen 83 G/Ç pinine sahiptir. G/Ç

pinlerinin 16 tanesi analog giriş veya çıkış olarak kullanılabilir. ChipKIT Max32 üzerindeki PIC32 mikrodenetleyici ayrıca 10/100 Ethernet MAC, USB 2.0 tam hızlı OTG ve iki adet CAN bağlantı imkanı sunmaktadır[8].



Resim 2.1. Çalışmada kullanılan ChipKIT Max32 geliştirme kartı

Özellikleri;

A Microchip® PIC32MX795F512L mikrodenetleyici (80 MHz, 512K Flash, 128KRAM)

3.3V çalışma gerilimi

90mA karakteristik çalışma akımı

7V to 15V besleme gerilimi (önerilen)

20V besleme gerilimi (maksimum)

83 adet kullanılabilir G/Ç pinleri

16 adet analog giriş

0V-3.3V analog giriş gerilim aralığı

+/-18mA Pin başına DA akım

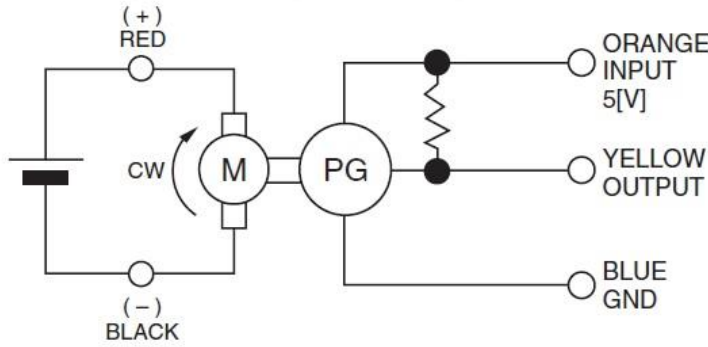
10/100 Ethernet MAC

USB 2.0 full-speed OTG bağlantı

2 adet CAN bağlantısı

2.6. JAPAN DME34BE50G encoderlı KMDA motoru

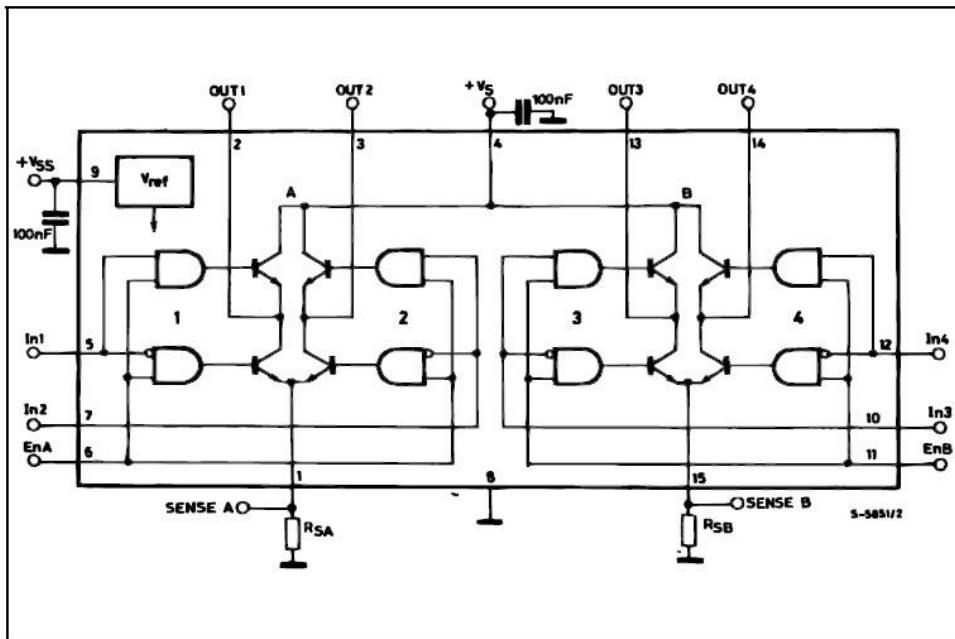
JAPAN DME34BE50G optik encoderlı bir KMDA motorudur. Anma çalışma gerilimi 12V ve anma akımı 0.65A'dır. 4.5W çıkış gücüne sahiptir. Şekil 2.10'da bağlantı şekli olan optik encoderdan tek fazlı bir darbe sinyali alınabilmektedir. Bir tur başına 24 adet darbe üretmektedir. Encoder devresi anma besleme gerilimi 5V anma akımı 25mA'dır[9].



Şekil 2.11. Encoder bağlantı şekli

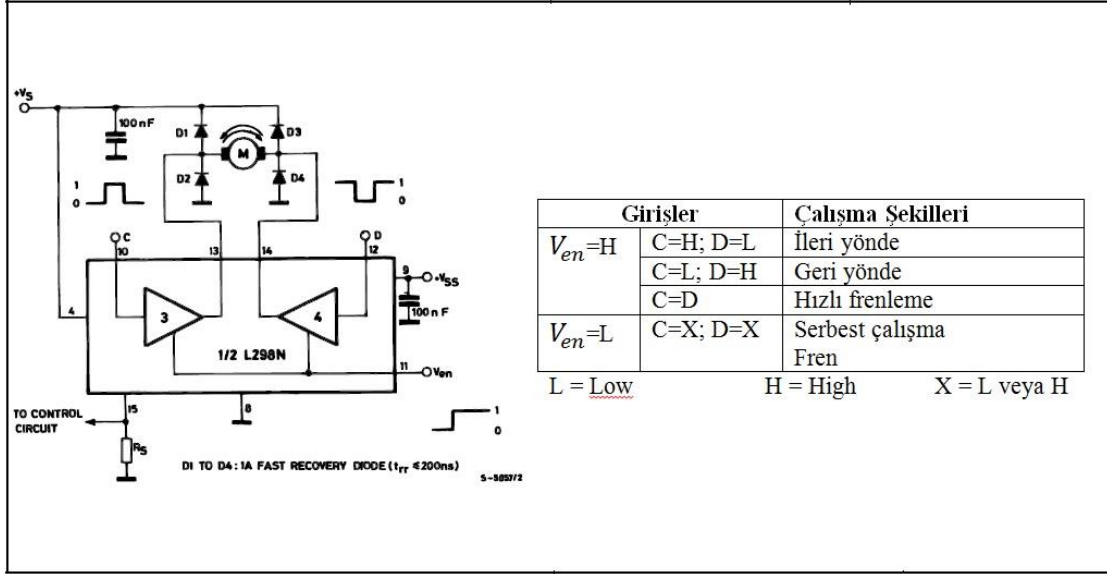
2.7. L298N tam köprü motor sürücü kartı

Kullanılan sürücü kartı üzerinde L298N motor sürücü entegresi bulunmaktadır. Anma besleme gerilimi 24V'a kadar olan motorlar sürülebilmektedir. Şekil 2.12'de görüleceği gibi iki adet H-köprüsü barındırmakta olup, kanal başına 2A akım verebilmektedir[10].



Şekil 2.12. L298N sürücü entegresi iç yapısı

Şekil 2.13'de ise bir DA motorunun çift yönlü kontrolünün entegre ile prensip şeması verilmektedir.



Şekil 2.13.L298N sürücü entegresi ile bir DA motorunun çift yönlü kontrolü ve çalışma şekilleri

3. LABVIEW ORTAMINDA KMDA MOTORUNUN PI DENETLEYİCİ İLE HIZ KONTROLÜ

3.1. LabVIEW programlama ortamı ve LINX gömülü sistemlerle etkileşim aracı

LabVIEW(Laboratuary virtual instruments for engineering workbench) iki kısımdan oluşur: Ön Panel ve Blok Diyagram. Ön panel kullanıcı arayüzüdür. LabVIEW ile oluşturulacak uygulamayı kullanacak olan operatörün sisteme değerler girmesine ve çıkışları görmesine yardımcı olur. Blok diyagram ise esas işlemlerin yapıldığı yerdir. Ön panelde kullanıcı bir taraftan kontrolü sağlarken, diğer taraftan blok diyagramda sanal enstrümanlar çalışmaktadır. Ayrıca NI firmasının geliştirdiği donanım ile gerçek sistemlere hükmedebilmektedir. Blok diyagram görsel programlama dillerinde kod yazma bölümüne, ön panel ise kullanıcı ara yüzünün hazırlandığı formlara karşılık gelmektedir.

LabVIEW, üretkenliği arttırarak geliştirmeye harcanan zamanı azaltır. LabVIEW, bilgisayar ve enstrümantasyon donanımına yapılan parasal yatırımı korur. Ayrıca, kendi çözümlerini geliştirebilmeleri için daha geniş kullanıcı kitlesini yetkilendirir. Daha karmaşık geliştirme araçlarına gerek kalmadan bütün işlemlerimizi tamamlayabilme esnekliğine sahiptir. Eklenen güçlü araçlar ile karmaşık geliştirme işlemlerini basitleştirir.

Hızlı programlama, programın adım adım çıkışlarını görebilme, paralel program sürdürebilme, işletim sistemi konusunda hiçbir sıkıntı yaşamama gibi özellikleriyle öne çıkan Labview pratik çözüm için uygun bir programdır. Matlab, mathscript gibi dillerin kodlarını kendi içerisinde çalıştırabilme özelliğine de sahip olmasıyla hem akademik hem endüstriyel çalışmalarda mukayese imkânı sunmaktadır.

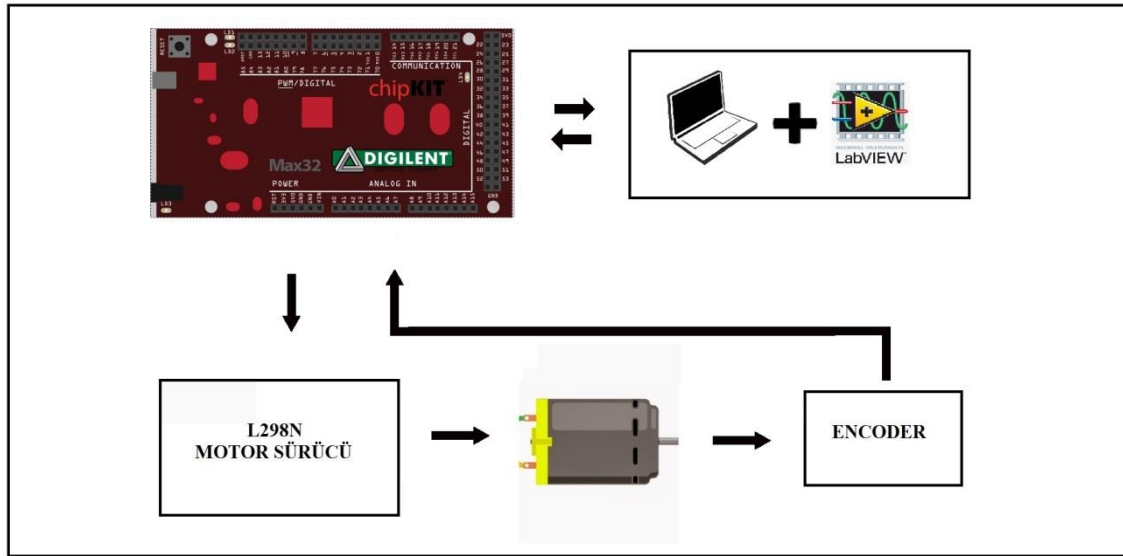
Medikal uygulamalar, otomasyon, gıda uygulamaları, otomotiv, scada uygulamaları, sinyal işleme, jeolojik veri analizleri, istatistik, matematik, enerji analizi, robotik gibi çok geniş bir alana hitap ettiğinden dolayı günden güne kullanım oranı artmaktadır. Eşzamanlı hızlanan görüntü elde etme, yer çekimi olmayan bir NASA araştırma aracında sıcaklık verileri okumak ve analog gerilim elde etmek için ortam şartlarına dayanıklı bir bilgisayar içinde bir DAQ kart ile birlikte LabVIEW kullanılmıştır. Bir başka uygulamada yol üstündeki motorun, sürücü ve test görevlisinin denemeleri sırasında durma süresi, fren sıcaklığı ve daha birçok veri hakkında bilgi verecek fren testleri için bir veri elde etme sistemi geliştirmek istenmiştir. Bu amaçla sağlam bir çalışma bilgisayarı, sinyal durum

donanımı ve yolda DAQ sistem geliştirmek için bir giriş çıkış sürücüsü olan LabVIEW yazılımı ve NI donanımları kullanılmıştır[11].

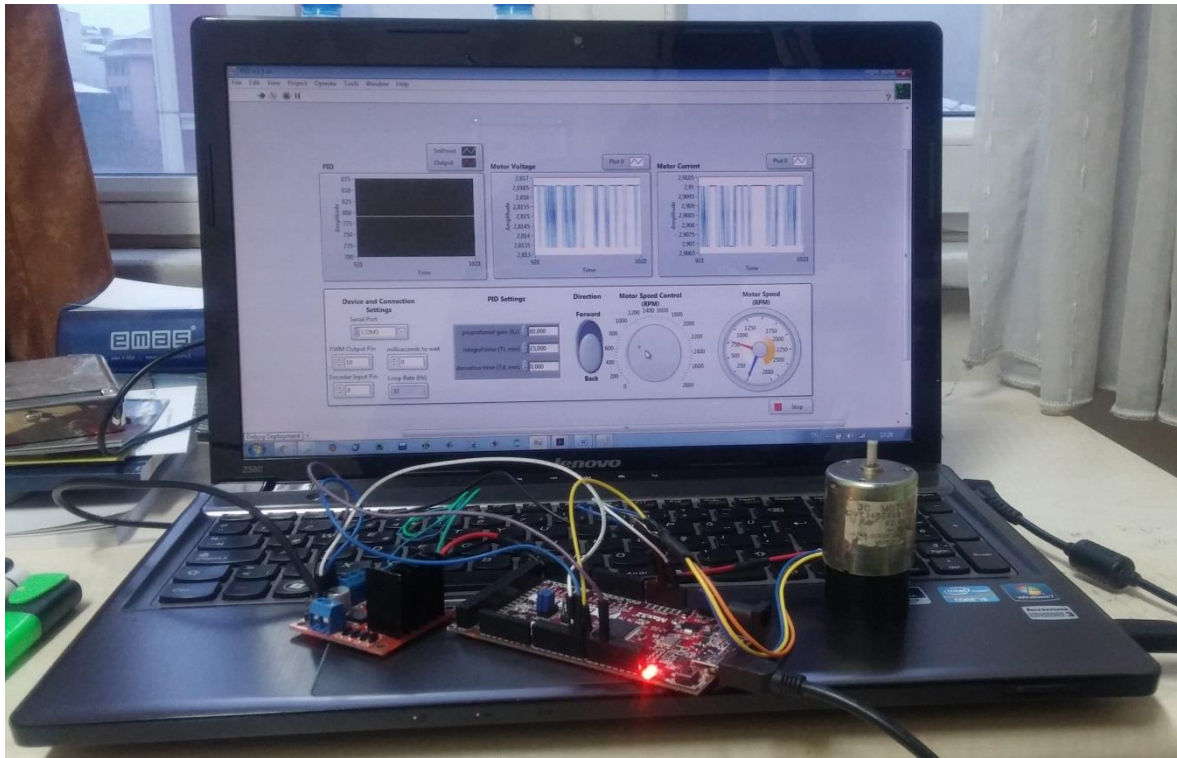
LINX, National Instruments firması tarafından LabVIEW kullanıcıları için oluşturulan LabVIEW MakerHub'ın bünyesi altında Digilent firması ile birlikte geliştirilmiş bir gömülü sistemlerle etkileşim aracıdır. LINX ile chipKIT, Arduino, BeagleBone Black, Raspberry Pi ve myRIO gibi yaygın gömülü ortamlarla LabVIEW etkileşimi kurmak için kullanımı kolay LabVIEW VI'ları sunulmaktadır. LINX ile oluşturulmuş olan sensör ve çevresel birim kontrol LabVIEW VI'ları ile kartların dijital ve analog G/Ç, SPI, I2C, UART, PWM ve çok daha fazla çevresel birimine kolay ve hızlı bir şekilde erişilebilmektedir[12].

3.2. Kontrol Bloğuna ve Algoritmaya Genel Bakış

Bu çalışma şekil 3.1.'de de görüleceği üzere farklı ortamların ve donanımların etkileşimi ile gerçekteştirilmektedir. Tüm izleme, ayarlama, kontrol ve denetim algoritması bilgisayarda hazırlanmış olun LabVIEW VI dosyası ile sağlanmaktadır. Encoder verilerinin eldesi geliştirme kartı üzerinden yapılmaktadır. Elde edilen veriler seri port aracılığıyla geliştirme kartından bilgisayara doğru olan bir veri akışı ile LabVIEW VI dosyasındaki blok çizelge kısmına aktarılmaktadır. Aynı zamanda LabVIEW ön panelde kullanıcının işteği doğrultusunda oluşturulmuş veri de blok çizelge kısmına gelmektedir. Elde edilen veriler blok çizelgede gerekli denetim süreçlerinden geçirilmekte ve motor sürücü sinyali oluşturulmaktadır. Yine seri port üzerinden bu sefer bilgisayardan geliştirme kartına doğru gerçekteşen veri akışı ile motor sürücü sinyalinin geliştirme kartı üzerinden çıkışı sağlanmaktadır ve blok çizelge içerisindeki denetim ile ayarlanmış ve geliştirme kartı ile çıkışı sağlanmış sinyal, motor sürücüsüne aktarılmaktadır. Böylece motor sürücüsü, motorun terminal gerilimini yani hızını kontrol edebilir hale gelmektedir.



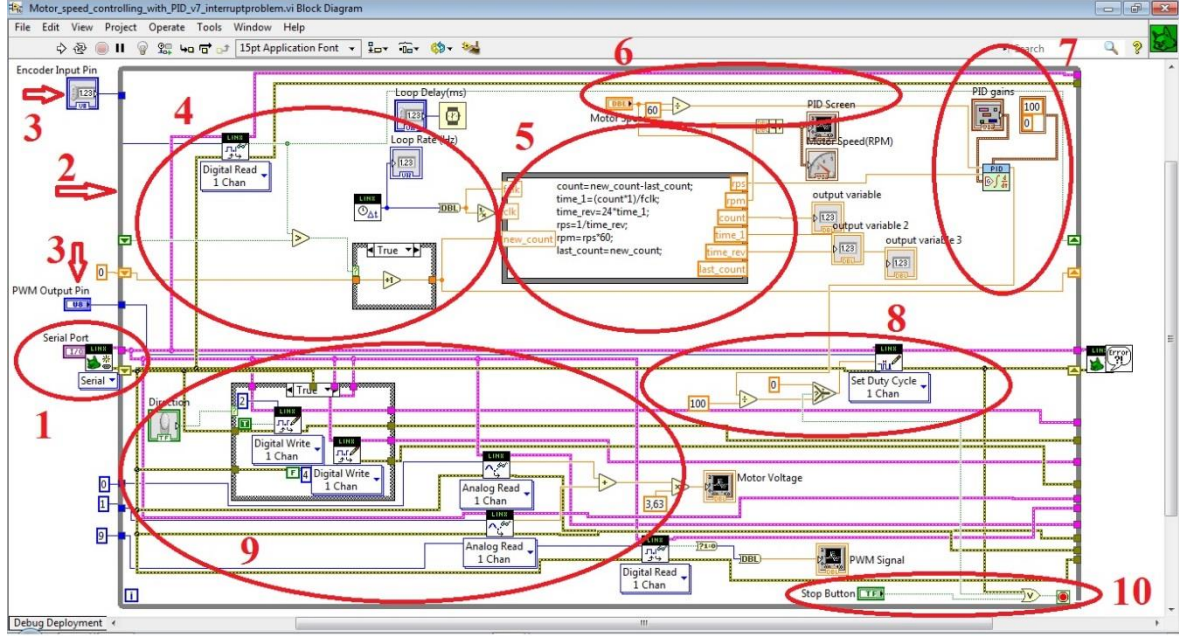
Şekil 3.1. Sistemin blog diyagramı



Resim 3.1. Sistemin fiziksel hali

3.3. Blok çizelge detayları

Sistemin en önemli parçası olan ve Şekil 3.2’de bulunan görsel yazılımın meydana getirildiği kısımdır. Şekil 3.2 üzerinden yazılım blokları ifade edilecek olursa;



Şekil 3.2. Oluşturulan görsel yazılım

1 numaralı alan ile LabVIEW ve geliştirme kartı arasındaki seri haberleşme aktif edilmektedir. Ön panele yansıtılan arayüz ile seri port seçimi yerine getirilebilir.

2 numaralı alan while loop olarak adlandırılmaktadır. Yazılımın sürekli dönmesini sağlanmaktadır.

3 numaralı alan ile geliştirme kartı üzerindeki G/Ç pinleri belirlenmektedir. Bu bloklar ile pinler sabitlenmemiştir. Ön panelde oluşturulan arayüz ile isteğe ve uyumluluğa göre kullanıcı tarafından değiştirilebilir.

4 numaralı alan ile geliştirme kartı üzerinden encoder darbeleri okunmaktadır. Yükselen kenar ve düşen kenar şeklinde gerçekleştirilmektedir. Ardından case structre olarak adlandırılan blok ile darbelerin sayım işlemi yapılmaktadır.

5 numaralı alan formula node olarak adlandırılmaktadır. Bu blok ile metin tabanlı yazılım programları ile oluşturulabilen birçok algoritma meydana getirilebilir. Sistemde ise encoder darbelerinin sayısının değerini almakta ve örnekleme süresi içerisindeki darbe sayılarının değişim değerini kıyaslamaktadır. Kıyaslama ile hız değişimi tespit

edilmektedir. Hız değişimi motorlar için hız ölçütü olarak kullanılan rad/s, rps veya rpm cinsinden gerekli matematiksel eşitlikler kullanılarak ifade edilebilmektedir. Böylece 5 numaralı alan ile encoder üzerinden sağlanan geri besleme değeri PI denetleyici için işlenecek değeri oluşturmaktadır.

6 numaralı alan ile ön paneldeki arayüzde kullanıcının gerçekleştirdiği hız ayarı değişikliği elde edilir. Aynı zamanda PI denetleyici için referans değeri oluşturmaktadır.

7 numaralı alan PI denetleyicin sanal modelini temsil etmektedir. Denetleme süreci sonunda çalışma oranı geri beslemeye göre değişen sinyal elde edilmektedir. Aynı zamanda ön panelde sürücü motor hızının referans hızı takibini gözlemlemek için oluşturulan grafik bloğunu barındırmaktadır.

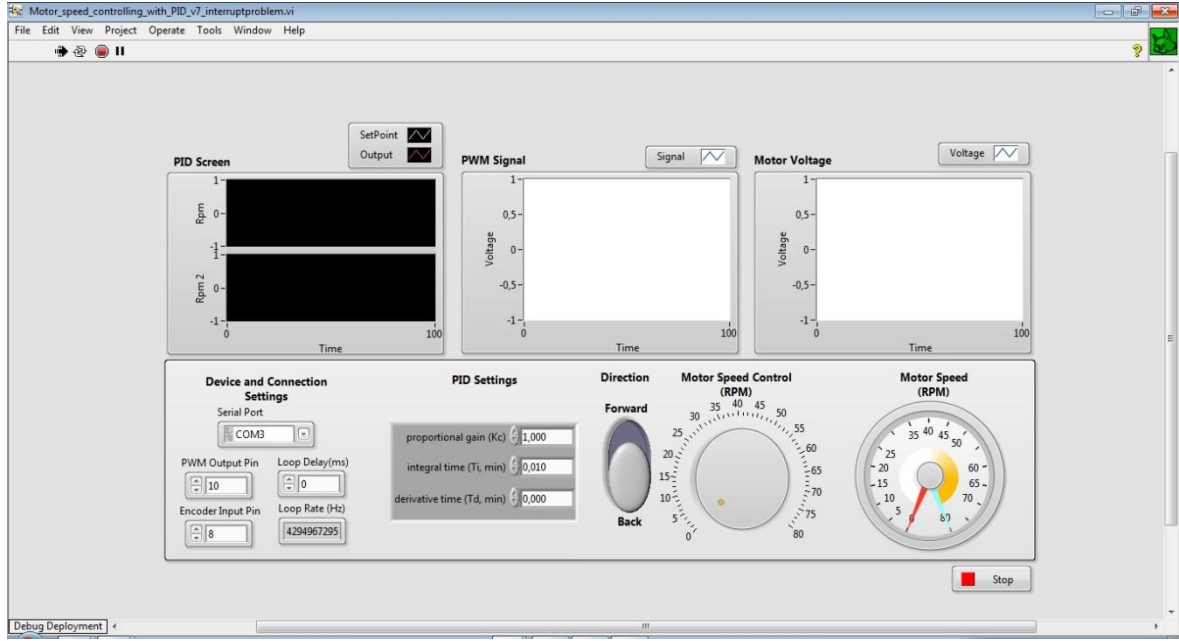
8 numaralı alan PI denetleyiciden alınan ve geri beslemeye göre doluluk oranı değişen kontrol sinyalinin geliştirme kartı çıkışında DGM olarak eldesini sağlamaktadır. Böylece motor sürücü sinyali oluşturulmaktadır.

9 numaralı alan ile sürücüye, uygun sinyal, geliştirme kartı üzerinden iletilerek motorun yön kontrolü sağlanmaktadır. Aynı zamanda sürücüde buluna analog okuma ile, motorun çektiği akım ve gerilim yine geliştirme kartı üzerinden alınmakta ve ön panelde grafiksel olarak gösterilmektedir.

10 numaralı blok ile döngü sonlandırılmakta yani sistem çalışması durdurulmaktadır. Ön panelde stop butonu şeklinde temsil edilmiştir.

3.4. Ön panel detayları

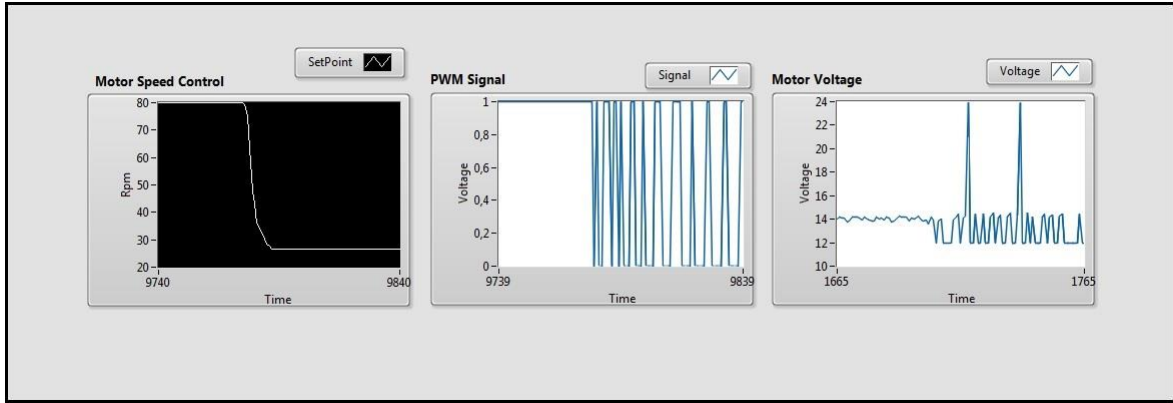
Kullanıcı arayüzünün oluşturulduğu kısımdır. Şekil 3.3’de de görüleceği üzere geliştirme kartı ve LabVIEW arasındaki seri haberleşme için seri port seçme, donanımların bağlantısı için geliştirme kartı üzerindeki G/Ç pinlerini belirleme, PI denetleyici için katsayı parametrelerini girme, motorun hız ve yön kontrolünü gerçekleştirme işlemlerini sağlayan objeleri barındırmaktadır. Aynı zamanda referans hız ile motor hızının DGM sinyalinin ve motor geriliminin gözlendiği grafikler de bulunmaktadır.



Şekil 3.3. Oluşturulan kullanıcı arayüzü

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, görsel tabanlı programlama dillerinden biri olan LabVIEW ve Microchip Technology ile Digilent Inc. firmaları tarafından geliştirilen chipKIT Max32 geliştirme kartı kullanılarak kalıcı mıknatıslı doğru akım (KMDA) motorunun PI denetleyici ile hız kontrolünün sağlanması hedeflenmiştir. Bilindiği üzere kapalı döngünün temeli geri beslemedir. Bu çalışmada ise geri besleme, geliştirme kartı ile elde edilecek ve LabVIEW blok çizelgede işlenecek olan encoder darbelerinin sayısı ile gerçekleştirilmektedir. Ancak blok çizelgeden LINX aracı ile geliştirme kartı için oluşturulamayan kesmeler, seri haberleşmenin ve geliştirme kartının getirdiği yavaş işlem hızı, encoder çözünürlüğünün az olması dezavantajları nedeniyle kaliteli bir örnekleme zamanında encoder geri beslemesi yerine getirilememiştir. Dolayısıyla motorun hız kontrolü yalnızca açık döngü şeklinde yapılabilmektedir. Şekil 4.1.'de çıkış sinyalleri grafikleri bulunmaktadır. Yeterli zaman ayrılması durumunda LINX aracı temel algoritmasında değişiklikler yaparak kesme sorunu çözülebilir ve çözünürlüğü yüksek bir encoder kullanılabilir. Bunların yanında darbe sayıcı için NI DAQ gibi daha kaliteli veya ekstra donanımların kullanılması veya darbe sayımının ve verinin işleme kısmının LabVIEW blok çizelge yerine başka bir ortamda yapılması gibi yollar izlenerek bu problemin üstesinden gelinebileceği düşünülmektedir.



Şekil 4.1. Açık döngü çıkış sinyalleri

Problem aşıldıktan sonra bu hız denetleyici sistem, basit ve sade bir kullanıcı arayüzüne sahip olmakta ve farklı uygulamalar için kolayca uyumlu hale getirilebilir bir hal almaktadır. Bunların yanında daha kaliteli donanımlar da kullanıldığı takdirde endüstriyel, eğitsel vb. birçok alanda etkili bir şekilde kullanılabileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

1. Demirbaş, Ş., “İnternet Tabanlı PI Kontrollü Bir Doğru Akım Motoru Deney Seti”, **Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi**, Cilt 22, No 2, 401-410, 2007.
2. Chapman, J. Stephen. (2013). *Elektrik Makinalarının Temelleri*. (Çev. ve Uyar. Prof. Dr. E. Akın ve Yrd. Doç. Dr. A. Orhan). İstanbul: Çağlayan Kitapevi.(Eserin orijinali 2004’de yayımlandı). 533-562,.
3. Çolak İ. ve Bayındır R., “DA Motoru Hız Kontrolü İçin Denetleyiciyi PI Kontrolör Olarak Programlama”, **Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Mühendislik Bilimleri Dergisi**, Cilt 11, Sayı 2, 2005.
4. Rashid, H. Muhammed.(2015). *Güç Elektroniği*. (Çev. Editörleri Prof. Dr. Sedat Sünter ve Doç. Dr. Timur Aydemir). Ankara: Nobel Yayın. (Eserin orijinali 2014’de yayımlandı). 709-713.
5. Ogata, K.. *Modern Control Engineering* (Fifth Edition). Prentice Hall, 2010. 567-577.
6. Lamár K.ve Kocsis G.A.. “Implementation of speed measurement for electrical drives equipped with quadrature encoder in Labview FPGA”, **ACTA TECHNICA CORVINIENSIS – Bulletin of Engineering Tome VI**, FASICULE 4, October-December 2013.
7. Mutlu, G.. “Uzaktan erişimli güç elektroniği laboratuvarı yüksek lisans tezi”, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Açık Arşiv**, 20-22, 2012.
8. Digilent. 2015. chipKIT™ Max32™ Board Reference Manual
9. Japanese Products Corp.. 2006. Japan Servo’s Datasheet. 21-28.
10. STMicroelectronics. 2000. L298 Dual Full-Bridge Driver Datasheet.
11. <http://www.ni.com/labview> website, 2017.
12. <https://www.labviewmakerhub.com> website, 2017.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : MALLI, İsmail
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 11.11.1992, Gümüşhane
Medeni hali : Bekâr
Telefon : 0 (506) 350 23 05
e-mail : ismail.malli@yahoo.com



Eğitim

Derece Eğitim Birimi

Lisans Gazi Üniversitesi/Elektrik-Elektronik Mühendisliği
Lise Atatürk Anadolu Teknik Lisesi

Mezuniyet tarihi

Devam Ediyor
2010

İş/Staj Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2016	Türk Traktör ve Ziraat Makinaları A.Ş.	Stajyer
2016	Arvento Mobil Takip Sistemleri	Stajyer
2015	Karya Mühendislik	Stajyer

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

-

Hobiler

Edebiyat, gök bilimi, otomobil sporları gözetmenliği, bisiklet sürmek, yüzme, bilardo



GAZİ GELECEKTİR...