

**LABORATUVAR ÖLÇEKLİ GÜÇ SİSTEM
MODELİNİN GERÇEK ZAMANLI TASARIMI
VE UYGULAMASI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

Hakan ÇANKAYA

Yrd. Doç. Dr. Ahmet YÖNETKEN

Yrd. Doç. Dr. Murat CANER

ELEKTRİK EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

Haziran, 2011

Bu tez çalışması 08.TEF.08 numaralı proje ile AKÜ BAPK tarafından desteklenmiştir.

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

LABORATUVAR ÖLÇEKLİ GÜÇ SİSTEM MODELİNİN
GERÇEK ZAMANLI TASARIMI VE UYGULAMASI

Hakan ÇANKAYA

DANIŞMANLAR

Yrd. Doç. Dr. Ahmet YÖNETKEN

Yrd. Doç. Dr. Murat CANER

ELEKTRİK EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

Haziran, 2011

TEZ ONAY SAYFASI

Hakan ÇANKAYA tarafından hazırlanan “Laboratuvar Ölçekli Güç Sistem Modelinin Gerçek Zamanlı Tasarımı ve Uygulaması” adlı tez çalışması lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca 28/06/2011 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Eğitimi **Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Yrd. Doç. Dr. Ahmet YÖNETKEN

İkinci Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Murat CANER

Başkan : Doç. Dr. İbrahim MUTLU
AKÜ Teknik Eğitim Fakültesi, İmza

Üye : Yrd. Doç. Dr. Ahmet YÖNETKEN
AKÜ Mühendislik Fakültesi, İmza

Üye : Yrd. Doç. Dr. Yüksel OĞUZ
AKÜ Teknoloji Fakültesi, İmza

Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun
...../...../..... tarih ve
..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Mevlüt DOĞAN
Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI
Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi.
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

28.06.2011

Hakan ÇANKAYA

ÖZET
Yüksek Lisans Tezi

**LABORATUVAR ÖLÇEKLİ GÜÇ SİSTEM MODELİNİN GERÇEK ZAMANLI
TASARIMI VE UYGULAMASI**

Hakan ÇANKAYA
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Elektrik Eğitimi Anabilim Dalı
Danışmanlar: Yrd. Doç. Dr. Ahmet YÖNETKEN
Yrd. Doç. Dr. Murat CANER

Bu araştırmada, laboratuvar ölçekli güç sistem modelinin gerçek zamanlı kurulumu yapılmıştır. Kurulumu yapılan bu sistem bilgisayarla gerçek zamanlı denetlenen kapalı çevrim bir sistemdir. Bu güç sisteminde gözlenmek istenen değerlerimiz senkron generatör tarafından üretilen gerilim ve sistem devir sayısıdır. Sistemle bilgisayar arasındaki bağlantı PCI 1716 DAQ kartının bilgisayar donanımına bağlantısı yapılarak sağlanmıştır. MATLAB 10.0 versiyonu kullanılarak bir senkron generatörün devir ve yük çeşidine bağlı olarak gerilim denetimi yapılmıştır. MATLAB’de Real Time ve Simulink Toolbox kullanılarak bir kontrol modeli oluşturulmuştur. Bu kontrol modelinde program kütüphanesinde bulunan PID denetleyici kullanılmıştır. Gerilim ve devir referans değer ile karşılaştırılarak ortaya çıkan hata PID denetleyiciye uygulanmış ve sistem cevabı veri şeklinde elde edilmiştir. Bu veriler kullanılarak sistem cevap eğrileri MATLAB programında çizdirilmiştir.

Sistemde bozucu etki olarak omik, endüktif ve kapasitif yükler kullanılmıştır. Sistem ilk olarak yüksüz (boşta) çalıştırılmıştır. İkincisinde sadece dirençlerden oluşan üç fazlı, yıldız bağlı yük devreye alınmıştır. Üçüncüsünde direnç ve bobinlerden oluşan üç fazlı, yıldız bağlı yük devreye alınmıştır. Dördüncüsünde direnç ve kondansatörlerden oluşan üç fazlı, yıldız bağlı yük devreye alınmıştır. Beşinci ve son çalışmada ise direnç, bobin ve kondansatörlerden oluşan üç fazlı, yıldız bağlı yük devreye alınmıştır.

Bu çalışmalarda sistemin gerilim ve devir sayısı grafikleri incelenmiş ve sisteme uygulanan PID denetimle senkron generatörün gerilim ve devir değerinin referans değerine kısa bir sürede yerleştiği grafiklerden anlaşılmıştır.

DC Motorun devir sayısının ayarlanması ve senkron generatörün uyartım akımı optik izoleli analog çıkış kartı tarafından sağlanmıştır. Bu kart denetim modelinin analog çıkışından gelen sinyallere göre DC motor sürücüsünün kontrol sinyalini ve senkron generatörün uyartımını ayarlar. Kartın özelliği deneysel sistemi kartlarımızdan izole etmesidir.

2011, xvi + 94 sayfa

Anahtar Kelimeler: Senkron Generatör, Güç Sistemleri, Kararlılık, Gerçek zamanlı çalışma

ABSTRACT

M.Sc Thesis

REAL-TIME DESIGN AND APPLICATION OF LABORATORY-SCALE POWER SYSTEM MODEL

Hakan ÇANKAYA

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Electric Education

Supervisor: Yrd. Doç. Dr. Ahmet YÖNETKEN

Yrd. Doç. Dr. Murat CANER

In this research, laboratory-scale model of the power system has been the installation of real-time. Installation of this system is in real-time computer controlled closed-loop system. It was noted the power system voltage and system transfer is the desired number of values generated by the synchronous generator. The connection between the system and computer has been provided by PCI 1716 DAQ card, computer hardware connection. A synchronous machine speed and load has been made by using the MATLAB version 10.0, depending on the type of voltage control. A control model has been created by using Real Time Toolbox and Simulink at MATLAB. PID controller which is being in the library program is used in this control model. Voltage and speed in comparison with the reference value is applied and the resulting error of PID controller in the form of system response data has been obtained. These data are plotted in MATLAB using the system response curves.

Disruptive effect on the system as ohmic, inductive, capacitive loads have been used. The system was first activated when there is no load (empty) operated. The second consisting only of resistors and three phase, star-connected load has been commissioned. Of the third resistance and the coil of three-phase, star-connected load has been commissioned. Resistors and capacitors of the fourth three-phase, star-connected load has been commissioned. The fifth and last study, the resistor, inductor and capacitors of the three-phase, star-connected load has been commissioned.

In these studies, the number of cycles of the system voltage and the PID charts are examined and it has been registered that applied to the system auditing value of the reference value of the synchronous machine voltage and speed in a short time settled revealed graphics.

Revolution speed setting of DC motor and alerting current of synchronous generator are provided by the optically isolated analog output card. This card sets control signal of DC motor and the alerting of synchronous generator according to signals which come from the analog output of the control model. The main characteristic of this card is isolation of experimental system from cards

2011, xvi + 94 pages

Key Words: Senkron Jenerator, Power system, Stability, Real time study

TEŞEKKÜR

Bu araştırmanın konusu, deneysel çalışmaların yönlendirilmesi, sonuçların değerlendirilmesi ve yazımı aşamasında yapmış olduğu büyük katkılarından dolayı tez danışmanlarım Sayın Yrd. Doç. Dr. Ahmet YÖNETKEN ve Yrd. Doç. Dr. Murat CANER'e, araştırma süresince yardımlarını esirgemeyen Sayın Arş. Gör. Said Mahmut ÇINAR, Arş. Gör. İsmail YABANOVA, Arş. Gör. Mehmet YUMURTACI'ya, her konuda öneri ve eleştirileriyle yardımlarını gördüğüm hocalarıma ve arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Bu araştırma boyunca maddi ve manevi desteklerinden dolayı aileme, eşime ve oğullarıma teşekkür ederim.

Hakan ÇANKAYA
AFYONKARAHİSAR, 2011

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	vi
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xv
RESİMLER DİZİNİ	xvi
1. GİRİŞ	1
1.1 Güç Sistemleri ve Kararlılık	1
1.2 Elektrik Enerjisinin Kalitesi.....	4
1.3 Güç Sistem Kararlaştırıcısı Çalışmaları.....	6
2. LİTERATÜR BİLGİLERİ	9
3. MATERYAL ve METOT	12
3.1 Materyal	12
3.1.1 DC Motor.....	12
3.1.1.1 Seri Motorlar.....	14
3.1.1.2 Şönt Motorlar	14
3.1.1.3 Kompunt Motorlar	15
3.1.2 DC Motor Sürücü Devresi.....	16
3.1.2.1 DC Motorlarda Analog Kontrol.....	16
3.1.2.2 DC Motorlarda Sayısal Kontrol	17
3.1.3 Senkron Generatör	18

3.1.4 Optik İzoleli Analog Çıkış Kartı	20
3.1.5 PCI 1716 I/O Kartı	21
3.1.6 PCLD 8710 Genişleme Kartı.....	23
3.1.7 PCLD 785B Röle Çıkış Kartı	25
3.1.8 Yük Kartı	27
3.1.9 Yükler	29
3.1.9.1 Omik Yükler	30
3.1.9.2 Endüktif Yükler	30
3.1.9.3 Kapasitif Yükler.....	30
3.1.10 Enkoder.....	31
3.1.11 Gerilim Probu	32
3.1.12 Bilgisayar.....	32
3.2 Metot.....	34
3.2.1 MATLAB ile Real Time (Gerçek Zamanlı) Çalışma.....	34
3.2.2 Simulink Modelinin Kurulması	37
3.2.3 Hazırlanan Kontrol Uygulamaları	39
3.2.3.1 Gerilim Sabitleyici Devre	41
3.2.3.2 Devir Sabitleyici Devre.....	41
3.2.3.3 Yük Kontrol Devresi.....	42
3.2.4 Blok Parametrelerinin Ayarlanması	43
3.2.4.1 Analog Input Bloğu	43
3.2.4.2 Gain Bloğu	44
3.2.4.3 RMS Value Bloğu.....	46
3.2.4.4 Sum Bloğu	46
3.2.4.5 Constant Bloğu	47
3.2.4.6 PID Denetleyici Bloğu.....	48

3.2.4.7 Repeating Sequence Bloğu	55
3.2.4.8 Counter Input Bloğu	56
3.2.4.9 Analog Output Bloğu	57
3.2.4.10 Scope Bloğu	58
3.2.5 Gerçek Zaman Uygulamasının Hazırlanması	63
3.2.6 Sistemin Çalıştırılması	66
4. DENEYSEL BULGULAR	67
4.1 Yüksüz Çalışma	67
4.2 R Yüklü Çalışma	69
4.3 R-L Yüklü Çalışma	71
4.4 R-C Yüklü Çalışma	73
4.5 R-L-C Yüklü Çalışma	75
5. TARTIŞMALAR	79
6. SONUÇLAR	82
7. KAYNAKLAR	83
ÖZGEÇMİŞ	88
EKLER	89
Ek 1: DC Motor Sürücü Devre Şeması	89
Ek 2: Optik İzoleli Analog Çıkış Kartı Devre Şemaları	90
Ek 3: Optik İzoleli Analog Çıkış Kartı İçin PIC Programı	92
Ek 4: Yük Kartı Devre Şeması	94

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

E	Endüklenen elektromotor kuvveti
K	Katsayı
$\emptyset$	Manyetik akı
N	Devir sayısı
I	Devre akımı
U	Devre gerilimi
ϕ	Güç açısı
$\cos\phi$	Güç katsayısı
I_R	Devre akımının omik bileşeni
I_L	Devre akımının endüktif bileşeni
I_C	Devre akımının kapasitif bileşeni
F	Frekans
$r(t)$	Referans değer
$e(t)$	Hata değeri
$u(t)$	Kontrol değeri (Sisteme uygulanan değer)
$c(t)$	Geri besleme değeri
K_p	Oransal katsayı
K_I	Integral katsayı
K_D	Diferansiyel katsayı

Kısaltmalar

AC (AA)	Alternating Current (Alternatif Akım)
AVR	Automatic Voltage Regulator (Otomatik Gerilim Regülatörü)
CPSS	Convansiyonel Power System Stabilizer (Klasik Güç Sistem Kararlaştırıcı)
DC (DA)	Direct Current (Doğru Akım)
EMK	Elektromotor Kuvvet
BM	Bulanık Mantık
BMD	Bulanık Mantık Denetleyici

ANNC	Adaptive Neural Network Controller (Uyarlanabilir Sinir Ağı Kontrolör)
BGSK	Bulanık Güç Sistem Kararlaştırıcısı
PC	Personal Computer, (Kişisel bilgisayar)
PID	Proportional-Integral-Derivative (Oransal-Integral-Türevsel)
PSS	Power System Stabilizer (Güç Sistem Kararlaştırıcısı)
SISO	Single Input Single Output (Tek Giriş-Tek Çıkışlı)
SMIB	Single Machine Infinite Bus System (Tek Makine Sonsuz Baralı Sistem)
PLC	Programable Logic Controlör (Programlanabilir Mantıksal Denetleyici)
DAQ	Data Acquisition (Veri Toplama Kartı)
OİAÇK	Optik İzoleli Analog Çıkış Kartı
CNT	Counter (Sayıcı)
TTL	Transistör Transistor Logic
DTL	Diode Transistor Logic
CMOS	Complementary Metal Oxide Semiconductor (Bütünleyici Metal Oksit Yarıiletken)
ADC	Analog Digital Converter (Analog Dijital Dönüştürücü)
DAC	Digital Analog Converter (Dijital Analog Dönüştürücü)
CN	Connektor (Bağlantı ucu)
SPDT	Single Pole Double Throw (Tek Kutuplu Çift Kontaklı)
INT	Internal (Dahili)
EXT	External (Harici)
GND	Ground (Toprak)
YG	Yük Giriş

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1.1 Şebeke geriliminde görülen geçici gerilim yükselmesi	5
Şekil 1.2 Kısa süreli gerilim düşmesi.....	6
Şekil 1.3 5. ve 7. harmonik içeren şebeke gerilimi	6
Şekil 2.1 Sistem blok şeması.....	11
Şekil 2.2 Pano bağlantı şeması.....	11
Şekil 3.1 İki kutuplu senkron generatör yapısı.....	19
Şekil 3.2 Optik izoleli analog çıkış kartı prensip şeması	20
Şekil 3.3 PCLD 8710 Baskı devre terminal yerleşim planı	24
Şekil 3.4 PCLD 785B Baskı devre terminal yerleşim planı.....	26
Şekil 3.5 PCLD 785B Konnektör ve jumper bağlantıları	26
Şekil 3.6 PCLD 785B'deki her bir rölenin açık şekli	27
Şekil 3.7 Yük kartında her bir yük için röle bağlantı şekli.....	28
Şekil 3.8 Yük kartı	29
Şekil 3.9 Omik yük vektörü	30
Şekil 3.10 Endüktif yük vektörü.....	30
Şekil 3.11 Kapasitif yük vektörü.....	31
Şekil 3.12 Sistemin blok devre şeması.....	33
Şekil 3.13 Real Time Kernel'in kurulması.....	36
Şekil 3.14 MATLAB ana sayfası	37
Şekil 3.15 Model sayfası görünümü.....	38

Şekil 3.16 Model kütüphanesinin açılması	38
Şekil 3.17 Real Time Windows Target Toolbox.....	39
Şekil 3.18 Denetim devre modeli	40
Şekil 3.19 Gerilim sabitleyici devre modeli.....	41
Şekil 3.20 Devir sabitleyici devre modeli	42
Şekil 3.21 Yük kontrol devre modeli	43
Şekil 3.22 Analog input blok parametre ayarı.....	44
Şekil 3.23 Gerilim sabitleyici devre kazanç bloğu parametre ayarı.....	45
Şekil 3.24 Devir sabitleyici devre kazanç bloğu parametre ayarı	45
Şekil 3.25 RMS Value blok parametre ayarı.....	46
Şekil 3.26 Sum parametre ayarı	47
Şekil 3.27 Constant bloğu ilk hali	48
Şekil 3.28 Constant bloğu parametre ayarı	48
Şekil 3.29 PID denetleyici yapısı	49
Şekil 3.30 PID denetleyici içyapısı	50
Şekil 3.31 PID denetleyici ilk hali	52
Şekil 3.32 Devir sabitleyici devre PID parametre ayarı (Main).....	53
Şekil 3.33 Gerilim sabitleyici devre PID parametre ayarı (Main)	53
Şekil 3.34 Her iki devre için PID parametre ayarı (PID Advanced).....	54
Şekil 3.35 Örnek çıkış sinyali	55
Şekil 3.36 Örnek repeating sequence blok parametre ayarı	56
Şekil 3.37 Counter input blok parametre ayarı.....	57

Şekil 3.38 Analog output bloğu ilk hali	57
Şekil 3.39 Analog output blok parametre ayarı.....	58
Şekil 3.40 Scope ve scope parameters diyalog kutuları	59
Şekil 3.41 Gerilim ve devir scope parametre ayarı	59
Şekil 3.42 External mode denetim panelinin açılması	60
Şekil 3.43 External mode control panel	61
Şekil 3.44 External signal&Triggering diyalog kutusu.....	61
Şekil 3.45 Data archiving penceresinin açılması	62
Şekil 3.46 External data archiving ayarları	62
Şekil 3.47 Konfigurasyon parametreleri ayarı (Solver)	64
Şekil 3.48 Konfigurasyon parametreleri ayarı (Real Time Workshop)	65
Şekil 4.1 Yüksüz çalışma için dijital çıkış ayarı	67
Şekil 4.2 Boşta (yüksüz) devir eğrisi	68
Şekil 4.3 Boşta (yüksüz) gerilim eğrisi	68
Şekil 4.4 R yük bağlantısı ve dijital çıkış ayarı.....	69
Şekil 4.5 R yük devir eğrisi.....	70
Şekil 4.6 R yük gerilim eğrisi.....	70
Şekil 4.7 R-L yük bağlantısı ve dijital çıkış ayarı	71
Şekil 4.8 R-L yük devir eğrisi	72
Şekil 4.9 R-L yük gerilim eğrisi.....	72
Şekil 4.10 R-C yük bağlantısı ve dijital çıkış ayarı.....	73
Şekil 4.11 R-C yük devir eğrisi.....	74

Şekil 2.12 R-C yük gerilim eğrisi.....	74
Şekil 4.13 R-L-C yük bağlantısı ve dijital çıkış ayarı	75
Şekil 4.14 R-L-C yük devir eğrisi	76
Şekil 4.15 R-L-C yük gerilim eğrisi	77
Şekil 4.16 Yüklerin devir eğrilerinin karşılaştırılması	78
Şekil 4.17 Yüklerin gerilim eğrilerinin karşılaştırılması	78

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 3.1 PCI 1716 endüstriyel I/O kart özellikleri	22
Çizelge 3.2 P, I ve D ayarlarının bağımsız olarak etkisi	51

RESİMLER DİZİNİ

	Sayfa
Resim 3.1 DC Motor.....	16
Resim 3.2 DC Motor sürücü devresi.....	18
Resim 3.3 Senkron generatör.....	20
Resim 3.4 Optik izoleli analog çıkış kartı.....	21
Resim 3.5 PCI 1716 Endüstriyel I/O kartı.....	21
Resim 3.6 PCI 1716 kart ile PCLD 8710 kartı arası bağlantı.....	23
Resim 3.7 PCLD 8710 kartı.....	24
Resim 3.8 PCLD 785B 24/16 röle çıkış kartı.....	25
Resim 3.9 Yük kartı.....	28
Resim 3.10 Yükler.....	29
Resim 3.11 Enkoder.....	31
Resim 3.12 Gerilim probu.....	32
Resim 3.13 Sistem donanımlarının kurulmuş hali.....	33

1. GİRİŞ

1.1. Güç Sistemleri ve Kararlılık

1888’de indüksiyon makinesinin Nikola Tesla tarafından bulunması ve alternatif akım sistemlerinin kullanılması ile beraber elektrik uzak bölgelerde bulunan alıcılara da rahatlıkla iletilmiştir. Böylece aydınlatmada ve diğer bazı alanlarda alternatif akımın kullanılmasıyla birlikte sanayi hızla gelişmiştir. Günümüzde hızla gelişen teknoloji ile birlikte artık modern toplulukların ihtiyaç duyduğu enerji genellikle elektrik enerjisi şeklinde olmaktadır. Elektrik enerjisinin günümüzde birçok alanda kullanılmaya başlanması elektrik enerjisine olan ihtiyacı arttırmıştır. Elektrik enerjisine olan ihtiyacın sürekli artması ile birlikte yeni üretim tesisleri kurulmaktadır.

Bu üretim tesislerinin coğrafi, ekonomik, çevresel, siyasi v.b. nedenlerden dolayı her zaman tüketicilere ve özellikle büyük tüketim merkezlerine yakın olması mümkün değildir. Bu nedenle uzak mesafelere enerji iletimi zorunlu olmaktadır. Aynı sebeplerden dolayı yeni iletim hatlarının çekilmesi de çok zor olmaktadır. Neticede artan güç ihtiyacının da aynı uzun iletim hattından taşınması zorunluluğu oluşmaktadır. Uzun mesafelere enerji nakli beraberinde birçok problem oluşmasına sebep olmaktadır. Enerji iletiminde kayıpların azaltılabilmesi için hat geriliminin mümkün olduğunca yüksek olması istenir. Bu durumda iletim geriliminin belirlenmesi ve buna bağlı iletim sistemlerindeki elemanların boyutlarının tespitinin emniyetli ve ekonomik olarak yapılması gerekir. İletim kayıplarının en az olması ve iletilebilecek enerjinin en fazla olmasını sağlayacak önlemlerin alınması v.b. sorunlar da güç sisteminde çözüm beklenen sorunlardandır.

Yalçın, tüketicilerin güç ihtiyacını karşılayan senkron generatörlerin uzun mesafeli iletim sistemlerinde meydana gelebilecek bozucu etkiler sonrasında senkronizasyondan kopup kopmayacağının temel problem olduğunu, ayrıca uzun mesafeli enerji iletiminin önemli problemlerinden bir tanesi de gerilim kararlılığı sorunu olduğunu belirtmiştir. (Yalçın, 1995).

Johansson’a göre güç sisteminde tüketicilerin değişen güç taleplerine göre yük

baralarının gerilimleri sürekli değişmektedir. Yük talebi arttığında bara gerilimi azalmaktadır. Bu azalma neticesinde bara geriliminin belirli bir değerin altına düşmemesi gerekmektedir. Bu sınır değere gerilimin kritik değeri denir. Gerilim azaldıkça güç sisteminin çalışması gittikçe zorlaşmaktadır. Çünkü güç sisteminin uzun mesafelerde sürekli genişleyen dağıtım sistemine sahip olmasından dolayı birçok güvenlik sınırları içerisinde çalışması zorunlu olmaktadır. Gerilim kararlılığı ise temel problem olmaktadır (Johansson, 1998).

Glavic'e göre güç sistemi belirli sınırlar içinde çalışmak zorundadır. Sınır değerlerinin ihlali, gerilim kararlılığının bozulmasına neden olur. Bu durum iletim hattı ve generatörlerin devre dışı kalmasına sebep olur (Glavic, 2003).

Huang vd. güç sisteminde beklenmeyen ani yük artımları, iletim sistemindeki aşırı kayıplar transformatör ve generatör kontrol cihazlarının yanlış etkileri ani gerilim düşümlerine sebep olduğunu belirtmiştir (Huang vd, 1998).

Aumuller vd. güç sisteminde gerilim düşümlerini karşılayacak çeşitli önlemler alınmalıdır. Bazı durumlarda gerilim düştüğünde senkron generatörün uyarım akımının artırılması ile bu etkinin azaltılması sağlanır. Böylece gerilim kontrol edilmeye çalışılır. İletim hattının endüktif reaktansından dolayı hattan geçen akımın karesi ile orantılı olarak oluşan kayıplar arttığında gerilim kararsızlığı oluşur. Şönt kapasitörler ile reaktif güç kayıpları azaltılır ve böylece gerilim düşümü değerinin azaltılması sureti ile kararsızlığı azaltmaya çalışmışlardır (Aumuller vd, 2003).

Kundur ve Padiyar, güç sistemlerinin kararlılığı elektrik sistemleri için en önemli teknik terim olduğunu, güç sistemleri herhangi bir anormal durumda frekanslarını ve gerilim düzeylerini sabit tutmak zorunda olduğunu belirtmiştir. Bu sabitliği etkileyen faktör yüklemelerde ani bir artış, jeneratörlerden birinin kaybı veya bir hata anında iletim hattı devresinin kapatılması olabileceğini söylemişlerdir (Kundur, 1994 ve Padiyar, 1996).

Anderson vd. kararlılığı bir sistemin kısa devre, büyük değerde bir güç ilavesi, açma kapama gibi bir bozucu etki ile karşı karşıya kalması durumunda, bu etki ortadan

kalktıktan sonra etki öncesi normal durumuna tekrar geri dönebilme kabiliyetini kararlılık olarak tanımlamışlardır. (Anderson vd, 1986).

Van Cutsem vd kararlılığı, güç sisteminin normal çalışma koşullarında veya bozucu bir etkiye maruz kalması halinde bozucu etki ortadan kalktıktan sonra kabul edilebilir bir denge durumunda kalması olarak belirtmişlerdir. (Van Cutsem vd, 1998).

Mithunanthan vd gerilim kararlılığı, güç sisteminde yük baralarının gerilimlerinin belirli sınırlar içinde tutulabilme yeteneğidir. Genel olarak gerilim için kabul edilebilir sınır değerler nominal gerilim değerinin %6 eksigi veya fazlası olarak tanımlamışlardır (Mithunanthan vd, 2005).

Kundur gerilim kararlılığını, normal çalışma koşullarında ve maruz kaldığı bir bozucu etki ortadan kalktıktan sonra güç sistemindeki tüm bara gerilimlerinin kabul edilebilir gerilim değerlerinde tutulabilmeleri yeteneği olarak belirtmiştir (Kundur, 1994).

Uzunoğlu vd sistemin koşulları değiştiğinde, bozucu bir etki veya yükte artış olduğunda kontrol edilemeyen bir gerilim düşmesi meydana gelir ve bu durum gerilim kararsızlığına yol açar. Önceleri özellikle zayıf güç sistemleri ve uzun hatlar söz konusu olduğunda incelenen gerilim sorunları, günümüzde aşırı yüklenmelerden dolayı son derece gelişmiş güç sistemlerinde de ilgi odağı olduğu görülmektedir (Uzunoğlu vd, 2007).

Gerilim kararlılığı ile ilgili sorunlarda sistemin zayıflığı, aşırı yüklenme, yük karakteristiği, reaktif güç kompanzasyon araçlarının karakteristiği gibi çeşitli faktörler etkili olmaktadır.

Taylor'a göre gerilim kararlılığı çalışmalarının çoğunlukla yük baraları üzerinde yapılması sebebi ile gerilim kararlılığı yük kararlılığı olarak da ifade edilmektedir (Taylor, 1994).

Begovic vd gerilim kararsızlığı talep edilen yükün artması veya çalışma koşullarının

değişmesi gibi bozucu etkiler neticesinde düzeltilemez veya kontrol edilemez gerilim düşümlerinin oluşması olarak tanımlanmışlardır (Begovic vd, 2002).

1.2. Elektrik Enerjisinin Kalitesi

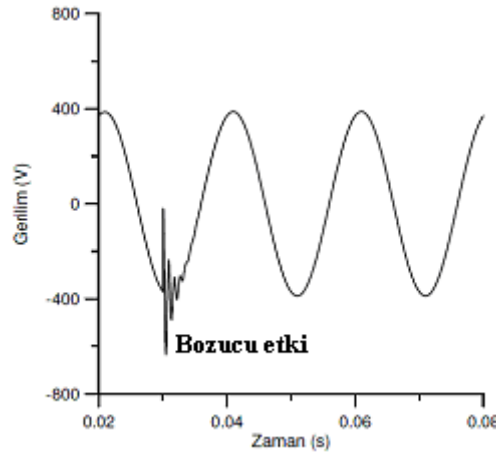
Reid'e göre elektrik güç sisteminde alıcılar kaliteli bir enerjiye ihtiyaç duyarlar. Elektrik güç sistemlerinde enerji kalitesi tanımı, şebekenin gerilim ve frekansındaki değişmeler ile şebekeden çekilen akımdaki dalga şekli bozukluklarının belirtilmesi amacıyla kullanılır. Elektrikli cihazların birçoğu şebekedeki gerilim ve frekans değişmelerine karşı hassas değildir. Bununla birlikte, son yıllarda yaygın olarak kullanılmaya başlayan elektronik devreler tarafından kontrol edilen cihazlar enerji kalitesine karşı son derece duyarlıdır. Bu kontrol devrelerinden bazıları, alternatif akım ve doğru akım motor sürücüleri ve anahtarlamalı modda çalışan güç kaynakları gibi enerji dönüştürmede kullanılan devreler ile yardımcı kontrol devreleri olarak kullanılan bilgisayarlar ile programlanabilir mantık denetleyicileridir (PLC). Böyle karmaşık devreler şebekedeki bozucu etkilerden önemli ölçüde etkilenir diye görüş belirtmiştir (Reid, 1996).

Bu etkilenme sonucu elektronik devreler ile kontrol edilen cihazlar veya endüstriyel tesisler hatalı çalışabilir ve hatta devre dışı kalabilir. Bu nedenle hızlı bir şekilde gelişen sanayi tesisleri ile elektrikli cihazların düzenli olarak çalışabilmesi için gerek tüketiciler gerekse şebeke açısından enerji kalitesi konusunda bazı sınırlandırmaların yapılması gerekir. Elektrostatik boşalma olayları, elektromagnetik dalgalar ve işletme sırasındaki hatalar sonucu oluşan bozucu etkiler büyük çoğunlukla tüketici tarafından kaynaklanmaktadır. Ayrıca, aşırı sıcaklık yükselmesi, istenmeyen titreşimler ve iletken bağlantılarındaki gevşeklikler gibi mekanik veya elektriksel hatalar sonucu da bozucu etkiler oluşmaktadır.

Bu bozucu etkiler genellikle şebeke gerilimindeki geçici dalgalanmalardan kaynaklanmakta ve cihazların yanlış çalışması veya tüketicilerin devre dışı kalmasına neden olmaktadır. Frekanstaki değişmeler, enerji kesilmesi sonucu devreye alınan generatörler ile şebekeden bağımsız çalışan tesisin aşırı yüklenmesinden kaynaklanır. Şebekenin gücü çok büyük olduğundan, şebekeyle paralel çalışan tüketicilerde frekans

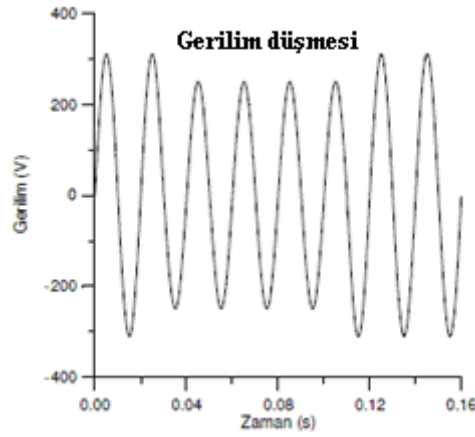
değişimi ihmal edilecek kadar küçük olur. Bu nedenle burada yalnızca akım ve gerilimden kaynaklanan bozucu etkileri sıralarsak bunlar; geçici aşırı gerilimler, kısa süreli gerilim düşmeleri, harmonik bozucu etkilerdir.

Geçici aşırı gerilimler, anahtarlama olayları ve atmosferik olaylar sonucu gerilimin yarı periyodunda görülen gerilim yükselmeleridir. Şekil 1.1' de görüldüğü gibi bu tür bozucu etkiler genellikle şebeke veya tüketicideki kondansatörlerin devreye girmesi veya devreden çıkması sonucu oluşmaktadır.



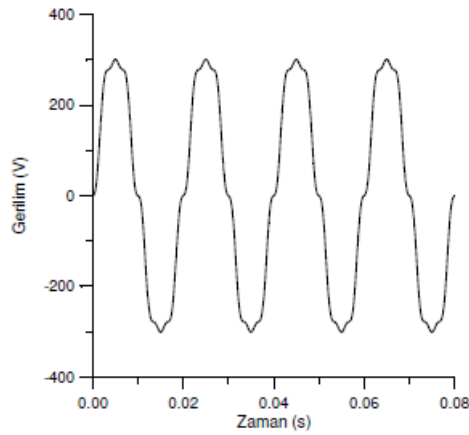
Şekil 1.1: Şebeke geriliminde görülen geçici gerilim yükselmesi

Lamore'ye göre kısa süreli gerilim düşmeleri, çok sayıdaki küçük tüketiciler ile büyük güçlü endüstriyel tüketiciler açısından önemli sorunlar oluşturmaktadır. Böyle arızalar genellikle tüketicilere elektriksel olarak uzak bir noktadaki kısa devre olaylarından kaynaklanmaktadır. Şekil 1.2'de görüldüğü gibi 4-5 periyot boyunca süren bu bozucu etki hassas tüketicilerin devreden çıkmasına neden olduğunu belirtmiştir (Lamore, 1994).



Şekil 1.2: Kısa süreli gerilim düşmesi

Harmonik distorsiyonu, gerilim veya akımın sürekli durumda şebeke frekansının katları şeklinde şebeke frekansından daha büyük frekansta bileşenler içermesidir. Şekil 1.3' de 5. ve 7.harmonik içeren şebeke geriliminin dalga şekli görülmektedir. Harmoniklerin neden olduğu problemlerin başlıcaları, güç kesicilerinin açıklanamayan nedenlerle açması, transformatör ve motorların aşırı ısınması, kontrol devrelerinin, bilgisayarların ve koruma rölelerinin hatalı çalışmasıdır.



Şekil 1.3: 5. ve 7. harmonik içeren şebeke gerilimi

1.3. Güç Sistem Kararlılaştırıcı Çalışmaları

Yüksek performanslı uyarım sisteminin kullanımı, sabit bir durumu sağlamak, modern senkron generatörlerin geçici kararlılığı sağlamak ve terminal gerilimlerinin hızlı kontrollerini desteklemede esastır. Buna rağmen hızlı tepki veren uyarıcılar yüksek

kazanımlarının yanında güç sistemleri içerisinde salınım kararlılığını da meydana getirirler. Bu kararlılık tipi düşük frekanslı salınımlar tarafından karakterize edilir ki bu salınımlar ısrarcı veya manyetiğe dönüşebilirler. Bazı gerçek örnekler kaydedilmiş ve çalıştırılmıştır. Güç sistem kararlaştırıcıları uyarım sistemleri için destekleyici kontrol sinyalleri oluşturmada kullanılır.

De Mello vd klasik güç sistem kararlaştırıcılarının (CPSS) 1960' larda geliştirildiğini belirtmiştir (deMello vd, 1969).

Larsen vd'ne göre bu araçlar frekans kaynaklarında faz kompanzasyon teorisi kullanılarak tasarlandığını ve kompanzatör olarak tanıtılmıştır (Larsen vd, 1981).

Hsu vd tarafından pratik gerçekleştirmeler için basit tipik özellikleri olan PI-PID PSS leri geliştirmişlerdir (Hsu, Y.Y, Hsu, C.Y, 1987 ve Hsu, Y.Y, Liou, K.L, 1987).

CPSS parametreleri güç sistemlerinin doğrusal modeli üzerine kesinleştirilmiştir. Genellikle senkron generatörlerin işlem yapacağı yerlerde çoğunlukla kazanç ve zaman sabiti gibi parametre kullanımlı CPSS ler tercih edildiğinden, işlem şartları özel işlem noktasına en yüksek performansı sağlamak için yapılandırılmıştır. Güç sistemlerinin günlük işlemleri, işlem şartları yükleme değişkenliğinden dolayı değişebilir. Makinenin yüklenme etkileri, senkron generatör dinamiklerinde doğrusal modelin öz değerlerinin analizinin yolu ile değerlendirilebilir (Ardanuy, 2003).

Karışık parmetreli CPPS' ler sistem yükleme şartlarının büyük oranda karalılığını garanti ettiğini belirtmiştir (Lakshmi vd, 2000).

Fakat stabilizörlerin parametrelerini karmaşık tutulursa işlem noktası değiştirildiğinde aynı performans kalitesini sağlayamayacağı açıktır. Bu zorlukları aşmak için adaptif denetim yöntemleri geliştirmişlerdir (Chen vd, 1993), (Gosh vd, 1984), (Hsu vd, 1987), (Kotari vd, 1996).

Bu stabilizörler değişken işlem çalışma şartlarında daha dinamik performans sağlarlar,

ama parametrelerin ihtiyaç duyduğu geri bildirimleri alırken zorlanırlar. Parametrik tanımlamalarda bir hata varsa bu düzensiz kontrol sinyallerinin üretilmesine yol açabilir. Gerçekleştirmenin kolaylığı zamanın kullanılması ve maliyet gibi diğer faktörlerde hesaba katılmıştır.

1990' lardan beri alışılmamış akıllı kontrol tasarım metodları -Bulanık mantık denetleyici (BMD) ve yapay sinir ağları denetleyicileri (YSAD) gibi- güç sistem kararlaştırıcı (GSK) olarak kullanılmıştır. Diğer klasik kontrol metodlarından farklı olarak BMD' ler YSAD' ler model bağımsız denetleyicilerdir. Örneğin onlar denetlenmiş sistemin belirli bir matematiksel modeline ihtiyaç duymazlar. Bununda ötesinde hız ve sağlamlık diğer klasik şemalarla karşılaştırıldığında en belirgin özellikleridir.

Çeşitli araştırmacılar BMD' leri, birçok çalışmada GSK' nın tasarımına uygulamışlardır (El-Metwally vd, 1996), (El-Sherbiny vd, 1997), (Hassan vd, 1991), (Hiyama, 1994), (Hsu ve Cheng, 1990).

El-Metwally vd, Hiyama, bütün bu çalışmalarda, bulanık güç sistem kararlaştırıcının (BGSK) parametreleri sabit tutulur. Yine de laboratuvar deney verilerine göre CPSS' lerde daha az duyarlı olmasına rağmen bu denetleyicinin performansı çalışma şartlarına bağlı olduğunu belirtmişlerdir (El-Metwally vd, 1996), (Hiyama, 1994).

Y.J. Lin, denetleyicinin kuralları ve üyelik işlevleri öznel olarak ayarlandığını, tasarım yapmanın emek isteyen ve zaman alıcı bir iş olduğunu belirtmiş ve bu amaçla BGSK' sın tasarımı için sistematik bir yaklaşım önermiştir. (Lin, Y.J, 2004).

N. Hosseinzadeh ve arkadaşı tarafından 1999 yılında melez uyarlanabilir sinirsel bulanık denetleyici önerilmiş, burada BGSK' nın parametreleri, işlem noktalarında bağlı olan bir sinirsel ağ ile ayarlanır. Bu çalıştırma koşulları, teoriktir. Çünkü sinirsel ağın birkaç girişini gerçek uygulamalar için ölçmek olanaksız görülmektedir.

2. LİTARETÜR BİLGİLERİ

Bu bölümde sistem hakkında genel bilgiler verilecek ve bize uygun olan donanım belirlenecektir. Belirlenen bu donanım, kullanılan yöntem ve teknikler ile ilgili bilgi ise 3.Bölüm olan “Materyal ve Metot” kısmında verilmiştir.

Gerilim üretmek için santrallerde çoğunlukla senkron generatörler kullanılır. Bu senkron generatörler döndürücü bir sisteme bağlanarak döndürülür ve bunun neticesinde generatörde üretilen elektrik tüketicilere ulaştırılır. Senkron generatörler tarafından üretilen ve tüketicilerin kullandığı bu elektriğin giriş bölümünde de değinildiği üzere kalitesi önemlidir. Elektriğin kalitesi tabirinden ise gerilimi ve frekansı sabit bir sinüs dalgası anlaşılmaktadır. Bunu sağlayabilmek için çok sayıda araştırmacı tarafından bu tarz sistemler gerek laboratuvar ortamında deneysel olarak, gerekse bilgisayar ortamında modelleme yaparak çalışılmış ve çeşitli düzenekler kullanılmıştır.

Gerçekte döndürücü bir sisteme bağlı olan senkron generatör bizim laboratuvar ölçekli modelimizde elektrik motoru ile mekanik enerji sağlanacaktır. Yani senkron motor milini bir elektrik motoru ile bağlayarak generatörümüzün gerek duyduğu mekanik gücü elde edeceğiz. Devir sayısı geniş bir alanda rahatça değiştirilebilen motor çeşidi olarak DC motor kullanılmıştır. Sistem hızının ne kadar olduğunu öğrenmek için de sisteme enkoder bağlantısı yapılacaktır. Bu işlemler için Lucas Nülle firmasına ait SE 2662-6W numaralı senkron generatör, SE 2662-5D numaralı DC motor ve A Tek firmasına ait ARS5 500 PPL 3 8 model Rotary Encoder kullanılmıştır. Senkron generatörde üretilen gerilimi ölçmek için PINTEK DP-25 diferansiyel prob kullanılmıştır. Senkron generatör uyarıtımı ve DC motorun sürülmesi içinde devreler tasarlanmıştır.

Ayrıca bu sistemin verilerinin ölçülmesi, işlenmesi, sisteme tekrar geri bildirim olarak verilebilmesi ve yüklerin devreye bilgisayar kontrollü alınıp çıkarılabilmesi için bazı kartlara ihtiyaç duyulmuştur. Bu amaçla Advantage firmasına ait üç adet kartın bizim için uygun olacağını kararlaştırılmış ve bu kartlar ile bu ihtiyaç giderilmiştir. Bu kartlar Advantage firmasına ait IAA3994456 seri numaralı PCI 1716 DAQ kart, IAA6624837

seri numaralı PCLD-8710 terminal bağlantı kartı, IAA4052448 seri numaralı PCLD 785-B röle çıkış kartlarıdır. Bu kartlar yardımı ile sistemimiz ve bilgisayar arasındaki bağlantı kurulmuştur. Böylece sistemden bilgiler alınıp bilgisayar ortamında işlendikten sonra tekrar sisteme geri bildirim olarak verilebilir. Ayrıca bu kartlar yardımıyla yükleri de bilgisayardan otomatik olarak değiştirebiliriz.

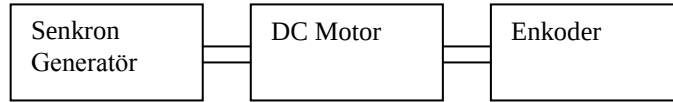
Bilgisayar ortamında verileri işleyebilmek ve sistemi kontrol edebilmek içinde MATLAB programında bir model sayfası oluşturulmuştur. Bu model sayfası Real Time araç kutusu blokları ve Simulink araç kutusu blokları ile yapılmıştır. Sistemden alınan gerilim ve devir bilgileri referans değerle (gerilim için 220V, devir için de 1500d/dk) karşılaştırdıktan sonra ortaya çıkan hata değeri PID kontrolör ile işlenmiştir. PID kontrolörün parametreleri herhangi bir hesaplama yöntemine başvurulmadan deneme yanılma yöntemi ile ayarlanmaya çalışılmıştır.

Bu sistemde kullanılan donanım ve yazılım hakkında daha kapsamlı bilgiler Materyal-Metot başlığı altında verilecektir. Sistemde kullanılan malzemeler maddeler halinde yazarsak;

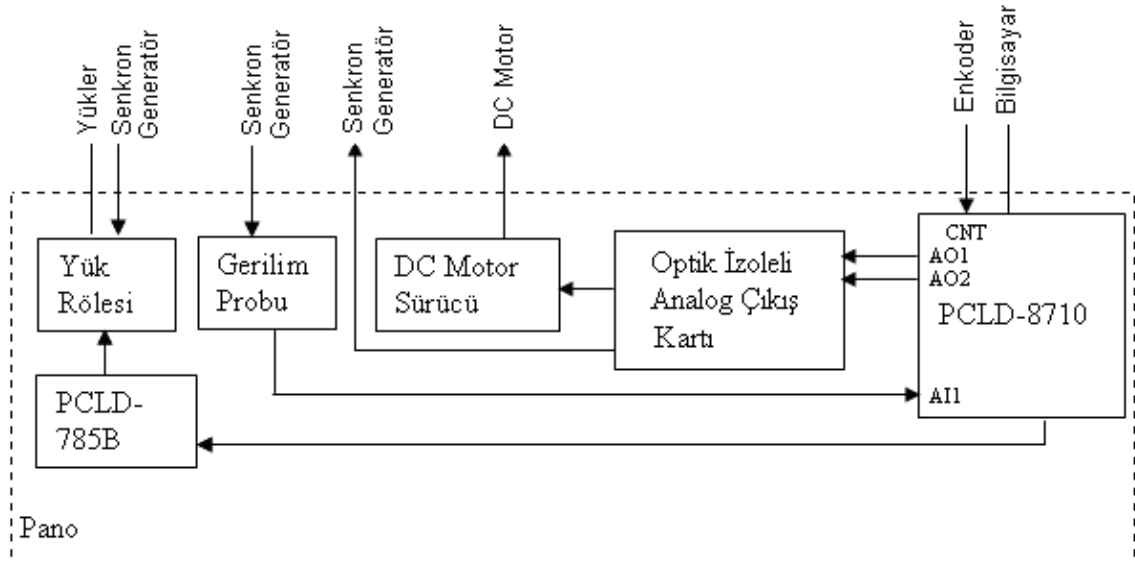
- Senkron Generatör
- DC Motor
- Enkoder
- DC Motor Sürücü
- Optik İzoleli Analog Çıkış Kartı
- Güç Kaynağı
- Yük
- DAQ Kartı
- Genişleme Kartı
- Röle Çıkış Kartı
- Pano
- Bilgisayar
- MATLAB®SIMULINK Real Time Toolbox

Bu materyallerin belli bir düzen içerisinde birbiri ile bağlantısı düşünüldüğünde senkron

generatör, DC motor ve enkoderin birbirine akuple bağlanacak (Şekil 2.1) ve diğer kalan parçalardan DC Motor Sürücü, Optik İzoleli Analog Çıkış Kartı, Güç Kaynağı, Genişleme Kartı, Röle Çıkış Kartı bir pano içerisine yerleştirilmesi (Şekil 2.2) uygun olacaktır.



Şekil 2.1: Sistemin Blok Şeması



Şekil 2.2: Pano Bağlantı Şeması

3. MATERYAL VE METOT

Sistemimizde mekanik güç elde etmek ve senkron generatörü döndürmek için 1kW'lık DC motor, gerilim üretmek için senkron generatör, sistemimizin devir sayısını kontrol altında tutmak için enkoder, motorumuzun devir sayısını ayarlamak için sürücü devresi, senkron generatörümüzün gerilimini ayarlamak ve motor sürücü devresinin kontrol sinyali için optik izolasyonlu analog çıkış kartı, tüm bu işlemleri yapmak üzere bir bilgisayar ve bu malzemelerin hepsinin haberleşmesi ve veri alış-verişi için bir PCI 1716 DAQ (Data AcQuisition) kart, bu DAQ kartına bağlantı yapabilmek için PCLD 8710 genişleme kartı, yükü devreye sürmek için yük kartı ve yük kartını sürmek için PCLD 785B röle çıkış kartı kullanılmıştır. DC motor, senkron generatör ve enkoder birbirine akupple bağlanmıştır. (Şekil 2.1)

Bu donanım özelliklerine sahip bu sistemin kontrolü bilgisayar ortamında MATLAB programı içerisindeki Real Time Target Toolbox ile gerçekleştirilmiştir.

Burada Materyal bölümünde sistemin donanım parçaları hakkında bilgi verilecek, Metot bölümünde ise sistemi çalıştıran ve kontrol eden MATLAB, Real Time Toolbox ve Simulink blokları ve programları hakkında bilgi verilecektir.

3.1. Materyal

3.1.1. DC Motor

Doğru akım motoru, doğru akım elektrik enerjisini mekanik enerjiye dönüştüren elektrik makinesidir. Doğru akım motorlarına D.A motor veya D.C motorda denilmektedir. Doğru akım motorlarının çalışma prensibi ilk kez Faraday tarafından ortaya konulmuştur. Herhangi bir iletkeni doğru akım tatbik edildiğinde iletken, sabit bir manyetik alan oluşturur. N ve S kutuplarından oluşan bu sabit manyetik alan etki alanının içerisindeki iletken cisimlere veya farklı manyetik alanlara sabit mıknatısın gösterdiği etkiyi gösterir. Yani iletken cisimleri kendisine çeker, aynı kutuplu manyetik alanları iter; farklı kutuplu manyetik alanları çeker. N kutbundan S kutbuna doğru

oluşan bu kuvveti manyetik akı olarak adlandırıyoruz. DC motorlar, statorda oluşturulan sabit manyetik alanın rotorda oluşturulan sabit manyetik alanı itmesi ve çekmesi prensibine göre çalışır. Statorda kuzey-güney ekseninde oluşan sabit manyetik alana karşı, rotorda bu eksenin belli bir açıda kayık olarak yerleştirilen sargıda ikinci bir sabit manyetik alan oluşturulur. Rotorun hareketi ile rotor sargısının stator sargısıyla aynı eksene gelmesi ve hareketin sona ermesini engellemek için rotor üzerinde birden fazla sargı oluşturulmuştur. Bu sargılar yine rotorun üzerindeki bir kolektörde toplanır. Kolektöre uygulanan gerilim, kömür fırçalar marifeti ile aktarılır. Kömür fırçalar, sabit eksende olduğu için rotor döndükçe gerilim uygulanan sargılar da değişecektir. Her defasında satar eksenine belli açıda manyetik alan oluşturan sargıya gerilim tatbik edildiğinden dönme sürekli devam eder.

DC motorlar gelişmesiyle birlikte AC motorların önüne geçmektedir. Günümüzde AC motor uygulamalarının çoğunluğuyla birlikte DC motor özellikle çekiş gücü gerektiren uygulamalarda kendine özgü özelliklerinden dolayı konumunu korumaktadır. DC motorlar geniş tork aralıklarının ve hız kontrolünün gerektiği uygulamalarda kullanılmaktadırlar. DC motorların özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- DC motorlar yüksek kalkış torkuna ve hız regülasyon kapasitesine sahiptir.
- Kalıcı mıknatıslı tip DC motorlar yüksek işletme torklu nesnelerin konumlandırılmasında kullanılır.
- Seri DC motorlar yüksek kalkış torkuna sahip olduklarından ağır yüklerle kalkış yapabilirler
- Seri motorlar yüksüz çalıştırıldıklarında motora zarar verebilecek yüksek hızlara ulaşabilirler
- Şönt motorlarda iyi hız ayarı yapılır.
- DC motor dönme yönü armatür veya uyarma uçlarını değiştirerek değiştirilebilir.
- DC motor hızı armatür gerilimi veya uyarma akımı değiştirilerek ayarlanabilir.
- Şönt motorlarda tork armatür gerilimiyle orantılıdır.
- Seri motorlarda tork armatür akımının karesiyle orantılıdır.

Doğru akım motorları da dinamolarda olduğu gibi kutup sargılarının endüviye bağlı

şekillerine göre seri motorlar, şönt motorlar, kompunt motorlar olmak üzere 3 kısma ayrılır.

Bunları genel hatları ile incelememiz gerekirse;

3.1.1.1. Seri Motorlar

Endüvi ve uyarım sargıları birbirine seri olarak bağlanan motorlara denir. Seri motorlarda seri dinamolar gibi sargıdan aynı akım geçtiği için kutup sargıları kalın ve kısa tellerden yapılır. Seri motorlar çevirecekleri millerle ya akuple edilir ya da dişli çarklarla bağlanırlar. Kayış kullanmak doğru değildir. Yol alırken yüksek çekme kuvveti verir. Devir adedi yükte ters orantılıdır. Motor, yüklendikçe devir sayısı hızla düşer. Bunun nedeni, yük akımının aynı zamanda uyarım akımı olmasıdır. Akım arttığında manyetik akı Φ de artacaktır ve $E=K.\Phi.n$ formülüne göre manyetik akı arttığında devir sayısı da düşecektir. Seri motorun yol alma momenti oldukça yüksektir. Motor boşta çalıştığında Φ değeri oldukça küçük bir değer alır. Dolayısıyla devir sayısı, tehlikeli bir şekilde yükselebilir. Bu yüzden seri motor boşta çalıştırılmamalıdır.

3.1.1.2. Şönt Motorlar

Endüvi ve uyarım sargıları birbirine paralel olarak bağlanan motorlara şönt motorlar denir. Şönt motorların kutup sargıları ince ve çok sarımlı yapılır. Bobin uçları tam gerilime bağlandığından motor başta veya yükte çalışırken endüktör sargısından geçen akım hemen hemen sabit değerde kalır. Bu motorlar seri motorlar gibi boşta çalıştırıldıklarında devir sayıları tehlikeli değerlere çıkmaz. Yalnız endüktör sargısındaki bir kopukluktan dolayı çalışması bozulabilir. Şönt motorlar sabit devir ve fazla çekme kuvveti istenmeyen yerlerde kullanılırlar. Kalkınma momentleri küçüktür.

Motorun devir sayısı, kaynak gerilimi veya endüvi akımı ile kontrol edilebilir. Yol alma anındaki momentleri düşüktür. Motor boşta çalışırken de devir sayısı normal değerdedir. Motorun maksimum verimde çalışması için motorun sabit kayıplarının endüvi kayıplarına eşit olması gerekir. Motorun üreteceği moment, endüvi akımıyla

doğru orantılı olarak artar.

3.1.1.3. Kompunt Motorlar

Uyartım sargıları endüviye hem seri hem de paralel olarak bağlanan motorlara denir. Seri ve şönt motorun karışımından oluşan bir motor çeşididir. Kompunt motor, başlangıçta n gibi bir devir sayısına sahiptir. Çünkü motorda bulunan şönt sargı, küçük de olsa bir akım çeker ve bir $\emptyset$ manyetik akısı oluşur. Bağlantı şekillerine göre ters kompunt ve eklemeli kompunt gibi çeşitleri vardır.

Kalkınma momenti şönt motorlarındaki fazladır. Boşta çalışırken devir sayıları tehlikeli seviyelere çıkmaz. Devir sayıları yükte, şönt motorlardan fazla seri motorlardan az değişir. Ters kompunt motorda devir sayısı, yüklendikçe artarken eklemeli kompunt motorda yüklendikçe devir sayısı azalır. Eklemeli kompunt motorda yol alma momenti oldukça yüksektir. Buna karşın ters kompunt motorda yol alma momenti düşüktür.

Bu bilgilerden yararlanarak sistemimizde sabit bir devir sayısı istediğimizden dolayı DC motorumuzu şönt olarak bağladık.

Sistemimizin mekanik gücünü elde etmek için 1kW gücünde bir DC motor kullanılmıştır. DC motorların çok geniş aralıklarda devir sayısı ayarı rahatlıkla yapılabildiği için bizim için uygun bir materyaldir. Motorumuzun devir sayısı 1500d/dk sabit olacak şekilde motor sürücü devresi ile sürülmüştür. Bu devir sayısından aşağı düştüğünde uyartım gerilimi arttırılarak, devir sayısı arttığında bu uyartım gerilimi azaltılarak devir sayısı sabit tutulmaya PID denetleyici ile ayarlanmaya çalışılmıştır. Bu işlem için bir DC motor sürücü devresi alınmıştır. Bu DC motorumuzun A1-A2 armatür uçlarına sistem hızına göre değişken bir gerilim, E1-E2 alan sargısı uçlarına 190V sabit doğru gerilim verilmiştir. Uygulanan bu A1-A2 ve E1-E2 gerilimleri DC motor sürücü devresi tarafından verilmiştir.



Resim 3.1 DC Motor

3.1.2. DC Motor Sürücü Devresi

Birçok uygulamada DC motor devir sayısının geniş sınırlar içerisinde ayarlanması gerekir. Motor devir sayısının ayarlanabilmesi için DC motor sürücüleri kullanılır. DC motor sürücüleri ile motora uygulanan gerilimin ayarlanmasında daha çok yarıiletken elemanlar kullanılır.

DC motor hız denetimi analog ve sayısal olmak üzere iki tipte yapılabilmektedir. Geçmişte endüstriyel uygulamalar için hız ayarı yarı iletken denetimli ayarlı gerilim kaynaklı analog DC motor sürücüleri ile yapılırken, güç elektroniğindeki gelişmeler sonucunda analog denetim yerini sayısal hız denetim sistemlerine bırakmıştır.

3.1.2.1. DC Motorlarda Analog Kontrol

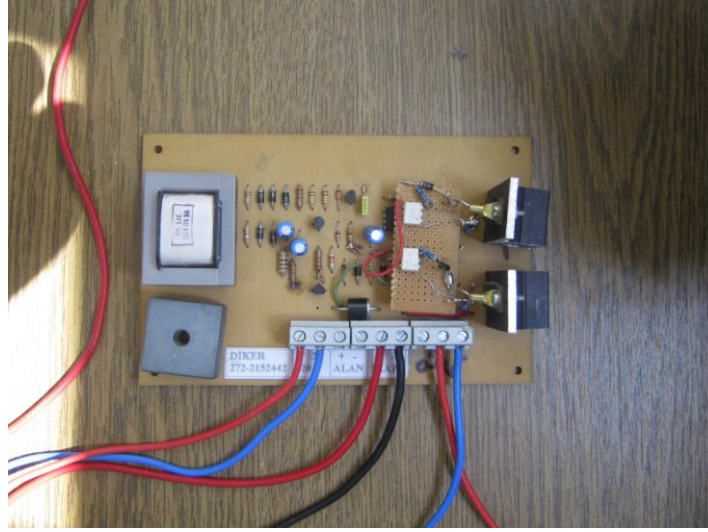
DC motorlarında hız ayarı 1891 yılında Ward-Leonard tarafından gerilim kontrolü vasıtasıyla ilk olarak gerçekleştirilmiştir. Bu yöntem endüvi devresine eklenen dirençler vasıtasıyla gerçekleştirildiği için sistemin verimini dirençlerde meydana gelen kayıplar nedeniyle olumsuz olarak etkilemekteydi. Güç elektroniğinde anahtarlama elemanı olarak tristörün kullanılmaya başlamasıyla DC motorlarının hız ayarında ayarlı gerilim kaynakları ön plana çıkmıştır. Daha sonraki yıllarda anahtarlama elemanı olarak MOSFET, IGBT ve GTO gibi yarı iletken elemanlar kullanılmıştır. İlk önceleri bu

elemanların anahtarlama analog devreler vasıtasıyla yapılmaktaydı ve frekansları düşük, gürültüden etkilenme oranı yüksekti. Ancak daha sonraları sayısal kontrol elemanlarının kullanılması ile değişken çevre koşullarından etkilenme oranı en aza indirilmiştir. Daha yüksek anahtarlama frekansı değerlerine çıkılmıştır. Bu sayısal kontrolün sağlanması için gerekli olan anahtarlama algoritmaları darbe genişlik modülasyonu (DGM) kontrol tekniği ile sağlanmıştır. Geleneksel analog kontrol devrelerinin birçok dezavantajı vardır. Karmaşık uygulama şeması nedeniyle analog devrelerin uygulanması zordur. Analog devreler esneklikten yoksun ve gürültüye karşı duyarlıdır. Ayrıca analog devrede kullanılan elektronik malzemelerin her biri farklı tolerans değerlerine sahiptirler. Bu dezavantajlar güvenilir, esnek ve gürültüden etkilenmeyen denetleyicili sistemlerin kullanılması ile giderilmektedir.

3.1.2.2. DC Motorlarda Sayısal Kontrol

Denetleyicilerin motor sürücü devrelerinde kullanımı gün geçtikçe artmaktadır. Bu sürücüler genellikle motorları çalıştırıp durdurmaya veya yarıiletken bir elemanın tetikleme açısını değiştirerek DC motorlarının kontrolünde kullanılmaktadır. DC kaynak gerilimi, denetleyicin tarafından üretilen DGM sinyali kullanılarak kontrol edilebilen kıyıcı devresi giriş gerilimi olarak kullanılır. Motordan referans gerilim alınır ve değişen yüke bağlı olarak DGM görev saykılı ayarlanır. DC motoru kıyıcıları daha verimli olup frekansa bağlı olan alternatif akım bakır ve demir kayıpları yoktur.

DC Motor sürücü devresi hazır olarak alınmıştır. Motor sürücü devremizin bir 220V AC besleme gerilimi girişi, 190V DC sabit bir alan gerilimi çıkışı, 0-220V DC arası bir uyarım gerilimi çıkışı ve 0-10V DC arası bir kontrol sinyal girişi bulunmaktadır. DC motor sürücü devresinin 0-10V DC kontrol sinyali için ayrıca optik izoleli analog çıkış devresi kullanılmıştır. DC Motor sürücü devresine ait devre şeması Ek 1’de verilmiştir.



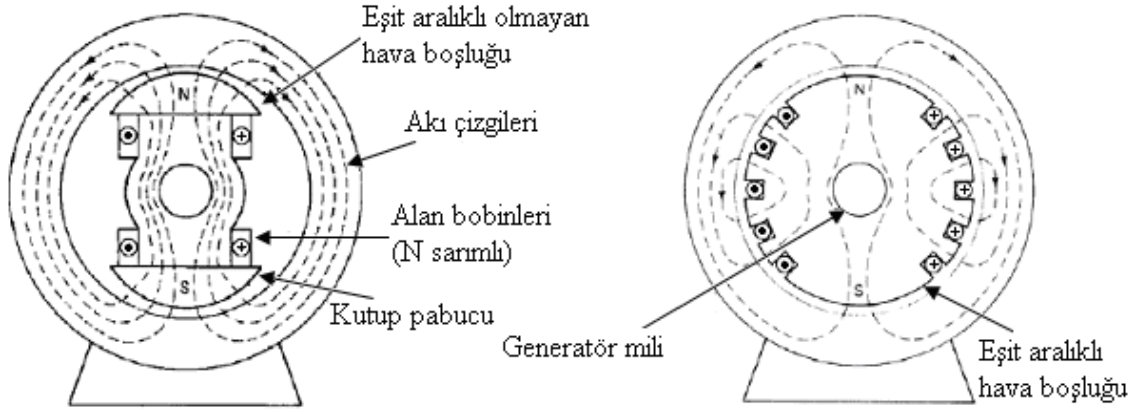
Resim 3.2 DC Motor sürücü devresi

3.1.3. Senkron Generatör

Elektrik generatörleri mekanik enerjiyi elektrik enerjisine dönüştüren elektrik makineleridir. Elektrik generatörleri farklı tiplerde olabilir ancak küçük güçlü ve yüksek devirli bir uygulamada yaygın olarak silindirik kutuplu konvansiyonel senkron generatör ya da sürekli mıknatıslı senkron generatörler kullanılır. Senkron generatörler endüvi akımının frekansı ile orantılı olarak kararlı durum koşulları altında çalışan makinelerdir. Konvansiyonel senkron makinelerde rotor alan sargısına uygulanan DC gerilimle manyetik alan üretilir. Elde edilen manyetik alanın hızı ile içinden doğru akım akan rotor sargılarının dönme hızı eşitlenir. Böylece makinede emk endüklenir. Endüklenen faz geriliminin frekansı elektrikli açısal hıza bağlıdır. Rotor hızı uyartım frekansı ile orantılı olduğunu belirtmiştir. (Öner vd)

Tüm generatörler stator ve rotor adı verilen iki ana manyetik parçadan oluşurlar. Her ikisi de manyetik çelikten imal edilir. Stator gövdesi ve iç oluklar ince tabakalar halinde ferromanyetik metallerin birleştirilmesinden meydana gelmiştir. Sisteme güç veren ve yük akımını taşıyan armatür sargısı, stator iç yüzeyinde eşit aralıklarla açılmış oluklara yerleştirilmiş üç özdeş faz sargısından oluşur. Bu sargılar faz eksenleri arasında $2\pi/3$ radyan (120°) elektriksel açı olacak şekilde kutupların üzerine eşit olarak dağıtılmış ve rotor milinin hareketine karşı yalıtıldığını belirtmiştir (Ong, 1997).

Alan sargıları rotor üzerindedir ve bu sargılar DC akımla beslenir. Senkron makinelerin rotoru aslında büyük bir elektro mıknatıstır. Uyarım sargılarını taşıdığından dolayı bu kısma endüktör de denir. Rotor yuvarlak veya çıkık kutuplu tasarlanabilir. (Şekil 3.1)



a. Çıkık kutuplu senkron generatör

b. Yuvarlak rotorlu senkron generatör

Şekil 3.1 İki kutuplu senkron generatör yapısı (Ryff,1988)

Çıkık kutuplu generatörlerin devir sayıları küçük ve kutup sayıları fazladır. Bundan dolayı düşük devirli yerlerde kullanılır. Rotor çapları yüksek, eksenel boyları kısadır.

Silindirik kutuplu generatörlerin devir sayıları yüksek, kutup sayıları azdır. Bu özelliklerinden dolayı yüksek devirli yerlerde tercih edilir. Rotor çapları küçük, eksenel boyları uzundur (Chapman, 2004).

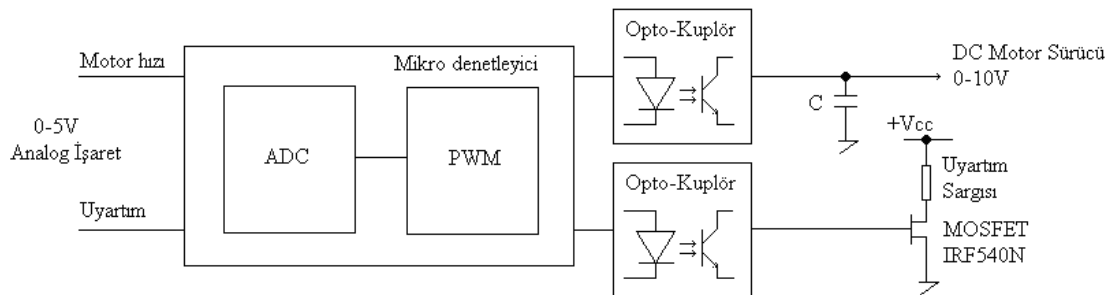
Bu çalışmada Lucas Nulle firmasına ait SE2662-6W tip çok fonksiyonlu 1kW gücünde bir senkron makina kullanılmıştır. Aşağıda kullandığımız senkron generatöre ait bir fotoğraf bulunmaktadır. (Resim 3.3)



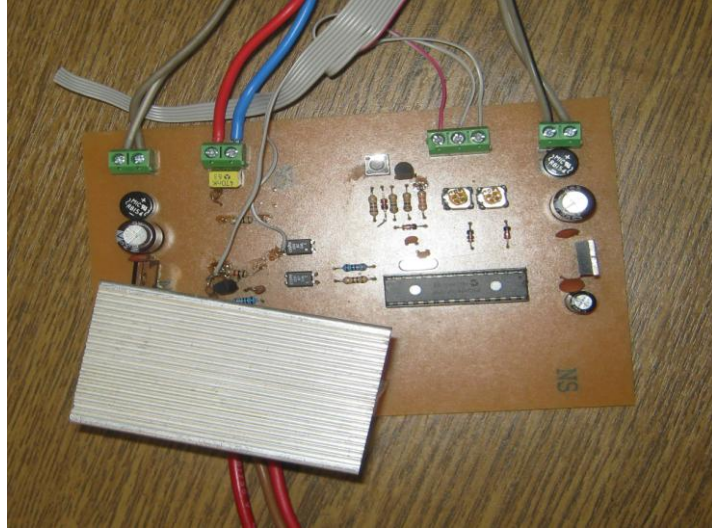
Resim 3.3 Senkron generatör

3.1.4. Optik İzoleli Analog Çıkış Kartı

Bu kart çok işlevli bir kart olup PCLD 8710 kartını sistemden elektriksel olarak yalıtır. Bu kartımızın iki adet girişi vardır. Bunlar MATLAB’da kurmuş olduğumuz denetim modelindeki analog çıkışlar yardımı ile verilen sinyallerdir. Bu sinyaller PCI 1716 DAQ karta, oradan PCLD 8710 genişleme kartına, oradan da optik izoleli analog çıkış kartına gelir. Bu sinyaller 0-5V arasında analog sinyallerdir. Bu sinyaller yardımı ile PIC 16F876 mikro denetleyicisinde işlenerek opto-kuplör yardımıyla birisi motor hızının ayarlanması için DC motor sürücü devresine, diğeri ise senkron generatörün uyarımında kullanılır. Şekil 3.2’de optik izoleli kartın prensip şeması verilmiştir. Bu karta ait devre şemaları Ek 2’de, PIC 16F877 içerisindeki program ise Ek 3’de verilmiştir.



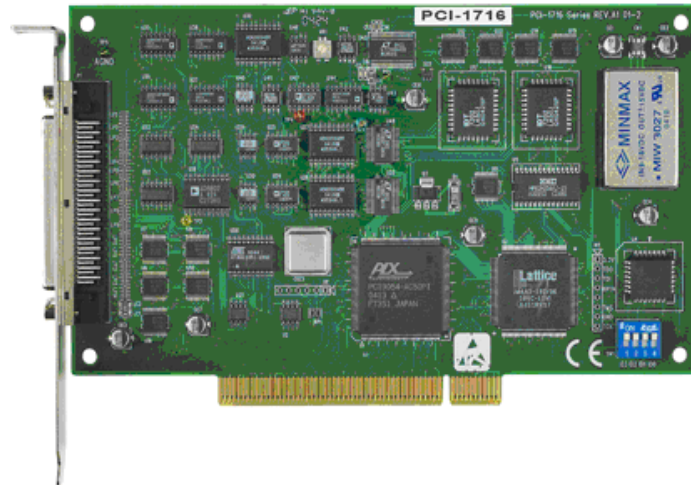
Şekil 3.2 Optik izoleli analog çıkış kartı prensip şeması



Resim 3.4 Optik izoleli analog çıkış kartı

3.1.5. PCI 1716 I/O Kartı

PCI-1716 I/O kartı IBM PC/XT/AT bilgisayarlarla uyumlu olarak çalışabilmekte ve bilgisayarın PCI yuvasına bağlanmaktadır. PCI-1716 kartı, veri toplama (DAQ, Data Acquisition), process denetim, otomatik test düzenekleri ve fabrika otomasyonu gibi endüstriyel ve laboratuvar uygulamalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Aşağıda Resim 3.5’de Endüstriyel I/O kartının görünüşü verilmektedir.



Resim 3.5 PCI-1716 Endüstriyel I/O Kartı

Kartın teknik özelliklerini sayacak olursak; kart üzerinde toplam 16 dijital giriş, 16

dijital çıkış, 16 single ended (tekli sonlu) veya 8 differential (fark) analog giriş, 2 analog çıkış ve 1 sayıcı girişi bulunmaktadır. Dijital giriş ve çıkışlar TTL uyumludur. Analog giriş ve çıkışlar 16 bit çözünürlüğe sahiptir. Analog girişlerin kazanç ayarı yazılımdan programlanabilme özelliğine sahiptir. Sayıcı girişi ise 16 bit uzunluğunda kaydetme (register) ve 2MHz hızına sahiptir.

Çizelge 3.1: Endüstriyel I/O kartı teknik özellikleri (Çınar, 2006).

I/O tipi	Adedi	Özellikleri
Analog Giriş	16	ADC özellikleri: 16 bit çözünürlük, 250kHz örnekleme hızı Giriş gerilim kademesi: Yazılımdan programlanabilir, ± 10, ± 5, ± 2.5, ± 1.25, ± 0.625, ± 0.3125 Doğruluk: ± 0.01, $\pm \text{LSB}$ Doğrusallık: ± 1 bit Aşırı gerilim koruması: $\pm 30\text{V}$ (sürekli) ADC dönüştürme yöntemi: Ardışık yaklaştırma (Successive approximation) DAC özellikleri: 16bit çözünürlük, 30 ms yükselme zamanı Çıkış gerilim kademesi: -5V veya -10 V sabit referansla 0-+5V veya 0-+10V Maksimum +10V, -10V DC veya AC harici referansla Çıkış akımı: $\pm 5\text{mA}$ maksimum Doğrusallık: ± 1 bit DAC dönüştürme yöntemi: 16bit monolithic multiplying Seviye: TTL uyumlu
Analog Çıkış	2	Giriş voltajı: Low-0.4V max, High-2.4V min Giriş yükü: Low-0.4V'da maksimum -0.2mA High-2.7V'da maksimum 0.02mA Seviye: TTL uyumlu Çıkış voltajı: Low-(alıcı) 0.4V'da +8.0mA High-(kaynak) 2.4V'da -0.4mA Devre: INTEL 8253 devresi Sayıcı: 3 kanal, 16 bit, 2 kanal sabit olarak programlanabilir 2MHz pacer clock'a bağlı, 1 kanal kullanıcı uygulamaları için Giriş kapısı: TTL/DTL/CMOS uyumlu
Dijital Giriş	16	Seviye: IRQ2 ile 7 jumper seçimli Seçim: S0, S1 ve S2'nin kontrol registeri üzerinden aktif edilir.
Dijital Çıkış	16	Seviye: 1 veya 3 jumper seçimli Seçim: S0, S1 ve S2'nin kontrol registeri üzerinden
Programlanabilir Sayıcı Girişli	3	
Interrupt (Kesme) Kanalı	-	
DMA Kanal	-	

aktif edilir.

Genel Özellikleri

Güç Tüketimi	+5V: 850mA tipik ve 1A max. +12V: 600mA tipik ve 700mA max.
I/O Konnektör	I/O bağlantısı için 68-pin SCSI-II soket

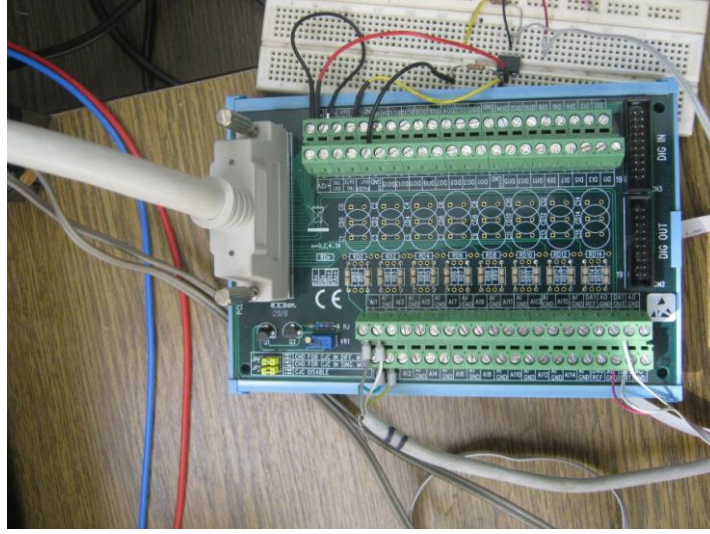
CN1 terminali kartın tüm giriş çıkışlarının yapıldığı tek terminalleridir. Bu terminalden PCLD-8710 genişleme kartına özel bir ara kablo olan PCL 10168 (veri kablosu) ile geçiş yapılmaktadır. PCI-1716 I/O kartının yapılandırma ayarları kartla birlikte verilen yazılımdan programlanır. Bu bizlere tasarım aşamasında büyük kolaylık sağlar. Örneğin kartın yapılandırma ayarlarında herhangi bir değişiklik gerektiğinde kartı yerinden çıkarmadan hatta bilgisayarın kasasını bile açmadan değişiklik yapılabilir.



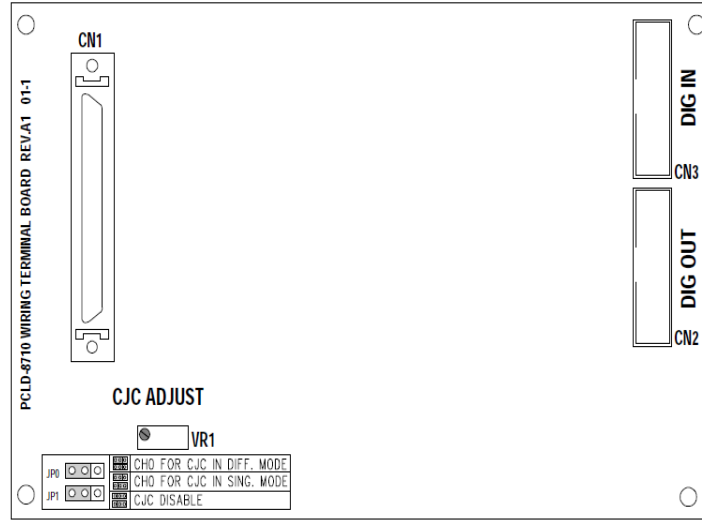
Resim 3.6 PCI-1716 ile PCDL-8710 arası bağlantı

3.1.6. PCLD-8710 Genişleme Kartı

PCLD-8710 genişleme kartı ile tüm giriş ve çıkışlara klemensler ve 20 bacaklı iki soket ile ulaşılabilir. Dijital giriş ve çıkış kartına geçiş için 20 bacaklı terminaller kullanılırken analog girişler ve çıkışlar ile sayıcı girişi için PCLD-8710 kartı üzerindeki klemensler kullanılmıştır. Aşağıda Şekil 3.2’ de PCLD-8710 dağıtım kartına ait bağlantı terminalleri ve jumperlerin görüntüsü ve Resim 3.7’de resmi verilmektedir.



Resim 3.7 PCLD-8710 kartı

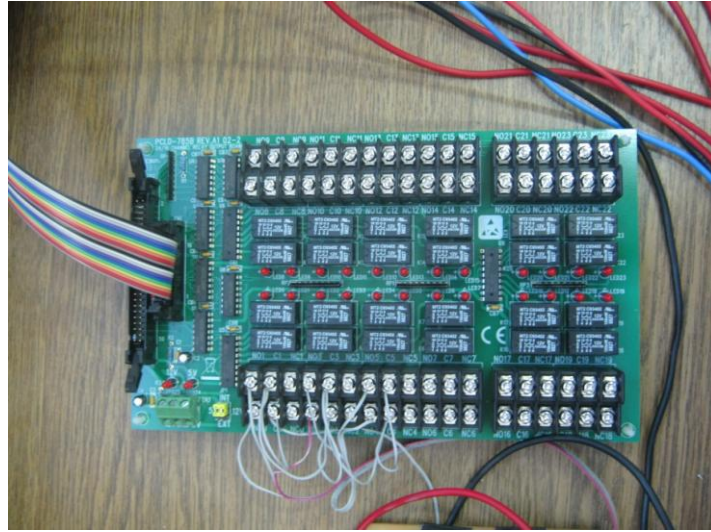


Şekil 3.3 PCLD-8710 Terminal Yerleşim Planı

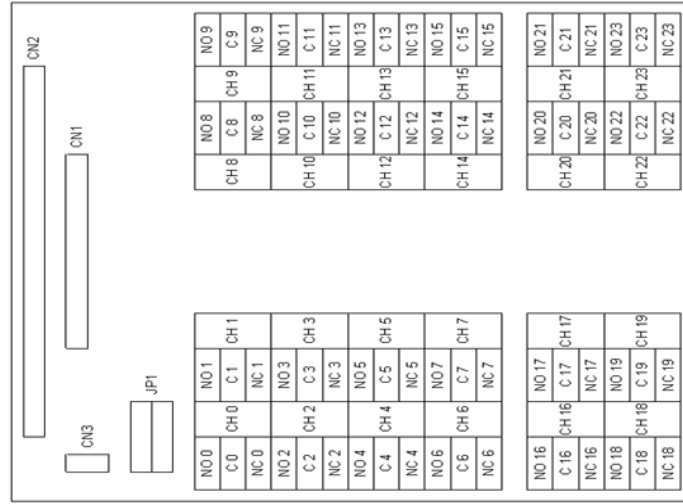
Kartımızın birinci analog girişi ile senkron generatörün ürettiği gerilim, ikinci analog giriş ile DC motorun uyarım akımı, counter girişi ile enkoderden ölçülen bilgi alınır. Çıkışta da kartımızın birinci analog çıkışı ile DC motor uyarım devresine, ikinci analog çıkış ile senkron generatör uyarım devresine sinyal gönderilir.

3.1.7. PCLD 785B Röle  ıkış Kartı

Ayrıca sistemimizde yükleri devreye almak için PCLD-785B röle çıkış kartı kullandık. PCLD 785B röle çıkış kartı, 20 pin flat kablo konnektörü (CN1), 50 pin opto-22 konnektörü (CN2), harici bir güç kaynağı bağlantısı için (CN3), G   kaynağının seçimi için jumper ve 16/24 SPDT elektromekanik röle taşır. PCLD 785B en çok I/O kartlarının dijital  ıkışları ile uyumludur. 20 pin konnektör kullanıldığında bilgisayarın güç kaynağından veya harici bir kaynaktan +5V Veya +12V gerilim kullanılabilir. Fakat 50 pin opto-22 konnektörü kullanıldığında harici bir kaynaktan 12V ile beslenmelidir. CN1 veya CN2 konnekt rlerinden yalnızca bir tanesi kullanılmalıdır. Sistemde PCLD 785B röle çıkış kartının CN1 konnektörünü yani 20 pin flat kablo konnektörü kullanılmıştır. CN3 konnektörü harici güç kaynağı bağlantısı için kullanılır. Kaynak olarak da harici bir kaynak kullanmak yerine bilgisayarımızın güç kaynağını kullanacak şekilde jumperimiz ayarlanmıştır.

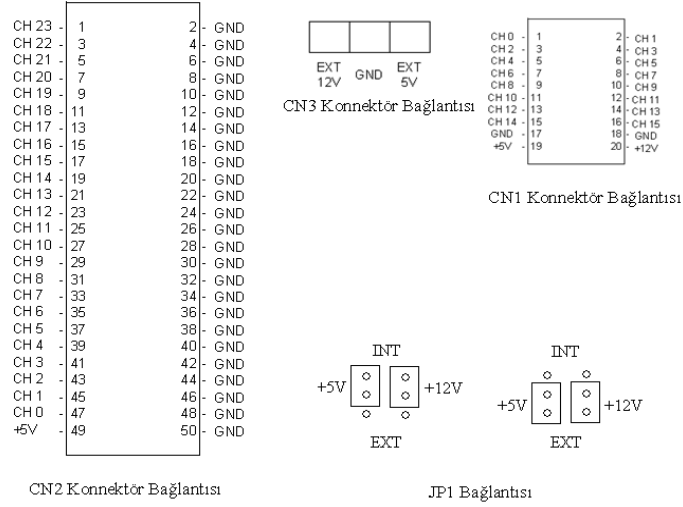


Resim 3.8 PCLD-785B 24/16 Röle  ıkış Kartı



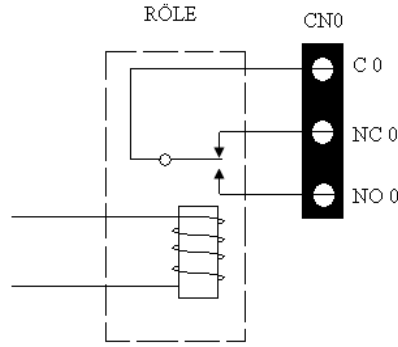
Şekil 3.4 PCLD 785B Baskı devre terminal yerleşim planı

PCLD 785B röle çıkış kartının baskı devre terminal yerleşim planındaki CN1, CN2, CN3 ve JP1 ayak bağlantıları aşağıdaki gibidir.



Şekil 3.5 PCLD 785B Konnektör ve jumper bağlantıları

Ayrıca röle çıkış kartının her bir kanalındaki rölelerin kontakları Şekil 3.6'daki gibidir.

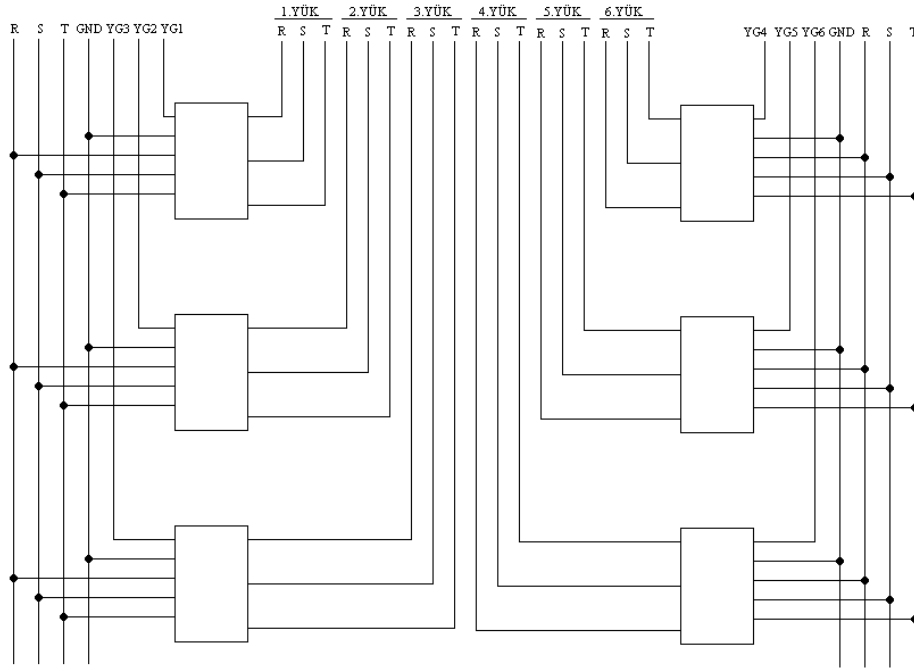


Şekil 3.6 PCLD 785B Her bir rölenin açık şekli

PCLD 785B röle çıkış kartı PCLD-8710 kartının dijital çıkışına bağlanmıştır. Bu kart vasıtası ile yük kartını sürerek yüklerimizi devreye alıp çıkarttık. Bu iş için röle çıkış kartımızın 6 adet çıkışını kullanılmıştır. Bu çıkışlar yardımı ile istenirse 6 çeşit yük devreye alınıp çıkarılabilir. Fakat bu işlemi doğrudan PCLD 785B kartımızla yapmayıp bu kartla yüklerimiz arasına yük kartı ismi verdiğimiz ve kendimiz tasarladığımız bir kart daha bağlanmıştır.

3.1.8. Yük Kartı

Yük kartının bir 12V beslemesi, bir 220V senkron generatör 3 faz giriş beslemesi, bir PCLD-785B röle çıkış kartından gelen data girişi ve 6 adet yük bağlantı ucu vardır. Yük kartının beslemesini PCDL-785B röle çıkış kartından alan ve röle çıkış kartındaki 6 adet çıkıştan hangisi aktif olursa o yüke ait olan rölelerin çalışmasını sağlayan karttır. Bu kart yardımıyla yüklerimizle kartımız arasında izolasyon yapılmıştır. Her çıkış için bir röle ve bu röle ile senkron generatörün ürettiği R-S-T fazlarını yüke iletmek içinde 3 adet röle kullanılmıştır. Röle kartının her bir çıkışında farklı bir yükü sürmek için toplam 4 adet röle kullanılmıştır. Bu karta üç çeşit yük bağladık. Aşağıda yük kartının bir resmi görülmektedir (Resim 3.9).



Şekil 3.8 YüK kartı

3.1.9. YüKler

Sistemde yük olarak omik, endüktif ve kapasitif yükler kullanılmıştır. Bu yükler 3 faz yıldız bağlantı kullanarak bağlanmıştır. Bu yükler gerçekte bizlerim kullandığımız elektrik alıcılarını temsil etmekte ve senkron generatör tarafından beslenmektedir. (Resim 3.10)

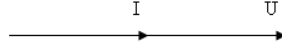


Resim 3.10 YüKler

Bu yükleri devrede omik, endüktif ve kapasitif yük olarak üç çeşit kullandık.

3.1.9.1. Omik Yükler

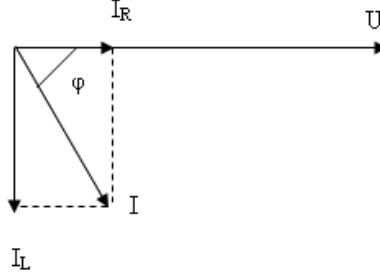
Sadece dirençlerden oluşan yüklerdir. Örneğin rezistanslı ısıtıcılar, akkor flemalı lambalar vb. Bu yüklerde gerilim ile akım arasındaki açı 0° ve bu açının cosünüsü olan güç katsayısı ise 1'dir.



Şekil 3.9 Omik yük vektörü

3.1.9.2. Endüktif Yükler

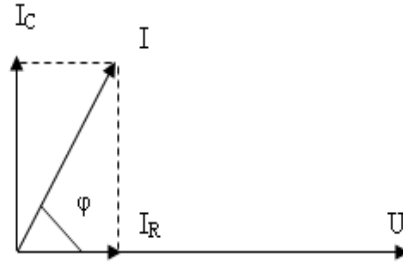
Bobinlerden oluşan yüklerdir. Örneğin trafolar, motorlar vb. Uygulamada saf bobin olmadığı için bu yükler hem direnç, hem de bobinlerden oluşur. Bu yüklerde gerilim ile akım arasında ϕ kadar bir açı farkı vardır ve akım gerilimden geridedir. Bu devrelerde $\cos\phi$ güç katsayısı devreye girer. Devrede hem aktif, hem de reaktif güçten söz edilebilir.



Şekil 3.10 Endüktif yük vektörü

3.1.9.3. Kapasitif yükler

Bu yükler kondansatörlerden oluşan yüklerdir. Uygulamada sadece kapasitif yük kullanılmayıp bu yükler hem direnç, hem de kondansatörlerden oluşmuştur. Bu yüklerde gerilim ile akım arasında ϕ kadar bir açı farkı vardır ve akım gerilimden ileridedir. Bu devrelerde $\cos\phi$ güç katsayısı devreye girer. Devrede hem aktif, hem de reaktif güçten söz edilebilir.



Şekil 3.11 Kapasitif yük vektörü

3.1.10. Enkoder

Sistemin devir sayısını ölçmek ve bilgisayara geri besleme yapmak için A Tek firmasına ait ARS5 500 PPL 3 8 model Rotary Encoder kullanılmıştır. Bu enkoderin 5 adet bağlantı kablosu olup bunlardan kırmızı ve siyah olanı besleme girişleri, diğer sarı, yeşil, pembe renkli uçlar ise pulse çıkış uçlarıdır. Enkoderimiz besleme girişinden uygulanan +10..30V DC sinyal ile beslenir. Enkoder DC motorun miline akuple bağlanmıştır. Enkoderimiz bir devirde 500 pulse verebilme kapasitesine sahiptir. Yani 1500 d/dk için dakikada 750000 ve saniyede 12500 pulse vermektedir. Enkoderimizde besleme girişi ve üç adet pulse ucu vardır. Bu puls uçlarımızdan bir tanesi PCI 1716 I/O kartının counter (sayısı) girişine bağlıdır.



Resim 3.11 Enkoder

3.1.11. Gerilim Probu

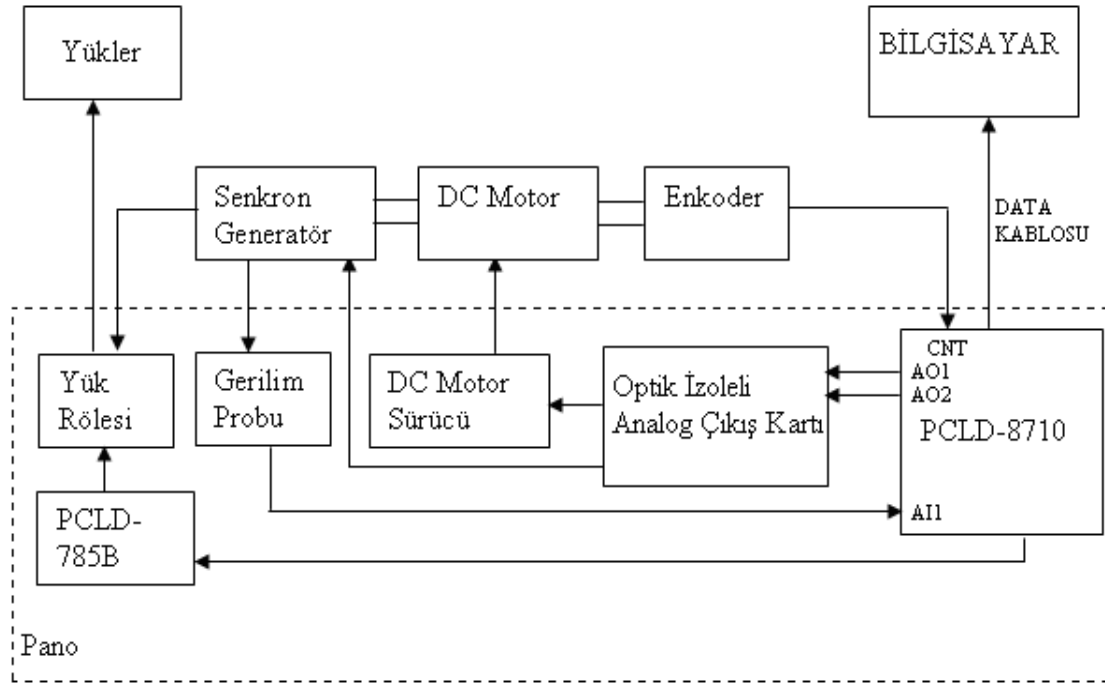
Sistemimizde PINTEK DP-25 diferansiyel prob grilim probu olarak kullanılmıştır. Kullanılan gerilim probu optik izoleli olarak çalışır ve 1300 V pik e kadar diferansiyel gerilim ölçümlerini, 6,5 V' luk düşük gerilim seviyelerine düşürerek güvenli bir şekilde ölçüm yapmasını sağlar. 1000Vrms, 25MHz diferansiyel gerilim probu, 1/20, 1/50 & 1/200 çevrim oranlarına sahiptir. Bu probumuzun girişi senkron generatörde üretilen gerilimin ölçülebilmesi amacıyla senkron generatör faz-nötr arasına, çıkış ucu ise PCI 1716 I/O kartımızın analog girişine bağlanmıştır.



Resim 3.12 Gerilim probu

3.1.12. Bilgisayar

DAQ kartı tarafından toplanan sinyallerin MATLAB ortamında işlenmesi için kullanılır. Gerçek zamanda DAQ kartımızın analog giriş ve enkoder girişinden toplanan ve bilgisayarımıza alınan veriler MATLAB Real Time Target ortamında işlenerek DAQ kartının analog çıkışlarına sinyal gönderir.



Şekil 3.12 Sistemin blok devre şeması



Resim 3.13 Sistem donanımlarının kurulmuş hali

3.2. Metot

Sistemdeki materyallerin elektriksel bağlantısı yapıldıktan sonra sistemimizin çalıştırılması ve kontrolü bilgisayar ortamında yapılmıştır. Gerçek zamanda sistemden veri toplamak ve kontrol sinyali olarak sisteme geri bildirim yapmak için MATLAB Real Time Toolbox kullanılmıştır. Metot bölümünde MATLAB Real Time Toolbox, sistem için gerçek zamanlı uygulamaların hazırlama işlemleri ayrıntılı olarak anlatılmıştır.

3.2.1. MATLAB ile Real Time (Gerçek Zamanlı) Çalışma

MATLAB'ın gerçek zaman sistemleri uygulamalarında kullanılan ilk araç kutusu Real Time Workshop'dur. Bu araç kutusu Simulink modellerinden ANSI C kodları üretmek için geliştirilmiştir. Bu kodlar daha sonra kendi başına çalışan ortamlarda gerçek zaman ve gerçek olmayan zaman modellerinin yürütülmesinde kullanılır. İlerleyen süreç içerisinde MATLAB 6.5 sürümü ile gerçek zaman fonksiyon paketlerinin sayısı artmış ve Simulink ortamı yanında sadece MATLAB ortamında da çalışan M-dosya fonksiyonlarından oluşan paketler geliştirilmiştir. Geliştirilen bu gerçek zaman paketlerini aşağıdaki şekilde sıralayabiliriz.

- a. Data Acquisition Toolbox
- b. Real-Time Workshop
- c. Real-Time Windows Target
- d. xPC Target
- e. Stateflow Coder
- f. Embedded Target for Motorola MPC555

Bu paketlerden biz sistemimizde kullanılanları Real-Time Workshop ve Real-Time Windows Target araç kutularıdır.

Bunlardan Real-Time Workshop araç kutusu MATLAB'ın Windows altında çalışan ilk gerçek zaman paketidir. Çeşitli hedef ortamlardaki gerçek zaman ve gerçek olmayan zaman Simulink modelleri için ANSI C kodu üretir. Oluşturulan bu kodlar C derleyicisi

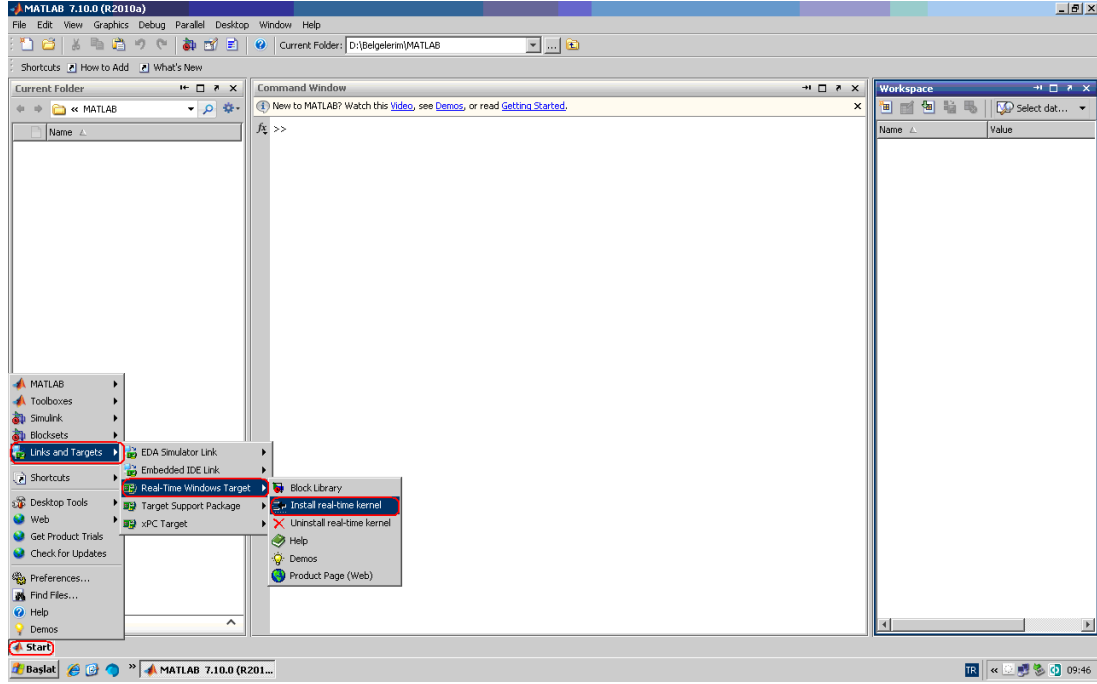
tarafından gerçek zaman sistemi koduna çevirir. Bu kod hedef ortamlarda kendi başına çalışan programlar olarak kullanılır.

Real-Time Windows Target araç kutusu ise Simulink ve Real-Time Workshop ile çalışan gerçek zaman program paketidir. Gerçek zaman sistemlerinin örneklenmesinde ve testinde kullanılan bir bilgisayar çözümü sağlar. Ayrıca ilave bir veri toplama kartı gerektiren bu paket Simulink ortamda kurulan gerçek zaman sistemi modellerini doğrudan çalıştırır. Real-Time Windows Target sunucu ve kullanıcı bilgisayarın aynı bilgisayar olduğu kendi kendini hedefleyen sistemdir. (İ.Yüksel, 2004)

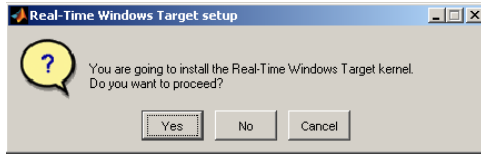
Real Time Windows Target yazılımı gerçek zamanlı çalışma yapabilmek için Real Time Kernel isimli küçük bir gerçek zamanlı çekirdeğini kullanır. MATLAB programının bilgisayara yüklenmesinden sonra gerçek zamanlı çalışma için Real Time Kernel mutlaka kurulmalıdır. Bunun için aşağıdaki işlemler yapılmalıdır.

- MATLAB programında sol alt köşedeki Start butonuna basılır ve sırası ile Links and Targets- Real Time Windows Target- Instal real time kernel seçenekleri seçilir (Şekil 3.13.a).
- Bu seçenekler tıklandığında açılan pencereden Evet seçeneği seçilir (Şekil 3.13.b).
- Böylece Real Time Kernel'in başarı ile yüklendiğine dair bir bilgi ekranı karşımıza gelir (Şekil 3.13.c).

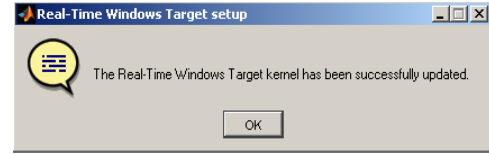
Artık Real Time Kernel uygulaması yüklenmiş ve sistemimizin gerçek zamanlı uygulamalarda kullanacağı zaman çekirdeği hazır hale gelmiştir.



a.



b.



c.

Şekil 3.13: Real Time Kernel'in kurulması

Real-Time Windows Target ile gerçek zaman uygulamasının hazırlanması ve çalıştırılmasında izlenecek yol aşağıdaki şekilde sıralanabilir.

- Simulink modeli kurulması

Gerçek zaman uygulamalarına başlamadan önce sistemin öncelikle Simulink modeli kurulur. Bu model üzerinde gerektiği zaman gerçek olamayan benzetim uygulamaları da yürütülerek modelin çalışması gözden geçirilir.

- Gerçek zaman uygulamasının hazırlanması

Simulink modeli kurulan sistemin gerçek zaman uygulaması hazırlanır. Bunun için gerekli parametre ayarlamaları yapıldıktan sonra Real-Time Workshop yardımıyla C kodu ve C derleyicisi ile de gerçek zaman kodu hazırlanır. Bu şekilde ele alınan model gerçek zaman uygulamasına hazır hale getirilmiş olur.

- MATLAB çalışma ortamına veri ve işaretlerin aktarılması

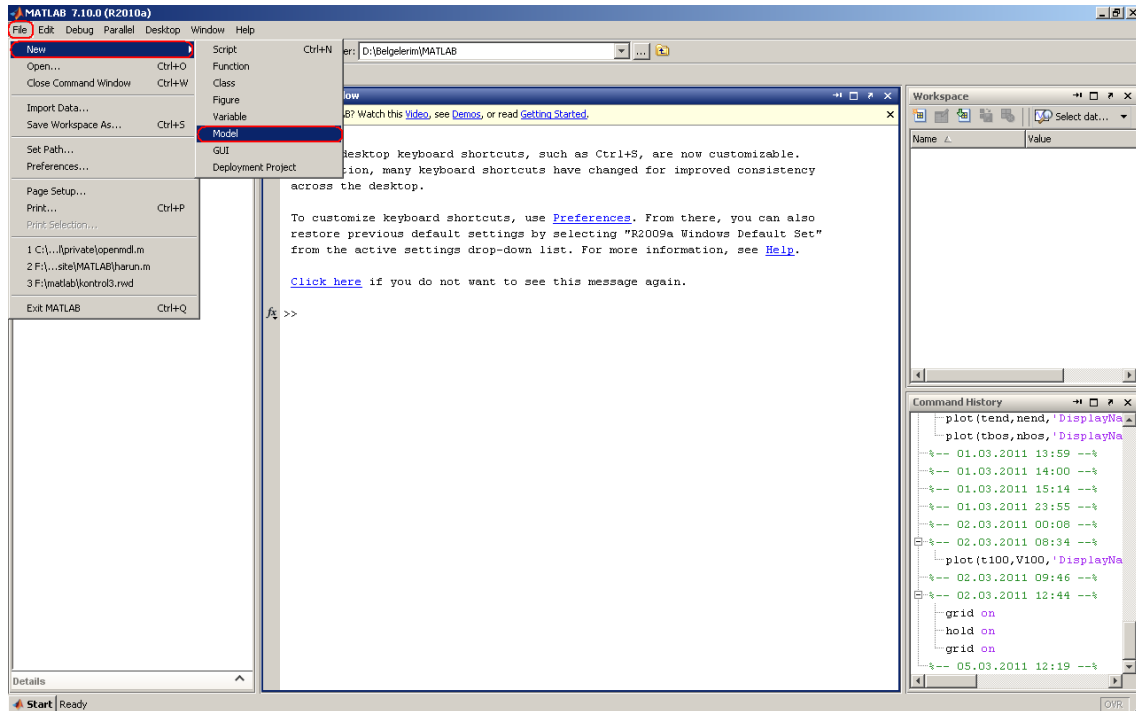
Gerçek zaman uygulamasının yürütülmesi sırasında toplanan veriler MATLAB çalışma ortamında saklandıktan sonra analiz edilebilir veya görüntülenebilir. Gerektiğinde veriler MAT dosyası olarak bir disk sürücüsünde de saklanabilir ve daha sonra tekrar kullanılabilir.

- Parametre ayarı

Gerçek zaman uygulamasının yürütülmesi sırasında uygulamanın parametreleri değiştirilmesi ve değişikliklerin gözlenmesi

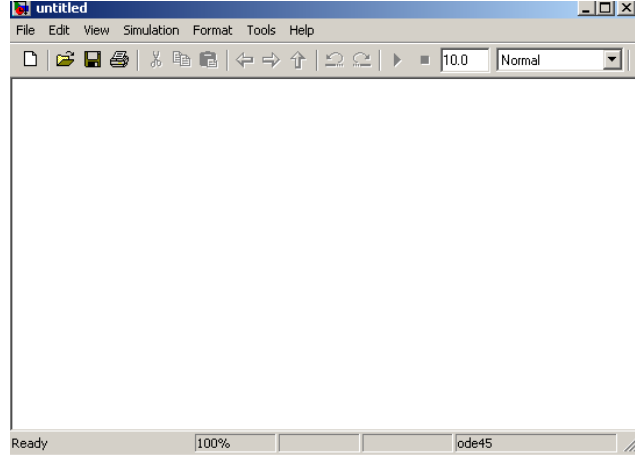
3.2.2. Simulink Modelinin Kurulması

Sistemimizi kontrol edecek bir model kurma işlemi için MATLAB ana penceresinin menü çubuğundaki File menüsü kullanılır. File menüsü tıklandıktan sonra sırası ile New-Model seçenekleri seçilir (Şekil 3.14).



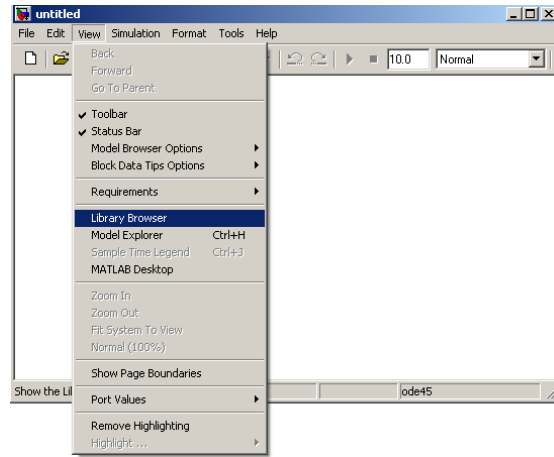
Şekil 3.14 MATLAB ana sayfası

Bu işlemi yaptığımızda karşımıza sistem kontrol modelimizi oluşturabileceğimiz aşağıdaki gibi bir model sayfası gelir (Şekil 3.15).



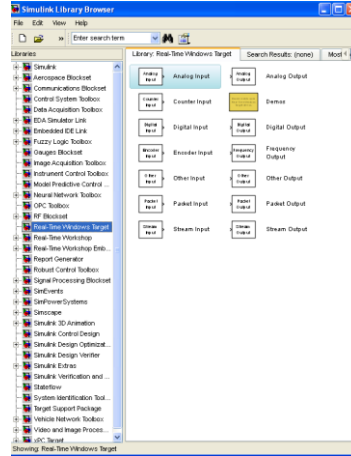
Şekil 3.15 Model sayfası

Bu açılan pencereye kullanılacak olan elemanların yerleştirilmesi için elemanların bulunduğu Simulink Library Browser penceresinin açılması gerekir. Model ekranının menü çubuğundaki View menüsü altında Library Browser seçeneği ile açılır (Şekil 3.16).



Şekil 3.16 Model kütüphanesinin açılması

Simulink kütüphanesinden seçilen elemanlarla model oluşturma ekranında kontrol devreleri oluşturulur. Kontrol devreleri oluşturabilmek için ise deneysel modelimizden veriler almamız, bu veriler üzerinde işlemler yaparak işlenmiş kontrol sinyalini tekrar deneysel modelimize vermemiz gerekir. Bunun için de Şekil 3.17'deki Real-Time Windows Target araç kutusuna ihtiyaç duyulur.



Şekil 3.17 Real-Time Windows Target Toolbox

Bu araç kutusunun içeriğinde analog giriş, analog çıkış, sayıcı girişi, dijital giriş, dijital çıkış, enkoder girişi, diğer girişler, diğer çıkışlar vb için birçok bağlantı araçları vardır. Sinyalin analog veya dijital olması, sistemden alınması veya sisteme verilmesi gibi kullanımlarda ilgili araç kutusu ile işlem yapılır. Burada araç kutularının içerisindeki tüm bloklar ile ilgili değil sadece kontrol devrelerinin oluşturulmasında kullanılan blokların ayarları 3.2.4. Blok Parametrelerinin Ayarı bölümünde anlatılmıştır.

3.2.3. Hazırlanan Kontrol Uygulamaları

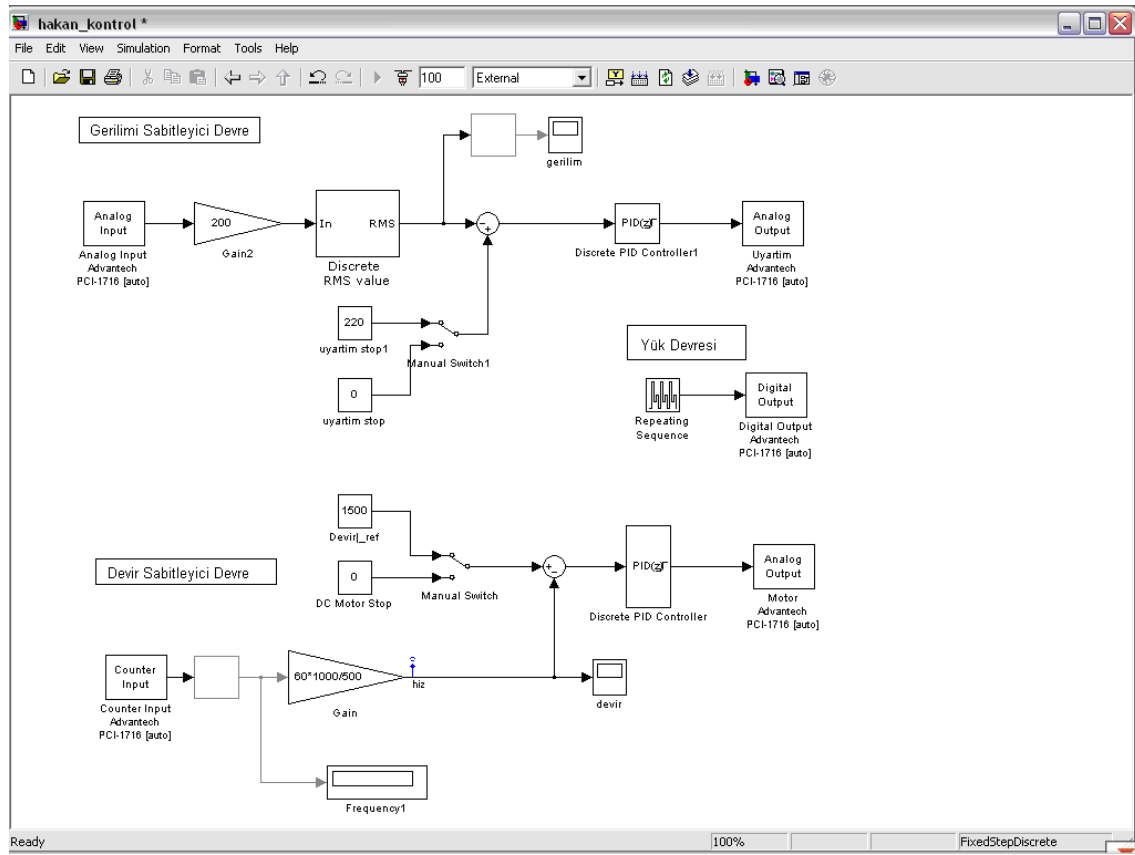
Bu bölümde bizim sistemimizin devir sayısını 1500 d/dk' da, gerilimini 220 V' da sabit tutmak ve istendiğinde belirlenen süreler içerisinde yükleri devreye alıp çıkarmak için tasarlanan kontrol uygulamaları hakkında bilgi verilmiştir.

Öncelikle yukarda verilen bilgiler altında MATLAB programımızı açıp yeni bir model sayfası ve Real Time Target araç kutusunu açıyoruz. Bu araç kutusundan model sayfamıza gerekli olan blokları getiriyoruz. Bu bloklar sistemde üretilen gerilim bilgisi analog input bloğu ile, sistem devir sayısı counter input bloğu ile, senkron generatör uyarım devresine giden bilgi ve DC motorun uyarım devresine giden bilgi analog output bloğu ile, yükleri istediğimiz zaman devreye alıp çıkaran yük kartına giden bilgi dijital output bloğu ile yapılmaktadır.

Bu bloklar arasındaki diğer kontrol bloklarını ise Simulink araç kutusundan alıyoruz.

Bunları da burada saymamız gerekirse, gain, RMS value, sum, constant, manuel swich, repeating sequence, PID controller, scope gibi elemanlardır. Devremizin tamamı aşağıdaki gibidir (Şekil 3.18).

Bu devremiz üç adet kontrolü yapan bir devredir. Bunlardan birincisi senkron generatörümüzün ürettiği faz-nötr arası gerilimi alarak bu gerilimi 220V'a sabitleyen devredir. İkincisi sistemimizin devir sayısını alıp bu devir sayısını 1500d/dk'ya sabitleyen devredir. Üçüncüsü ve sonuncusu ise sistemi bizim istediğimiz zaman aralıklarında bizim istediğimiz yüklerle yükleyen yük devresidir.



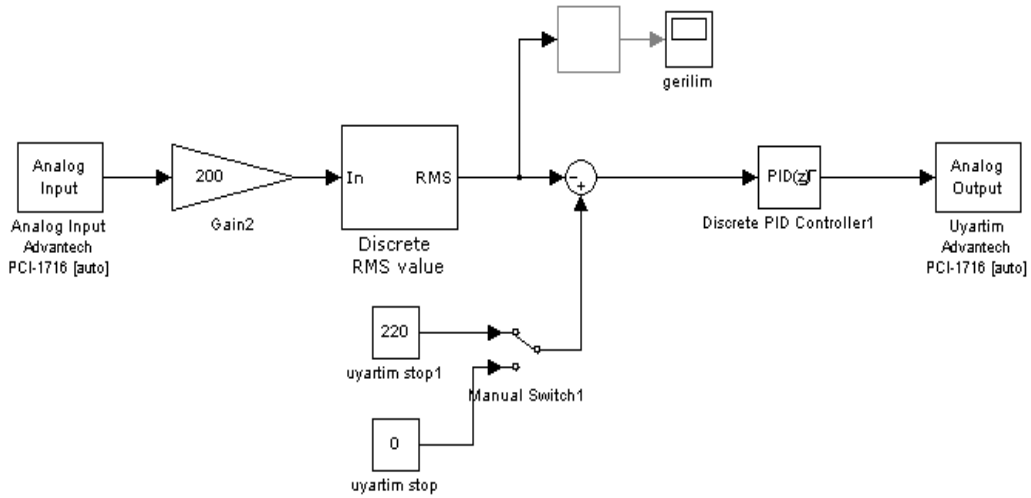
Şekil 3.18 Denetim devre modeli

Bu devrelerin bu işleri yapması için devrenin kuruluşunu ve blok ayarlarını açıklayalım.

3.2.3.1. Gerilim Sabitleyici Devre

Gerilim sabitleyici devre aşağıdaki Şekil 3.19’de görüleceği üzere Analog Input, Gain, RMS Value, Sum, Constant, Manuel Switch, PID Controller, Analog Output, Scope gibi bloklardan oluşmuştur.

Bu devrede analog input bloğu ile alınan gerilim değeri 200 katsayısıyla çarpılır ve etkin değeri alındıktan sonra bizim gerilimi sabit tutmak istediğimiz değer olan 220 sabit değeri ile karşılaştırılır. Çıkan sonuç pozitif veya negatif olarak PID kontroller bloğuna verilir. PID kontroller bloğundan bu girişe uygun bir çıkış üretilerek analog output bloğu ile DAQ kartımızın analog çıkışından sistemimizin optik izoleli analog çıkış kartına kontrol sinyali olarak uygulanır. Böylece bu kartımızla gelen sinyale göre bir akım senkron generatörün uyartım sargısına gönderilir.

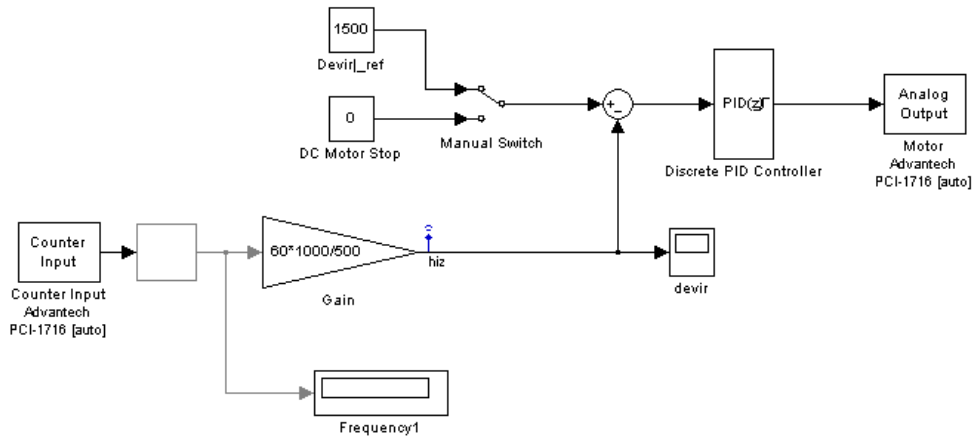


Şekil 3.19: Gerilim sabitleyici devre modeli

3.2.3.2. Devir Sabitleyici Devre:

Devir sabitleyici devre aşağıdaki Şekil 3.20’ de görüleceği üzere Counter Input, Gain, Sum, Constant, Manuel Switch, PID Controller, Analog Output, Scope gibi bloklardan oluşmuştur.

Bu devremiz de sistem devrini 1500d/dk olacak şekilde ayarlamaya çalışan devredir. Bu devrenin gerilim devresinden farkı burada enkoderimizden data counter input bloğu ile devir bilgisi alınır. Alınan bu devir bilgisi filtreden geçirildikten sonra kazanç bloğuna verilir. Kazanç bloğumuzda bu değer 500'e bölündükten sonra 60 ile ve 1000 ile çarpılır. Çünkü bizim enkoderimiz bir devirde 500 pulse üreten bir cihaz olduğu için 500'e bölmemiz gerekir. Sample time değerimiz 0.001 olduğundan da 1000 ile çarparsak ki saniyedeki pulse sayısını bulalım. Bu değeri de 60 ile çarparsak dakikadaki devir sayısını bulmuş oluruz. Devir bilgimizi sum bloğunun negatif ucuna bağlar ve pozitif ucuna da olmasını istediğimiz sistem devrini yani 1500d/dk' yı constant bloğu ile referans olarak girersek olması gereken devir değeri ile ölçülen sistem devrini karşılaştırmış oluruz. Bu karşılaştırma işlemi sonucu pozitif ve negatif çıkmasına göre yine PID kontrollerle çıkış sinyali düzenler ve analog output bloğu ve DAQ kartı yardımı ile optik izoleli analog çıkış kartına gönderilir. Burada bu gelen sinyale göre 0-10 V arası bir gerilim elde edilir. Elde edilen bu gerilim DC motor sürücü devresini sürer. Böylece DC motorumuzun uyarıtımı ayarlanarak devir sayısı ayarlanmış olur.

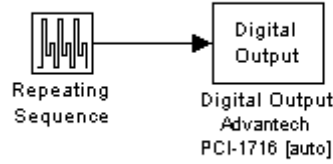


Şekil 3.20 Devir sabitleyici devre modeli

3.2.3.3. Yük Kontrol Devresi

Yük kontrol devresi de sistemimizde senkron generatör tarafından beslenen yükleri çeşitli zaman aralıklarında devreye alıp çıkaran devre olup aşağıdaki Şekil 3.21'de verilmiştir.

Yük kontrol devresinde repeating sequence bloğu ile farklı zaman aralıklarında farklı yükleri temsil eden sinyaller sırası ile dijital output bloğuna, oradan PCI 1716 DAQ kartına, oradan PCLD 785B kartına, oradan da bizim tarafımızdan tasarlanan yük kartına giderek yükler istenildiği gibi değiştirilebilir.



Şekil 3.21 Yük kontrol devre modeli

3.2.4. Blok Parametrelerinin Ayarlanması

Yukarıda verilen devrelerin sağlıklı çalışabilmesi için blok parametrelerinin doğru ayarlanması önemli bir yer tutar. Bu bölümde yukarıda ele alınan gerilim sabitleyici devrede, devir sabitleyici devrede ve yük kontrol devresinde kullanılan blokların parametre ayarları ayrıntılı olarak verilmiştir.

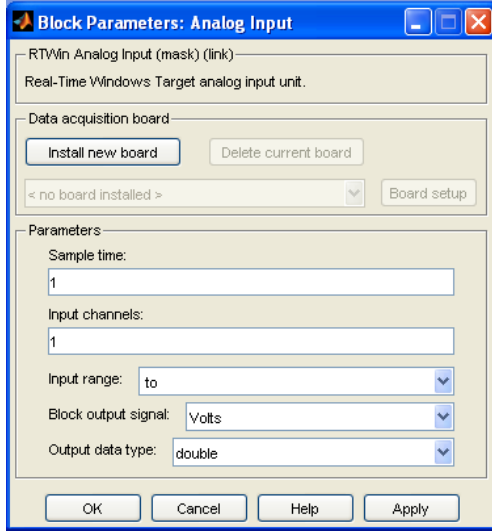
3.2.4.1. Analog Input Bloğu

Bu blok Real Time Windows Target araç kutusuna ait bir blok olup sistemimizden analog sinyal almak için kullanılmıştır. Bu blok sayesinde senkron generatör gerilim bilgisini bizler bilgisayar ortamına alabiliriz. Bu bloğun model sayfasına alınmasından sonra üzerinde çift tıklama yapıyoruz ve açılan Blok Parameters diyalog kutusundan şu ayarlamalar yapılmıştır.

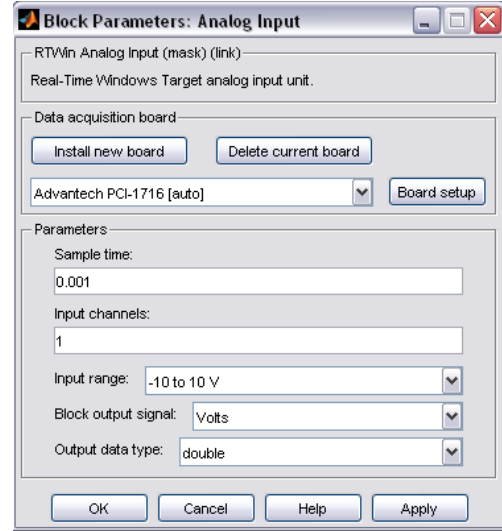
1. Data acquisition board altındaki Install new board seçeneğinden bilgisayarımıza takılı olan DAQ kartını seçiyoruz.
2. Parameters altındaki Sample time (örnekleme zamanı) 0.001 olarak ayarlanmıştır.
3. Parameters altındaki Input channels seçeneğinden probun takılı olduğu kanalı (biz birinci kanala bağlamıştık) seçiyoruz.

4. Parameters altındaki Input range seçeneğinden -10 to 10V seçeneğini seçiyoruz.

Böylece Analog Input bloğumuzun ayarları tamamlanmış oluyor. Bloğumuzun ilk aldığımızda ve ayarı yapıldıktan sonraki halleri aşağıdaki Şekil 3.22 ile gösterilmiştir.



a. Bloğun ilk hali



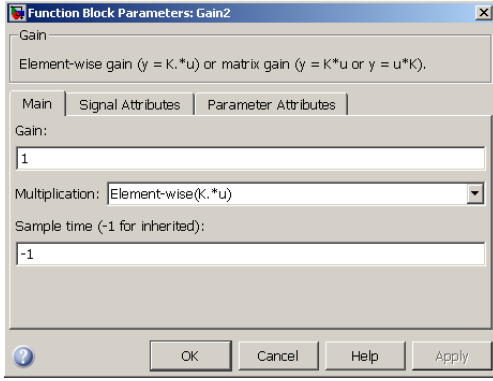
b. Bloğun son hali

Şekil 3.22 Analog input blok parametre ayarı

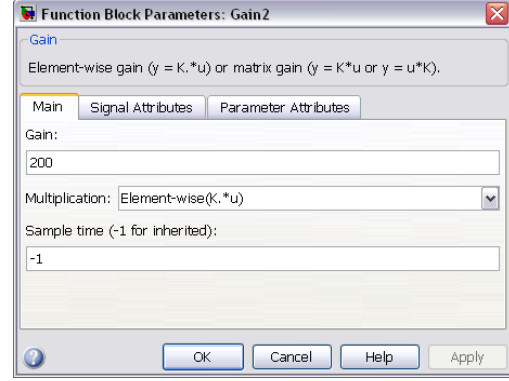
3.2.4.2. Gain Bloğu

Bu blok kazanç bloğudur. Girişine uygulanan sinyali belli bir sabitle çarpıp çıkışa verir. Bu blok hem gerilim sabitleyici devrede, hem de devir sabitleyici devrede kullanılmıştır. Bu blok içerisine sabit bir değer yazılabildiği gibi bir matematiksel işlem şeklinde de bir değer girilebilir. Bu blok içerisine girilmiş olan değer ile giriş sinyalini çarparak çıkışa verir.

Yukarıda 3.2.3.1. Gerilim Sabitleyici Devrede anlattığımız gibi gerilim sabitleyici devre de giriş değerini 200 sabiti ile çarptık. Çünkü bizim kullandığımız gerilim probu PINTEK DP-25'in kademesi (x200) değerinde olduğu için bizim sinyali 200 ile çarpmamız gerekiyor (Şekil 3.23).



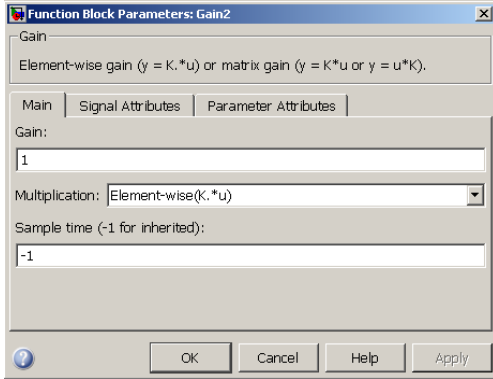
a. Kazanç bloğu ilk hali



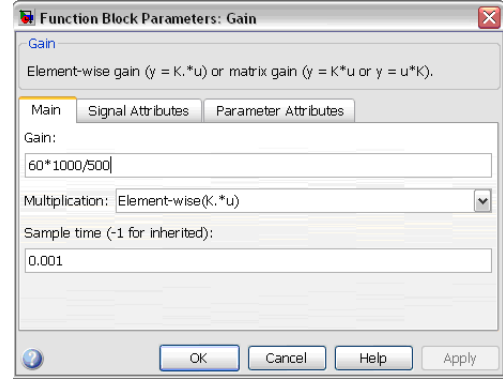
b. Kazanç bloğu ayarlanmış hali

Şekil 3.23 Gerilim sabitleyici devre kazanç bloğu parametre ayarı

Devir sabitleyici devrede kullanılan kazanç bloğunda ise durum biraz daha farklı yapılmıştır. Bu işlemin de nasıl yapıldığı yukarıda 3.2.3.2. Devir Sabitleyici Devre bölümünde anlatılmıştır. Burada da kısaca özetlemek gerekirse sisteme bağlı olan enkoder bir devirde 500 pulse veren bir enkoder olduğu için alınan değer 500'e bölünmüş ve bir turda 1 pulse alınmıştır. Örnekleme zamanı ise 0.001 olduğu için 1000 ile çarpılmış ve saniyedeki pulse bulunmuştur. Bir dakika 60 saniye olduğu için 60 ile çarparak dakikadaki pulse sayısı yani devir sayısı bulunmuştur. Devir sabitleyici devrenin kazanç blok parametre ayarları şekil 3.24'de görülmektedir.



a. Kazanç bloğu ilk hali



b. Kazanç bloğu ayarlanmış hali

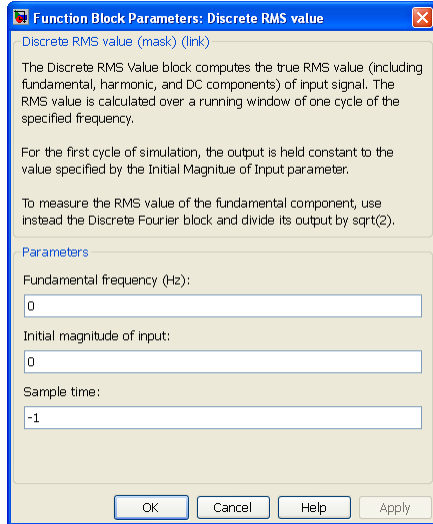
Şekil 3.24 Devir sabitleyici devre kazanç bloğu parametre ayarı

3.2.4.3. RMS Value Bloğu:

RMS Value bloğu girişine uygulanan dalgalı bir gerilimi RMS value bloğu ile etkin değerini yani ölçü aleti ile ölçtüğümüz değerini bulabiliriz. Analog girişten alıp 200 sabit değeri ile çarptığımız değer sinüzoidal bir alternatif gerilimdir. Bu değeri RMS value bloğuna girerek gerilimin etkin değeri olan 220V değerini elde edilmiştir.

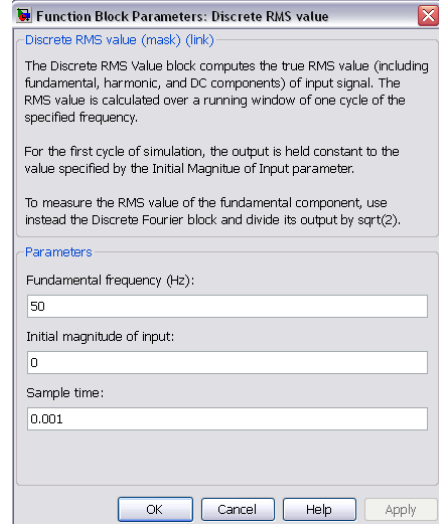
Bu bloğun ayarlanmasında model sayfasındaki blok üzerinde çift tıklayarak şu basamaklar uygulanır.

1. Fundamental frequency (Hz) değeri alternatif akım frekansı olan 50Hz olarak ayarlanır.
2. Initial magnitude of input değeri gerilimin başlangıç değeri 0 olması için 0' a ayarlanır.
3. Sample time yani örnekleme zamanı 0.001 olarak ayarlanır.



a. RMS Value bloğu ilk hali

Şekil 3.25 RMS Value blok parametre ayarı



b. RMS Value bloğu ayarlanmış hali

3.2.4.4. Sum Bloğu:

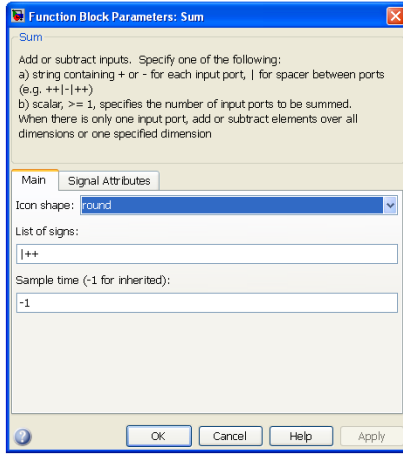
Sum bloğu toplama veya karşılaştırma işlemi yapılmaktadır. Girişlerine uygulanan sinyalleri girişlerin polaritesine uygun olarak işlem yaparak sonucu çıkışına verir. Girişlerin sayısını ve polaritesini ayarlayabiliriz. Pozitif polariteli girişlerle negatif

polariteli girişleri karşılaştırır ve sonucu çıkışa verir. Sistemimizde hem devir sabitlemek için, hem de gerilim sabitlemek için iki adet sum bloğu kullanılmıştır.

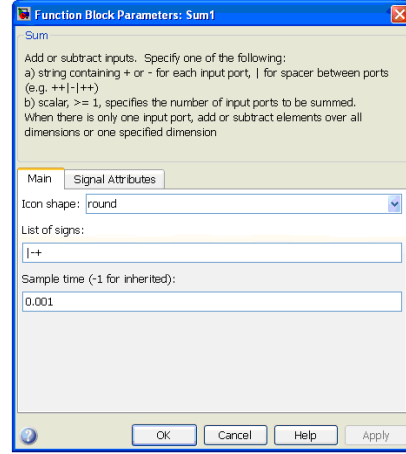
Sum bloğunun ayarlanması için model sayfasındaki sum bloğu üzerinde çift tıklanıp ve şu işlemler yapılmalıdır.

1. Açılan fonksiyon blok parametreleri diyalog kutusunda Main sekmesindeki List of signs seçeneği $-+$ olarak ayarlanır.
2. Sample time 0.001 olarak ayarlanır.

Böylece kullanılan sum bloğu girişlere uygulanan sinyallerin farkını alır (Şekil 3.26).



a. Sum blok ilk hali

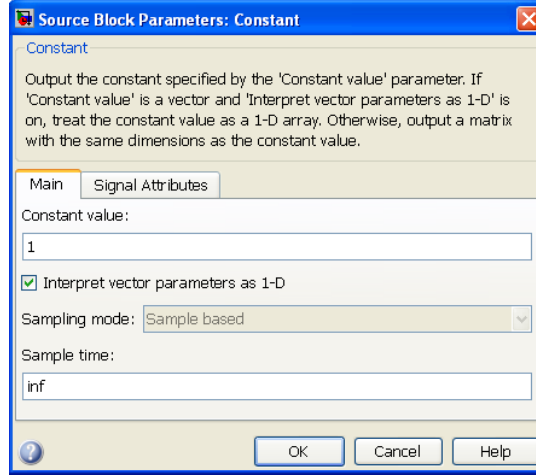


b. Sum blok ayarlanmış hali

Şekil 3.26 Sum parametre ayarı

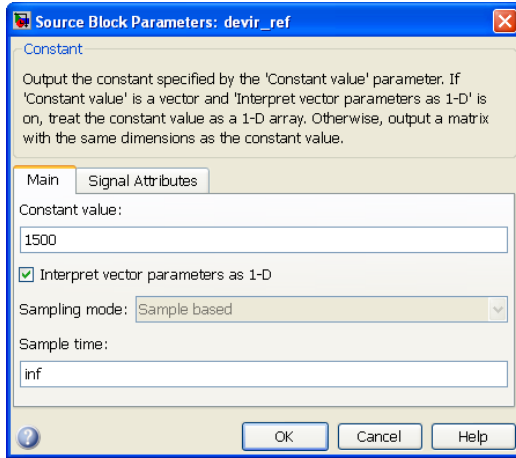
3.2.4.5. Constant Bloğu

Constant bloğu sabit değer vermek için kullanılan bir bloktur. Sistemde iki tane sabit referans değerimiz ve iki tane de sistemi durdurmak için 0 değeri olmak üzere dört adet constant bloğu kullanılmıştır. Gerilim sabitleyici devrede senkron generatör tarafından üretilen gerilimin 220V'a sabit olabilmesi için 220 sabit sayısını, devir sabitleyici devrede sistem devrinin 1500d/dk'ya sabit olabilmesi için 1500 sabit sayısını sum bloğunun pozitif girişine (+) constant bloğu ile verilir. Constant bloğu çift tıklanıp açıldığında Şekil 3.27'deki gibidir.

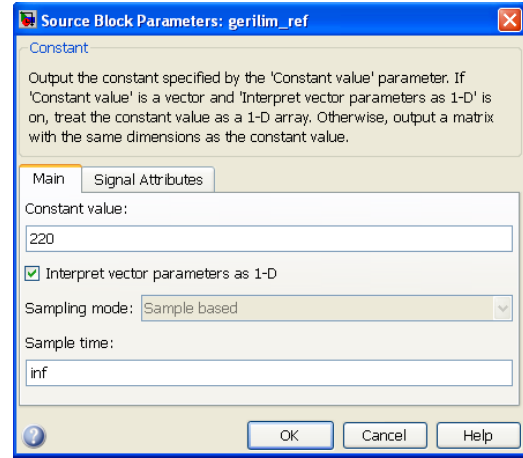


Şekil 3.27 Constant bloğu ilk hali

Constant bloğumuzun devir ve gerilim ayarı için blok üzerinde çift tıklanarak Main sekmesindeki Constant value değeri devir sabitleyici devrede 1500, gerilim sabitleyici devrede 220 olarak girilmesi yeterlidir (Şekil 3.28).



a. Constant bloğu devir için ayarlanması



b. Constant bloğu gerilim için ayarlanması

3.2.4.6. PID Denetleyici Bloğu

PID Denetleyici bloğunun ayarlarına geçmeden önce kontrolörlerin amaçları ve bizim sistemde kullandığımız PID denetleyici hakkında bilgi vermemiz gerekirse;

Kontrolörlerle şu temel hedeflere ulaşılmaya çalışılır(Engin, 2001).

- İstenen bir geçici hal(transient) cevabı üretme
- Sürekli hal hatasını(steady state error) azaltma
- Kararlılık(stabilite) elde etme

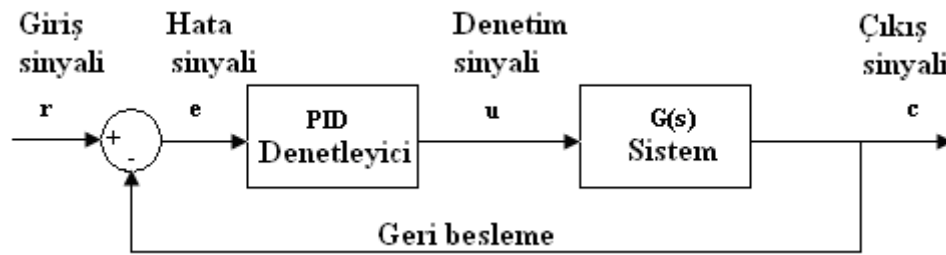
Belirlenen hedeflere kusursuz ulaşabilmek tam olarak mümkün değildir. Ancak uygun denetleyici ve denetleyici tasarım yöntemi seçilerek arzu edilen noktaya yaklaşılabılır.

En çok dikkat edilmesi gereken husus, seçilen kontrol yönteminin sistemin ihtiyacını karşılayacak özelliklerden ne az ne de fazla olması, çünkü hassas denetime gerek duyulmayan bir sistemde, gelişmiş bir denetleyici kullanılması maliyet açısından uygun değildir.

Bahsedilen hedeflere yönelik pek çok denetim düzeneği ileri sürülmekle beraber, pratikte endüstriyel uygulamalarda %90 oranında kullanılan denetleyici tipi PID denetleyicilerdir (Levine, 1996).

Bunun sebebi olarak da PID denetleyicilerin gerçekten iyi sonuç vermeleri ve diğer denetim yöntemlerine nazaran kullanım ve tasarımlarının daha kolay olması gösterilebilir (Ang vd, 2005).

Basit bir PID denetleyici yapısı aşağıdaki şekil 3.29’de verilmiştir.



Şekil 3.29 PID denetleyici yapısı

Çok geniş bir uygulama alanının olmasına rağmen PID uygulamaları için standart bir tanımlama yoktur. Karl Astrom’a göre PID algoritması aşağıdaki gibidir.

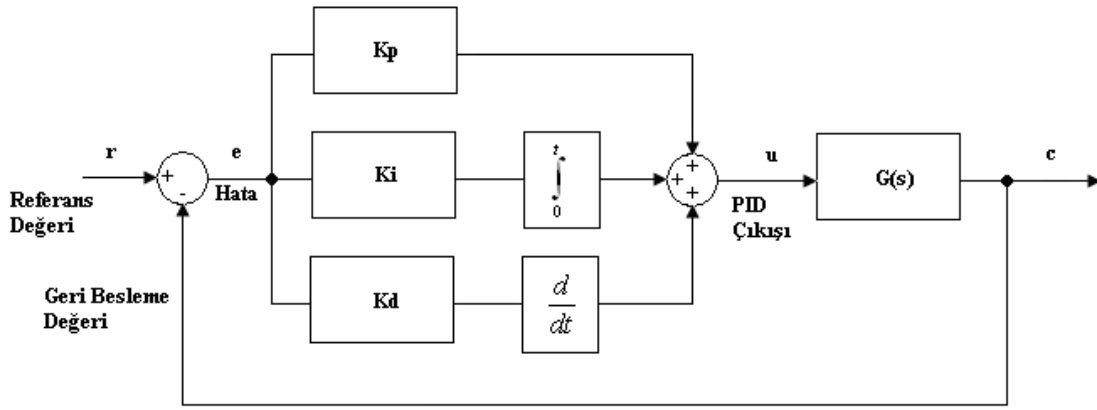
$$u(t) = K_p \cdot e(t) + K_i \int_0^t e(t) \cdot dt + K_d \frac{d}{dt} e(t)$$

$$e(t) = r(t) - c(t)$$

Burada $u(t)$ kontrol değişkeni, $e(t)$ toplama noktası, $c(t)$ çıkıştan ölçülen değerle aynıdır. K_p , K_i , K_d PID parametreleridir. Yukarıdaki formülleri biraz basite indirgersek;

$$u(t) = P(t) + I(t) + D(t)$$

Bu denklemde P oransal, I integral, D türevsel denetleyici işlemleri ifade eder ve birbirine paralel bağlı bloklar şeklinde düşünülebilir. (Şekil 3.30)



Şekil 3.30 PID denetleyici içyapısı

PID denetleyicileri oluşturan oransal (P=Proportional), türevsel (D=Derivative) ve integral (I=Integral) kısmın her biri birer katsayı ile yönetilirler. Bu katsayılar (K_p , K_i , K_d) her sistem için ayrı değerler almaktadırlar ve maalesef henüz her sistem için kullanılabilir ve en iyi sonuçları verebilen otomatik(öz uyarlamalı) bir katsayı hesaplama programı mevcut değildir. Hemen tüm yöntemler, kontrol edilecek sistemin tam olarak transfer fonksiyonunun elde edilmesi ve bu fonksiyon üzerinde detaylı bir inceleme ve bir dizi cebirsel işlemle birlikte iterasyon çalışmasını gerekli kılmaktadır (Wang vd, 1999).

PID kontrolörü oluşturan oransal, integral, türev kazançlarının her biri sistemin

çalışmasına çeşitli şekillerde etki etmektedir. Oransal denetleyici, yükseliş zamanının azalmasına etki eder ancak sürekli rejim hatasını ortadan kaldırmada asla etkili değildir. İntegral denetleyici, sistemin sürekli rejim hatasını ortadan kaldırır. Fakat geçici rejim cevabını kötüleştirebilir. Türev denetleyici, sistemin kararlılığını artırır, aşımı azaltır ve geçici rejim cevabını iyileştirir. Kapalı çevrim sisteminde kontrolörün her birinin etkisi (K_p , K_i , K_d) aşağıdaki Çizelge 3.2’de özetlenmiştir (Ang vd, 2005).

Çizelge 3.2: P, I ve D Ayarlarının bağımsız olarak etkileri

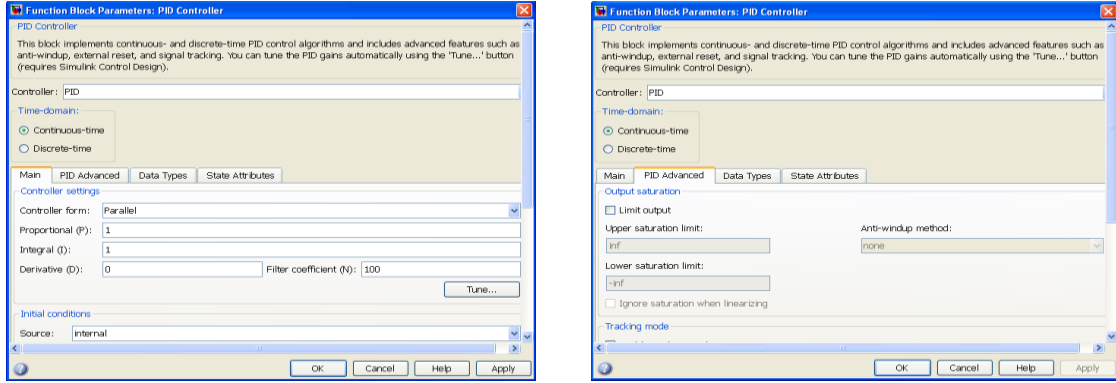
Kontrolör Türü	Kapalı Çevrim Cevabı	Yükseliş Zamanı	Aşım	Yerleşim Zamanı	Sürekli Rejim Hatası
Oransal	K_p	Azalır	Artar	Küçük oranda artar	Azalır
İntegral	K_i	Küçük oranda azalır	Artar	Artar	Büyük oranda azalır
Türev	K_d	Küçük oranda değişir	Azalır	Azalır	Önemsiz değişim

Bu katsayılar birbirlerini etkilediklerinden, ayar yapılırken katsayıları birbirinden bağımsızmış gibi düşünmemek gerekir.

Sistemin istenen şekilde çalışabilmesi için PID parametrelerinin ayarlanması gerekmektedir. Bunun için çeşitli yöntemler kullanılır. Bunlar elle ayarlama veya Zeigler-Nichols metodu olmak üzere iki şekildedir.

Zeigler-Nichols metodu hesaplama yöntemi ile PID parametrelerini bulmaya yönelik bir yöntem olup, bu çalışmada fazla hesaplama kısmına girmeden PID parametreleri elle, deneme yanılma yoluyla ayarlanmıştır. Çizelge 3.2’de katsayıların eğrimiz üzerindeki etkisine göre katsayıları değiştirerek kabaca bir ayar yapılmıştır. Sistemde iki adet PID denetleyici bloğu kullanılmıştır. Bunlardan bir tanesi gerilim sabitleyici devrede, diğeri ise devir sabitleyici devrede kullanılmıştır. Şimdi kısaca gerilim sabitleyici ve devir sabitleyici devrede PID denetleyici blok ayarlarını nasıl yaptığımıza açıklayalım.

PID denetleyicinin yapımında öncelikle model sayfamıza PID denetleyici bloğunu devrede gösterilen yere bağlanmıştır. Daha sonra blok üzerinde çift tıklayarak blok parametreleri diyalog kutusunu açarız (Şekil 3.31).



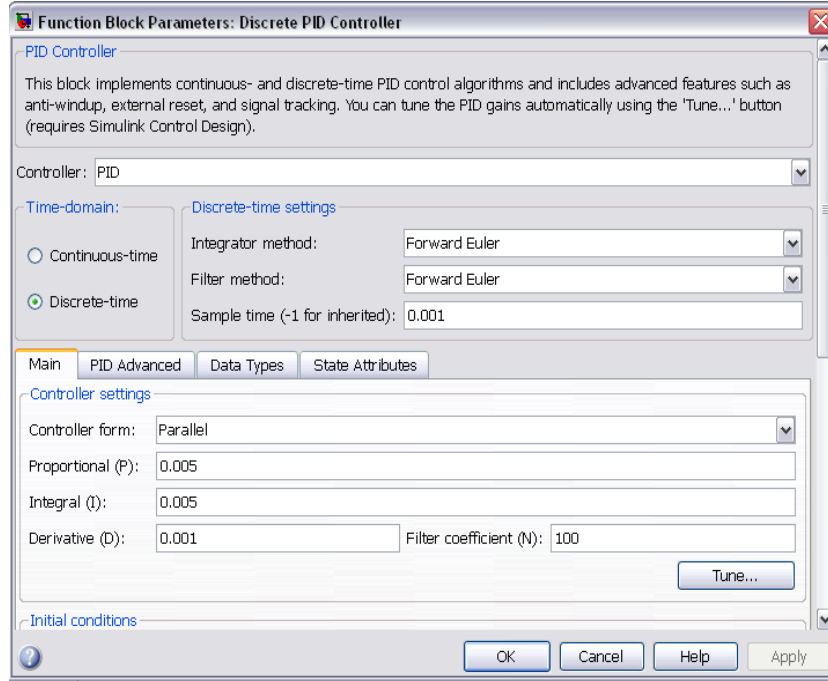
Şekil 3.31 PID Denetleyici ilk hali

Daha sonrasında her iki PID denetleyici içinde (hem gerilim sabitleyici devredeki, hem de devir sabitleyici devredeki) Time-domain Discrete-time seçeneğini seçiyoruz. Böylece devremiz ayrı zaman alanlarında çalışabiliyor.

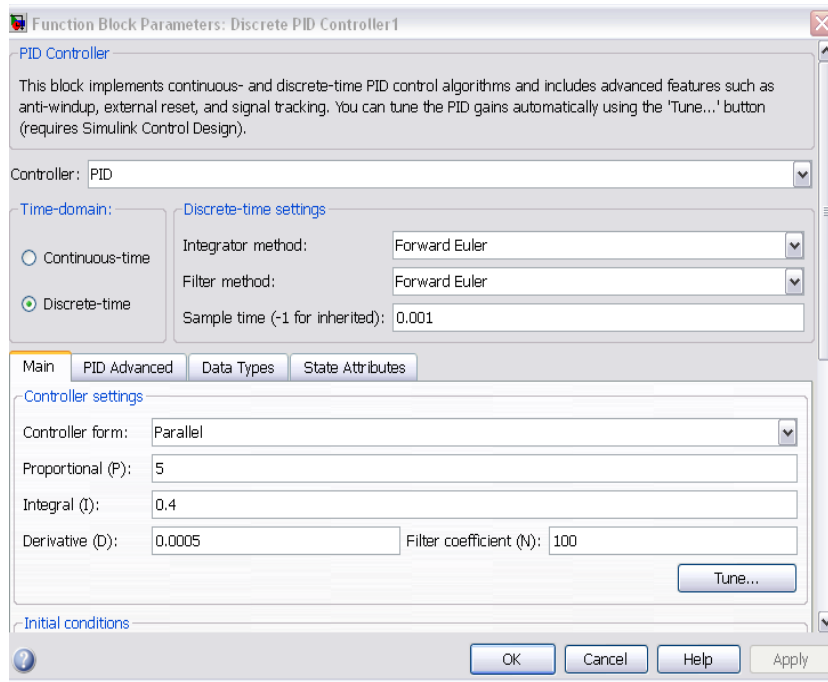
Devir sabitleyici devre için kullanılan PID denetleyici parametre diyalog kutusunda Main sekmesinden Controller form Parallel, Proportional (P) 0.005, Integral (I) 0.005 ve Derivative (D) 0.001 olacak şekilde değerler girilmiştir (Şekil 3.32).

Gerilim sabitleyici devre için kullanılan PID denetleyici parametre diyalog kutusunda Main sekmesinden Controller form Parallel, Proportional (P) 5, Integral (I) 0.4 ve Derivative (D) 0.0005 olacak şekilde değerler girilmiştir (Şekil 3.33).

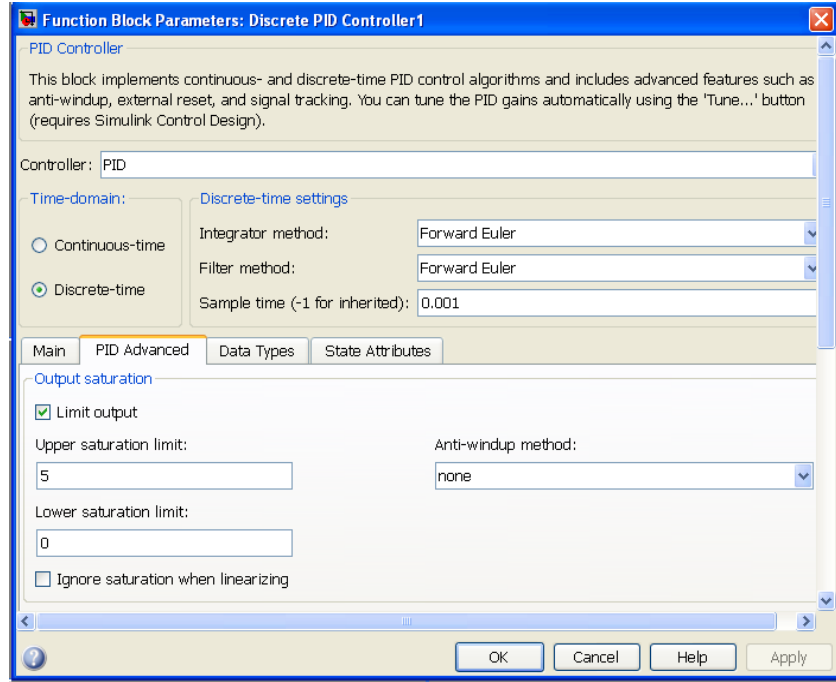
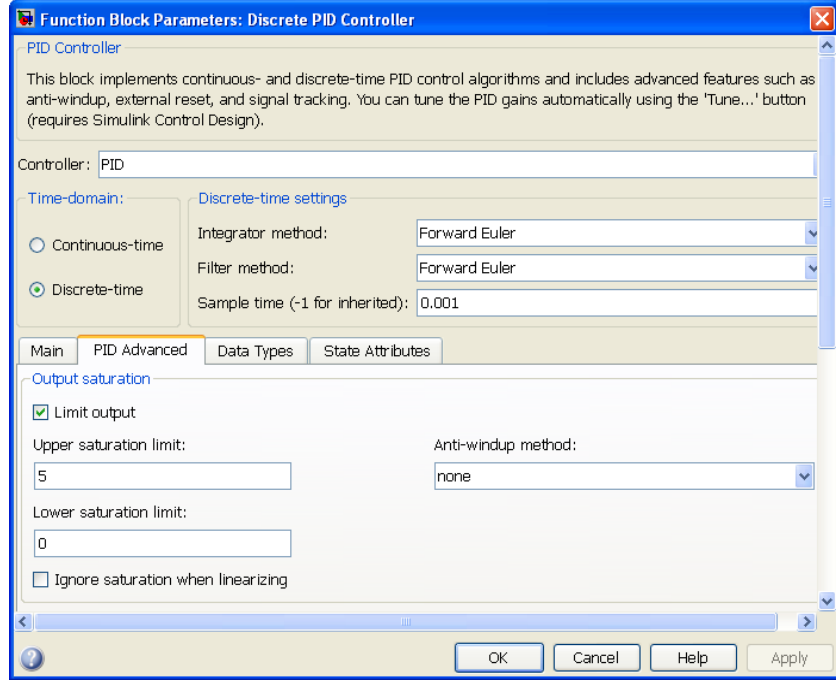
Her iki devredeki denetleyici içinde PID Advanced sekmesinden Limit output seçeneği seçilir ve Upper saturation limit 5, Lower saturation limit 0 olarak ayarlanır. Böylece ayrıca Saturation kullanılmamış olur (Şekil 3.34).



Şekil 3.32: Devir sabitleyici devre PID parametre ayarları (Main)



Şekil 3.33: Gerilim sabitleyici devre PID parametre ayarları (Main)

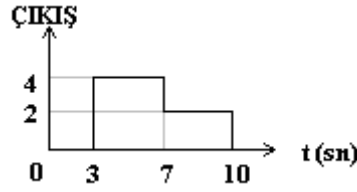


Şekil 3.34: Her iki devre için de PID parametre ayarı (PID Advanced)

3.2.4.7. Repeating Sequence Bloğu

Repeating Sequence bloğu belli aralıklarla tekrarlanan işlemleri yaptırmak için kullanılan bloktur. Bu bloğu yükleri devreye alırken yani yük devresinde kullandık. Belirli zaman aralıklarında çıkışına belli değerleri gönderebiliriz. Bu değerlerde bizim yüklerimizi devreye sürecektir şekilde ayarlayarak yüklerimizi devreye sokup çıkarabiliriz. Bu bloğun ayarını yapmak için örnek bir uygulama üzerinden anlatmamız gerekirse şu işlemi yapacak devre oluşturabiliriz.

Çıkıştan Şekil 3.34'deki gibi bir eğri alacak şekilde repeating sequence blok ayarımızı yapalım. Yani 0-3 sn arası çıkış 0, 3-7 saniye arası çıkış 4, 7-10 saniye arası çıkış 2 seçilmiştir.

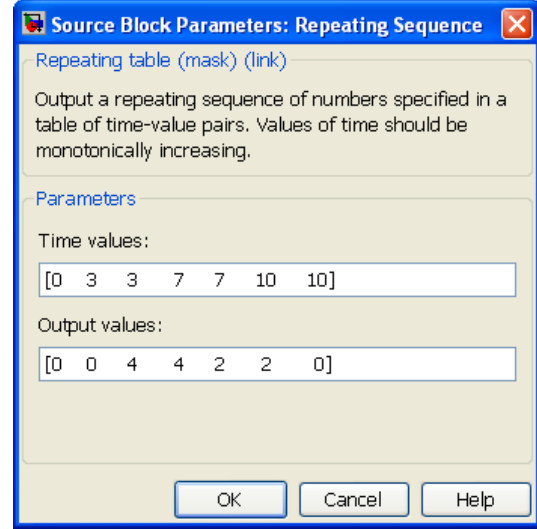
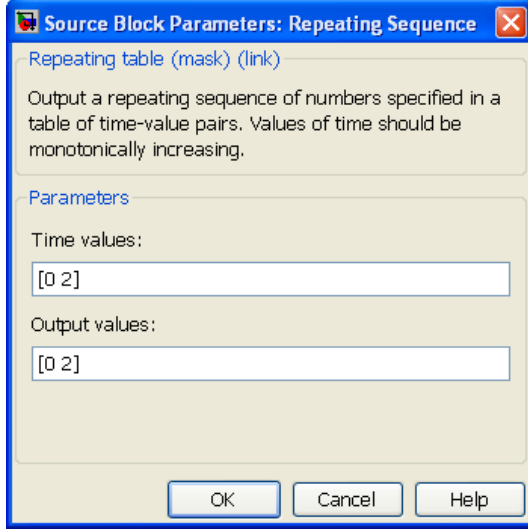


Şekil 3.35 Örnek çıkış sinyali

Bunun için model üzerinde çift tıkladıktan sonra açılan diyalog kutusunda;

1. Öncelikle Time values kutusuna zaman aralıkları değerleri girilir.
2. Sonrasında ise bu zaman değerlerine karşılık çıkış değerleri yazılır.

Burada dikkat edilmesi gereken husus bu işlem esnasında her saniye çift yazılır. Çünkü çıkışlarımız kare dalga şeklinde olduğu için her zaman dilimine iki çıkış ve her çıkışa iki zaman dilimi karşılık gelir. Örneğin 3.saniyeye kadar 0 olarak gelen çıkışımız 3.saniyede 4 olur. Aynı şekilde de 7.saniyede de 10.saniyede de çıkışımız 2'dir (Şekil 3.36).



a. Repeating sequence bloğu ilk hali

b. Repeating sequence bloğu ayarlanmış hali

Şekil 3.36 Örnek repeating sequence blok parametre ayarı

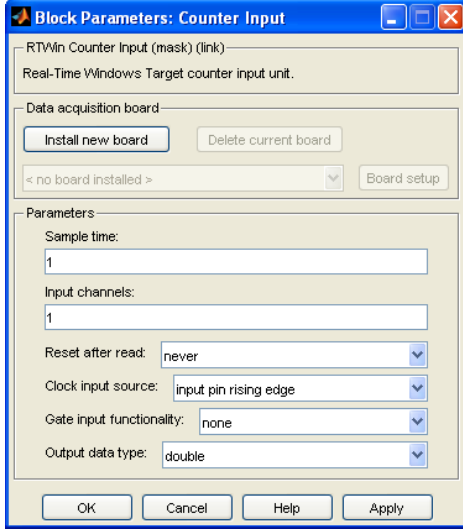
3.2.4.8. Counter Input Bloğu:

Counter input bloğu Real Time Windows Target araç kutusunda bulunur. Sayıcı giriş bloğudur. Sistemde enkoder PCLD-8710 kartının counter girişine bağlanmış ve counter input bloğu ile devir bilgisi bilgisayar ortamına alınmıştır.

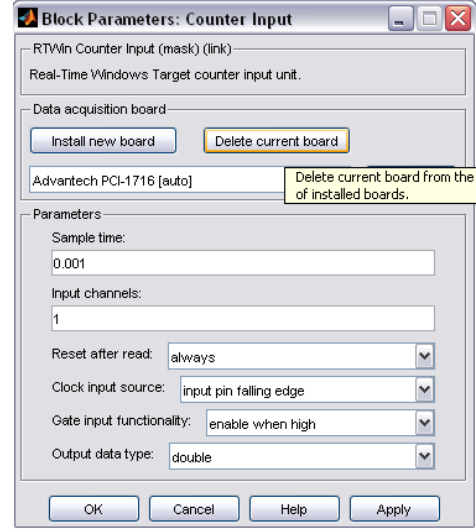
Counter Input bloğunun ayarları için blok üzerinde çift tıklama yapılır ve aşağıdaki işlemler sırası ile gerçekleştirilir.

1. Data acquisition board seçeneği altındaki Instal new board düğmesi tıklanır ve sistemimizde takılı olan kart seçilir.
2. Parameters seçeneği altındaki Sample time seçeneği 0.001 olarak ayarlanır.
3. Parameters seçeneği altındaki Reset after read seçeneği always olarak değiştirilir.
4. Parameters seçeneği altındaki Gate input functionality seçeneği enable when high olarak değiştirilir.

Böylece Counter Input bloğumuzun ayarı tamamlanmış olur (Şekil 3.37).



a. Counter input bloğu ilk hali

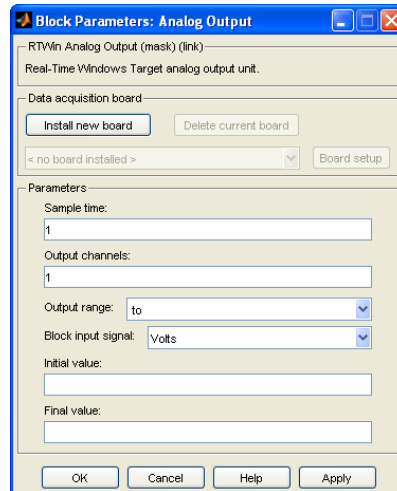


b. Counter input bloğu ayarlanmış hali

Şekil 3.37 Counter input blok parametre ayarı

3.2.4.9. Analog Output Bloğu

Analog output bloğu Real Time Windows Target araç kutusunda bulunur. Analog çıkış bloğudur. Bu blok ile sistemden alınıp kontrol işlemlerinden geçen kontrol sinyali sisteme geri verilir. Bu bloktan da hem gerilim sabitleyici devre için, hem de devir sabitleyici devre için olmak üzere iki tane kullanılmıştır. Bu blok çift tıklandığında ilk olarak aşağıdaki gibi açılır (Şekil 3.38).

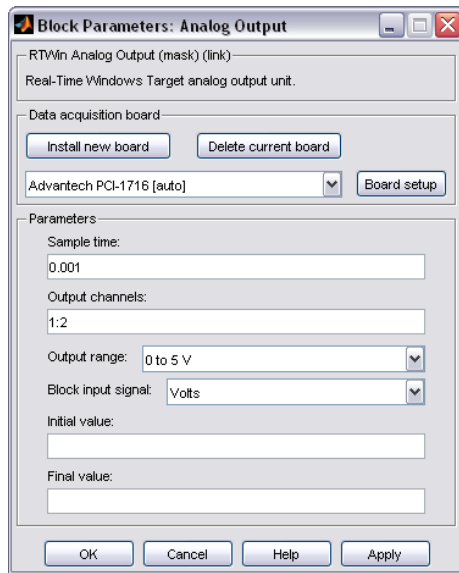


Şekil 3.38: Analog Output bloğu ilk hali

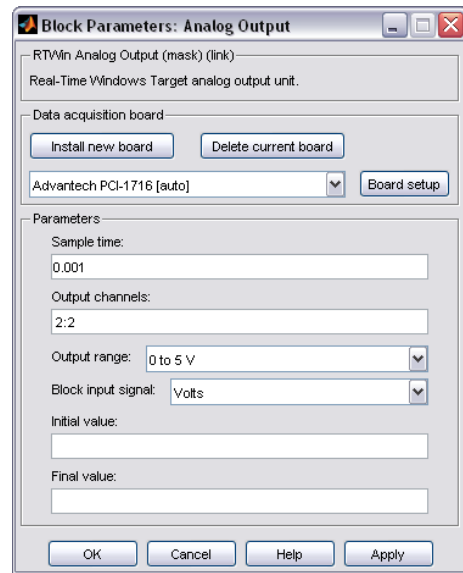
Bu blok parametrelerini ayarlamak için aşağıdaki işlemler sırası ile yapılır.

1. Data acquisition seçeneği altındaki Install new board komutu tıklanır ve bilgisayarımızda takılı olan kart seçilir.
2. Parameters seçeneği altındaki Sample time değeri 0.001 olarak ayarlanır.
3. Parameters seçeneği altındaki Output channels değeri gerilim sabitleyici devre için 1:2 olarak girilir. Yani bu iki çıkış kanalından birincisi demektir. Aynı şekilde devir sabitleyici devrede de 2:2 olarak girilir. Bu da iki analog çıkıştan ikincisi demektir.
4. Parameters seçeneği altındaki Output range değeri 0 to 5 V olarak ayarlanır.

Böylece Analog çıkış blok ayarları yapılmış olur (Şekil 3.39).



a. Gerilim sabitleyici devre çıkışı



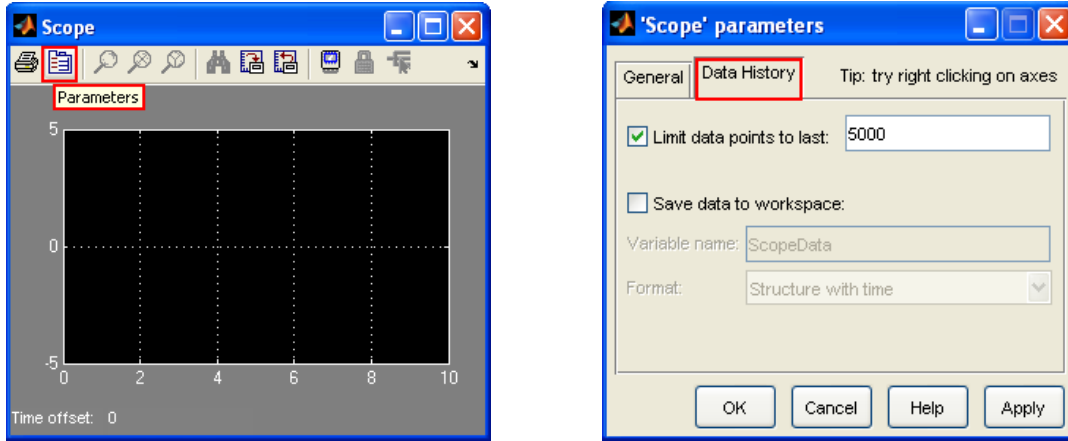
b. Devir sabitleyici devre çıkışı

Şekil 3.39 Analog output blok parametre ayarı

3.2.4.10. Scope Bloğu

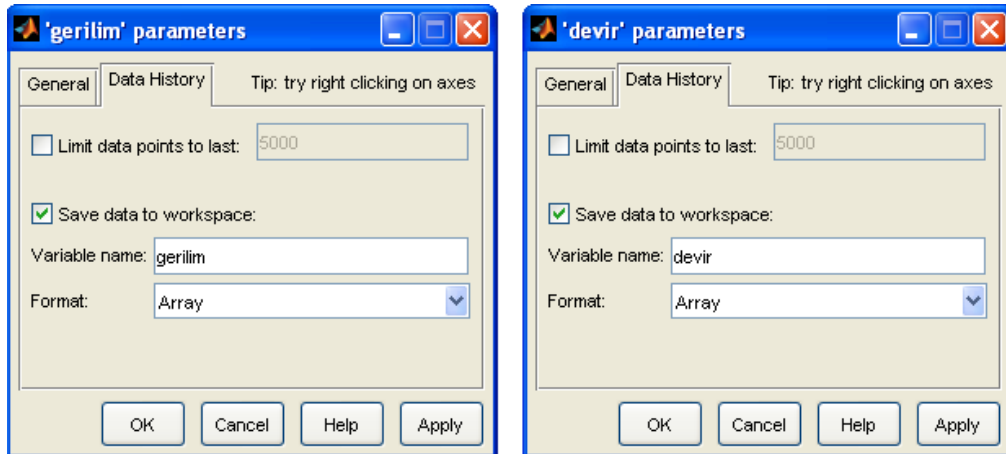
Sistemin en önemli elemanlarından bir tanesi de kurmuş olduğumuz sistemden alınan gerilim ve devir bilgilerinin dalga şekillerini görmek için gerekli olan Scope bloğudur. Scope bloğu bilgisayar ortamında kullandığımız bir osilaskopdur. Real Time Windows Target ile gerçek zamanlı çalışmalarda scope ayarları çok önemlidir. Scope ayarlarını düzgün yapmazsak sağlıklı bir sonuç alamaz ve incelemek istediğimiz büyüklüğün sonucunu tam olarak alamayız.

Scope ayarı için öncelikle model sayfası üzerindeki scope bloğu üzerinde çift tıklarız. Açılan scope diyalog kutusundaki araç çubuğundan Parameters seçeneğine tıklarız ve Scope parameters diyalog kutusunu açarız (Şekil 3.40).



Şekil 3.40 Scope ve Scope parameters diyalog kutuları

Açılan pencereden Data History seçeneğine tıklarız ve Limits data points to last seçeneğindeki seçimi kaldırırız. Save data to workspace seçimini aktifleştiririz. Sonra gerilim ve devir için ayrı ayrı Variable name ve Format seçenekleri ayarlarız (Şekil 3.41).

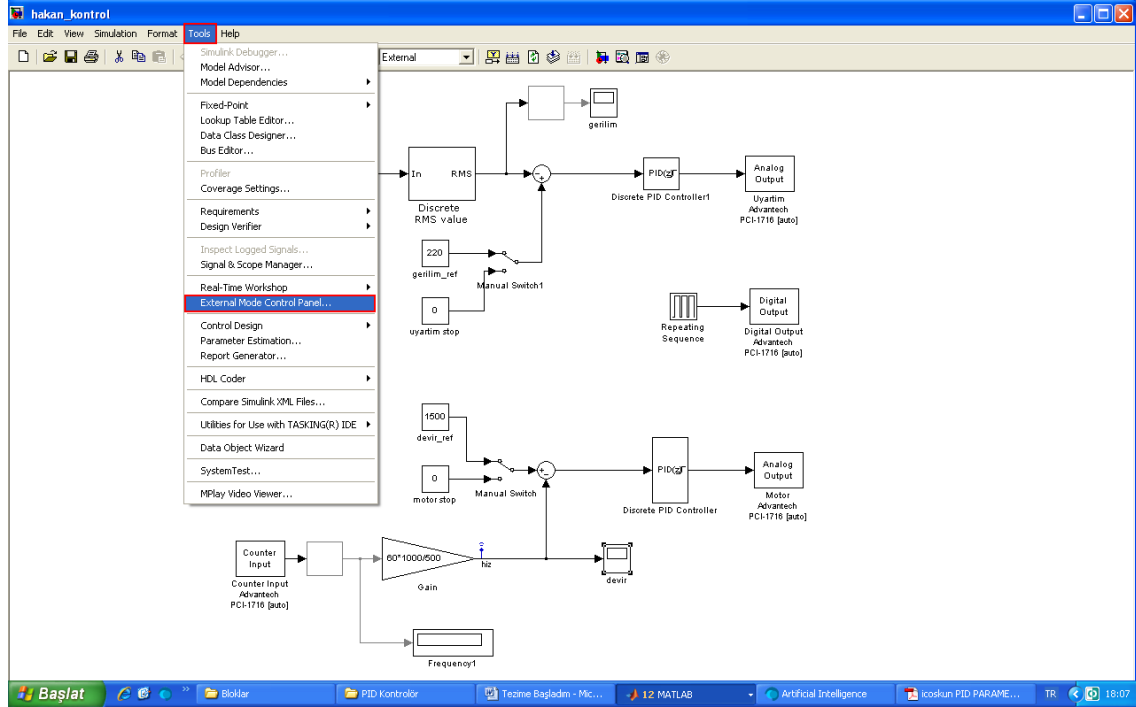


Şekil 3.41 Gerilim ve devir scope parametre ayarı

Fakat scope' lerimizle yapacak olduğumuz ölçümler için ayarlarımız bununla sınırlı kalmamaktadır.

Bu ayarlarımızı yaptıktan sonra bu pencerelerimiz kapatılmış ve kurmuş olduğumuz

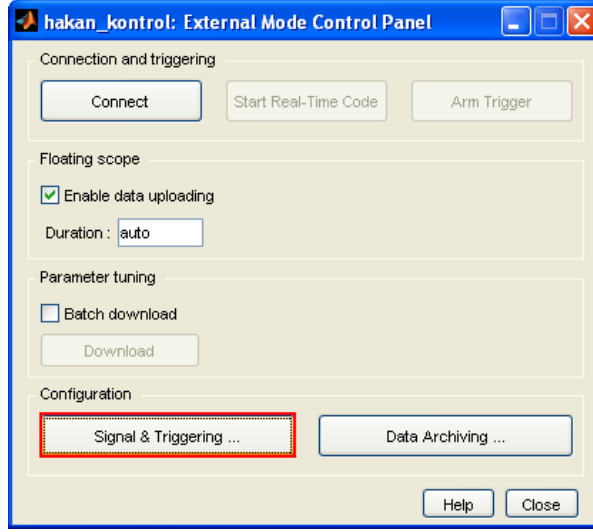
model sayfasındaki menü çubuğundan Tools menüsü oradan da External Mode Control Panel seçeneği seçilmiştir (Şekil 3.42).



Şekil 3.42 External mode denetim panelinin açılması

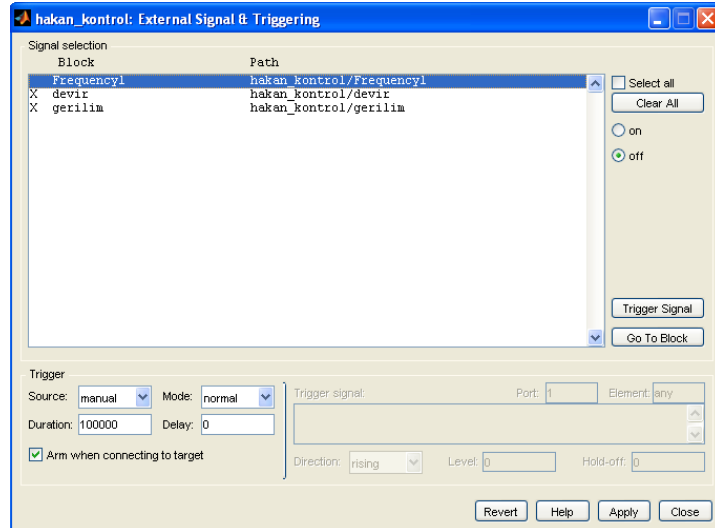
Bu işlemi yaptığımızda model sayfamıza ait external mode denetim paneli açılır. Bu panel ile ölçüm yapılacak büyüklükler ve ölçüm yapılacak süre ayarları yapılır. Bu işlem için şu basamaklar takip edilir.

1. Açılan external mode kontrol panelinde Signal&Triggering komut düğmesini tıklarız (Şekil 3.43).



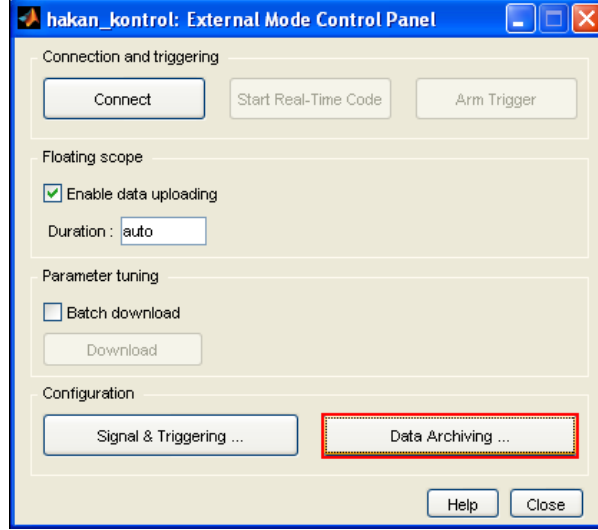
Şekil 3.43 External mode control panel

2. Açılan pencereden ölçülecek olan sinyaller signal selection seçiminden yapılmıştır.
3. Aynı pencerenin aşağısındaki Trigger seçeneğinden Source manuel, Mode normal, Duration 100000, Delay 0 olarak ayarlanır ve Apply düğmesi tıklanır. Fakat burada önemli konu Duration seçeneğindeki 100000 değeri olup bu bizim kontrol modelimizin çalışma süresi ve sample time yani örnekleme zamanımız ile ilişkilidir. Burada ki ayarlama modelimiz 100sn çalıştı ve örnekleme zamanımız 0.001 olduğu için 100000 olarak ayarlanmıştır (Şekil 3.44).



Şekil 3.44 External Signal&Trigering diyalog kutusu

4. Tekrar External Mode Control Panel penceresi açılarak ve bu sefer Data Archiving komut düğmesi tıklanmıştır (Şekil 3.45).

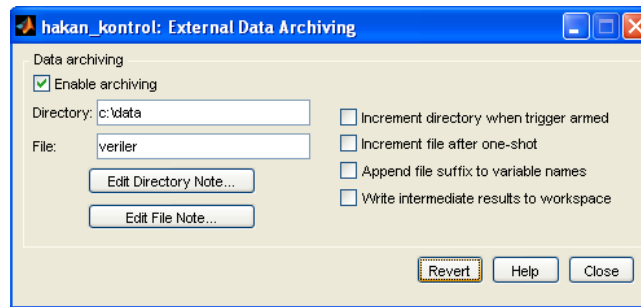


Şekil 3.45 Data Archiving penceresinin açılması

5. Açılan External Data Archiving penceresi yapmış olduğumuz ölçümlerin kayıt edilecek klasör ve dosya ismini ayarlamamızı sağlar. Data archiving altındaki Enable archiving seçeneği seçilmiştir.

6. Directory seçeneğinin yanındaki kutuya “c:\data” yazdık. Bu bilgisayarımızın C sürücüsünde Data isimli klasör açmamızı sağlar.

7. File seçeneğinin yanındaki kutuya “veriler” yazdık bu da data klasörü içerisine veriler isimli dosyaya kayıt yapmamızı sağlar (Şekil 3.46).



Şekil 3.46 External Data Archiving ayarları

Böylece ayarlarımız tamamlanmış olur. Artık scope’lerimiz kayıt için hazırdır.

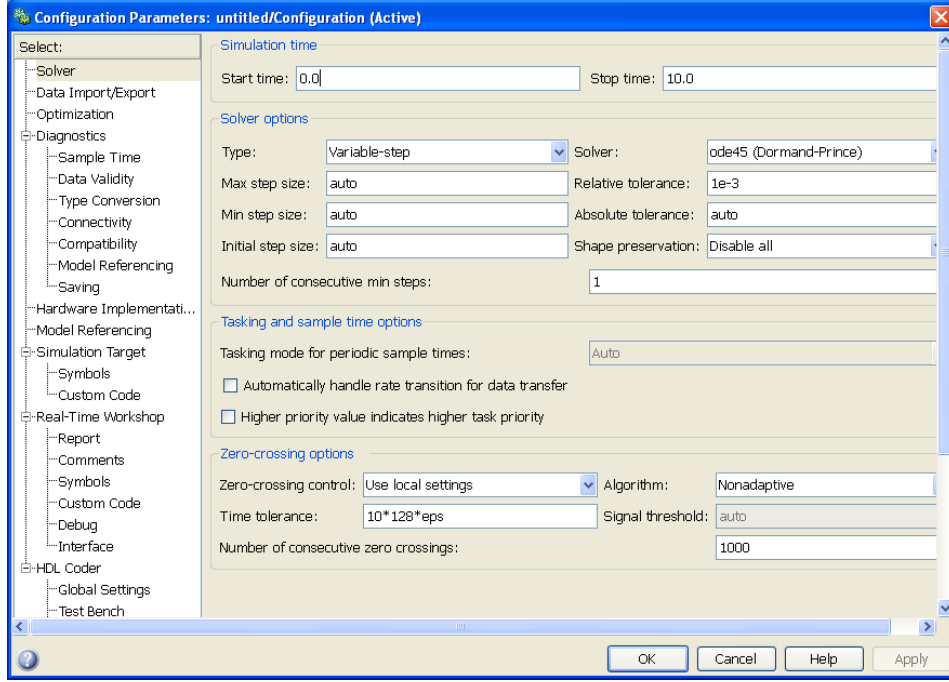
3.2.3.5. Gerçek Zaman Uygulamasının Hazırlanması

Bu devrenin çizilmesinden sonra derleyicinin MATLAB'a tanıtılması gerekir. Simulink ile bir DAQ kartına erişmek ve bu kart ile gerçek zamanlı veri giriş/çıkışı yapabilmek için bilgisayarda MATLAB'ın desteklediği C derleyicilerinden birisi yüklü olmalıdır. Matlab 6.5 için desteklenen derleyiciler şunlardır:

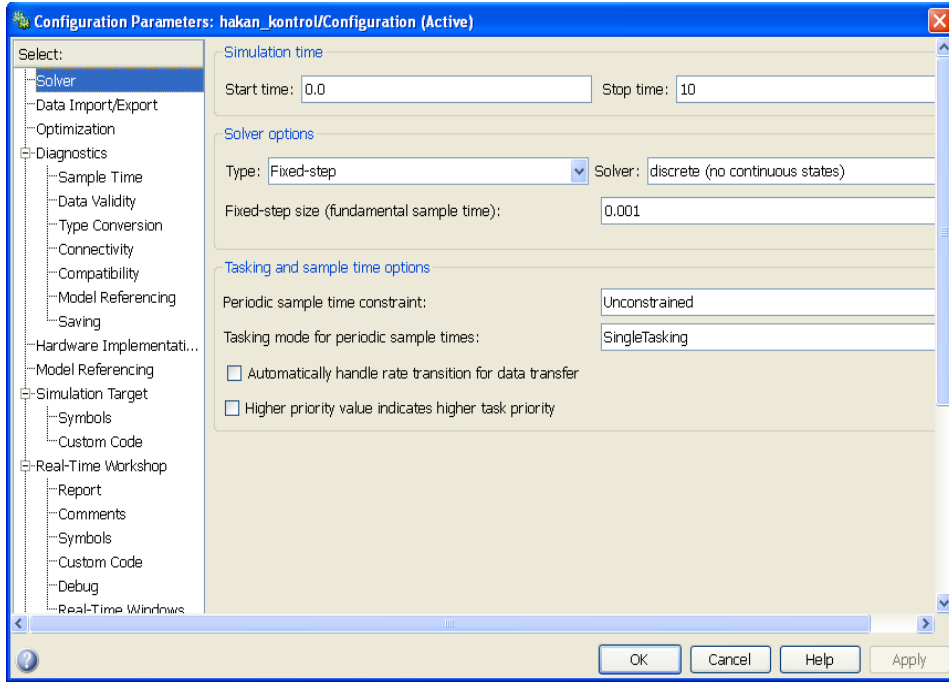
- Borland C++ Builder 4
- Borland C++ Builder 5
- Borland C++ Builder 6
- Microsoft Visual Studio 5.0
- Microsoft Visual Studio 6.0
- Microsoft Visual Studio .NET

MATLAB'ın bilgisayarda kurulu olan C derleyicisini kullanabilmesi için öncelikle “mex-setup” komutuyla MATLAB'e derleyicinin tanıtılması gerekir. Bu komut çalıştırıldığında önce bilgisayarda yüklü olan derleyicileri MATLAB'in arayıp bulabileceğini söyler ve bunun onaylanmasını bekler. Aramayı yaptıktan sonra bulduğu desteklenen derleyicileri numaralandırılmış bir liste olarak verir. MATLAB'in kullanması istenen derleyicinin numarasının girilmesini bekler. Bu seçim yapıldıktan sonra tanıma işlemi tamamlanmış olur. Bu ayarı bir kez yapmak yeterlidir. Bu ayarlama bir kez yapıldıktan sonra MATLAB bir derleyici kullanılması gereken tüm uygulamalar (Simulink Real-Time Windows Target modelleri veya bir m kodunun derlenip exe' ye dönüştürülmesi) için belirlenen derleyiciyi kullanır (Yüksel, İ, 2004).

Model sayfasının menü çubuğundan “Simulation>Simulation Parameters” seçilir ve açılan Şekil 3.47'deki pencerede “Solver” sekmesindeki “variablestep” seçeneği “fixed-step” olarak değiştirilmelidir.



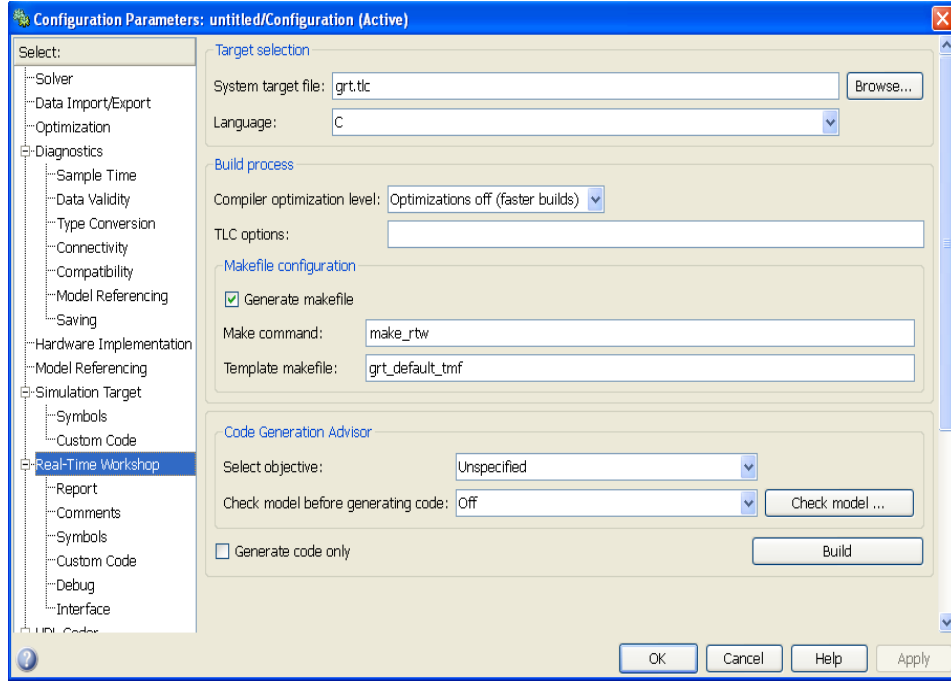
a.



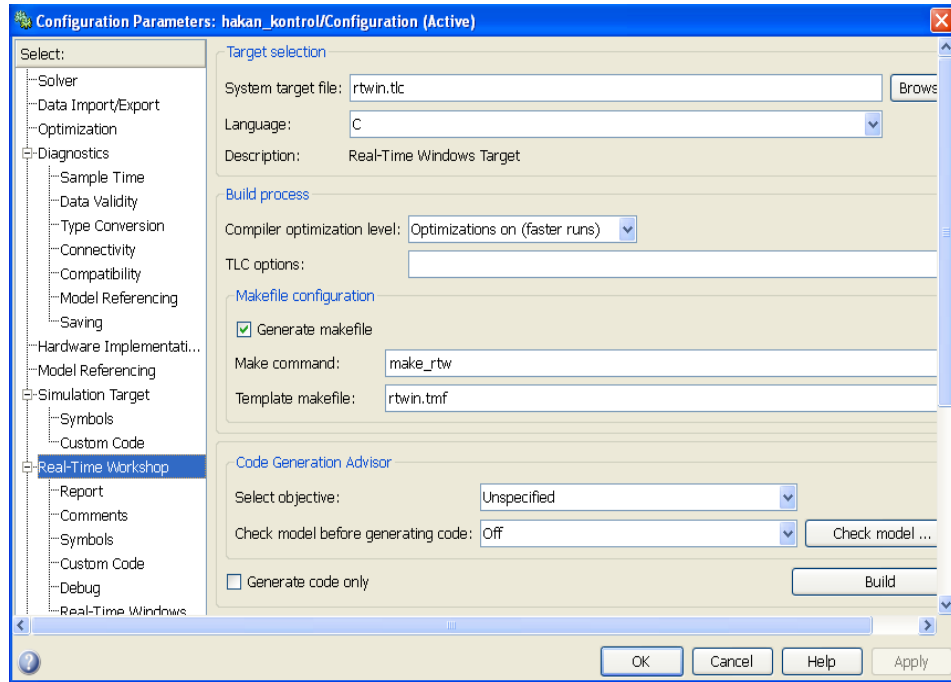
b.

Şekil 3.47 Konfigürasyon parametreleri ayarı (Solver)

Ayrıca aynı pencerenin Şekil 3.48’de görülen “Real-Time Workshop” sekmesinde seçili olan “grt.tlc” dosyası “rtwin.tlc” yapılmalıdır.



a.



b.

Şekil 3.48 Konfigürasyon parametreleri ayarı (Real-Time Workshop)

Bu ayarlamalar yapıldıktan sonra pencere kapatılır. Model dosyasının üst kısmında bulunan “Normal” seçeneği “External” yapılır.

3.2.3.6. Sistemin Çalışması

Sistemin çalıştırılması için model sayfasına yukarıda anlatılan devreler kurulup blok ayarları yapıldıktan sonra önce derlemek, sonra hedef ile bağlantıya geçirmek ve en son da simülasyonu çalıştırmak gerekir. Model üzerinde herhangi bir değişiklik yapıldığında her seferinde mutlaka yeniden derlemek gerekir (üst kısımda “Build All” tuşu (veya komutu) bulunmaktadır). Derleme yapıldıktan sonra, program çalıştırılmadan önce, “External” seçeneğinin hemen solunda bulunan “Connect to target” komutunu çalıştırmak gerekir. Ancak bu iki işlemden sonra yeni model “Start Simulation” komutuyla çalıştırılabilir.

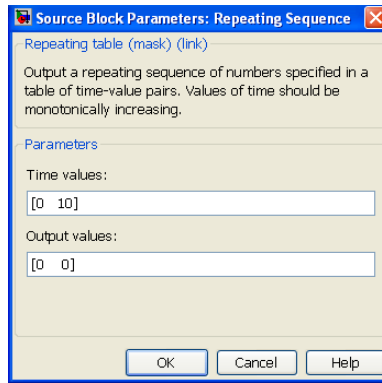
4. DENEYSEL BULGULAR

Sistem bağlantısı yapılarak çalıştırılmış ve sistem üzerinde çeşitli yük değişimleri ile denenmiş ve sonucunda devir sayısı ve gerilim değişim eğrileri elde edilmiştir. Sistem üzerinde beş çeşit yük üzerinde incelemeler yapılmıştır. Bu yüklerin her biri ayrı bir başlık altında incelenmiştir. Bu yükler şunlardır;

1. Yüksüz çalışma
2. R yüklü çalışma
3. R-L yüklü çalışma
4. R-C yüklü çalışma
5. R-L-C yüklü çalışma

4.1. Yüksüz Çalışma

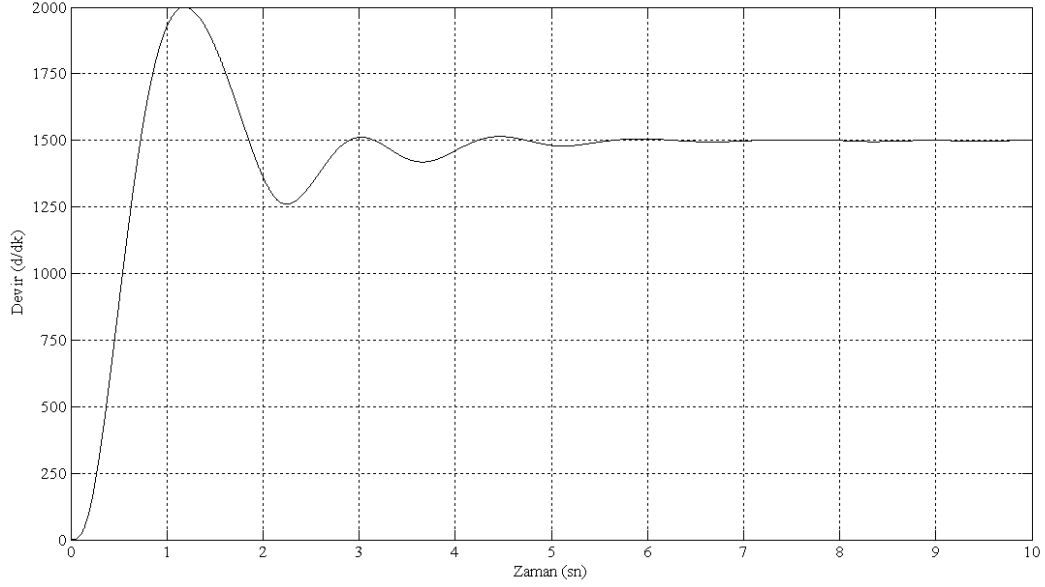
Yüksüz çalışma generatör çıkışında yük yokken yapılan çalışmadır. Sistem bu durumda hiç bir alıcıyı beslemez. Bu çalışmada sistem 10 sn çalıştırılmıştır. Yüksüz (boş) çalışma için sistemimizin Model sayfasında repeating sequence bloğu çift tıklanır ve açılan pencerede Time values değeri [0 10], Output values ise [0 0] olarak ayarlanması gerekir. Böylece sistem 10 sn süresince yüksüz olarak çalıştırılmıştır.



Şekil 4.1 Yüksüz çalışma için dijital çıkış ayarı

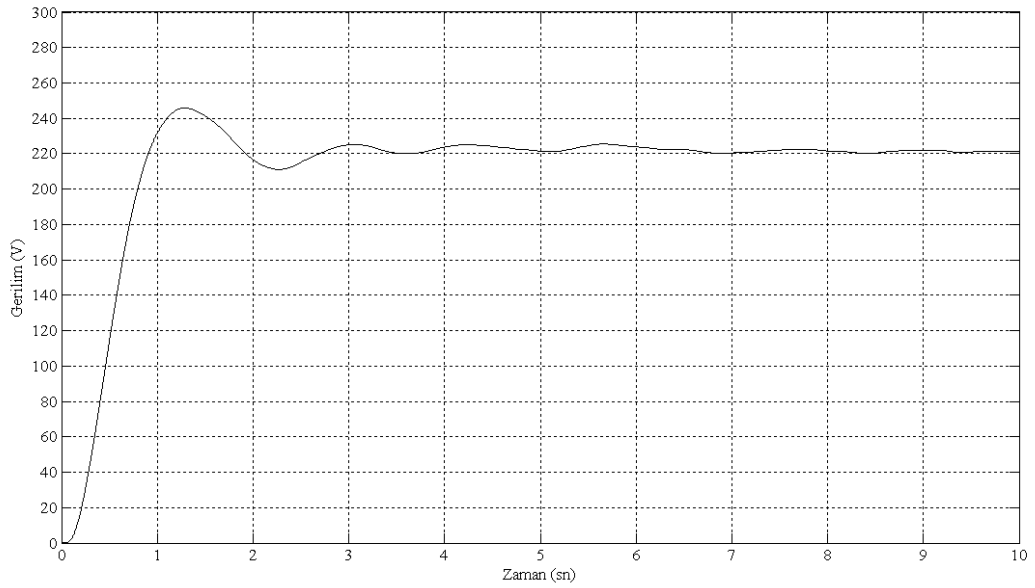
Bu ayarı yapınca sistemin devir sayısı Şekil 4.2 ve sistemde üretilen gerilim Şekil 4.3 gibi olur.

Şekil 4.2'ye bakıldığı zaman sistem devri yaklaşık 5 sn sonra referans değer olan 1500d/dk'ya yerleşmiştir.



Şekil 4.2 Boşta (yüksüz) devir eğrisi

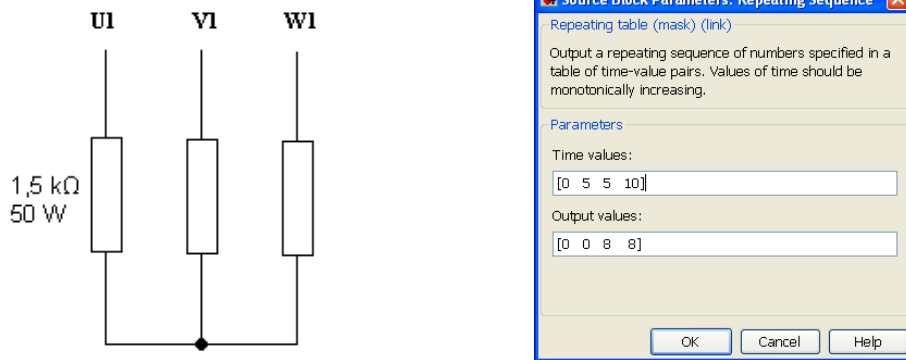
Şekil 4.3'e bakıldığında ise 5.sn'de sistem devrinin oturmasına rağmen senkron generatörün ürettiği gerilim değerinin 5. sn'de halen 220V seviyesine gelmediği ve yaklaşık 6,5sn'de kararlı hale geldiği görülmüştür.



Şekil 4.3 Boşta (yüksüz) gerilim eğrisi

4.2. R Yüklü Çalışma

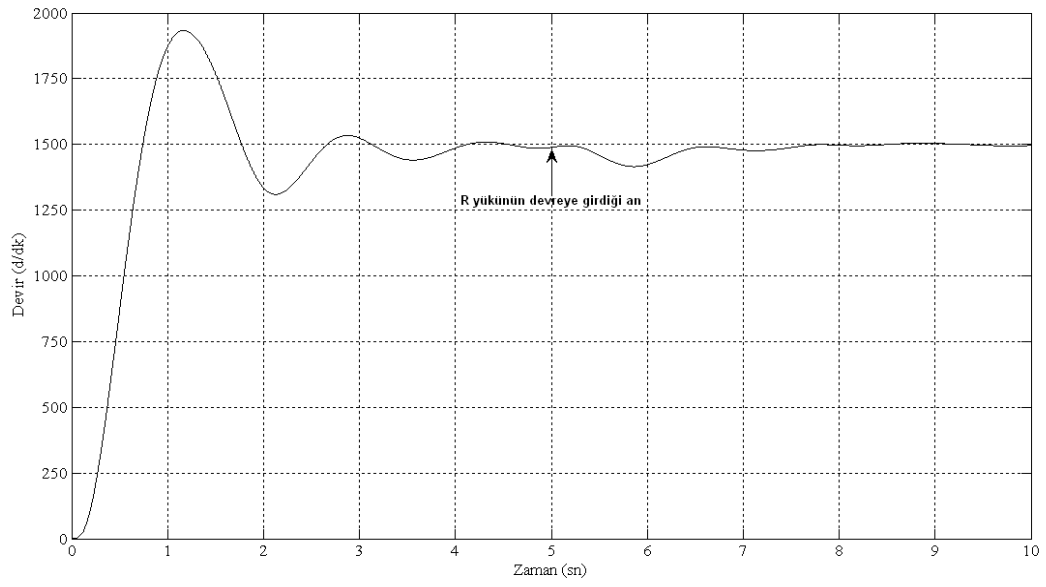
R yüklü çalışmada devredeki yükler sadece dirençlerden meydana gelir. Bu yükler omik yüklerdir. Sistemde omik yükler yük kartının 4.çıkışına bağlanmıştır. Bu da ikili sayı sisteminde 1000'e, onluk sayı sisteminde 8'e karşılık gelir. Yani repeating sequence bloğu ile 8 çıkışını verdiğimiz zaman dijital çıkış kartında 4.röle enerjilenir. Böylece 4.röleye bağlı olan omik yükler devreye alınmış olur. Sistemimizde omik yük olarak 1,5k Ω -50W gücünde 3 adet direnç yıldız bağlanmıştır. Sistemimizde omik yükü 5.saniyeden itibaren devreye alınmıştır. Çünkü sistemin boş çalışma eğrilerinde de görüleceği üzere sistem kararlı hale gelmesi için yaklaşık 5 sn bir süre gerekli olduğu düşünülmüştür. Bu ayar için repeating sequence bloğunu çift tıklarız ve açılan pencerede Time values değeri [0 5 5 10], Output values ise [0 0 8 8] olarak ayarlanması gerekir. Böylece sistem 5.saniyeden itibaren omik yüklü olarak çalıştırılmış olur. (Şekil 4.4)



Şekil 4.4 R yük bağlantısı ve dijital çıkış ayarı

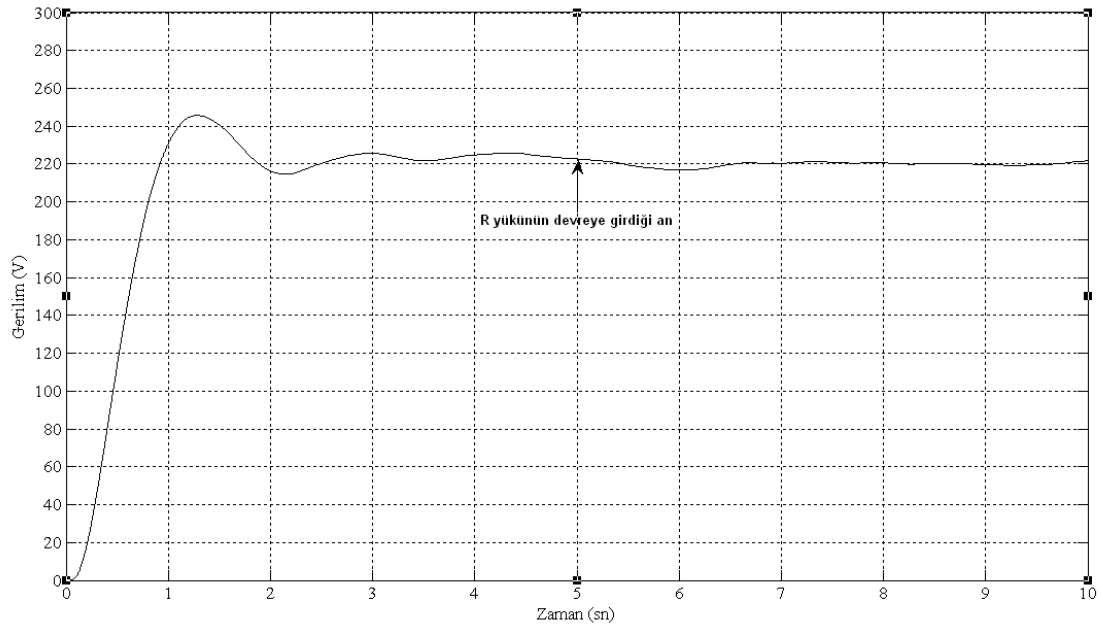
Bu ayarı yapınca sistemin devir sayısı için Şekil 4.5'de ve sistemde üretilen gerilim için Şekil 4.6'daki grafik elde edilmiştir.

Şekil 4.5'de yük 5.sn'de sistem çıkışına uygulanmıştır. 5-7 sn arası devir sayısı kısa süreli azalma sonrası 7.sn den itibaren 1500d/dk sabit değere ulaşmıştır.



Şekil 4.5 R yük devir eğrisi

Şekil 4.6’da gerilim eğrisi de yükün devreye alınması ile birlikte 3-5 V’luk bir azalma ile 6,5.sn’den itibaren referans değeri olan 220 V’luk gerilime tekrar ulaşmıştır. Devreye yükün girmesi ile birlikte kısa süre içinde sistem tekrar kararlı hale gelmiştir.

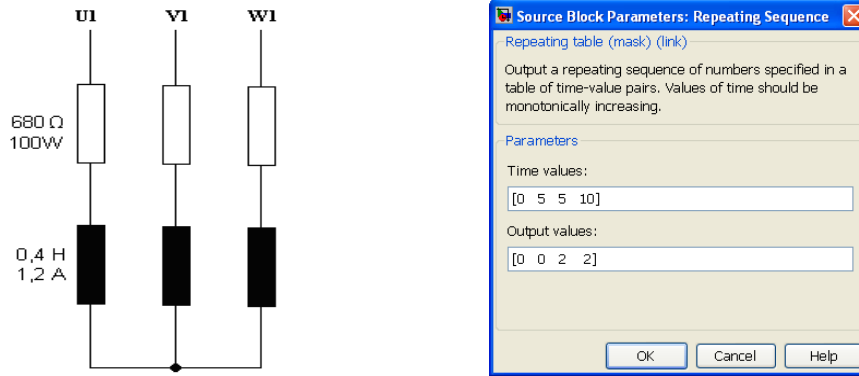


Şekil 4.6 R yük gerilim eğrisi

Bu grafiklere bakıldığında omik yük devreye girdiği anda devir sayısı ve gerilimde bir düşüş yaşanmıştır. Bu düşüş sistemimiz tarafından giderilmiştir.

4.3. R-L Yüklü Çalışma

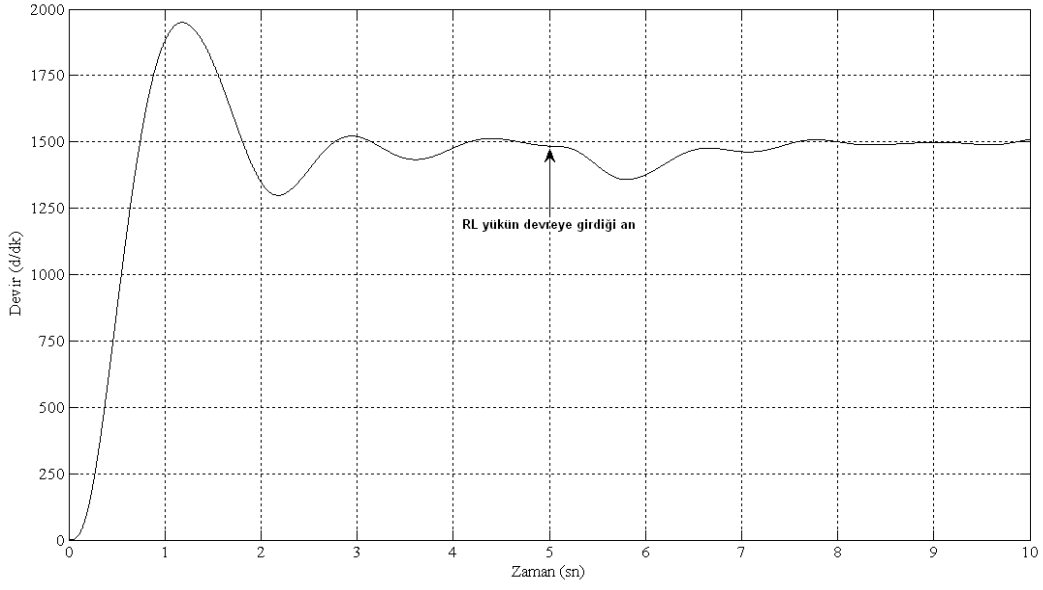
R-L yükler direnç ve bobinlerden oluşan yüklerdir. Bu yükler endüktif özellikli yüklerdir. Sistemde R-L yükler yük kartının 2.çıkışına bağlanmıştır. Bu da binary sayı sisteminde 10, decimal sayı sisteminde 2'ye karşılık gelir. Yani repeating sequence bloğu ile 2 çıkışını verdiğimiz zaman dijital çıkış kartında 2.röle enerjilenir. Böylece 2.röleye bağlı olan endüktif yükler devreye alınmış olur. Sistemde R-L yük olarak 680Ω -100W gücünde 3 adet direnç 0,4H-1,2A değerinde üç adet bobinle seri bağlanmış ve bunlar yıldız bağlanarak elde edilmiştir. Sistemde R-L yükü 5.saniyeden itibaren alınmıştır. Çünkü sistemin kararlı hale gelmesi için sisteme bir süre tanınmıştır. Bu ayar için repeating sequence bloğunu çift tıklanmış ve açılan pencerede Time values değeri [0 5 5 10], Output values ise [0 0 2 2] olarak ayarlanmıştır. Böylece sistem 5.saniyeden itibaren endüktif yüklü olarak çalıştırılmıştır. (Şekil 4.7)



Şekil 4.7 R-L yük bağlantısı ve dijital çıkış ayarı

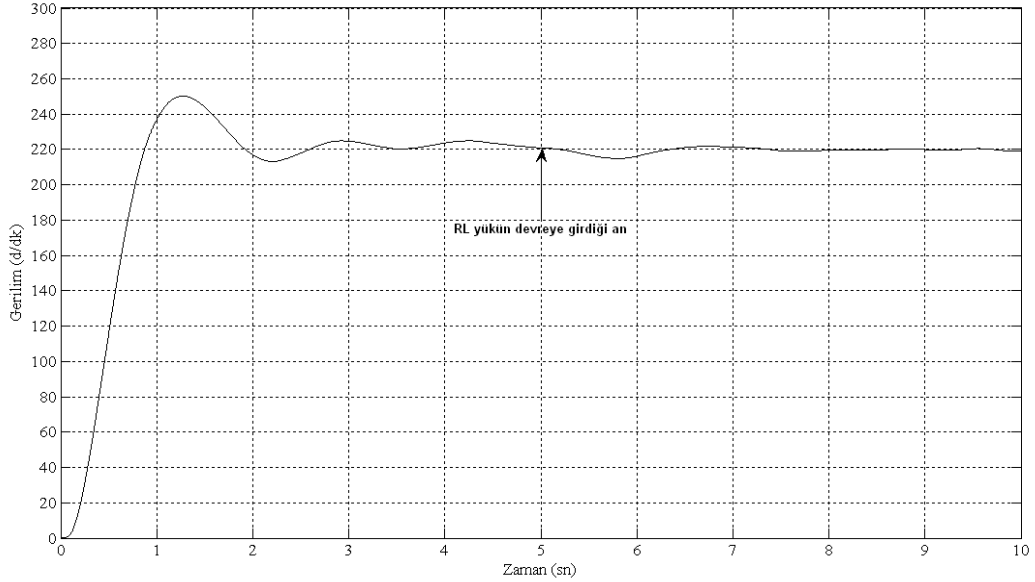
Bu ayarı yapınca sistemin devir sayısı Şekil 4.8 ve sistemde üretilen gerilim Şekil 4.9'daki gibi olur.

Sistemde yük 5.sn'de sistem çıkışına uygulanmıştır. Bu çalışmada devir sayısındaki düşüş omik yüklü çalışmaya oranla biraz daha fazla olmuştur. 5-7,5 sn arası devir sayısı kısa süreli azalma sonrası 7,5.sn den itibaren 1500d/dk'ya gelerek sabit değere ulaşmıştır.



Şekil 4.8 R-L yük devir eğrisi

Şekil 4.9'da gerilim eğrisi de yükün devreye alınması ile birlikte bir azalma ile 6,25.sn'den itibaren referans değeri olan 220 V'luk gerilime tekrar ulaşmıştır. Endüktif yükün gerilime bozucu etkisi omik yüke göre biraz daha fazla olmuştur. Devreye yükün girmesi ile birlikte kısa süre içinde sistem tekrar kararlı hale gelmiştir.

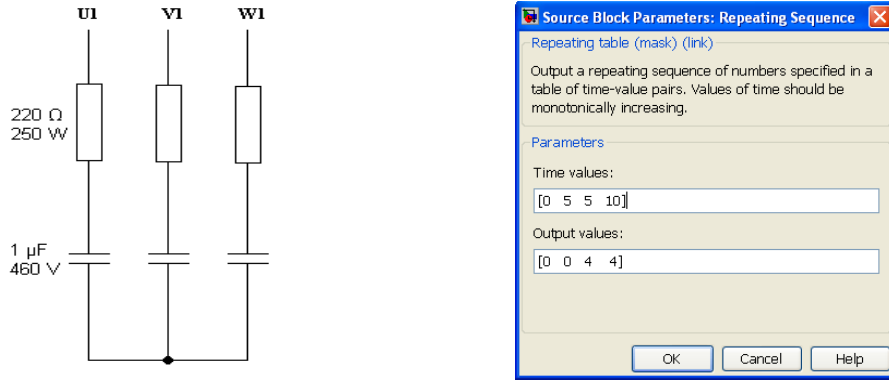


Şekil 4.9 R-L yük gerilim eğrisi

Bu grafiklere bakıldığında endüktif yük devreye alındığında devir sayısında da, gerilimde de bir düşme yaşanmış fakat bu düşüş sistemimiz tarafından giderilmiştir.

4.4. R-C Yüklü Çalışma

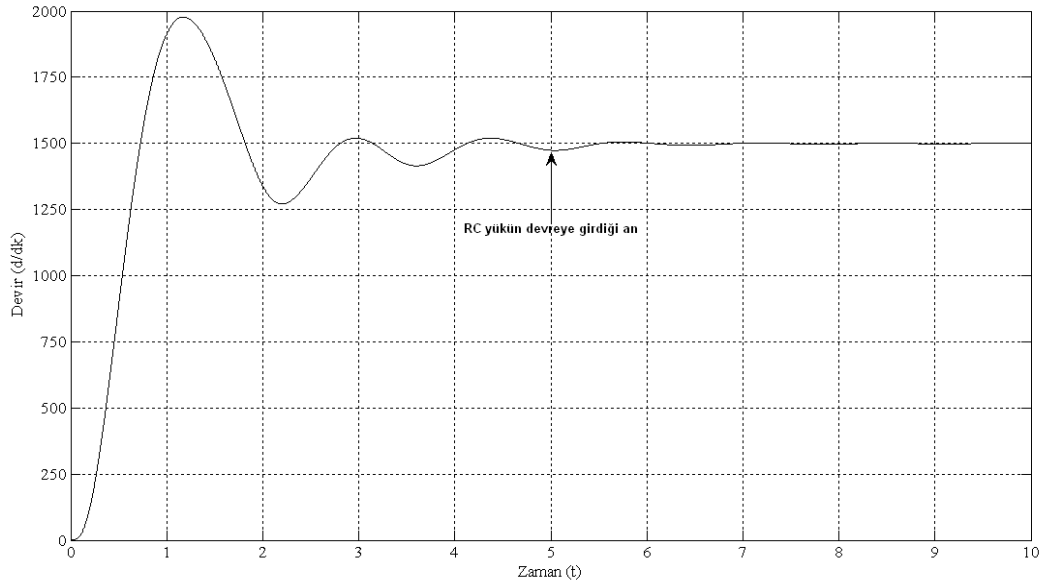
R-C yükler direnç ve kondansatörlerden oluşturulmuş yüklerdir. Bu yükler kapasitif özellikli yüklerdir. Sistemde R-C yükler yük kartının 3.çıkışına bağlanmıştır. Buda ikili sayı sisteminde 100'e, decimal sayı sisteminde 4'e karşılık gelmektedir. Yani repeating sequence bloğu ile 4 çıkışını verdiğimiz zaman dijital çıkış kartında 3.röle enerjilenir. Böylece 4.röleye bağlı olan R-C yükler devreye alınmış olur. Sistemimizde R-C yük olarak 220Ω-250W gücünde 3 adet direnç 1μF-460V değerinde üç adet kondansatörle seri bağlanmış ve bunlar yıldız bağlanarak elde edilmiştir. Sistemde kapasitif yük 5.saniyeden itibaren devreye alınmıştır. Çünkü sistemin kararlı hale gelmesi için 5 sn beklenmiştir. Bu ayar için repeating sequence bloğunu çift tıklanmış ve açılan pencerede Time values değeri [0 5 5 10], Output values ise [0 0 4 4] olarak ayarlanmıştır. Böylece sistem 5.saniyeden itibaren kapasitif yüklü olarak çalıştırılmıştır. (Şekil 4.10)



Şekil 4.10 R-C yük bağlantısı ve dijital çıkış ayarı

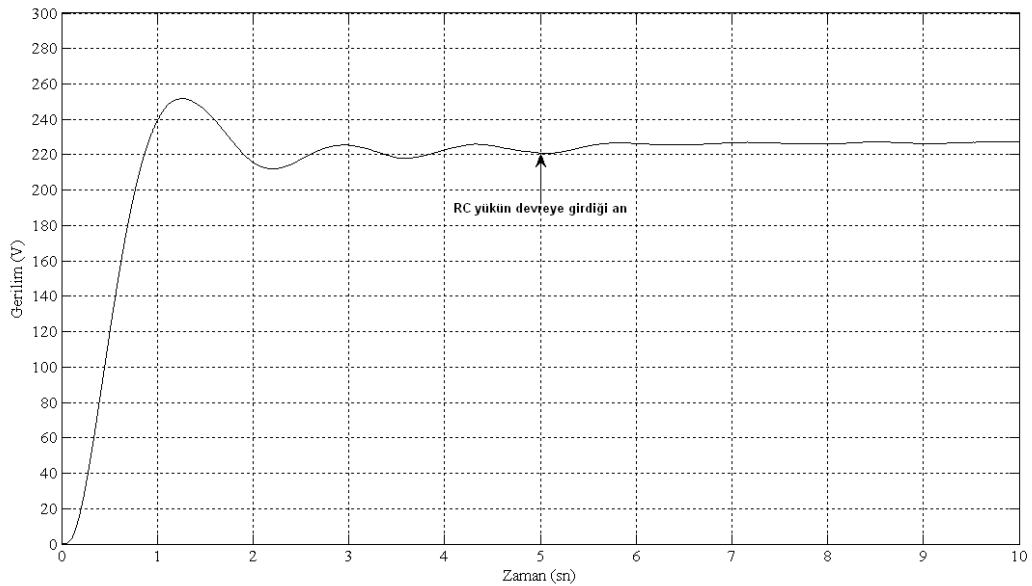
Bu ayarı yapınca sistemin devir sayısı Şekil 4.11 ve sistemde üretilen gerilim Şekil 4.12'deki gibi olur.

Sistemde yük 5.sn'de sistem çıkışına uygulanmıştır. R-C yükün sisteme alınması ile birlikte sistem devrinde önemli bir değişiklik olmamıştır.



Şekil 4.11 R-C yük devir eğrisi

Şekil 4.12’deki gerilimin eğrisine bakıldığında R-C yükün devreye alınması ile birlikte 6-7 V’luk bir artış oluşmuştur. Bu artışın sebebi kondansatörlerin elektriği depolaması ve sistem tarafından üretilen gerilimle kondansatör üzerinde depolanan gerilimin birleşmesi ile sistemde fazla bir gerilim seviyesi oluşmuştur. Bu artış 1500d/dk sabit devir için sistem tarafından giderilemediği görülmüştür.

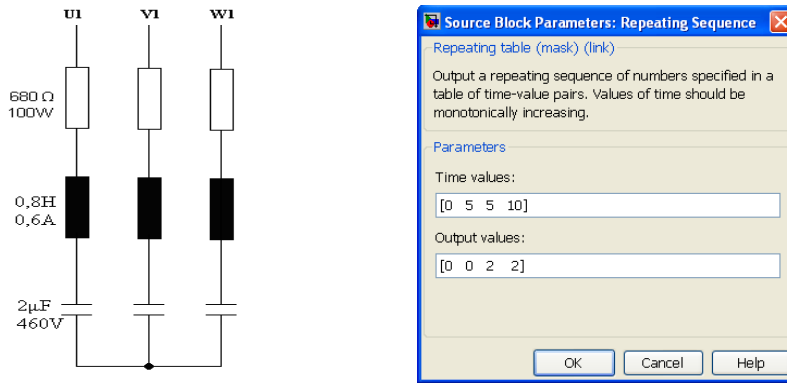


Şekil 4.12 R-C yük gerilim eğrisi

Bu grafiklere bakıldığında kapasitif yük devreye alındığında devir sayısında hatırı sayılır herhangi bir değişiklik olmazken gerilimde diğer çalışmaların aksine bir yükselme yaşanmıştır.

4.5. R-L-C Yüklü Çalışma

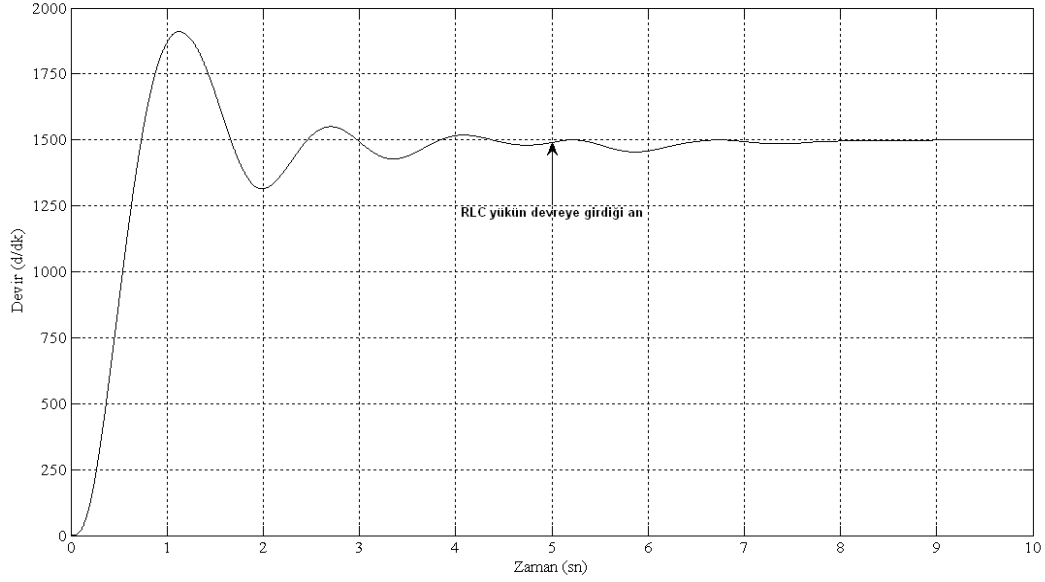
R-L-C yükler direnç, bobin ve kondansatörlerden oluşan yüklerdir. Bobinin veya kondansatörün durumuna göre endüktif özellik de, kapasitif özellik de gösterebilir. Sistemde R-L-C yükler yük kartının 2.çıkışına bağlanmıştır. Bu da binary sayı sisteminde 10, decimal sayı sisteminde 2'ye karşılık gelir. Yani repeating sequence bloğu ile 2 çıkışını verdiğimiz zaman dijital çıkış kartında 2.röle enerjilenir. Böylece 2.röleye bağlı olan R-L-C yükler devreye alınmış olur. Sistemde 680Ω -100W gücünde üç adet direnç, 0,8H-0,6A değerinde üç adet bobin ve $2\mu\text{F}$ -460V değerinde üç adet kondansatörle seri bağlanmış ve bunlar yıldız bağlanarak elde edilmiştir. Sistemde RLC yükü 5.saniyeden itibaren alınmıştır. Çünkü sistemin kararlı hale gelmesi için sisteme bir süre tanınmıştır. Bu ayar için repeating sequence bloğunu çift tıklanmış ve açılan pencerede Time values değeri [0 5 5 10], Output values değeri ise [0 0 2 2] olarak ayarlanmıştır. Böylece sistem 5.saniyeden itibaren endüktif yüklü olarak çalıştırılmıştır. (Şekil 4.13)



Şekil 4.13 R-L-C yük bağlantısı ve dijital çıkış ayarı

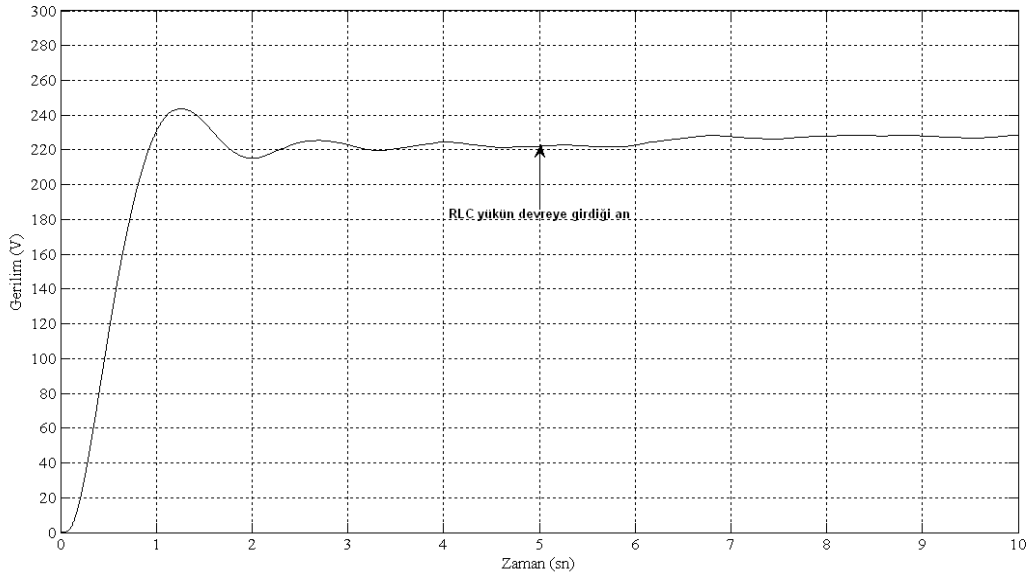
Bu ayarı yapınca sistemin devir sayısı Şekil 4.14 ve sistemde üretilen gerilim Şekil 4.15'deki gibi olur.

Sistemde 5.sn'de sistem çıkışına RLC yük uygulanmıştır. Şekil 4.14'e bakıldığında devir sayısında çok az bir düşüş olmuştur. Bu düşüş kısa bir zaman sistemde etkili olup 6,5.sn'den itibaren 1500d/dk'ya tekrar gelerek sabit değere ulaşmıştır.



Şekil 4.14 R-L-C yük devir eğrisi

Şekil 4.15'da gerilim eğrisi de yükün devreye alınması ile birlikte gerilimde bir artış yaşanmıştır. Bu da sistemin kapasitif özellik taşıdığını göstermiştir. Bu çalışmada da daha önceki kapasitif özellikteki R-C çalışmada olduğu gibi gerilim seviyesi 1500d/dk'da 220V'a tekrar indirilememiştir.

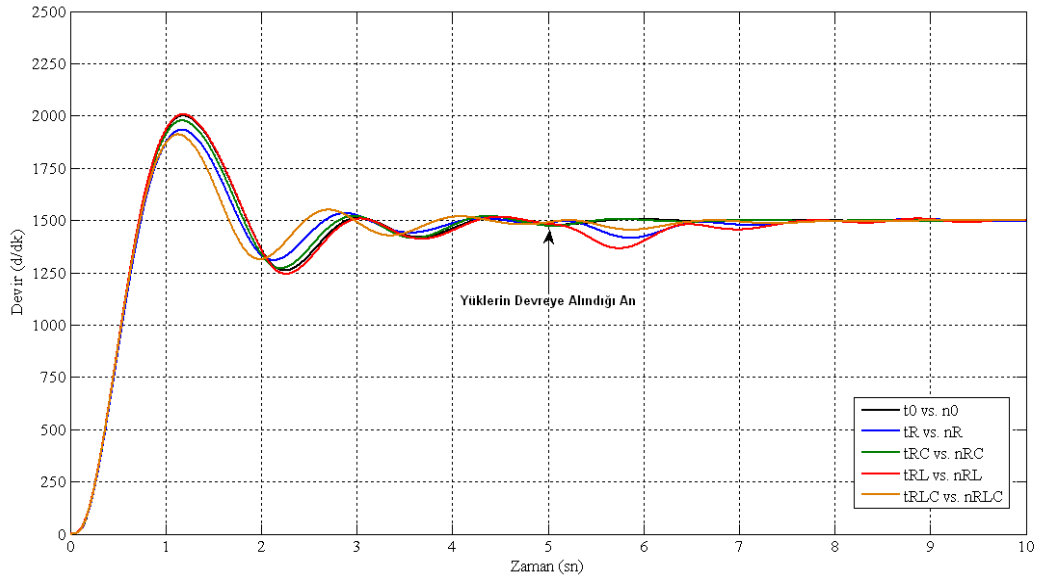


Şekil 4.15 R-L-C yük gerilim eğrisi

R-L-C yüklü çalışma grafiklerine bakıldığında yük devreye alındığında devir sayısında da az bir düşme gözlenirken, gerilim değerinde bir artış gözlenmektedir. Bu artış 1500d/dk sabit devir altında 220V değerine düşürülemediği gözlenmiştir.

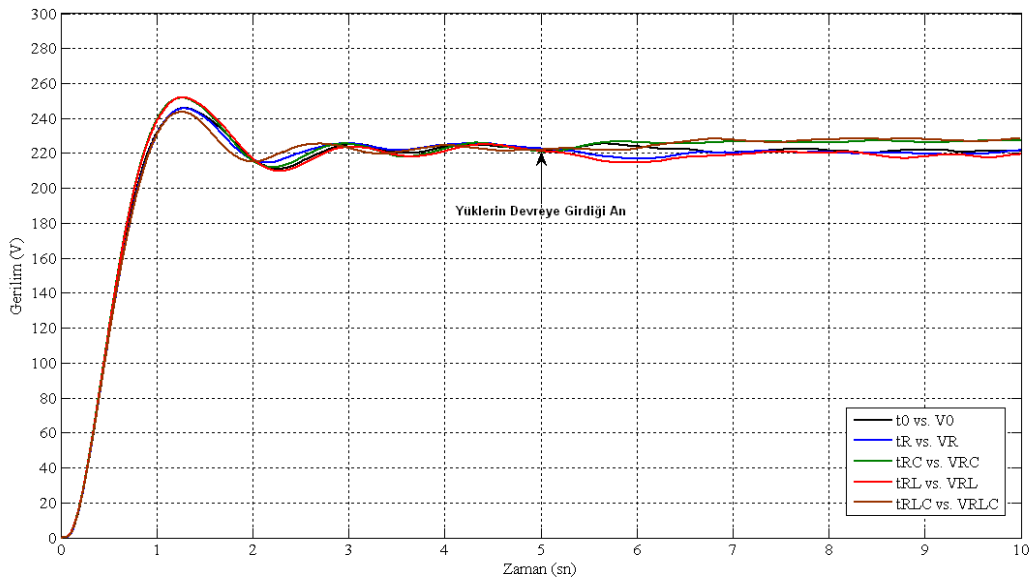
Yukarıda bahsedilen 5 yük çeşidine göre çalışma durumunda gerilimler ve devirler üst üste tek bir grafikte çizdirilirse aşağıdaki gibi bir grafik elde edilir. Bu grafiklerde yüklerin devir ve gerilimlere olan etkisi mukayeseli olarak görülebilir.

Bu grafiklerden Şekil 4.16'deki beş yük çeşitlerine göre devir grafiklerini karşılaştırdığımızda boş çalışma ve R-C yüklü çalışmada sistem devir sayısının yaklaşık aynı olduğu görülmüştür. R-L-C yüklü çalışmada devir sayısının biraz azaldığı, omik yüklü çalışmada sistem devir sayısının biraz daha azaldığı ve R-L yüklü çalışmada ise sistem devrinin daha da çok azaldığı görülmüştür. R-L-C yüklü çalışmada devir sayısı daha erken toparlandığı (6,5 sn'de) görülmüştür. Omik yüklü çalışmadaki ve R-L yüklü çalışmadaki sistemin devir sayısı aynı sürede (yaklaşık 7,5.sn'de) toparlandığı görülmüştür.



Şekil 4.16 Yüklerin devir eğrilerinin karşılaştırılması

Şekil 4.17'deki beş yük çeşidine göre gerilim grafikleri karşılaştırıldığında gerilim değerlerinin R yüklü ve R-L yüklü çalışmada düştüğü, R-C yüklü ve R-L-C yüklü çalışmada gerilimin yükseldiği görülmektedir. 7.sn'de R-C yüklü ve R-L-C yüklü çalışmalar dışındaki tüm yüklerde sistem karalı hale gelmiştir. R-C yüklü çalışmada bu olayın kondansatörler tarafından depo edilen gerilimin sistem tarafından üretilen gerilimle birleşmesi neticesinde oluşmuş ve sistem tarafında 1500d/dk sabit devirde bu değer referans değerimiz olan 220V değerine düşürülememiştir.



Şekil 4.17 Yüklerin gerilim eğrilerinin karşılaştırılması

5. TARTIŞMA

Sistemi oluşturan donanımlar kurulmuş, denetim modeli MATLAB’da oluşturulmuştur. Denetim modeli olarak birbirinden bağımsız iki adet kapalı çevrim model ve yükler içinde yine onlardan bağımsız bir model olmak üzere üç model oluşturulmuştur. Bu kapalı çevrim modellerden birisinde sistem devir bilgisi enkoder ile ölçülerek referans değerle karşılaştırılıp ortaya çıkan hata PID denetleyici ile düzenlenen ve sisteme geri verilen devir sabitleyici modeldir. Diğer ise generatör tarafından üretilen gerilimi gerilim probu ile ölçüp referans değerle karşılaştırdıktan sonra ortaya çıkan hatayı yine PID denetleyici ile düzenledikten sonra sisteme geri veren gerilim sabitleyici modeldir. Ayrıca bunlardan bağımsız olarak çalışan ve belirli zaman aralıklarında belirli yükleri devreye alan yük kontrol modelidir.

Oluşturulan bu sistem çalıştırılarak 5 değişik yükte deney yapılmıştır. Bu deneylerden ilkinde sistem yüksüz (boşta) olarak çalıştırılmış ve sistemin kararlı hale 5 sn içerisinde geldiği tespit edilmiştir. Diğer çalışmalarda devreye R yük, R-L yük, R-C yük ve R-L-C yükler alınarak sistem denenmiştir. Bu yükler 5.sn’de devreye alınmıştır. Bu çalışmalarda sistem devir sayısı ve senkron generatör tarafından üretilen gerilim scope yardımı ile kaydedilmiş ve bu kaydedilen veriler grafik şeklinde çizdirilerek sistem çalışması ve kararlılığı incelenmiştir. Bu inceleme sonucunda aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

1. Sistem boşta çalıştığında yaklaşık 5.sn’de sistem deviri 1500d/dk değerine gelmiştir.

Üretilen gerilimin eğrisine bakıldığında ise 220V değerine gelerek sistem devir sayısının kararlı hale gelmesinden sonra 6-7.sn’lerde kararlı hale gelmiştir.

2. Sistemde 5.sn’de R yükü devreye alındığında devir sayısında kısa süreli azalma sonrası 7.sn den itibaren 1500d/dk’da set edilen değere reaksiyon eğrisinin oturduğu görülmektedir (Bkz. Şekil 4.5).

R yükün devreye alınması ile birlikte gerilimde 3-5 V’luk bir azalma ile 6,5.sn’den

itibaren referans değeri olan 220 V'luk gerilime tekrar ulaşmıştır. Devreye yükün girmesi ile birlikte kısa süre içinde sistem tekrar kararlı hale gelmiştir.

3. Sistemde 5.sn'de R-L yükü devreye alındığında devir sayısındaki düşüş R yüklü çalışmaya oranla biraz daha fazla olması yükün endüktif özellik göstermesi sebebiyledir. Devir sayısı kısa süreli azalma sonrası 7,5.sn den itibaren 1500d/dk'ya tekrar gelerek sabit değere ulaşmıştır.

R-L yükün devreye alınması ile birlikte gerilimde bir azalma ile 6,25.sn'den itibaren referans değeri olan 220 V'luk gerilime tekrar ulaşmıştır. R-L yükün gerilime bozucu etkisi R yüke göre biraz daha fazla olmuştur. Ancak gerilim denetim sistemi referans değerine yükselmesini sağlamıştır.

4. Sistemde 5.sn'de R-C yükü devreye alındığında sistem devrinde önemli bir değişiklik olmamıştır.

R-C yükün devreye alınması ile birlikte gerilimde 6-7 V'luk bir artış oluşmuştur. Bu artışın sebebi kondansatörlerin elektriği depolaması ve sistem tarafından üretilen gerilimle kondansatör üzerinde depolanan gerilimin birleşmesi ile sistemde fazla bir gerilim seviyesi oluşmuştur. Bu artış 1500d/dk sabit devir için minimum uyarım akımı uygulanmasına karşın sistem tarafından giderilemediği görülmüştür.

5. Sistemde 5.sn'de R-L-C yükü devreye alındığında devir sayısında çok az bir düşüş olmuştur. Bu düşüş kısa bir zaman sistemde etkili olup 6,5.sn'den itibaren 1500d/dk'ya tekrar gelerek sabit değere ulaşmıştır.

R-L-C yükün devreye alınması ile birlikte gerilimde bir artış yaşanmıştır. Bu da sistemin kapasitif özellik taşıdığını göstermiştir. Bu çalışmada da daha önceki kapasitif özellikteki R-C çalışmada olduğu gibi gerilim seviyesi 1500d/dk'da 220V'a tekrar indirilememiştir.

6. Beş yük çeşitlerine göre devir grafiklerini karşılaştırdığımızda boş çalışma ve R-C

yüklü çalışmada sistem devir sayısının yaklaşık aynı olduğu görülmüştür. R-L-C yüklü çalışmada devir sayısının biraz azaldığı, omik yüklü çalışmada sistem devir sayısının biraz daha azaldığı ve R-L yüklü çalışmada ise sistem devrinin daha da çok azaldığı görülmüştür. R-L-C yüklü çalışmada devir sayısı daha erken toparlandığı (6,5 sn'de) görülmüştür. Omik yüklü çalışmadaki ve R-L yüklü çalışmadaki sistemin devir sayısı aynı sürede (yaklaşık 7,5.sn'de) toparlandığı görülmüştür.

Beş yük çeşidine göre gerilim grafikleri karşılaştırıldığında gerilim değerlerinin R yüklü ve R-L yüklü çalışmada düştüğü, R-C yüklü ve R-L-C yüklü çalışmada gerilimin yükseldiği görülmektedir. 7.sn'de R-C yüklü ve R-L-C yüklü çalışmalar dışındaki tüm yüklerde sistem karalı hale gelmiştir. R-C yüklü çalışmada bu olayın kondansatörler tarafından depo edilen gerilimin sistem tarafından üretilen gerilimi arttıran bir özellik göstermesi neticesinde sistem tarafında 1500d/dk sabit devirde bu değer referans değerimiz olan 220V değerine düşürülememiştir.

Sistemde kullanılan PID denetleyicilerin P, I ve D katsayıları herhangi bir hesaplama sonucu değil deneme yanılma yöntemi ile belirlenmiştir. Bu sistemde PID parametreleri daha ince ayarlanarak veya başka denetim yöntemleri kullanılarak daha verimli sonuçlar elde edilebilir. Sistemde daha başka çalışmalar denenebilir ve daha değişik büyüklükler ölçümlenerek sonuçlar analiz edilebilir.

6. SONUÇLAR

Bu çalışma sonucunda yüklerin güç sistemi üzerindeki bozucu etkileri ve bu bozucu etkilere karşı sistem cevabı incelenmiştir. Sistemde hem devir sayısı, hem de üretilen gerilimin değeri sabit tutulmaya çalışılmıştır. Bu amaçla MATLAB 10.0 programında Real Time Toolbox ve Simulink Toolbox içerisindeki bloklardan yararlanarak yapılmış olan denetim modelinin analog çıkışından alınan analog sinyal optik izoleli analog çıkış kartı diye belirtilen ve tasarımını bizim yaptığımız bir karta gönderilmektedir. Bu kartımızla hem DC motor sürücüsüne gelen sinyal ve hem de senkron generatöre gelen sinyal ayarlanarak bu amaca ulaşılmıştır. Denetim modelindeki sinyal düzenleme işlemi PID denetleyici ile yapılmaktadır. PID denetleyici katsayıları deneme yanılma yoluyla ayarlanmıştır. Neticede sistem 1500d/dk için yüksüz, R yüklü ve R-L yüklü çalışma için sistem gerilimini 220V seviyesine getirmeyi başarmıştır.

Fakat R-C ve R-L-C yüklü çalışmalarda sistem kapasitif özellikli olduğu için ve sistem gerilimi ile kondansatörler üzerinde depolanan gerilimin arttırıcı etkisi ile gerilim eğrisinin 220V seviyesinin üstüne çıktığı gözlenmiştir. Bu artış 1500d/dk için sistem tarafından tekrar 220V seviyesine getirilemediği gözlenmiştir.

7. KAYNAKLAR

- Yalçın, M.A., 1995. Enerji İletim Sistemlerinde Gerilim Kararlılığının Yeni Bir Yaklaşım ile İncelenmesi, Doktora Tezi , İ.T.Ü. , F.B.E.
- Johansson, S, 1998. Long-Term Voltage Stability in Power Systems Alleviating the Impact of Generator Current Limiters, Doctoral Thesis, Technical Report No 235, Department of Electric Power Engineering School of Electrical and Computer Engineering, Chalmers University of Technology
- Glavic, M, 2003. Power Sytem Voltage Stability A short Tutorial, University of Liege, Electrical Engineering and Computer Science Department
- Huang, J.S, Chang, C.S, 1998. Worst-Case Indentification of Reactive Power Magrin and Local Weakness of Power Sytem , Electric Power Research 44, 77-83
- Aumuller, C.A, Saha, T.K, 2003. Determination of Power Sytem Coerant Bus Groups by Novel Sensitivity – Based Method for Voltage Stability Assessment, IEEE Transactions on Power Systems , Vol. No 3
- Kundur, P. 1994. Power System Stability and Control, McGraw-Hill, New York, USA
- Padiyar, K.R, 1996. Power System Dynamics. Stability and Control, Wiley, Bangalore
- Anderson, P.M, Fouad, A.A, 1986. Power System Control and Stability, The Iowa State University Press, 4 th. Printing
- Van Cutsem, T, Vournes, C, 1998. Voltage Stability of Electric Power Systems, Kluwer Academic Publishers, Boston ,USA

Mithunanthan, N, Yome, A.S, Acharya, N, 2005. Application of FACTS Controllers in Thailand Power Systems, School of Environment Resources and Development Assian Institute of Technology , RTG Budget – Joint Research Project

Uzunoglu, M, Onar, O.C, Alam, M.S, 2007. Dynamic Behaviour of PEM FCPPs Under Various Load Conditions and Voltage Stability Analysis for Stand–Alone Residential Applications , Journal of Power Sources, Vol. 168, Iss. 1, p 250-250

Taylor, C.W, 1994. Power System Voltage Stability, Mc Graw Hill, Inc.

Begovic, M, Milosevic, B, Novosel, D, Member, S, 2002. A Novel Method for Voltage Instability Protection, Proceedings of the 35 th Havai International Conference on System Science

Reid, E.W, 1996. Power Quality Issues-Standards and Guidlines, IEEE Trans on IA, Vol 32 No 1, May/June 1996

Lamore, J, et all, 1994. Voltage Sag Analysis Case Studies, IEEE Trans on IA, Vol 30 No 4, July/Aug 1994

De Mello, F.P, Concordia, C, 1969. Concepts of synchronous machine stability as affected by excitation control, IEEE Trans. Power Appar. Syst. 88, 316–329

Larsen, E.V, Swann, D.A, 1981. Applying power system stabilizers, parts I and II, IEEE Trans. Power Appar. Syst. 100, 3017–3046.

Hsu, Y.Y, Hsu, C.Y, 1987. Design of a proportional-integral power system stabilizer, IEEE Trans. Power Syst. 2, 92–100.

Hsu, Y.Y, Liou, K.L, 1987. Design of self-tuning PID power system stabilizers for synchronous generators, IEEE Trans. Energy Convers. 2, 343–348

- Ardanuy, J.F, 2003. Design of an adaptive neuro-fuzzy PSS adjusted by a genetic algorithm, Ph.D. Thesis, Department of Mathematics Applied to Information Technologies, School of Telecommunications Engineering, Polytechnic University of Madrid
- Abdel, Y.L, Magid, M.A, Abido, S.A, A.H. Mantawy, 1999. Simultaneous stabilization of multimachine power systems via genetic algorithms, *IEEE Trans. Power Syst.* 14, 1428–1439.
- Abido, M.A, Abdel-Magid, Y.L, 1998. A genetic-based power system stabilizer, *Electr. Mach. Power Syst.* 26, 559–571.
- Gibbard, M.J, 1989. Robust design of fixed-parameter power system stabilizers over a wide range of operating conditions, *IEEE Trans. Power Syst.* 4, 794–800.
- Lakshmi, P, Abdullah Khan, M, 2000. Stability enhancement of a multimachine power system using fuzzy logic based power system stabilizer tuned through genetic algorithm, *Electr. Power Energy Syst.* 22, 137–145.
- Chen, G.P, Malik, O.P, Hope, G.S, Qin, Y.H, Xu, G.Y, 1993. An adaptive power system stabilizer based on the self-optimizing pole shifting control strategy, *IEEE Trans. Energy Convers.* 8, 639–645.
- Gosh, A, Ledwich, G, Malik, O.P, Hope, G.S, 1984. Power system stabilizer based on adaptive control techniques, *IEEE Trans. Power Appar. Syst.* 103, 1983–1989.
- Hsu, Y.Y, Hsu, C.Y, 1987. Design of a proportional-integral power system stabilizer, *IEEE Trans. Power Syst.* 2, 92–100.
- Kotari, M.L, Bhattacharya, K, Nanda, J, 1996. Adaptive power system stabiliser based on pole-shifting technique, *IEE Proc.—Gener. Transm. Distrib.* 143, 96–98.

- El-Metwally, K.A, Hancock, G.C, Malik, O.P, 1996. Implementation of a fuzzy logic PSS using a micro-controller and experimental test results, IEEE Trans. Energy Convers. 11, 91–96.
- El-Sherbiny, M.K, El-Saady, G, Ibrahim, E.A. 1997. Efficient incremental fuzzy logic for power system stabilization, Electr. Mach. Power Syst. 25, 429–441.
- Hassan, M.A.M, Malik, O.P, Hope, G.S, 1991. A fuzzy logic based stabilizer for a synchronous machine, IEEE Trans. Energy Convers. 6, 407–413.
- Hiyama, T, 1994. Real time control of micro-machine system using microcomputer based fuzzy logic power system stabilizer, IEEE Trans. Energy Convers. 9, 724–731.
- Lin, Y.J, 2004. Systematic approach for the design of a fuzzy power system stabilizer, in: Proceedings of the International Conference on Power System Technology—PowerCon 2004, vol. 1, IEEE, Singapore, pp. 747-752
- Hosseinzadeh, N, Kalam, A, 1999. A rule-based fuzzy power system stabilizer tuned by a neural network, IEEE Trans. Energy Convers. 14, 773–779.
- Hsu, Y.Y, Cheng, C.H, 1990. Design of fuzzy power system stabilizers for multimachine power systems, IEE Proc. 137, 233–238.
- Öner, Y, Özçira, S, Bekiroğlu, N, Düşük Güçlü Uygulamalar için Konvansiyonel Senkron Generatörler ile Sürekli Mıknatıslı Senkron Generatörlerin Karşılaştırılması
- Ong, C.M, 1997. Dynamic Simulation of Electric Machinery Using Matlab/Simulink, Prentice Hall PTR (September 19, 1997).

- Ryff, P.F, 1988. Electric Machinery (Second Edition), Prentice Hall College Div
(January 1, 1988).
- Chapman, S., Electric Machinery Fundamentals, McGraw-Hill, Newyork, 2004.
- Çınar, S. M, 2007. Mermer kesme makinelerinde elektrik enerjisi tüketimi
optimizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Ocak 2007
- İ.Yüksel, 2004. MATLAB ile Mühendislik Sistemlerinin Analizi ve Çözümü, Nobel
Yayın Dağıtım
- Engin, S.N, 2001. Otomatik Kontrol I, YTÜ Ders Notları, YTÜ, İstanbul
- Levine, W.S, 1996. PID Control, Piscataway, NJ: IEEE Pres,198-209
- Ang K.H, Chong G. ve Yun, L, 2005. PID Control System Analysis, Design, and
Technology, IEEE Transactions on Control Systems Technology, Vol.13, No.4,
July 2005, 559-576
- Wang, Q.G, Lee, T.H, Fung, H.W, Qiang, B. ve Yu, Z, 1999. PID Tuning for Improved
Performance, IEEE Transactions On Control Systems Technology, Vol.7, No.4,
July 1999, 457-465
- Ang K.H, Chong G, 2005. PID Control System Analysis, Design and Technology, IEEE
Transactions on Control Systems Technology, July 2005, Vol.13, No.4

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Hakan ÇANKAYA
Doğum Yeri ve Tarihi : Seydişehir, 19.08.1975
Yabancı Dili : İngilizce
İletişim (Telefon/e-posta) : 0.505.6529495/hcankaya1975@mynet.com

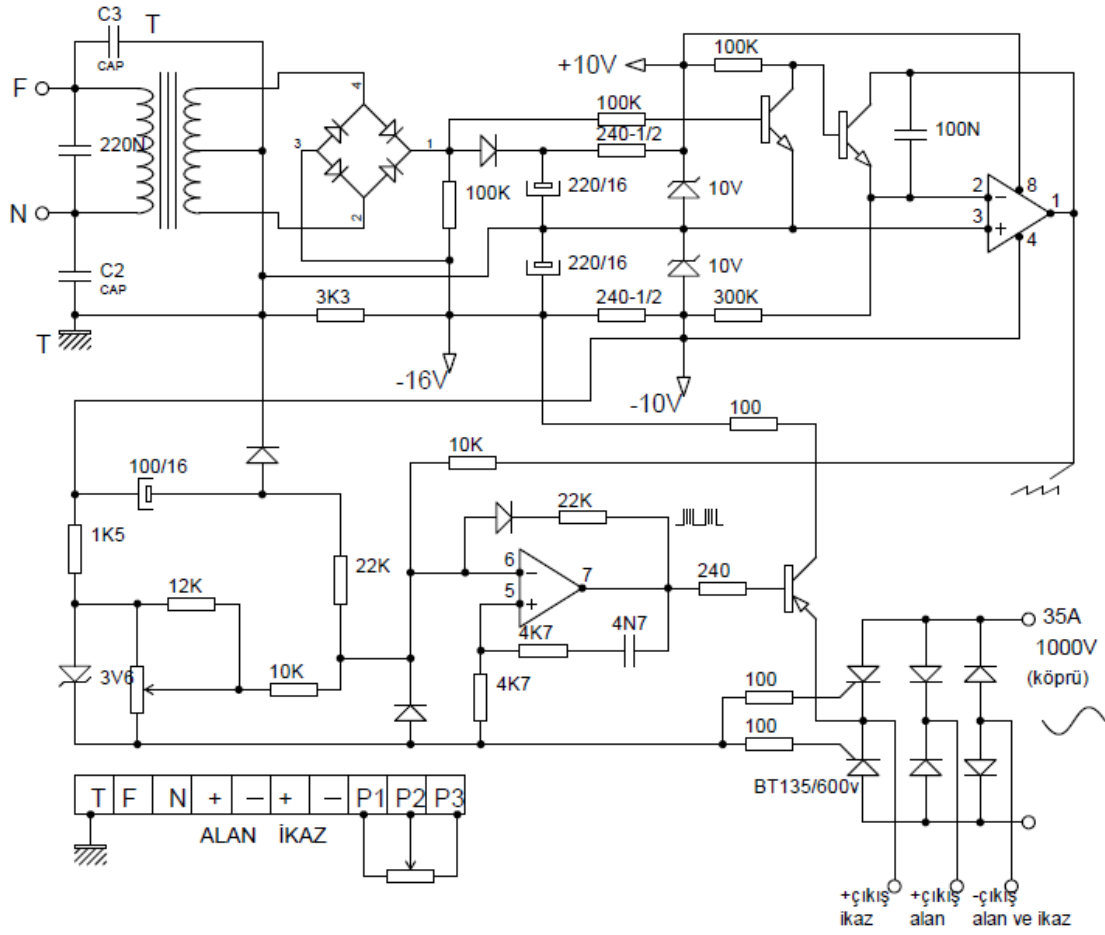
Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Isparta Teknik Lise, 1993
Lisans : Marmara Üniversitesi, 1997
Yüksek Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi, 2011

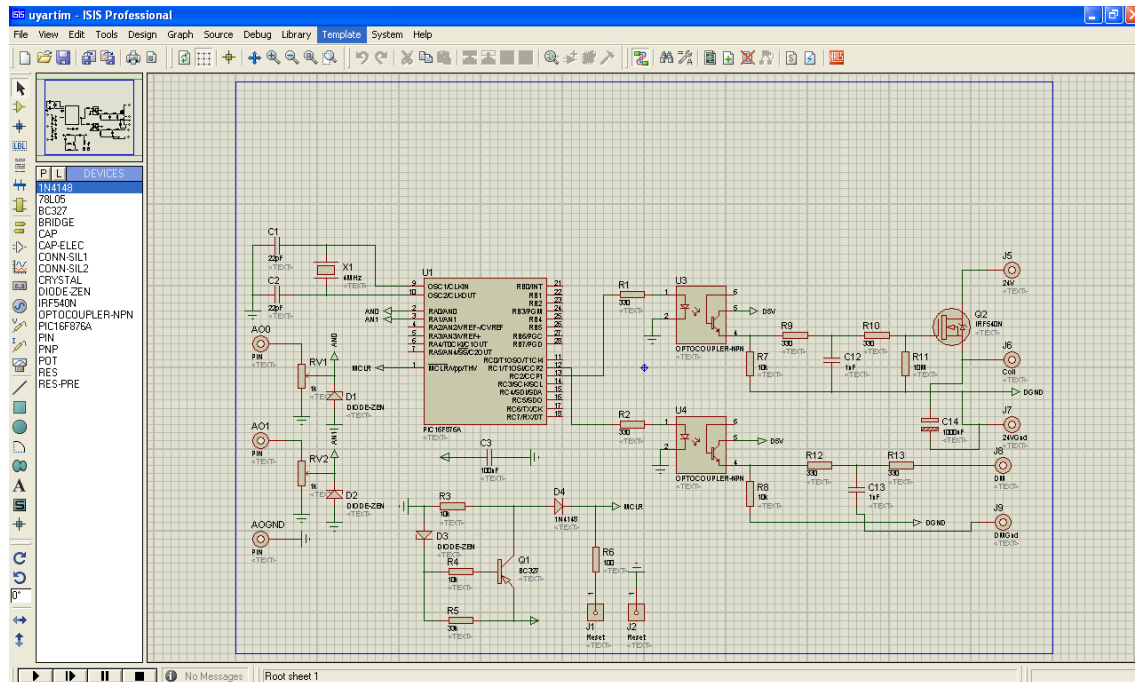
Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl : Dinar METEM, 1998-2011
Isparta İl Milli Eğitim, 2011-Halen

EKLER

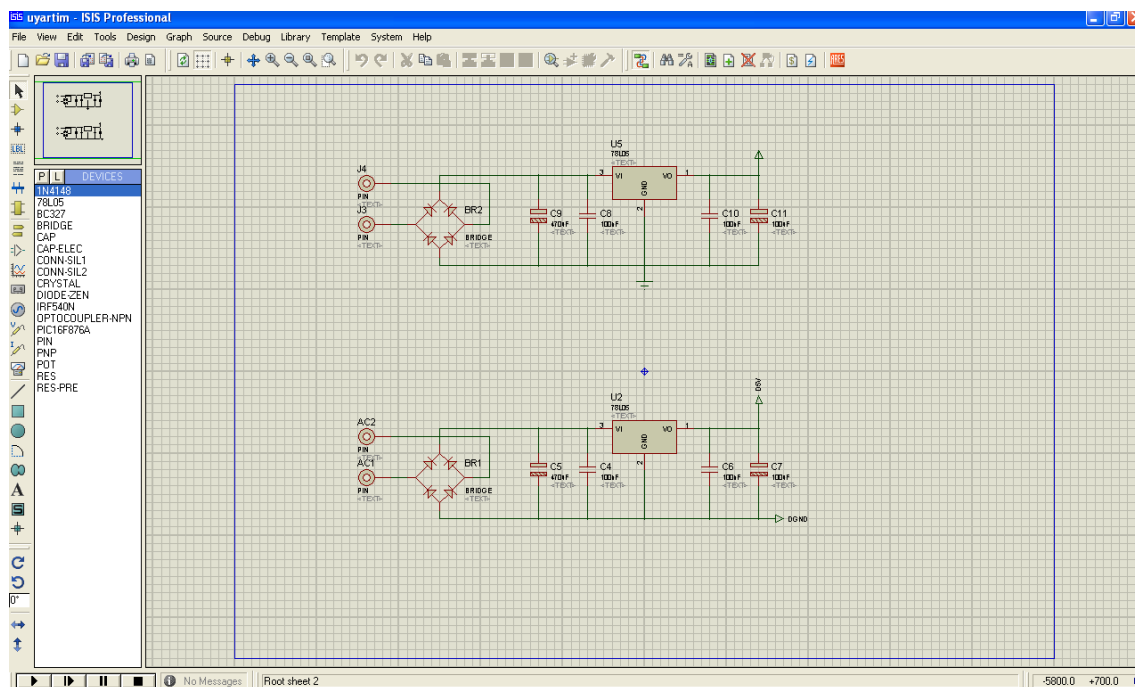
Ek 1: DC Motor Sürücü Devre Şeması



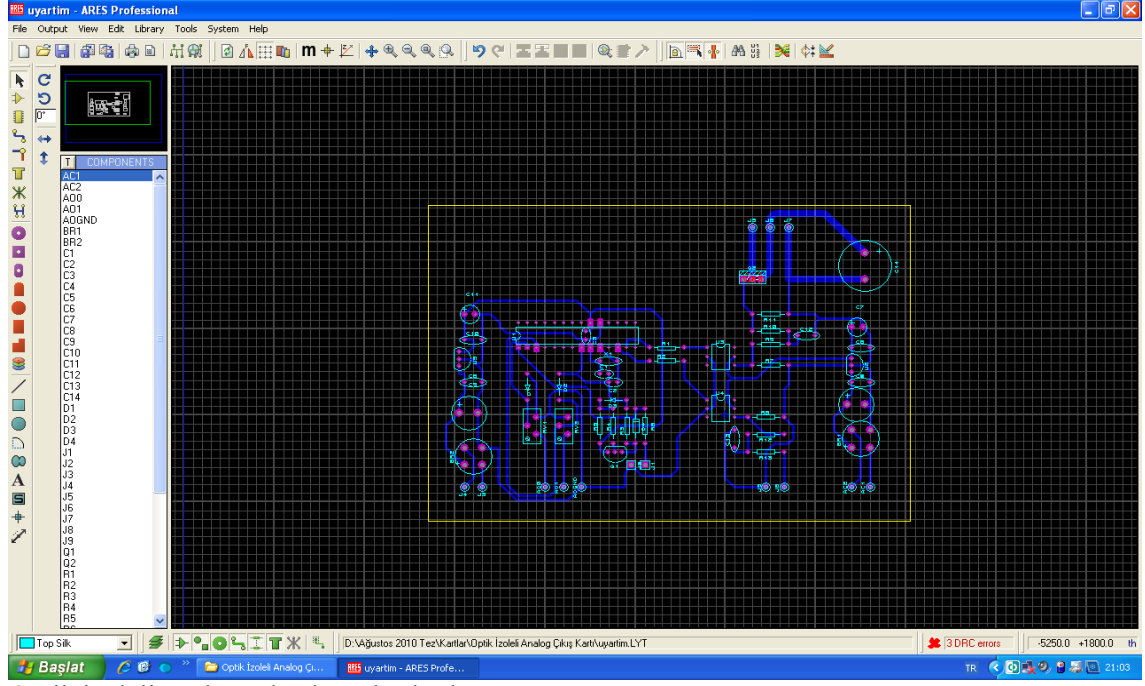
Ek 2: Optik İzoleli Analog Çıkış Kartı Devre Şemaları



Optik izoleli analog çıkış kartı ana devre



Optik izoleli analog çıkış kartı besleme devresi



Optik izoleli analog çıkış kartı baskı devre şeması

Ek 3: Optik İzoleli Analog Çıkış Kartı İçin PIC Programı:

```
#include <16F876A.h>
#device adc=10;

#fuses XT,NOWDT,NOPROTECT,NOLVP
#use delay(clock=4000000)

#include <stdlib.h>

#define sabit_yuz_msn 1
int1 b_10ms;
int16 value1,value2;
float value;
#int_rtcc
void clock_isr(){
    int8 Sayac;
    set_timer0(15);
    Sayac++;
    if(Sayac>=5){
        b_10ms=true;
        Sayac=0;
    }
    clear_interrupt(int_timer0);
}

void main(){
    setup_spi(SPI_SS_DISABLED);
    setup_timer_1(T1_DISABLED);
    setup_comparator(NC_NC_NC_NC);
    setup_vref(false);
    setup_counters(rtcc_internal, rtcc_div_8);
    set_timer0(15);
```



```

setup_timer_2(T2_DIV_BY_1, 199, 1);
setup_ccp1(ccp_pwm);
setup_ccp2(ccp_pwm);
setup_port_a(ALL_ANALOG);
//setup_port_a(AN0_AN1_AN4_VREF_VREF);
setup_adc(adc_clock_internal);

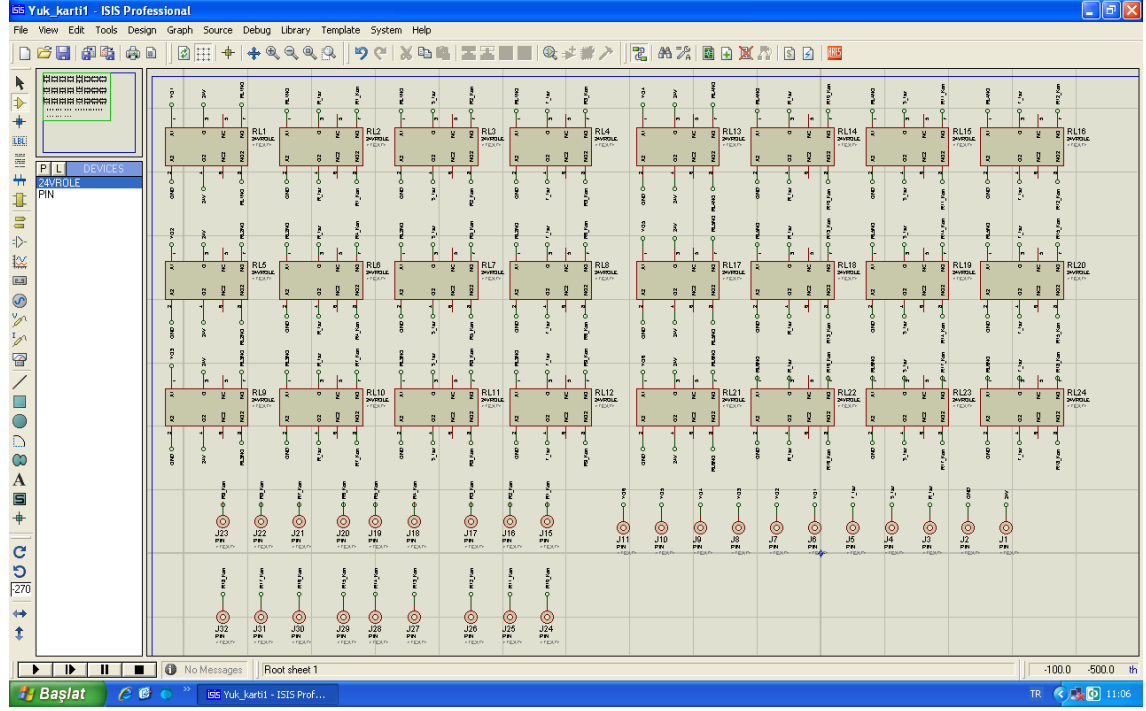
enable_interrupts(int_rtcc);
enable_interrupts(global);

set_pwm1_duty(0);
set_pwm2_duty(0);
set_tris_b(0x00);
set_tris_c(0x00);

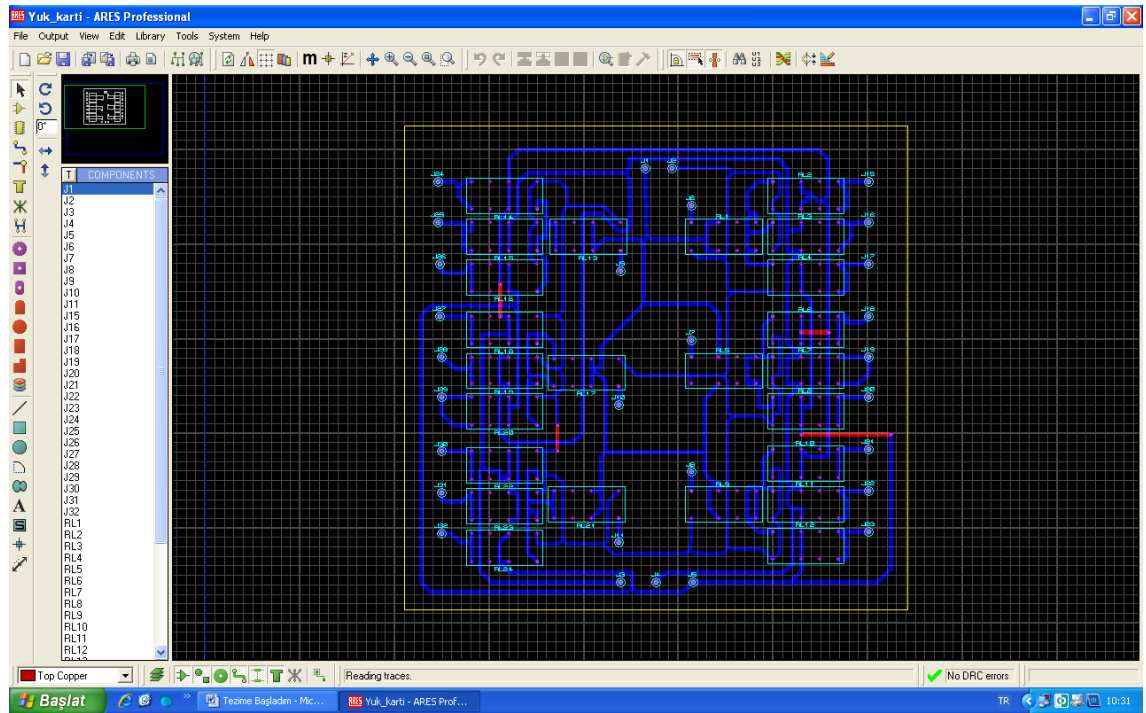
while(true){
  if(b_10ms){
    set_adc_channel(0);
    delay_us(50);
    value1=read_adc();
    value1=labs(value1*0.782014);
    set_pwm1_duty(value1);
    set_adc_channel(1);
    delay_us(50);
    value2=read_adc();
    value2=labs(value2*0.782014);
    set_pwm2_duty(value2);
    b_10ms=false;
  }
}

```

Ek 4: Yk Kartı Devre Şeması:



Yk kartı devre şeması



Yk kartı baskı devre şeması