

**DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SIVI SEVİYE KONTROLÜ İÇİN**

**SCADA SİSTEM TASARIMI**

**Abdullah ADIYAN**

**Kasım, 2012**

**İZMİR**

# **SIVI SEVİYE KONTROLÜ İÇİN SCADA SİSTEM TASARIMI**

**Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**

**Yüksek Lisans Tezi**

**Mekatronik Mühendisliği Bölümü, Mekatronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı**

**Abdullah ADIYAN**

**Kasım, 2012**

**İZMİR**

## YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

ABDULLAH ADIYAN, tarafından YRD. DOÇ. DR. AYTAÇ GÖREN yönetiminde hazırlanan “SIVI SEVİYE KONTROLÜ İÇİN SCADA SİSTEM TASARIMI” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Yrd. Doç. Dr. Aytaç GÖREN

Yönetici



Doç. Dr. Zeki KIRAL

Jüri Üyesi

Prof. Dr. Yalçın ÇEBİ

Jüri Üyesi

Prof.Dr. Mustafa SABUNCU

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

## TEŞEKKÜR

Sıvı Seviye Kontrolü için Scada Sistem Tasarımı hakkında hazırlamıő olduğum Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü lisansüstü tez çalışmamda değerli bilgilerini benden esirgemeyen başta tez yöneticim Sayın Yrd.Doç.Dr. Aytaç GÖREN'e ve tezimin her aşamasında benden özverisini esirgemeyen değerli dostum Osman KORKUT'a teşekkür ederim.

Tezimi başarıyla sonuçlandırmam için büyük fedakârlık gösteren ve motivasyonumu korumamı sağlayan kıymetli niőanlım Özlem SÜRMEN' e teşekkür ederim.

Son olarak beni bu çalışmayı başarıyla sonlandırmamda gayretlendiren ve üzerimden manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen aileme Őukranlarımı sunuyor ve teşekkür ediyorum.

Abdullah ADİYAN

# SIVI SEVİYE KONTROLÜ İÇİN SCADA SİSTEM TASARIMI

## ÖZ

Bu tez çalışmasında; sıvı seviyesi kontrolü, potansiyometreye bağlı olarak çalışan şamandıra ile elde edilen analog veriler işlenerek sağlanmıştır. Motor sürücü içerisinde yer alan PID denetleyicilerinin parametrelerinin, oluşturulan program arayüzü yardımıyla kalibrasyonu yapılmıştır. Santrifüj pompanın stabil bir şekilde çalışması ve sıvı seviyesinin istenen seviyede tutulabilmesi amaçlanmış ve sağlanmıştır.

SCADA sistemi altyapısı için gerekli olan program arayüzü tasarımı Visual Basic programı ile tasarlanmış, USB-RS 485 dönüştürücü aracılığıyla Mod-Bus protokolü kullanılarak uzaktan izleme ile veri takibi yapılabilmesi amaçlanmış ve sağlanmıştır.

Program arayüzünde yer alan PID parametrelerini belirlemek için iki farklı deneysel çalışma yapılmıştır. Birinci çalışmada; deneme yanılma yöntemiyle elde edilen en iyi PID katsayıları ile sıvı seviyesinin istenen referans değere istikrarlı olarak ulaşma süresi gözlemlenmiştir. İkinci çalışmada ise daha önce de bahsedilen Ziegler-Nichols teoremine uygun olarak belirlenen, PID katsayılarını kullanarak sıvı seviyesinin istenen referans değere istikrarlı olarak ulaşma süresi gözlemlenmiştir. Daha sonra bu iki sonucun kıyaslaması yapılmıştır.

**Anahtar Sözcükler :** Sıvı seviye kontrolü, SCADA, Mod-Bus, PID,Ziegler-Nichols

# DESIGNING OF SCADA SYSTEM FOR LIQUID LEVEL CONTROL

## ABSTRACT

In this thesis, liquid level control has been achieved by processing analogous data obtained by a float-operated potentiometer. Parameters of the PID controllers in centrifuge pump drive have been calibrated with the help of designed program interface. It has been aimed and managed to enable stable working of the centrifugal pump and to maintain the desired level of liquid level.

Program interface design which is necessary for SCADA system infrastructure has been designed with the program; Visual Basic Data pursuit by remote viewing has been aimed and provided using Mod-Bus protocol via USB-RS 485 converter.

Two separate experimental studies have been done in order to identify PID parameters which take place in program interface. In the first study, the best PID parameters achieved by trial-and-error method and the time of liquid level's reaching the desired reference value consistently have been observed. In the second study, the time of liquid level's reaching the desired reference value consistently has been observed using PID parameters determined in accordance with Ziegler-Nichols theorem, also mentioned before. Afterwards, these two results have been compared.

**Keywords :** Liquid level control, SCADA, Mod-Bus, PID, Ziegler-Nichols

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU.....	ii
TEŞEKKÜR .....	iii
ÖZ.....	iv
ABSTRACT.....	v
<b>BÖLÜM BİR – GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
1.1 Sıvı Seviye Kontrolünün Tarihçesi.....	1
1.2 Sıvı Seviye Kontrolünün Hakkında Bilgilendirme.....	5
1.2.1 Sıvı Seviye Ölçümleri Hakkında Genel Bilgilendirme.....	5
1.2.2 Çalışma Prensibi Açısından Seviye Ölçme Yöntemlerinin İncelenmesi... 5	
1.2.2.1 Noktasal Seviye Kontrolünde Kullanılan Seviye Şalteri.....	5
1.2.2.2 Sürekli Tip Seviye Sensörleri.....	6
1.2.2.3 Seviye Ölçme Yöntemleri.....	7
1.2.2.3.1 Görüntülü Seviye Ölçme Yöntemleri.....	7
1.2.2.3.2 Kuvvetle Seviye Ölçme Yöntemleri.....	8
1.2.2.3.3 Basınç Yöntemiyle Seviye Ölçme Yöntemleri.....	8
1.2.2.3.4 Elektriksel Seviye Ölçme Yöntemleri.....	8
1.2.2.3.5 Elektromekanik Seviye Ölçme Yöntemleri.....	8
1.2.2.3.6 Temassız Seviye Ölçme Yöntemleri.....	8
1.2.3 Şamandıra Metoduyla Seviye Ölçme Yöntemi.....	9
1.3 PID Kontrol Hakkında Bilgilendirme.....	10
1.3.1 PID Denetleyicinin Transfer Fonksiyonu Şeklinde Gösterimi.....	10
1.3.2 PID Denetleyicinin Özellikleri.....	11
1.4 SCADA Tanımı ve Gerekliliği .....	12
1.4.1 Giriş.....	12
1.4.2 SCADA Sisteminin İncelenmesi.....	12
1.5 Kontrol Sisteminin Tasarlanma Süreci ve Problemin Tanımlanması.....	13
1.5.1 Süreç Tasarımı.....	13
1.5.2 Kontrol Sistem Tasarımı.....	14

1.5.3 Problemin Tanımlanması.....	16
-----------------------------------	----

## **BÖLÜM İKİ – METODOLOJİ.....17**

2.1 Enerji Verimliliği Sağlama ve Pompalarda Hız Kontrolünün Gerekliliği.....	17
2.1.1 Yüksek Verimli Motor Kullanılması İle Enerji Tasarrufu.....	17
2.1.2 Hız Kontrol Cihazı Kullanılması İle Enerji Tasarrufu.....	19
2.2 Hız Kontrol Cihazıyla PID Denetleyicisinin Parametre Ayarlama Mantığı... 23	
2.2.1 Oransal Kontrol.....	24
2.2.2 İntegral Kontrol.....	25
2.2.3 Türevsel Kontrol.....	25
2.2.4 Ziegler-Nichols Tasarım Metodu.....	26
2.3 SCADA Sisteminin Çalışma Mantığı.....	27
2.3.1 Uzak Terminal Birimi ( RTU ) .....	28
2.3.2 Ana Terminal Birimi ( MTU ) .....	28
2.3.3 İletişim Sistemi.....	28
2.3.3.1 SCADA Sistemlerinde Kullanılan İletişim Teknikleri.....	29
2.3.3.1.1.Modemler.....	29
2.3.3.1.2.Kontrol Üniteleri.....	29
2.3.4 Kontrol Bileşenleri.....	30
2.3.4.1 Veri Tabanlı Kontrol ve Gözetleme.....	30
2.3.4.2 Elle (Manual ) Kontrol.....	30
2.3.4.3 Arıza ve Durum İhbarları.....	31
2.3.4.4 Şifre Sistemi ile Koruma.....	31
2.3.5 SCADA Sisteminin Yararları.....	31
2.4 Elektronik Haberleşme ve Haberleşme Protokolleri.....	31
2.4.1 Veri Aktarım Yöntemleri.....	32
2.4.1.1 Paralel Haberleşme.....	32
2.4.1.2 Seri Haberleşme.....	33
2.4.2 Endüstriyel İletişim Protokolleri.....	35
2.4.2.1 FieldBus Protokolü.....	37
2.4.2.2 InterBus Protokolü.....	37



2.4.2.3 ProfiBus Protokolü.....	38
2.4.2.4 CANBus Protokolü.....	38
2.4.2.5 ModBus Protokolü.....	38
<b>BÖLÜM ÜÇ– PROJENİN DONANIMSAL TASARIMI.....</b>	<b>40</b>
3.1 Sistem Konstrüksiyonunun Gösterimi.....	40
3.2 Santrifüj Pompa Özellikleri.....	42
3.3 Motor Sürücünün Özellikleri.....	43
3.4 Potansiyometrenin Özellikleri.....	46
3.5 USB RS-485 Dönüştürücünün Özellikleri.....	48
3.6 Pano Bağlantı Şemasının Gösterimi.....	50
<b>BÖLÜM DÖRT– PROJENİN YAZILIMSAL TASARIMI.....</b>	<b>51</b>
4.1 VFD Motor Sürücü Programının Kurulması.....	51
4.2 USB-RS485 Dönüştürücünün Kurulması ve Port Ayarının Yapılması.....	54
4.3 Microsoft Access ile Sistem Programının Ayarlarının Yapılması .....	56
4.3.1 Veri Aktarım Hızının Parametresinin Ayarlanması .....	57
4.3.2 ModBus Protokol Parametresinin Ayarlanması .....	58
4.4 Hız Kontrol Cihazıyla PID Parametre Ayarlamalarının Yapılması.....	59
4.5 Sıvı Seviye Kontrolü Program Ara yüzünün Tasarlanması ve İşlevleri .....	63
<b>BÖLÜM BEŞ – DENEYSEL ÇALIŞMALAR.....</b>	<b>65</b>
5.1 Deneysel Çalışmalar.....	65
5.1.1 Deneme Yanılma Yöntemiyle Bulunan PID Parametreleri İle Yapılan Çalışma.....	65
5.1.2 Ziegler-Nichols Teoremine Göre Elde Edilen PID Parametreleri İle Yapılan Çalışma.....	68
5.1.3 Deneme Yanılma Yöntemiyle Bulunan PID Parametreleri İle Yapılan Çalışma ile Ziegler-Nichols Teoremine Göre Elde Edilen PID Parametreleri İle	

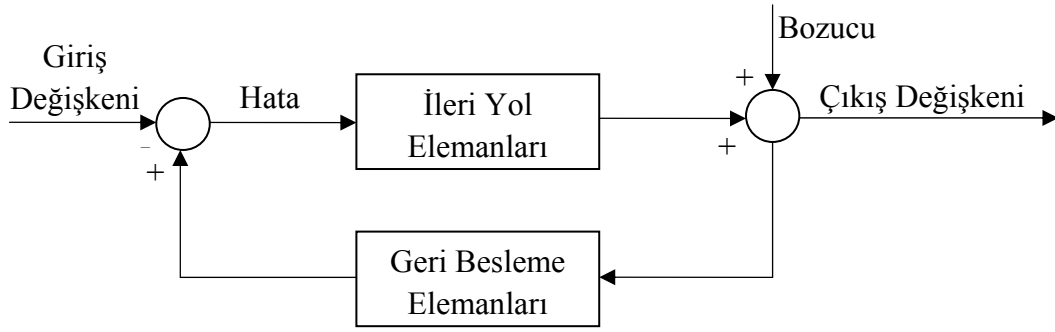
Yapılan Çalışmanın Kıyaslanması.....	72
<b>BÖLÜM ALTI – SONUÇLAR.....</b>	<b>74</b>
<b>BÖLÜM YEDİ – ÖNERİLER.....</b>	<b>75</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>76</b>
<b>EKLER.....</b>	<b>78</b>

# BÖLÜM BİR

## GİRİŞ

### 1.1 Sıvı Seviye Kontrolünün Tarihçesi

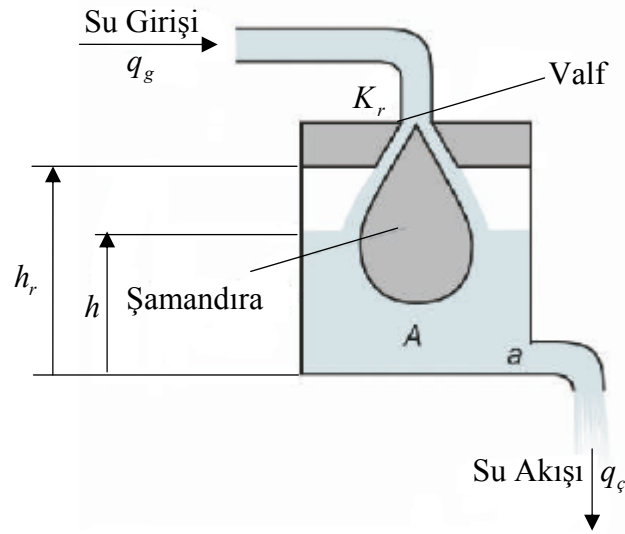
Otomatik kontrol sistemleri kuramı geri besleme kavramıyla ilişkilidir. Belirli bir görevi yerine getirme amacı ile birlikte iş gören elemanlar topluluğuna sistem denir. Bir sistemde eğer çıkış büyüklüğü, sistem giriş büyüklüğünü artış ya da azalış yönünde etkiliyorsa geri beslemeli bir sistem elde edilir (Bir, 2011).



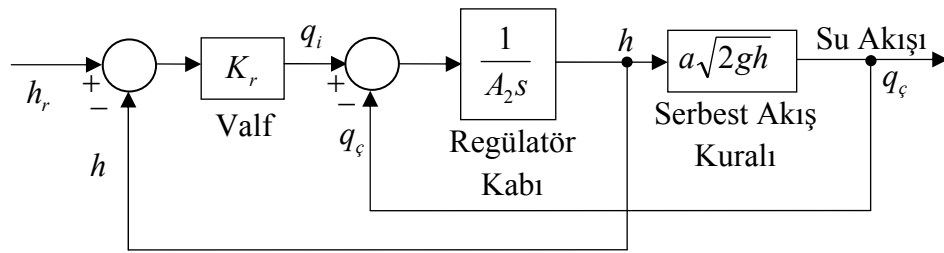
Şekil 1.1 Geri beslemeli sistem (Bir, 2011).

Dinamik sistemlerin temelini oluşturan geri besleme kavramının bilincine 19. yüzyılın sonu gibi çok yakın bir dönemde varılmış olmasına rağmen, bu düşüncenin eski çağlardan beri algılandığı ve başarı ile uygulandığı bilinmektedir. Mühendislikte kontrol; bir sistemin belirli bir duruma yönlendirilmesi anlamına gelir. Otomatik kontrol sistemi bir bozucu değişken etkisinde bulursa bile, istenen bir biçimde etkilenmek ve belirli bir değerde sabit tutulmak istenir (Bir, 2011).

Teknik yönden gerçekleştirildiği bilinen ya da belgelerde tasarlandığı ve çalışabilirliği denenmiş olan en eski otomatik kontrol düzeni Helenistik döneme uzanır. En eski uygulamalar su saatlerinde debi kontrolüne ilişkindir. İskenderiyeli Ktesibios'un M.Ö. III. Yüzyılda geliştirmiş olduğu debi kontrolü, Şekil 1.2'de gösterildiği gibi modern otomobillerdeki yakıt akışını ayarlayan şamandıralı karbüratörlere benzer. Burada amaç saat kabına akan suyun debisini, bir valf şamandıra bileşiği ile sabit tutmaktır. Bu sisteme ilişkin blok diyagramı Şekil 1.3'te olduğu gibidir (Bir, 2011).



Şekil 1.2 Ktesibios'un debi kontrol sistemi (Bir, 2011).



Şekil 1.3 Ktesibios'un debi kontrol sistemine ilişkin blok diyagramı (Bir, 2011).

Otomatik kontrol tarihi ile ilgili üçüncü isim M.S. I. Yüzyılda yaşadığı bilinen İskenderiyeli Heron'dur. Heron Pnömatika adlı eserinde kontrol düzenleri yanında modern anlamda otomatlara da rastlanır. Antik tapınaklarda ilgi çekmek, hamamlarda bazı özel ihtiyaçları karşılamak ya da sadece halkı eğlendirmek için geliştirilen bu kontrol düzenleri ve otomatlar daha sonraki dönemlerde İslam bilim adamlarının da ilgisini çekmiştir.

Klasik dünyanın eski Mısır'dan aldığı ve geliştirdiği su saatlerinin boyutları Hellenistik dönemde gittikçe büyüyerek meydan saatleri biçimini almış bulunuyordu. Bu gelenek İslam Dünyası'nda devam etti ve XIII. Yüzyıl'ın başında gerçekleştirilen güzel eserlerle ve yazılan ilginç kitaplarla en ileri aşamaya erişildi. Burada konuyla ilgili en geniş eseri vermiş olan Cizreli Eb-ül-iz'i tanıtalım. Batı Dünyası'nda adı

kısaca “el Cezeri” olarak bilinen “Bedi'el-Zaman Abu el-izz Ismail el-Razzaz el-Cezeri”, XIII. Yüzyıl’ın başında Diyarbakır Artuklu Sarayı’nda saray mühendisi olarak çalışmış olan bir mühendis ve bilim adamıdır. Biz bugün el Cezeri'yi su saatleri, otomatik kontrol düzenleri, fiskiyeler, kan toplama kapları, şifreli anahtarlar ve robotlar gibi pratik ve estetik birçok düzeni tasarlayan ve bunların nasıl gerçekleştirileceğini anlatan “Kitab-el Hiyal” adlı kitabın yazarı olarak tanıyoruz. Eb ül-iz’in 25 yıl süreyle (1181-1206) Artuklu’lara hizmet ettiğini ve eserini 1206 yılında tamamladığını kitabının önsözünden öğrenmekteyiz. (Bir, 2011).

Eserde ele alınan 11 adet saatin ikisi, otomatik debi kontrollü su saatlerinden oluşur. Bu saatlerde de Ktesibios'un buluşu olan regülatörler kullanılmaktadır. Ancak İslamiyet’te güneşin doğuşu ile batışı arasındaki zamanın 12 eşit parçaya bölünmesi gerektiğinden, düzene regülatörün referans seviyesini mevsimlere göre ayarlayan bir sistem ilave edilmiştir (Şekil 1.5) (Bir, 2011).

Saatin mekanizmasını bir gün ya da 12 saat boyunca çevirmek için gerekli olan su miktarı silindirik bir su haznesinde bulundurulur. Eğer su 12 saat içinde düzenli bir şekilde boşaltılabilirse haznedeki suyun seviyesi güneşin doğuşu anından itibaren geçen zamanı ya da güneşin batışına kadar kalan zamanı belirtmekte kullanılabilir. Hazne seviyesi bir şamandıraya tutturulmuş olan ipe saat kadranına iletilir. Saat kadranını çevirmek için gerekli olan sürtünme kuvveti ipin diğer ucuna bağlanan karşı ağırlıkla sağlanır. Güneş doğduğu an haznenin dibinde bulunan vana açılınca hazne suyu, içinde bir şamandıralı valf (avvam) bulunan regülatör haznesine (rub) akmaya başlar. Regülatör haznesinin çıkış borusu girişinden daha dar olduğundan hazne suyunun seviyesi yükselir ve şamandıralı valf ya da avvam giriş borusunu tıkamaya başlar. Böylece kısa zamanda giriş ve çıkış debilerinin eşit olduğu sürekli çalışma durumuna geçilir. Ancak haznedeki suyun seviyesi, diğer bir deyişle şamandıralı valf ile çıkış borusunun ucu arasındaki seviye farkı ile orantılıdır. Bu nedenle çıkış borusu, bir ayar diskinin (dastur) merkezi etrafında serbestçe çevrilebilecek şekilde oluşturulur. Ayar diskinin üzerinde, çıkış borusu ucunun mevsimlere göre bulunması gereken konumlar kayıtlıdır. Günlerin uzun olduğu yaz aylarında suyun yavaş akması için boru ucu

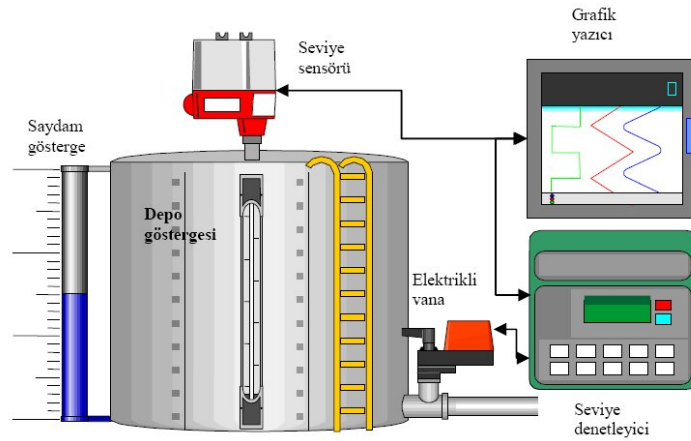


## 1.2 Sıvı Seviye Kontrolü Hakkında Bilgilendirme

### 1.2.1 Sıvı Seviye Ölçümleri Hakkında Genel Bilgilendirme

Tanklar, kuyular, rezervler ve depolarda bulunan sıvıların seviyelerinin ölçülmesi ve kontrol edilmesi endüstriyel uygulamalarda sıklıkla karşılaşılan bir uygulamadır. Çok farklı türde sıvının seviyesi ölçülebilir. Bunlar su gibi akışkan sıvıların yanında daha zor akan sıvılar da olabilir.

Seviye ölçmede değişik algılayıcılar kullanılır. Çünkü sıvılar değişik sıcaklık, değişik basınç veya değişik ortamlarda bulunabilir.



Şekil 1.6 Seviye ölçümüne örnek bir çizim (MEGEP, 2009).

### 1.2.2 Çalışma Prensipleri Açısından Seviye Ölçme Yöntemlerinin İncelenmesi

Seviye kontrolü uygulamalarında, birçok eski ve geleneksel metot hâlen kullanılıyor olmasına rağmen seviye ölçümüne genel bir bakış açısı oluşturmak ve farklı yöntemler olduğunu bilmek de gereklidir. Seviye sensörleri çalışma prensipleri açısından iki ana kategoriye ayrılırlar:

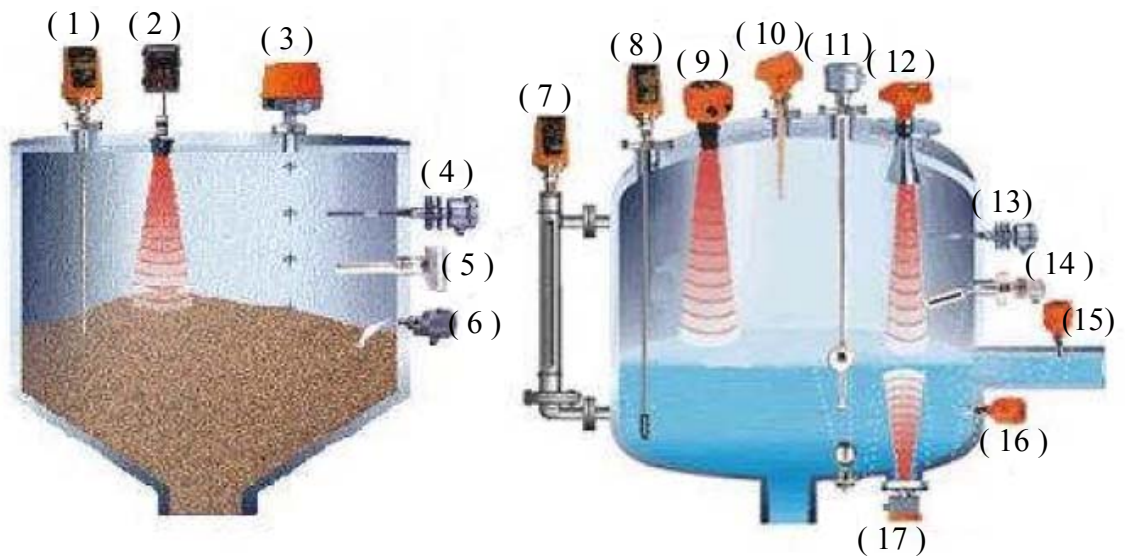
#### 1.2.2.1 Noktasal Seviye Kontrolünde Kullanılan Seviye Şalteri

Seviye şalterleri genellikle temaslı enstrümanlardır ve kabın içerisindeki ürünün belirli bir noktadaki varlığının veya yokluğunun belirlenmesi için kullanılır. Nereye monte edildiklerine bağlı olarak kabın, tankın, deponun dolu, boş veya aradaki bir

seviyede olduğunun sinyalini verirler. Bu tip seviye şalterlerinin bazıları, ultrasonik şalterler, kuru ve katı malzemeler için pedallı seviye şalterleri, kapasitif probalar, iletken probalar, hem sıvı hem katı malzemelerde kullanılan titreşim probaları, yatay veya dikey olarak monte edilen tekli veya çoklu şamandıralı seviye şalterleridir (Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi[MEGEP], 2009).

### 1.2.2.2 Sürekli Tip Seviye Sensörleri

Temaslı veya temassız enstrümanlardır. Temaslı enstrümanların içerisinde, yük hücreleri, hidrostatik basınç sensörleri, kapasite probaları, rölelerin çekilip bırakılması prensibi ile çalışan elektromekanik cihazlar, radar ve manyetostriktif (mıknatıssal büzülme) prensibi ile çalışan cihazlar bulunur. Temassız sürekli seviye sensörleri ise ultrasonik, açık hava radarları, lazerli veya nükleer seviye sensörlerini içermektedir (MEGEP, 2009).



Şekil 1.7 Tablo 1'de görülen sensörlerin kullanım örnekleri (MEGEP, 2009).



Tablo 1.1 Şekil 1.10'da numaralandırılan sensörlerin isimleri (MEGEP, 2009).

1	Dalma Tip Sensörler
2	Ultrasonik Sensörler
3	Kesintisiz Servo Kontrol Sensörleri
4	Kapasitif Sensörler
5	Titreşimli Sensörler
6	Şamandıralı Sensörler
7	By-Pass Tip Sensörler
8	Dalma Tip Şamandıralı Sensörler
9	Ultrasonik Transmitterler
10	2 Kablolü Sensörler
11	Manyetik Şamandıralı Sensörler
12	2 Kablolü Ultrasonik Sensörler
13	Kapasitif Sensörler
14	Paslanmaz Çelik Şamandıralı Sensörler
15	Titreşimli Çatal Tip Sensörler
16	Dip Montajlı Ultrasonik Sensörler
17	Mini Manyetik Sensörler

### *1.2.2.3 Seviye Ölçme Yöntemleri*

Bu noktada seviye ölçüm yöntemlerine detaylı girmek yerine, yöntemlerin kısaca isimlerine değinip, bu çalışmada kullanılan seviye ölçüm yöntemi üzerinde durmak yerinde olacaktır.

#### *1.2.2.3.1. Görüntülü Seviye Ölçme Yöntemleri*

1. Cam Tüp
2. Refleks Camlı Seviye Göstergesi
3. Transparent tip seviye göstergeleri

#### *1.2.2.3.2. Kuvvetle Seviye Ölçme Yöntemleri*

1. Diyaframlı Seviye Ölçümü
2. Kablolü Seviye Şalteri
3. Şamandıralı Seviye Ölçümü

#### *1.2.2.3.3. Basınç Yöntemiyle Seviye Ölçme Yöntemleri*

1. Hidrostatik Basınç Yöntemi
2. Fark Basınç ile Seviye Ölçümü

#### *1.2.2.3.4. Elektriksel Seviye Ölçme Yöntemleri*

1. Isıl Kütle ile Seviye Ölçümü
2. Kapasitif Yöntem ile Seviye Ölçümü
3. İletkenlik Tip Seviye Ölçümü

#### *1.2.2.3.5. Elektromekanik Seviye Ölçme Yöntemleri*

1. Elektromekanik Seviye Ölçüm Cihazı
2. Pedallı Seviye Şalteri (Mekanik Rotor)
3. Titreşim Çubuğuyla Seviye Ölçümü

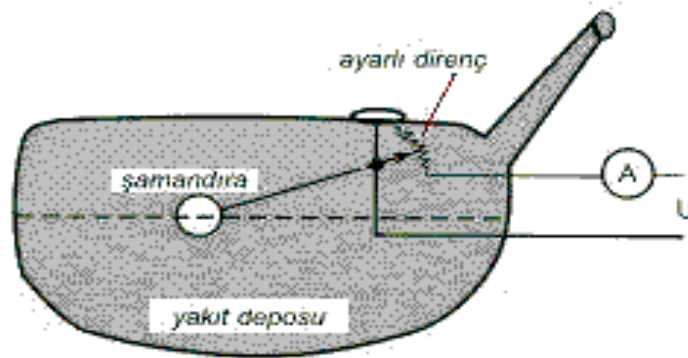
#### *1.2.2.3.6. Temassız Seviye Ölçme Yöntemleri*

1. Ultrasonik Seviye Ölçümü
2. Radar ile seviye Ölçümü

Bu çalışmada temaslı bir ölçüm yöntemi olan ve kuvvetle seviye ölçümü yöntemleri arasında yer alan şamandıra ile seviye ölçümü yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemin alışlagelmiş çalışma prensibini inceledikten sonra bu çalışmada kullanılan yöntemi Bölüm Üç’de yer alan “Projenin Donanımsal Tasarımı” bölümünde detaylı olarak değinilecektir.

### 1.2.3 Şamandıra Metoduyla Seviye Ölçme Yöntemi

Şamandıralı seviye ölçme sistemleri basit bir yapıya sahiptir. Sıvıların kaldırma kuvvetinin prensibini esas alarak çalışırlar. Bu sistemde yüzen bir cisim iki kuvvete maruz kalmaktadır (Katicioğlu ve Sefer, 2005).



Şekil 1.8 Şamandıra yöntemiyle seviye ölçümü (Katicioğlu ve Sefer, 2005).

Bunlar:

Yerçekiminden kaynaklanan aşağı doğru çekim kuvveti ve cismin yüzebilirliğinden kaynaklanan, yer çekimine zıt yönlü kuvvettir. Şekil 1.8’de verilen sistemde taşıtların yakıt depolarının doluluk durumu elektronik yöntemlerle ölçülebilmektedir. Depo doluyken şamandıra yukarı hareket eder ve potun direnci azalır. Azalan direnç pottan daha fazla akım geçirir ve sürücü kabininde bulunan depo göstergesinin (bu aslında ampermetredir) ibresi maksimum değeri gösterir. Depo boşaldıkça şamandıra aşağı doğru iner ve potun değeri büyür. Direnç değeri büyüyen pot; az akım geçirir (Katicioğlu ve Sefer, 2005).

#### Avantajları:

- Çok çeşitli yoğunluklardaki sıvıların seviyelerini ölçme için kullanılabilir,
- Zor şartlardaki uygulamalarda kullanılabilir,
- Tank yüksekliğine bağlı olmadığı için rahat hareket etme olanağı sağlar.

#### Dezavantajları:

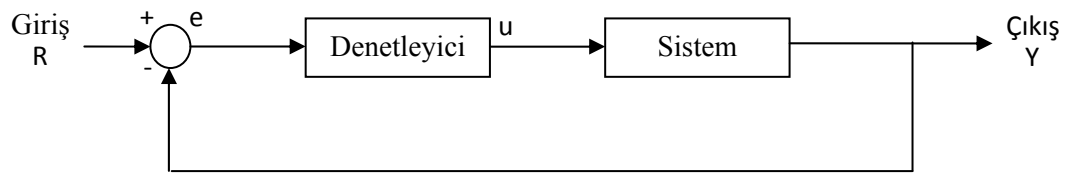
- Hareketli parçaların sıvı içerisinde yer alması yüksek bakım gerektirebilir,

- Limitli basınç dayanımları, olumsuz sonuçlar doğurabilir,
- Türbülanslı sıvılarda hassas ölçüm gerekiyorsa, sağlıklı sonuçlar doğurmayabilir.

### 1.3 PID Kontrol Hakkında Bilgilendirme

Bu bölümde oransal (P), integral (I) ve türev (D) denetleyicilerinin her birinin yapısı ve istenilen çıkış cevabı için nasıl kullanılacakları anlatılacaktır. Denetleyicilerin sistem üzerindeki etkileri bu bölüm içerisinde aşağıdaki birim geri besleme sistemi üzerinde incelenecektir.

PID terimi İngilizce “Proportional” (oransal), “Integral” (integral), “Derivative” (türevsel) sözcüklerinin baş harflerinden oluşmuştur.



Şekil 1.9 Birim Geri Besleme

**Sistem:** Özel bir niceliğin kontrol edildiği tesisat, süreç veya makinadır.

**Denetleyici:** Kontrol edilecek sistem için uygun bir kontrol sinyali sağlar. Tüm sistemin davranışını kontrol etmek için tasarlanır.

#### 1.3.1 PID Denetleyicinin Transfer Fonksiyonu Şeklinde Gösterimi

PID denetleyicinin transfer fonksiyonu aşağıdaki gibidir.

$$K_p + \frac{K_I}{s} + K_D s = \frac{K_D s^2 + K_p s + K_I}{s} \quad (1)$$

$K_p$  = Oransal Kazanç

$K_I$  = İntegral Kazanç

$K_D$  = Türevsel Kazanç

PID denetleyicinin kapalı çevrim sisteminde nasıl çalıştığını görmek için Şekil 1.12'deki blok diyagramı inceleyelim. Giriş değeri (R) ve çıkış değeri (Y) arasındaki farka takip hatası (e) denir. Bu hata sinyali PID denetleyicisine gönderilecektir. Denetleyici bu sinyali belli bir katsayı ile çarpıp türevini ve integralini alacaktır. Denetleyiciden geçen bu sinyal (u) Denklem 2' de gösterilmiştir (Bingül, 2005).

$$u = K_p e + K_I \int e dt + K_D \frac{de}{dt} \quad (2)$$

Denetleyiciden geçen sinyal (u) sisteme yollanacak ve yeni bir çıkış sinyali (Y) elde edilecektir. Bu çıkış sinyali (Y), yeni hata sinyalini bulmak için sensöre tekrar geri gönderilecek ve denetleyici bu yeni sinyalin belli bir katsayı ile çarpıp türevini ve integralini alacaktır (Bingül, 2005).

### 1.3.2 PID Denetleyicinin Özellikleri

**Oransal denetleyici:** Yükseliş zamanının azalmasına etki eder, ancak sürekli rejim hatasını ortadan kaldırma da asla etkili değildir.

**İntegral denetleyici:** Sistemin sürekli rejim hatasını ortadan kaldırır, fakat geçici rejim cevabını kötüleştirir.

**Türevsel denetleyici:** Sistemin kararlılığının artmasını etkiler, aşımı(overshoot) azaltır ve geçici rejim cevabını iyileştirir.

Tablo 1.2 Kapalı çevrim sisteminde denetleyicilerin etkileri (Bingül, 2005).

	Kapalı Çevrim Cevabı	Yükseliş Zamanı	Aşım	Yerleşim Zamanı	Sürekli Rejim Hatası
<b>Oransal Denetleyici</b>	$K_p$	Azalır	Artar	Küçük Oranda Değişir	Azalır
<b>İntegral Denetleyici</b>	$K_I$	Azalır	Artar	Artar	Elenir
<b>Türevsel Denetleyici</b>	$K_D$	Küçük Oranda Değişir	Azalır	Azalır	Küçük Oranda Değişir

$K_p, K_I$  ve  $K_D$  etkileri birbirlerine bağılı olmadığı için bu ilişkiler her zaman doğru olmayabilir. Gerçekte ise bu etkilerden birinin değişmesi diğer ikisinin etkisini değiştirecektir. Bu sebeple  $K_p, K_I$  ve  $K_D$  değerlerini belirlerken, Tablo 1.2 referans olarak kullanılacaktır (Bingül, 2005).

Denetleyicilerin etkilerinin (oransal, integral, türevsel) bir veya birkaçının bir arada uygun şekilde kullanılmasıyla değişik denetim etkilerinde çalışan denetleyiciler oluşturulabilir. Bölüm İki 'deki "Metodoloji" bölümünde yer alan PID denetleyicisinin denetim etkilerinin bir sistem üzerindeki etkileri ayrıntılı olarak anlatılacaktır.

## **1.4 SCADA Tanımı ve Gerekliği**

### **1.4.1 Giriş**

Gelişen teknolojiyle birlikte, günümüz insanı da değişmekte ve bu teknolojiye ayak uydurmaktadır. İşte bu teknolojilerden birisi de sistemlerin otomatik kontrolünü sağlayan SCADA sistemleridir. Bu sistemler günümüzde endüstrinin her dalında ve bina otomasyonunda kullanılabilme özelliklerinden dolayı, büyük ve önemli tesislerin hemen hepsinde bulunmaktadır.

### **1.4.2 SCADA Sisteminin İncelenmesi**

Literatürde "Supervisory Control and Data Acquisition" olarak ifade edilen "SCADA", dilimize "Danışmalı Kontrol ve Veri Toplama Sistemi" olarak çevrilebilir. SCADA sistemi otomasyon sistemleri tarafından kullanılmak üzere tasarlanmış bir gerçek zamanda ( Real Time' da) gözetleme, çok işlevli merkezi denetim ve bilgi toplama sistemidir. Şekil 1.10'de sistemin kontrol edildiği örnek bir SCADA merkezi görülmektedir.

SCADA sistemi, grafik kullanıcı ara yüzleri, yerel denetim desteği sağlayan araçlar, dağıtılmış uygulamaların entegrasyonu ile bilginin işlenmesi görevini

üstlenir. SCADA işletme genelinde herkese, her yerde her zaman kâğıt kullanmadan gerçek zamanlı, doğru ve detaylı bilgi sağlamakla görevlidir. SCADA Sistemlerinin; İzleme, Kontrol İşlevleri, Veri Toplama, Verilerin Kaydı ve Saklanması gibi işlevleri mevcuttur.



Şekil 1.10 Örnek bir SCADA kontrol merkezi (Yapar ve Tümer, b.t).

SCADA sistemi ile ilgili detaylı bilgiler Metodoloji bölümünde yer alan **2.3 SCADA Sisteminin Çalışma Mantığı** kısmında aktarılacaktır.

## **1.5 Kontrol Sisteminin Tasarlanması Süreci ve Problemin Tanımlanması**

### **1.5.1 Süreç Tasarımı**

Mühendislik tasarımının çok daha etkin olması için gerekli en temel yaklaşım, parametrik analiz ve optimizasyondur. Parametrik analiz;

1. Temel parametrenin belirlenmesi,
2. Sistem kurulumunun yapılması,
3. Hangi kurulumun ihtiyaçlara en iyi cevap verdiğinin değerlendirilmesi kurallarına bağlıdır.

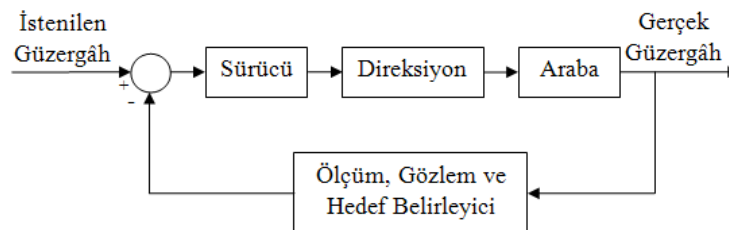
Bu üç aşamalı yol, yinelemeli bir döngü yapıdadır. Bir kere temel parametre belirlendikten ve sistem kurulduktan sonra tasarımcı parametreyi optimize edebilir.

### 1.5.2 Kontrol Sistem Tasarımı

Kontrol sistemlerinin tasarımı mühendislik tasarımının özel bir örneği olarak algılanabilir. Tekrar etmek gerekirse, kontrol sistemi tasarımında da temel istenen, ihtiyacımız olan sistemin temel parametre özelliklerini, tanımlamaları ve kuruluşunu gerçekleştirmektir (Songüler, 2006).

Buradaki ilk adımımız bu tasarımı gerçekleştirmek için; sistem hedeflerini çok iyi bir şekilde tanımlamak ve anlamak olacaktır. Örnek vermek gerekirse, bizim temel hedefimiz motor hızını istenilen kesinlikte kontrol etmek olabilir. Motorun hızının kontrol edilmesinde amaçlanan pompa debisini arttırmak ya da azaltmaktır. İkinci aşama ise; kontrol edilmek istenilen sistemin değişkenlerini (motorun hızı) tanımlamak olacaktır. Üçüncü aşama; istediğimiz özellikleri ne kadar doğruluğa ulaşmak istendiğini yazmaktır. Kontrolde ki bu istenilen doğruluk oranı, kontrol edilmek istenilen değişkenlerin ölçümünde kullanılacak olan algılayıcıların seçiminde büyük rol oynayacaktır (Songüler, 2006).

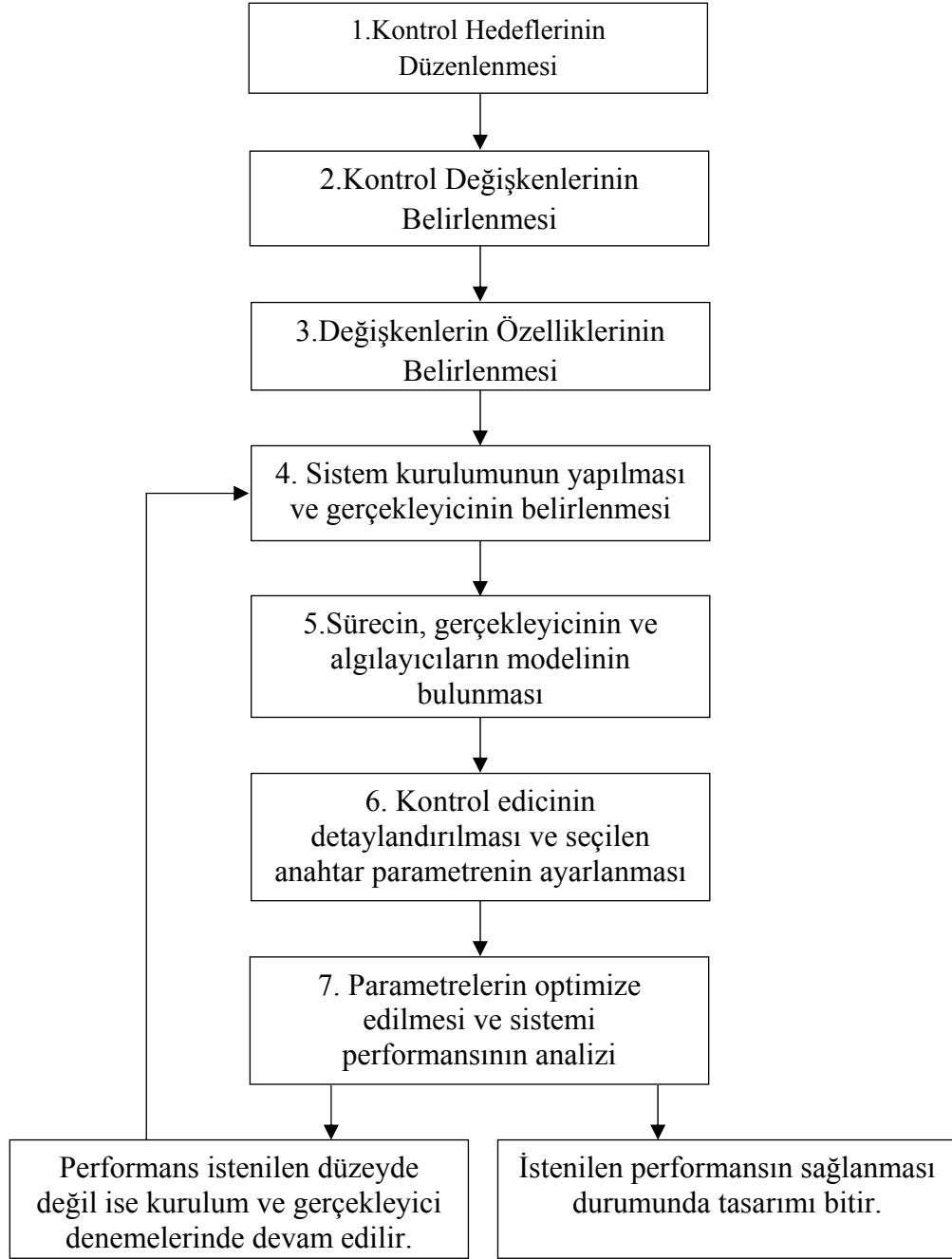
Tasarımcılar gibi, bizlerin de bir sistem kurarken ilk yaptığımız, istenilen kontrol performans sonuçlarının nasıl alınacağını bulmaktır. Bu sistemin yapısı; Şekil 1.11’de de görüldüğü gibi doğal olarak algılayıcılardan oluşacaktır, basınç altındaki bir süreç, bir gerçekleyici, bir kontrol ediciden oluşacaktır. Bir sonraki aşama gerçekleyici için bir aday belirlemek olacaktır. Örnek olarak; dönen bir tekerin hızını kontrol etmek istiyorsak, motoru bir gerçekleyici olarak seçmeliyiz. Bu durumda algılayıcı, doğru olarak hızı ölçebilecek bir yapıda olmalıdır. Bundan sonra sistemin gerçekçi bir modelini ortaya koyabiliriz.



Şekil 1.11 Örnek geri beslemeli sistem



Daha sonraki aşama sistem için, toplamsal yükseltici ve istenilen değer ile gerçek değeri karşılaştırıcı ve bunu hata sinyali olarak gönderecek elemanlar içeren bir kontrol edici seçmek olacaktır (Songüler, 2006).



Şekil 1.12- Kontrol sistem tasarımı akış şeması (Songüler, 2006).

Tasarım sürecinin son aşaması ise, sistemin istenilen performansı yakalayana kadar değişken parametreleri ayarlamaktır. Eğer parametrelerin değişimi ile istenilen

performansı yakalamışsak artık bizim için tasarım süreci tamamlanmıştır ve bundan sonra elde edilen sonuçlarının yazılmasıdır. Aksi takdirde istenilen performans elde edilememiş ise, yeni bir geliştirilmiş sistem kurulumu ve muhtemelen yeni gerçekleyici ve algılayıcılar seçmek gerekecektir. Daha sonra geri kalan süreç istenilen özellikleri ve performansı sağlayana kadar tekrar edilecektir. Bu kontrol sistemi tasarımı Şekil 1.12' de özetlenmiştir (Songüler, 2006).

### ***1.5.3 Problemin Tanımlanması***

Bu çalışmada amaçlanan: Bir kaptaki akışkanın seviyesinin nasıl kontrol edilebileceğinin ve kontrol parametrelerinin nasıl hesaplanacağını anlamasıdır.

Kontrol uygulamalarında en çok PID tipinde lineer kontrolcüler kullanılır. Bu tür kontrolcülerde oransal (P), integral (I) ve türevsel(D) işlemler, kontrol edilen sistemin yapısına ve sistemden beklenen performans özelliklerine göre P, PI, PD veya PID biçiminde uygun kombinasyonlar halinde kullanılır. Bu çalışmada amaçlanan açık bir tanktaki su seviyesini PID kontrolcü kullanarak kontrol etmektir. Çalışma sırasında çeşitli kontrol işlemlerinin sistem performansını nasıl etkilediği ve her bir kontrol işleminin ne gibi fayda ve sakıncaları olduğu görülecek, teorik bilgiler ışığında sistemin performansını iyileştirici çalışmalar yapılacaktır.

## **BÖLÜM İKİ**

### **METODOLOJİ**

#### **2.1 Enerji Verimliliği Sağlama ve Pompalarda Hız Kontrolünün Gerekliliği**

Artan enerji maliyetleri ve giderek azalmakta olan doğal enerji kaynakları, başta gelişmiş ülkelerdeki kullanıcılar olmak üzere tüm bilinçli işletmeleri enerji tasarrufu yapmaya zorlamaktadır.

Özellikle küresel ekonomideki kararsız yapı her ülkeyi, ekonomik yapısına bağlı olarak etkileyebilmektedir. Bu anlamda ülkeler ekonomik yapılarını sürekli gözden geçirmekte ve kaynaklarını verimli kullanarak her türlü tasarruf tedbirini almak durumunda kalmaktadır. Ülkemizin de küreselleşen ekonomide sağlıklı bir şekilde ayakta kalabilmesi için menfaatine olacak bu tedbirleri önceden alarak adımları süratli bir şekilde atması gerekmektedir. Bu gibi tedbirler ülkemizin dışa bağımlılığını azaltacağı için hareket kabiliyetini arttıracaktır.

Türkiye’de 2006 yılında tüketilen enerji 153 milyar kWh olarak açıklanmıştır. Bunun içinde, 68 milyar kWh’lik kısım sanayide tüketilmiştir. Sanayide tüketilen enerjinin %70’i ise elektrik motorlarında harcandığı düşünüldüğünde, enerji tasarrufu anlamında elektrik motorlarının taşıdığı önem ortaya çıkmaktadır (Siemens San.Tic.A.Ş., b.t).

Enerji tasarruf yöntemlerini iki’ye ayırabiliriz:

1. Yüksek verimli motor kullanılması ile enerji tasarrufu,
2. Devir hızı ayarı ile enerji tasarrufu,

##### **2.1.1 Yüksek Verimli Motor Kullanılması ile Enerji Tasarrufu**

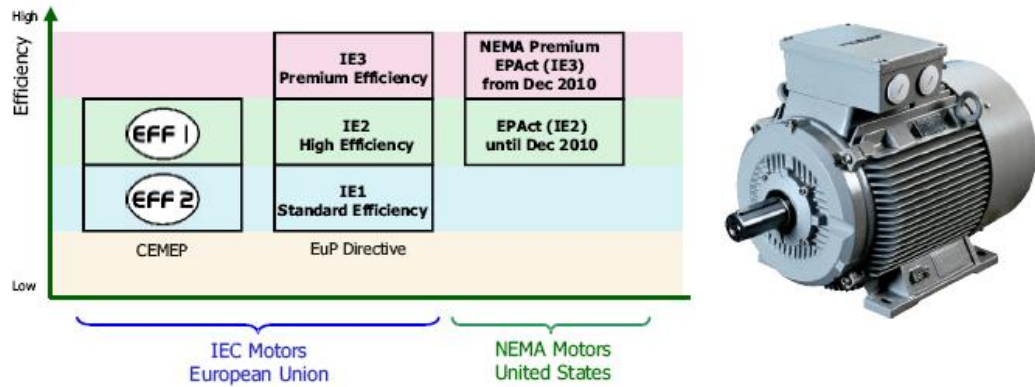
Standart bir motorun toplam çalışma süresi boyunca hesaplanan masraflarının %95 - %97’sini enerji giderleri oluşturmaktadır. İlk alım maliyeti ise %3’ten az bir oranı oluşturmaktadır. Burada görülmektedir ki elektrik motoru seçiminde asıl önem

verilmesi gereken konu motorun verim değeridir. Bu konuda yol gösterecek olan verim sınıfları yetkili kurumlar tarafından tanımlanmıştır. CEMEP'in (Avrupa Elektrik Makineleri ve Güç Elektroniği İmalatçıları Komitesi) motor sınıflandırması Şekil 2.1'de gösterilmiştir (Siemens San.Tic.A.Ş., b.t).

IE1 = Standart Verim (Eski standarda göre EFF2)

IE2 = Yüksek Verim (Eski standarda göre EFF1)

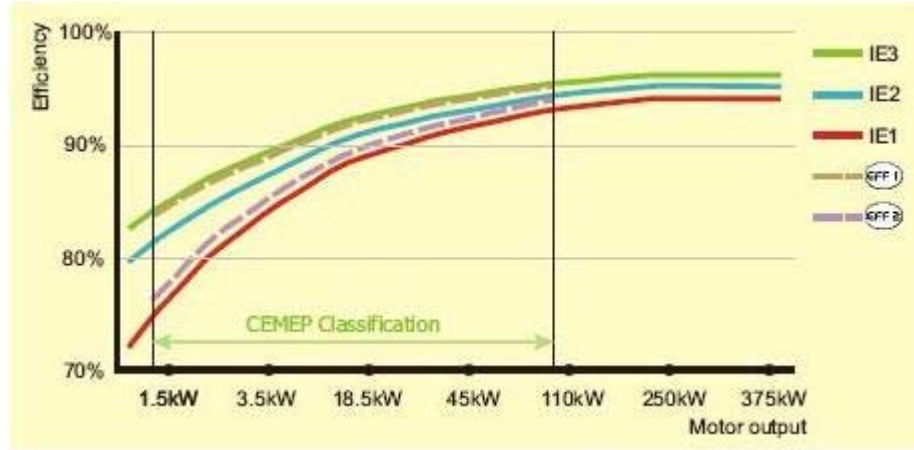
IE3 = Premium Verim



Şekil 2.1 Motor verimliliği sınıflandırması (Siemens San.Tic.A.Ş., b.t).

Bunların dışında kalan daha düşük verimli motorlar ise EFF 3 olarak adlandırılmaktadır. EFF 1 yüksek verimli motorların kullanımı dünyada birçok ülkede çeşitli teşviklerle desteklenmekte, bazı ülkelerde ise düşük verimli ürünlerin kullanımı ve piyasaya arzı yasaklanmaktadır (Siemens San.Tic.A.Ş., b.t).

Örneğin; Çin'de ve İsrail'de düşük verimli motor kullanımı yasaklanmıştır. Amerika'da ise yüksek verimli motorların ötesinde bir üst grup olan premium sınıf ürünlerin kullanımı için hazırlık yapılmaktadır. Benzer çalışmalar Avrupa Birliği'nde de mevcuttur. 2011 yılında IE1 motorlarının satışı yasaklanırken, 2015'ten sonra IE2 sınıfı motorların kullanımına sadece frekans konvertörüyle birlikte çalıştırılmak koşuluna bağlı olarak izin verilecektir. 2017 yılından sonra IE3 sınıfı motorların satışı başlaması planlanmaktadır. Böylelikle düşük verimli motorların kullanımının en aza indirilmesi sağlanmış olacaktır. Şekil 2.2'de CEMEP'e göre motor verimlilik sınıflarına göre hazırlanmış grafik görülmektedir (Siemens San.Tic.A.Ş., b.t).



Şekil 2.2 Motor verimlilik sınıflarını gösteren grafik (Siemens San.Tic.A.Ş., b.t).

Günümüzde CEMEP üyesi ülkelerde EFF 3 olarak adlandırılan düşük verimli motorların kullanımını %8 oranında iken, Elektrik İşleri Etüt İdaresi'nin yaptığı araştırmaya göre Türkiye'de %60-%70 oranında düşük verimli motor kullanımı olduğu açıklanmıştır. Bu da gösteriyor ki, gelişmiş ülkelerin yaptığı çalışmaların bir benzerinin, ivedilikle ülkemizde de uygulanması gerekmektedir (Siemens San.Tic.A.Ş., b.t).

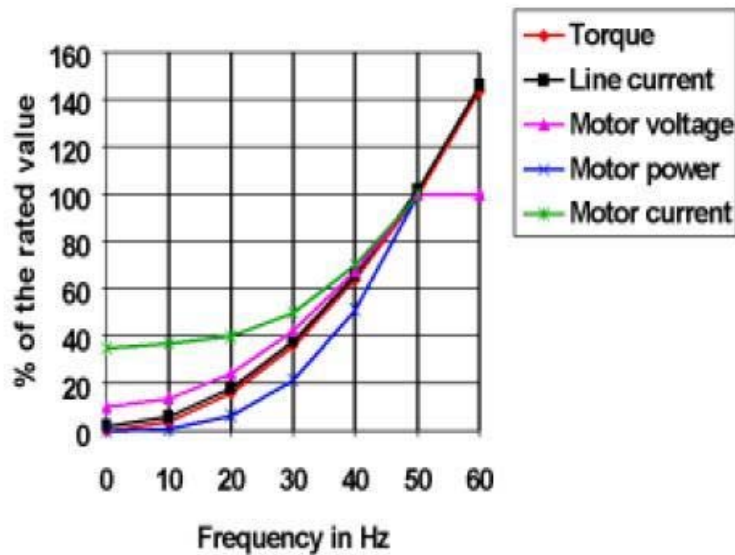
Sanayide kullanılan elektrik motoru kullanımının %90'ı sincap kafesli asenkron motorlar üzerinde tüketilmektedir. Bu da 43 milyar kWh'e tekabül etmektedir. EFF1 yani yüksek verimli motorlar kullanarak bu 43 milyar kWh' in %5-%15 arası tasarruf yapılabileceği öngörülmektedir. Bu oran yaklaşık 4,3 milyar kWh, yani enerji maliyeti olarak 500 milyon TL gibi bir tasarruf potansiyeli olduğunu ortaya koymaktadır (Siemens San.Tic.A.Ş., b.t).

### 2.1.2 Hız Kontrol Cihazı Kullanılması ile Enerji Tasarrufu

Her ne kadar verimli motor kullanırmak ve piyasadaki verimsiz motorların kullanımını yasaklamak bir çözüm olarak görünse de sonuçta bütünsel bir çözüm sağlamak için yeterli değildir. Bu bağlamda piyasada kullanılan mevcut motorların verimini arttıracak ve daha az maliyetle bu sorunun üstesinden gelecek önerileri de ortaya koymak gerekir. Avrupa Birliği'nin 2015'ten sonra IE2 sınıfı motorların kullanımına sadece frekans konvertörüyle birlikte çalıştırılmak koşuluyla izin

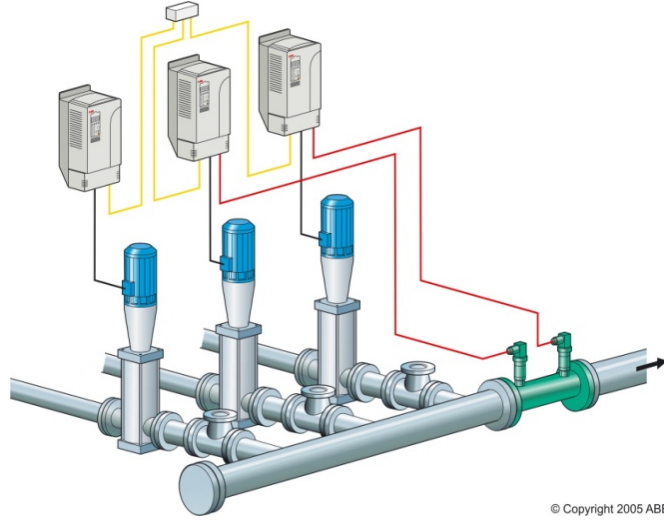
vermesi bu düşünceyi destekleyen bir çalışma olması açısından önemlidir.

Türkiye’de sincap kafesli AC motorlar üzerinde harcanan 43 milyar kWh’lik enerjinin yaklaşık %70’ i sanayide fan ve pompa uygulamalarında tüketilmektedir. Bu rakam fan ve pompa uygulamalarının 30 milyar kWh’lik bir enerji tüketimi olduğunu göstermektedir. Bu uygulamalarda tüketilen enerjinin yaklaşık %20-%27’sinin kayıp olduğu öngörülmektedir. Bu kayıp azaltılırsa bu 30 milyar kWh’in, yaklaşık 15 milyar kWh’lik kısmı geri kazanılabilir. Ayrıca çevreye verilen zararı azaltma anlamında da 9 milyon ton karbondioksit emisyonunu önlemek mümkündür (Siemens San.Tic.A.Ş., b.t).



Şekil 2.3 Motor frekans eğrileri grafiği (Siemens San.Tic.A.Ş., b.t).

Hız kontrol cihazıyla enerji tasarrufu yapmak, en çok karesel tork karakteristiğindeki yük tiplerinde mümkündür. Bunlar genellikle fan, pompa ve turbo kompresör uygulamalarıdır. Örneğin pompalarda genelde uygulanan yöntem, motoru sabit devirde çalıştırmaya devam edip aynı gücü şebekeden çekerek, suyu vanayla kısmak veya by-pass yapmaktır. Bunun yerine hız kontrol cihazı kullanımı ile motorun hızı düşürülerek akış ayarı yapılması tavsiye edilmektedir (Siemens San.Tic.A.Ş., b.t).



Şekil 2.4 Hız kontrol cihazı ve bağlantı düzeni (ABB,2005)

Fan ve pompa yükü değişken moment yüküne sahiptir. Konvansiyonel sistemler arasında, örneğin bir fan uygulamasında, çoğu zaman basınç ya da debi gibi bir sistem parametresinin kontrolü istenir. Klasik yöntemlerde yapılacak iş; bir motoru şebekeden beslemek ve fanı nominal hızında tahrik etmektir. Basıncın ya da debinin ayarlanması için hava akış yoluna konacak bir panjur, bir damper, bir by-pass dönüşü vb. akışa karşı direnç gösteren bir elemanın açıklık kapalılık oranını değiştirerek kontrol yapılmaya çalışılır.

Konuyu daha detaylı açıklayabilmek için akışkan içinde hareket eden cisimlerin tipik hız / moment karakteristiğini incelemek gereklidir. Fan ve pompa yükleri tipik değişken moment yükleridir ve hızın karesiyle orantılı yükün moment talebi vardır.

$$M \sim w^2$$

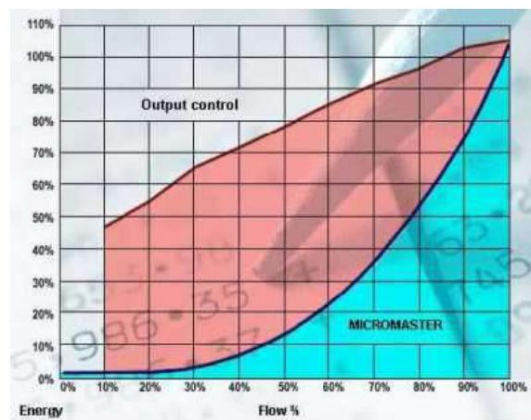
Güç ise hız ile momentin çarpımıdır;

$$P = M \times w$$

- P : Güç (Watt)
- M : Moment (N.m)
- w : Hız (rad/s)

Konvansiyel sistemlerde hız sabittir, çünkü tahrik elemanı olarak kullanılan AC asenkron motor sabit frekansla, şebeke frekansı ile beslenmektedir ve hızı yük değişimlerinden etkilenen kayma faktörü de ihmal edilirse sabit düşünülür. Debiyi düşürmek için panjur, klape, by-pass vb. kullanılan konvansiyonel sistemler yerine doğrudan fanın veya pompanın devrini düşürerek kontrol etmek, bu yük karakteristiği de düşünüldüğünde göz ardı edilemez bir enerji tasarrufu konusunu gündeme getirmektedir. Bunun için basit bir örnek düşünelim ve havalar biraz daha soğuduğu için soğuk hava üfleyen fanın devrini yarıya indirmek gerektiğini varsayalım. Hız 0,5 kat düşerse karesel orantıdan dolayı moment 0,25 katına iner. Hız ile momentin çarpımı ise gücü verir demiştik; şebekeden çekilecek güç de  $0,5 \times 0,25 = \%12,5'$  sine inecektir. 100W'lık fanın yarı devrinde neredeyse şebekeden çektiği gücün 12,5W'lara düşeceğini hesaplamış bulunuyoruz. Elbette ki sistem verimi, kayıplar vb. etkenlerden dolayı bu değer tam olarak %12,5 olmayabilir ancak tam devirdeki %100 kapasite gücüne göre de göz ardı edilemeyecek boyutlarda enerji tasarrufu sinyallerini net olarak verir (Siemens San.Tic.A.Ş., b.t).

Şekil 2.5'de bir fanın çıkış kontrollü olarak (panjur, damper vb.) çalıştırılması ile fanın hız kontrol cihazı kullanarak devir ayarı yöntemiyle süreç değişkeninin kontrolü arasındaki fark grafiksel olarak gösterilmiştir. Örneğin %50 debiyi fan çıkışının bir panjur ile kapatılması halinde şebekeden çekilen güç ile hız kontrol cihazı kullanıldığında şebekeden çekilen güç arasındaki fark net bir şekilde görülmektedir ve doğrudan enerji tasarrufu hesabının bir parametresidir (Siemens San.Tic.A.Ş., b.t).



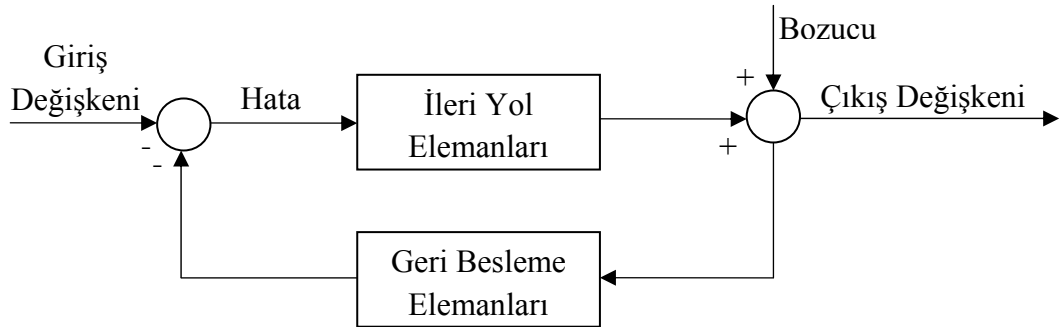
Şekil 2.5 Motor frekans eğrileri grafiği  
(Siemens San.Tic.A.Ş., b.t).



## 2.2 Hız Kontrol Cihazıyla PID Denetleyicisinin Parametre Ayarlama Mantığı

Bu bölümde çalışma esnasında sistemde kullanılacak olan motor sürücü ile kontrolü sağlayacak denetleyicinin ayarlaması ve istenen çalışma koşullarına ulaşmak için izlenecek yolların mantığı kavranmaya çalışılacaktır. İlerleyen bölümlerde çalışma sırasında yapılan ayarlamalar detaylı olarak sunulacaktır.

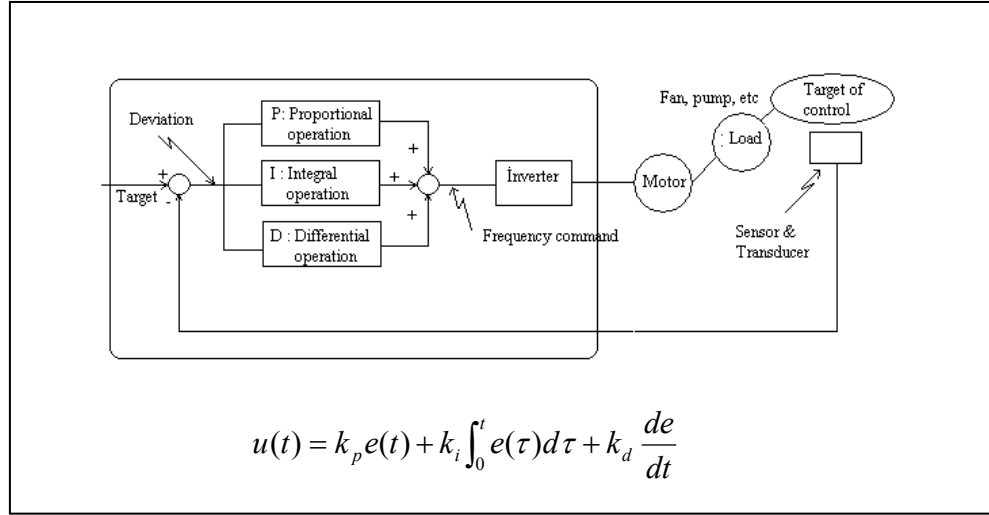
**Referans Değer (Sinyal):** Bir otomatik kontrol devresinde kontrol elemanı(regülatör), kontrol edilmesi istenen sistem veya prostedeki fiziksel büyüklüğün(veya büyüklüklerin) istenen şartlarda veya değerlerde tutulması görevini yerine getirir. Kontrol elemanının girdisini, referans değerle ölçülen değer farkı olan hata sinyali, çıktısını ise bir kumanda (eyleyiciyi) organını harekete geçiren kumanda sinyali oluşturur. Referans değer sadece dijital operatör üzerinden değil aynı zamanda, motor sürücünün özelliğine bağlı olarak analog sinyal üzerinden gelen bilgiye göre (0-10V veya 4-20 mA) olarak da verilir (Uyar, 2004).



Şekil 2.6 Kapalı Devre Kontrol Sistemi Elemanları

**Geri Besleme Sinyali (Feedback Sinyal):** Sisteme etki eden bozucu girdileri en aza indirgeyebilmek ve sistem girdisi ile çıktısı arasındaki ilişkiyi sürekli kılmak gayesiyle kontrol devrelerinde Şekil 2.6'da görüldüğü gibi geri besleme döngüleri uygulanmaktadır. Bu döngü sayesinde istenen; belli bir çıktıyı elde etmek için referans olarak verilen değerle geri beslenen çıktı değeri karşılaştırılarak oluşturulan hata, gerekli düzeltmenin yapılmasını sağlar. Geri besleme sayesinde devrelerdeki lineer olmayan elemanların veya non-lineerliklerin etkileri yumuşatılır, yani bu etkilere lineerleşme yönünde katkı sağlanır.

**PID Kontrol'ün Sağlanması:** PID kontrol; sıcaklık, basınç, su akışı ve hava akışının kontrolü gibi geniş bir alanda kullanılır. Referans değer ile geri besleme ile alınan değer arasındaki sapmaya göre PID hesaplaması temel alınarak motor sürücünün çıkış frekansı kontrol edilir. Bu kontrol blok diyagramı Şekil 2.7'de gösterildiği gibi olacaktır (Abc Enser Otomasyon, b.t).



Şekil 2.7 Motor çıkış frekansının düzeltilmesi (Abc Enser Otomasyon, b.t).

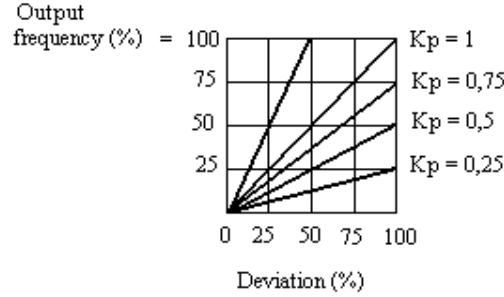
Referans değeri ve geri besleme sinyalini set ederek, PID kontrolü yapılmaktadır. Bir fan uygulaması için hava akış kontrol devresinin bağlantı şeması yukarıda verilmiştir.

### 2.2.1 Oransal Kontrol (P)

Bu kontrol şeklinde çıkış frekansı kontrol edildiği için çıkış ve sapma arasında oransal bir bağ vardır. Sapma katsayısı ve çıkış frekansı (% olarak açıklanmış) arasındaki bağıntı Oransal Kazanç ( Proportional Gain )( $K_p$ ) olarak adlandırılır (Abc Enser Otomasyon, b.t).

Şekil 2.8 'de bize sapma ile çıkış frekansı arasındaki ilişki gösterilmektedir. Eğer  $K_p$  değerine yüksek bir değer girilir ise, sapmanın hızlı değişimleri için cevap hızlı olacaktır, ama  $K_p$  değeri aşırı yüksek olursa sistem kararsız olacaktır. Çıkış

frekansının 100%'ü maksimum çıkış frekansına eşittir. ( $K_P, K_I, K_D$ ) (Abc Enser Otomasyon, b.t).



Şekil 2.8 Sapma ile çıkış frekansı arası ilişki  
(Abc Enser Otomasyon, b.t).

### 2.2.2 Integral Kontrol (I)

Bu çıkış frekansını sapmanın integralini alarak düzelteren bir kontrol şeklidir. Oransal ayarlanmasında, büyük sapmalar büyük çıkış frekans ayarını, küçük sapmalar daha küçük frekans ayarına neden olacaktır. Buna rağmen sapmayı sıfır yapamayız. Integral performansı bu problemi kompanze edecektir. Çıkış frekansının integral olarak düzeltilmesi sapmaların geçen zamana göre hesaplanmasıyla ortaya çıkar. Sonuç olarak sapma sıfırdır (Abc Enser Otomasyon, b.t).

### 2.2.3 Türevsel Kontrol (D)

Bu kontrolde sapmanın farklılaşmasıyla (differentiating) çıkış frekansının düzeltilmesi şeklinde bir kontroldür. P oransal kontrolde sapmanın gerçek değeri temel alınarak, integral kontrolde sapmanın bir önceki değeri temel alındığından dolayı daima bir gecikme ile bir kontrol yapılacaktır. Türevsel kontrol bu problemi kompanze edecektir. Geçen zamana karşı sapma oranındaki değişime göre çıkış frekansı düzeltilir. Bu nedenden dolayı, türevsel kontrolde sapmada herhangi bir değişiklik olduğu zaman çıkış frekansı hızlı bir şekilde  $K_D$  ile düzeltilir (Abc Enser Otomasyon, b.t).

Bu parametreleri optimize etmek için günümüzde halen çok sık kullanılan Ziegler-Nichols metodunu incelemek faydalı olacaktır.

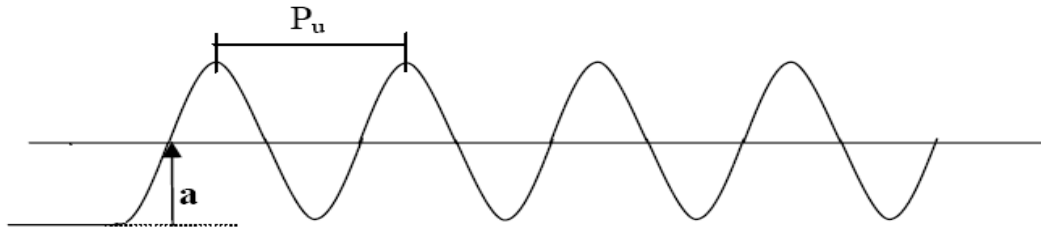
### 2.2.4 Ziegler-Nichols Tasarım Metodu

Sistemin istenilen şekilde çalışabilmesi için PID parametrelerinin ayarlanması gerekmektedir. Bunun için çeşitli yöntemler uygulanmaktadır: Elle ayarlama veya parametrelerin hesaplanması (Ziegler-Nichols metodu).

J.G. ZIEGLER VE N.B. NICHOLS'ün 1942 yılında yayınladıkları "Optimum Settings for Automatic Controllers" adlı makale ile sundukları PID kontrolörler için tasarım metotları günümüzde halen en çok kabul gören ve kullanılan tasarım metodu olma özelliğini taşımaktadır. (Songüler, 2006). Açık ve kapalı çevrim için iki farklı yöntem ortaya koyan bu çalışmanın, yapılan çalışmanın kapalı bir çevrime sahip olmasından dolayı yalnızca kapalı çevrimler için uygulanan yöntemi incelenecektir.

Kapalı çevrim Ziegler-Nichols metodu ile sistemin cevap eğrisinin osilasyona girmesi sağlanır. Şekil 2.9'da sistem çıkışının a noktasına geldiği noktadaki kazanç değeri osilasyon kazancı( $K_u$ ) olarak ifade edilir ve osilasyon periyodu( $P_u$ ) ile kullanılarak gerekli PID katsayıları Tablo 2.1'deki formüller kullanılarak hesaplanabilir (Coşkun ve Terzioğlu, 2007).

Bir örnekle açıklayacak olursak: Örneğin PID kontrolörün  $K_I, K_D$  katsayıları parametre ayarlamasına başlarken "0" yapılır.  $K_p$ ; sistem osilasyona gidene kadar yavaş yavaş artırılır. Sistemin osilasyona gittiği andaki  $K_p$  değerine  $K_u$ , osilasyon frekansına  $P_u$  adı verilir. Ziegler- Nichols metodu sonucu elde edilen Tablo 2.1'e göre  $K_I, K_D$  katsayıları belirlenmiş olur.



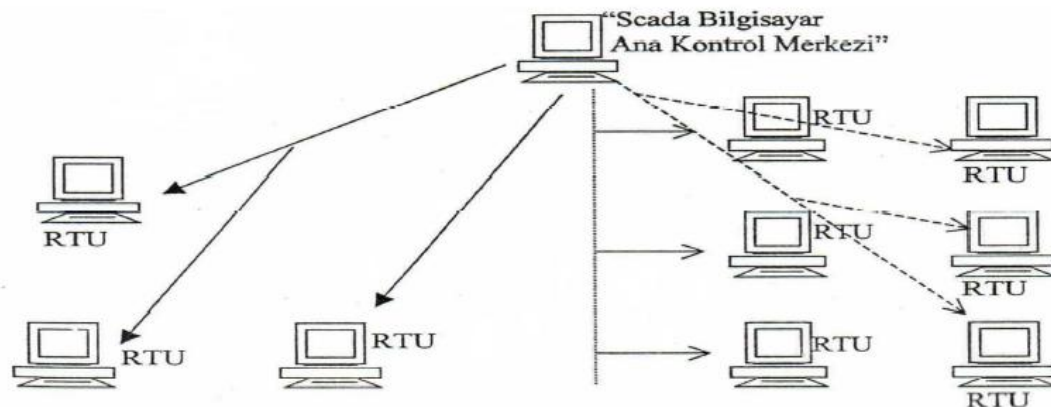
Şekil-2.9 Kapalı çevrim Ziegler – Nichols metoduna ait çıkış işareti (Coşkun ve Terzioğlu, 2007).

Tablo 2.1 Kapalı çevrim Ziegler – Nichols metodu için parametrelerin hesaplanması (Coşkun ve Terzioğlu, 2007).

Kontrolör	$K_p$	$K_i$	$K_d$
<b>P</b>	$K_u / 2$	-	-
<b>PI</b>	$K_u / 2.2$	$P_u / 1.2$	-
<b>PID</b>	$K_u / 1.7$	$P_u / 2$	$P_u / 8$

### 2.3 SCADA Sisteminin Çalışma Mantığı

Literatürde "Supervisory Control and Data Acquisition" olarak ifade edilen "SCADA", otomasyon sistemleri tarafından kullanılmak üzere tasarlanmış bir gerçek zamanda ( Real Time'da) gözetleme, çok işlevli merkezi denetim ve bilgi toplama sistemidir. Aşağıda bu sistem temsili olarak gösterilmiştir. (Scada Sisteminin Genel Yapısı, b.t).



Şekil 2.10 SCADA sistem yapısı (Scada Sisteminin Genel Yapısı, b.t).

SCADA sistemlerinin dört ana bileşeni vardır:

1. Uzak Terminal Birimi ( Remote Terminal Unit ) ( RTU )
2. Ana Terminal Birimi ( Master Terminal Unit ) ( MTU )
3. İletişim Sistemi
4. Kontrol Üniteleri

### **2.3.1 Uzak Terminal Birimi ( RTU )**

SCADA sistemi içerisinde yerel ölçüm ve kumanda noktaları oluşturan RTU'lar birbirine bağlanabilen çeşitli cihazlara, kesicilere ve ayırıcılara kumanda edebilir. RTU yardımıyla merkezi kumanda ve izlemeyi sağlamak için RTU'lar, ölçüm sonuçları ile çalışma durumlarını merkeze ileterek merkezden gelen komutlar doğrultusunda işlemleri gerçekleştirir.

RTU'nun görevi sadece ölçüm yapmak ve komut uygulamak değil ölçüm sonuçlarının belli sınırlar içinde olup olmadığını denetleyerek aykırı ya da alarm durumlarını merkeze bildirir.

### **2.3.2 Ana Terminal Birimi ( MTU )**

SCADA sisteminde geniş bir alana yayılmış RTU'ların koordineli bir şekilde çalışması, RTU'lardan gelen bilgilerin yorumlanması kullanıcılara sunulması ayrıca kullanıcıların isteklerini RTU'lara ileterek merkezi kumandanın sağlanması işlevlerini SCADA sisteminde ana terminal birimi (MTU) yerine getirir (Scada Sisteminin Genel Yapısı, b.t).

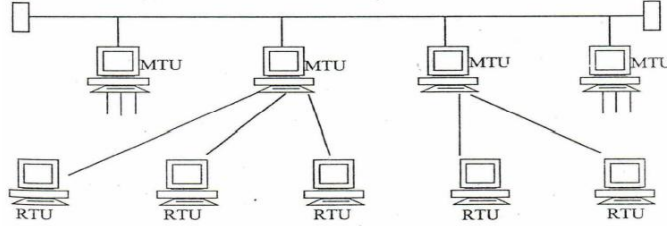
Merkezi bilgisayarlar RTU'lardan periyodik olarak gelen verileri, sistem üzerinden alınan ikazları, istenilen bilgileri düzenli olarak saklar. Merkezi yazılım bu bilgileri değerlendirerek kontrol eder. Merkezi sistemde, denetlenen sistemin akış diyagramının ekran üzerinde görüntülenmesi sağlanır.

### **2.3.3 İletişim Sistemi**

SCADA sistemlerinde hangi tür iletişim yol yapılarının kullanılacağı büyük oranda denetlenecek sürece bağlıdır. Bu bağlantı türleri fiziksel bağlantı biçimine ve ağ bileşenlerinin coğrafi konumuna göre yerel (LAN: Local Area Network) ve geniş alan ağları (WAN: Wide Area Network) olarak sınıflandırılır (Scada Sisteminin Genel Yapısı, b.t).

### 2.3.3.1 SCADA Sistemlerinde Kullanılan İletişim Teknikleri

SCADA sistemlerinde ana terminal ile uzak terminal arası haberleşmede iletişim ortamları taşıyan veri üzerinde olumsuz etkiler gösterir ki bunlar iletilen sinyalin bozulmasına neden olabilir. Bu sebeple veri sinyallerinin mümkün olduğunca az

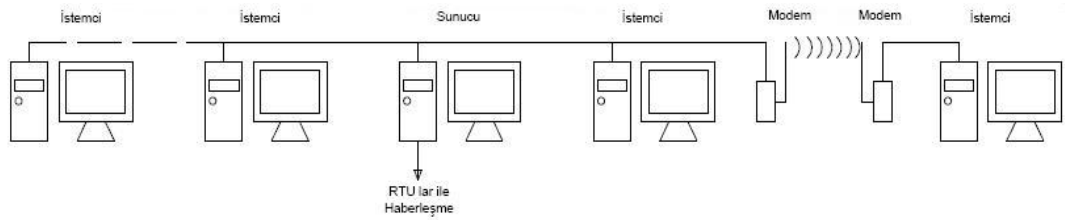


Şekil 2.11 Kısmen öbekli çok noktali SCADA sistem yapısı  
(Scada Sisteminin Genel Yapısı, b.t).

bozunuma uğraması için sinyal taşındığı ortama uygun hale getirilmesi (modüle edilmesi) gerekir. Frekans ve Genlik modülasyonları kullanılan modülasyon tipleridir.

**2.3.3.1.1 Modemler.** Sayısal verinin analog iletişim ortamında aktarılmasında görevlidir. Aktarımı yapmadan önce modüle eder. Alıcı kısımda ters işlem yapılır. Asenkron ve senkron modem olmak üzere iki türüdür.

**2.3.3.1.2 Kontrol Üniteleri.** Kontrol üniteleri, SCADA sistemlerinin diğer önemli birimini oluşturur. İlerleyen bölümlerde projede kullanılmış olan Delta marka motor sürücü hakkında detaylı açıklamalara ulaşılabilir. (Scada Sisteminin Genel Yapısı, b.t).



Şekil 2.12 Modemlerin SCADA sistemindeki fonksiyonu (Scada Sisteminin Genel Yapısı, b.t).

### **2.3.4 Kontrol Bileşenleri**

#### *2.3.4.1 Veri Tabanlı Kontrol ve Gözetleme*

SCADA'nın en önemli özelliği veri tabanlı kontrol ve gözetlemedir. Haberleşme sistemi sayesinde kontrol ünitelerine yerleştirilmiş programlanabilir elektronik ünitelerle sürekli olarak veri alış-verişi gerçekleştirilir. Bu sayede SCADA sistemleriyle operatörler için ileri seviyede kontrol ve gözetleme imkânı sağlanır. Bu özellikler şöyle sıralanabilir:

- Gerçek zamanlı veri toplama,
- Arıza durum kaydı,
- Bilgilerin uzun süre saklanması,
- Kontrol sistemlerinin durum gösterimi,
- Elle (Manuel) kontrol.

SCADA sistemlerinde ekranlar, operatörlerin veya kullanıcıların gereksinim duyduğu bilgilerin en kısa zamanda bulunabileceği ve ulaşılabileceği şekilde tasarlanır. Bu tasarım daha çok kontrol edilecek sistemin yapısına göre düzenlenen nesneye aynı anda, birden fazla operatörün etkilemesini önlemek için bir denetim mekanizmasına sahip olunmasını gerektirir. Sonuç olarak istenen işlem tipine bağlı olarak operasyon doğrudan gerçekleştirilebilir (Scada Sisteminin Genel Yapısı, b.t).

#### *2.3.4.2 Elle (Manuel) Kontrol*

Operatörün kontrol sistemine girerek parametreleri, ayar noktalarını değiştirmesi veya elle (manüel) kumandayı üstlenip otomatik kontrol fonksiyonlarını aşarak sistemin doğrudan denetimini sağlama imkânı verir. Kontrol sistemi birçok operatörün ve çalışma noktasının aynı çalışma birimine bağlanmasını sağlar. Ayrıca aynı obje veya nesneye aynı anda birden fazla operatörün etkilemesini önlemek için bir denetim mekanizmasına sahip olunması gerekir. Buna ilaveten bir nesne veya işlem hakkındaki bilgilerin tüm çakışma noktalarından elde edilmesi gerekir (Scada Sisteminin Genel Yapısı, b.t).



### *2.3.4.3 Arıza ve Durum İhbarları*

Kontrol üniteleri ya da programlanabilir denetleyiciler, işletmeye ait durumlar ile makine ve cihaz bazında arıza ihbarları ve sistem ihbarları arasında ayırım yapar. İşletmeye ait olaylar, işletim değişkenleri ve hesaplanmış değişkenler istendiği sürece oluşan durum değişkenleridir. (Scada Sisteminin Genel Yapısı, b.t).

### *2.3.4.4 Şifre Sistemi ile Koruma*

Kontrol sisteminin yazılım kısmına ve yetki verilen kişilerin müdahalelerde bulunması için şifre sistemi ile koruma sağlanır. Şifre ile şu fonksiyonlar yerine getirilir:

- Buton kumanda emniyeti,
- Belirlenen kişi sayısı kadar şifreleme imkânı,
- Aynı seviyedeki kişilere sisteme müdahale imkânı verilmesidir.

### **2.3.5 SCADA Sisteminin Yararları**

Sistemin bilgisayar ortamında gözlenmesi ile sistemin kontrolü ve kumandası daha esnek bir hale gelmektedir. Örneğin, sistem büyümeleri karşısında kurulma koordinasyonu daha kolay yapılabilecektir. Yazılım sayesinde operatörler bilgisayar ekranındaki sistem diyagramından sistemi uzaktan kumanda edebilecektir.

## **2.4 Elektronik Haberleşme ve Haberleşme Protokolleri**

Haberleşme protokolü genel olarak elektronik sistemler arasında bilgi alışverişinin ne şekilde yapılacağını belirler. Gönderilmek istenen verinin istenilen alıcıya ulaşmasını sağlamak için uygun yönlendirme algoritmasının hazırlanması ve alıcı tarafından sadece kendisine ulaşması istenen verilerin alınması gerekiyorsa, bir sinyal ile vericiye bilginin alındığının bildirilmesi gibi işlemleri tanımlayan kurallar bütünü, bir haberleşme protokolünü oluşturur (Scada Sisteminin Genel Yapısı, b.t).

Haberleşme protokolü genel olarak yazılım ve donanım kısımlarından oluşmaktadır. Bu kapsamda örneğin haberleşme için, hava ara yüzü kullanılması durumunda sayısal veri gönderimi için uygun olan modülasyon tekniklerinin kullanılması gerekmektedir. (Scada Sisteminin Genel Yapısı, b.t).

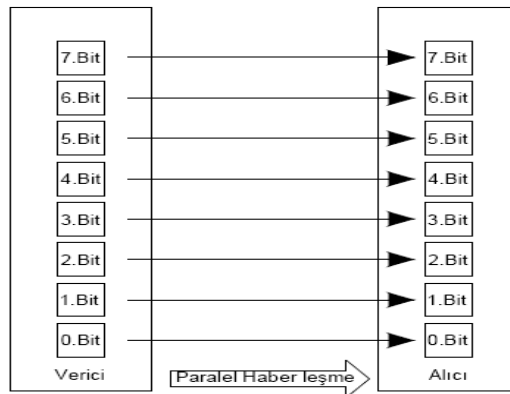
Yazılım kısmı ise; sistemler arasında iletilmek istenen bilginin doğru alıcıya ulaşması için yönlendirme algoritmaları, bilginin alıcıya hatalı ulaşma olasılıklarını azaltmak amacıyla verinin kodlanması, paketlere ayrılması, hata kontrol bitlerinin, paketlerinin ve algoritmalarının tasarlanması ve alıcıya verinin hatalı olarak ulaşması durumunda dahi hataların elimine edilerek doğru verinin tekrar elde edilmesi işlemlerinin yazılımsal olarak tasarlanması aşamalarından oluşmaktadır (Scada Sisteminin Genel Yapısı, b.t).

#### 2.4.1 Veri Aktarım Yöntemleri

Veri aktarımı temel olarak iki alternatif yöntemle gerçekleştirilir. Gönderilecek sinyaller paralel veya seri olarak taşınır.

##### 2.4.1.1 Paralel Haberleşme

Verici ve alıcı taraflarında 8 adet bağlantı noktası bulunmaktadır. Bu tür bir bağlantı ile 8 BIT / 1 BYTE büyüklüğünde bir veri aktarımı yapılabilir.

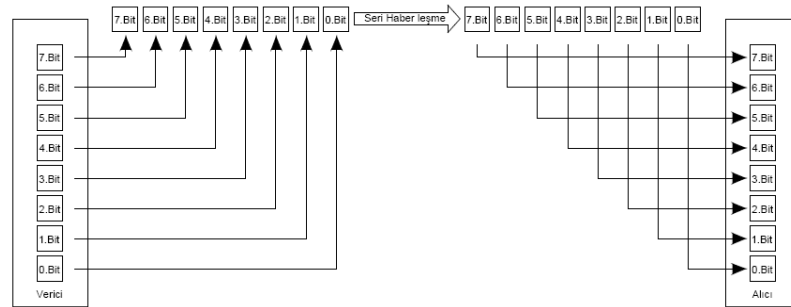


Şekil 2.13 Paralel haberleşme

(Scada Sisteminin Genel Yapısı, b.t).

### 2.4.1.2 Seri Haberleşme

Seri veri aktarımında bilgi paralel veriler olarak üretilir. Ancak bu bilgi tek bir veri hattına indirgenerek iletilir. Seri haberleşmede amaçlanan, iletilmek istenen bilginin kodlanarak tek bir hat üzerinden iletilebilecek şekilde getirilmesidir. Bu işleme paralel-seri data dönüşümü adı verilir. Bu dönüşüm ve iletim işleminin hızı (BIT/s = BAUD) aynı zamanda veri aktarım hızını belirler. Seri iletişimde birden fazla kablo kullanımının önüne geçilir. Seri haberleşme kaba bir ifadeyle kodlama ve kod çözme esasıyla, verici ve alıcı konumundaki cihazların aynı ortak dili konuşarak anlaşmasıdır. Verinin kodlanması, gönderilmesi, çözülmesi ve kontrol işlevinin yerine getirilmesi belirli bir süre gerektirir. İlk bakışta bu dezavantajdan dolayı seri haberleşme, paralel haberleşmeye göre yavaş gibi görünebilir. Ancak söz konusu gecikme, kodlama - kod çözme işlemleri kullanılan BUS sisteminin mimarisine ve kullanıcıların sayısına bağlı olmakla birlikte milisaniye süresinde (0,1-2 ms) olduğu için pratik olarak ihmal edilebilir (Scada Sisteminin Genel Yapısı, b.t).



Şekil 2.14 Seri Haberleşme (Scada Sisteminin Genel Yapısı, b.t).

Ara devre standartları değişik üretici gruplarının ürünlerinin birbirine veri yolları üzerinden bağlanabilmesi ve sorunsuzca haberleşmesi için gerekli mekanik ve elektriksel detayları tanımlar.

EIA(Electronic Industrial Association)tarafından üretilmiş olan standart mevcut bulunmaktadır. En çok bilinenleri RS -232, RS -422 ve RS-485'tir.

**RS 232:** 0-12 V seviyeli mantık, tek yönlü birebir iletişim, donanımlar arası kontrol iletişim mesafesi (maksimum 3 m) ve gürültüye açık yapıdadır.

Özellikleri:

Operasyon Modu: Dengelenmiş

Maksimum Master sayısı: 1 Master (Ana kart)

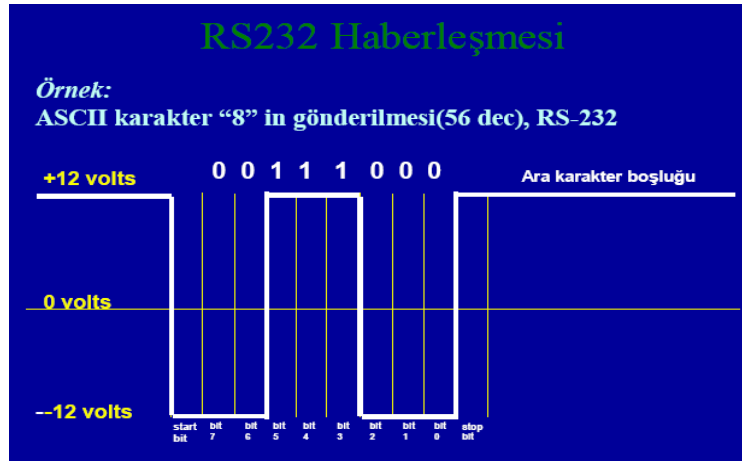
Slave (Uydu): Slave

Maksimum Veri Hızı: 20 kps

Sinyal :  $\pm 12$  Volt (Nominal)

**RS 422:** 0-5 V Seviyeli mantık, iki yönlü iletişim, birimler arasında yazılım tabanlı kontroldür. Uzun mesafelerde iletişim (100 m), ana birimden aynı anda uydulara veri aktarımı (geri dönüş bilgisi yok) gürültüye daha az duyarlı yapıdır.

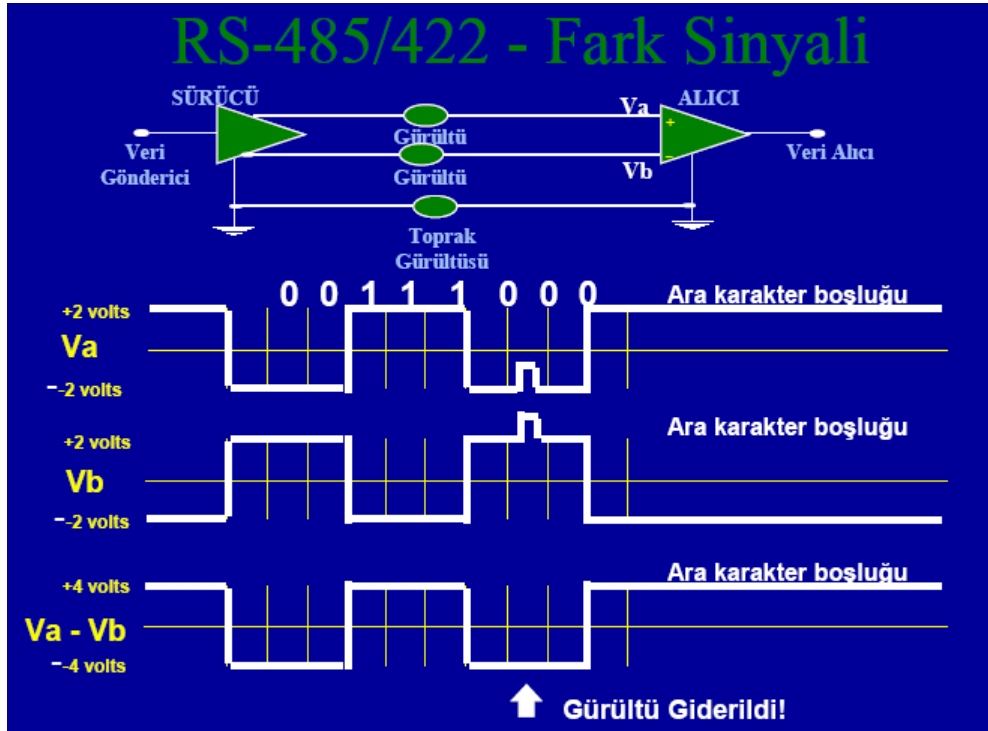
**RS 485:** RS 422'ye benzeri yapıdadır. Farkı ise ana birimin uyduların gönderdiği geri dönüş bilgisinin kabul edilmesidir.



Şekil 2.15 RS-232 haberleşmesi (Scada Sisteminin Genel Yapısı, b.t).

Tablo 2.2 RS 485 / RS 422 haberleşme özellikleri (Scada Sisteminin Genel Yapısı, b.t).

	RS 485	RS422
Çalışma Modu:	Fark	Fark
Maksimum Master Sayısı:	32 Master	32 Master
Slave:	32 Slave	32 Slave
Maksimum Veri Hızı:	10 Mbps	10 Mbps
Maksimum Kablo Uzunluğu:	1200 m	1200 m
Sinyal:	$\pm 5$ Volt	$\pm 5$ Volt



Şekil 2.16 RS-485/422 fark sinyali (Scada Sisteminin Genel Yapısı, b.t).

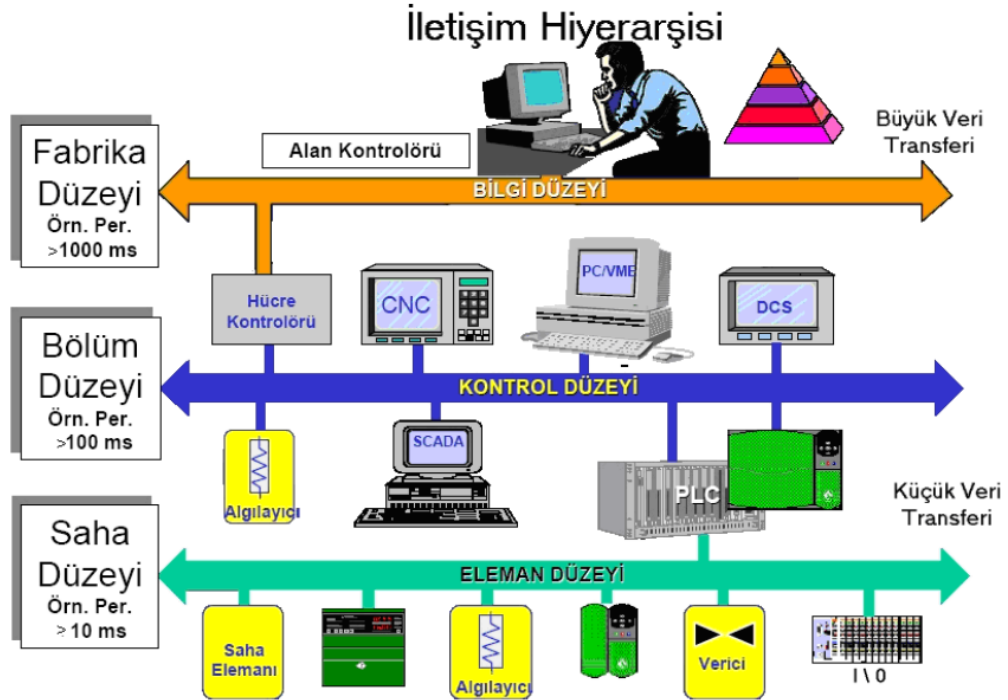
#### 2.4.2 Endüstriyel İletişim Protokolleri

Veri formatlarının ve bilgi alışverişinin zamanlamasını düzenleyen kurallar dizisine protokol denir. Karşılıklı çalışma için bilgisayarlar veya RTU'ların aynı protokolü uygulamaları zorunludur (Scada Sisteminin Genel Yapısı, b.t).

Günümüzde en fazla kullanılan veri iletişim protokolleri ve pazar payları Tablo 2.3'de gösterilmiştir. Daha önceden de bahsi geçtiği üzere işletmeler çeşitli katmanlardan oluşmaktaydı Her bir katman yatayda kendi içerisinde ve dikeyde diğer katmanlarla veri iletişimi halindedir. Bu veri iletişiminin hızı ve boyutu da her bir katman için farklılıklar göstermektedir. Örneğin süreç denetim katmanında Scada yazılımı ile RTU'ların veri trafiği milisaniyeler mertebesinde ve küçük veriler halinde olurken, işletme yönetim katmanında programlar arası dosya aktarımları çokta önemli olmayan zaman dilimlerinde yapılmaktadır. Bu veri trafiği aşağıdaki iletişim hiyerarşisi şekli ile gösterilmektedir (Scada Sisteminin Genel Yapısı, b.t).

Tablo 2.3 Günümüzde en fazla kullanılan veri iletişim protokolleri ve pazar payları (Scada Sisteminin Genel Yapısı, b.t).

İletişim Protokolü	Pazar Payı	Uygulama Alanları	Sponsorları
CANBus	25%	Otomotiv, proses kontrol	CiA, OVDA, Honeywell, Bosch
Profibus	26%	Proses kontrol	Siemens, ABB
LON	6%	Bina otomasyonu	Echelon, ABB
Ethernet	50%	Fabrika içi veri yolu	Bütün şirketler
Interbus	7%	Üretim	Phoenix Contact
Fieldbus	7%	Kimya endüstrisi	Fisher-Rosemount, ABB
ASI	9%	Bina otomasyonu	Siemens
Modbus	22%	Noktalar arası	Birçok şirket
ControlNet	14%	Fabrika içi veri yolu	Rockwell



Şekil 2.17 İletişim hiyerarşisi (Scada Sisteminin Genel Yapısı, b.t).

FieldBus, InterBus, ProfiBus, CanBus, ModBus haberleşme protokolleri seri iletişime verilebilecek örneklerdir.

Burada seri iletişim protokolleri üzerinde durulacaktır. Diğer protokollere kısaca değinilip, projede kullanılan ModBus protokolü hakkında detaylı bilgi verilmeye çalışılacaktır.

#### *2.4.2.1 FieldBus Protokolü*

Bit Serial Fieldbusses, kısa adı ile Fieldbus otomasyon sahasında görülen ve farklı prosesleri izlemek için kullanılan sensör, transmitter, sürücü, PLC gibi ekipmanlar ile daha yüksek otomasyon birimleri arasındaki iletişimi sağlayan ve bilinen 4-20 mA akım çevrim standardının yerine endüstride kullanılan endüstriyel haberleşme ağıdır (Scada Sisteminin Genel Yapısı, b.t).

Sunucular (Master), istemci (slave) düğümüne sadece izin verdiğinde konuşabilir. Bu yapıdaki protokol herhangi bir zamanda haberleşmek istendiğinde sadece bir düğüme izin verdiği için ağ üzerinde oluşabilecek karışıklığı da doğrudan elimine etmiş olur. Fakat sunucunun (master) çalışması durduğunda ona bağlı durumdaki istemci (slave) düğümleri de etkisiz hale gelir (Scada Sisteminin Genel Yapısı, b.t).

#### *2.4.2.2 InterBus Protokolü*

Phoenix Contact tarafından geliştirilen ve özellikle Almanya'da çok yaygın olan açık mimarili ve DIN normlarına göre standartlaştırılmış bir BUS sistemidir. Sistem kapalı halka topolojisi ile haberleşir. Interbus ağlarında; veri gönderme yolu ve veri dönüş yolu, tüm cihazlar içinden bir kablo ile geçer, yani veri iletişimi çift yönlü olarak gerçekleştirilir ve asıl haberleşme hattı alt seviye gruplara ayrılarak ölçeklenebilir. Interbus sunucu (master) / istemci (slave) sistemine 256 istemci bağlanabilir. Son cihaz otomatik olarak halkayı kapar. Seri bağlantı metodundan dolayı sonlandırma dirençlerine gerek yoktur (Scada Sisteminin Genel Yapısı, b.t).

Bu topolojide istemci (slave) modüllere adresleme gerekmeyp sistemdeki cihazların fiziksel konumu ile otomatik olarak belirlenmektedir. Bu kullanıma hazır özelliği, sistemin başlangıcında, izlenmesinde ve arıza teşhisinde büyük kolaylık sağlamaktadır. Gelecekte otomasyon teknolojisinde, fiber optik, endüstriyel ağ için iletim ortamı olacaktır. Interbus, uç-uca topolojisi sayesinde, fiber optik teknolojisi için idealdir. Bakır ve fiber optik, herhangi bir problem olmaksızın aynı sistem içinde kullanılabilir.

#### *2.4.2.3 ProfiBus Protokolü*

Çevresel aygıtların ayrı ayrı kontrolü, sistem çalışırken aktif konumdan çıkarılması ve yine sistem çalışırken yeni cihazların eklenmesi mümkündür. Sistemin hata algılama özellikleri son derece gelişmiştir ve ağın herhangi bir düzeyinde ve noktasındaki arıza belirlenebilir (Scada Sisteminin Genel Yapısı, b.t).

ProfiBus-DP, ProfiBus-FMS, ProfiBus-PA olmak üzere geliştirilmiş üç çeşit ProfiBus veri iletişim protokolü bulunmaktadır.

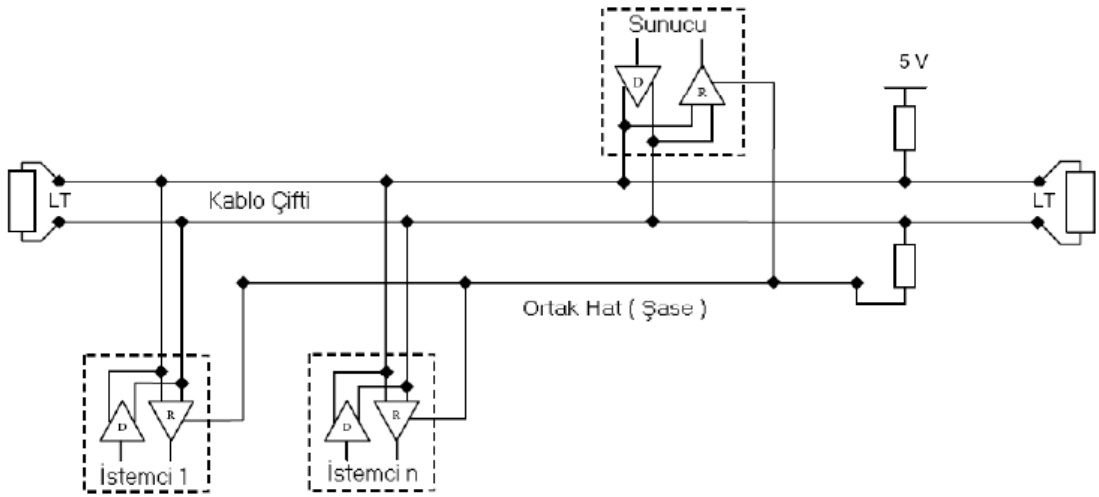
#### *2.4.2.4 CANBus Protokolü*

Çoklu sunucu (Multimaster) yani bütün CAN noktalarının data iletebildiği ve birkaçının da eş zamanlı olarak istekte bulunabildiği veri yolu sistemi olan CANBus hiçbir abone ya da kullanıcı için herhangi bir adreslemeye sahip olmamakla birlikte öncelikli mesajın iletilmesi şeklinde veri iletir. Belirli bir Bus istasyonu doğrudan diğer istasyonlara veri gönderebilir ancak bu gönderim işlemi denetlenir. CAN sisteminde sadece ihtiyaç duyulduğu anda veri aktarımı olduğu için ortalama veri iletişim yükü diğer sistemlere göre daha düşüktür. CAN sisteminin en belirgin özelliği yüksek veri güvenliğidir. Bu güvenlik verinin birkaç hata denetleme mekanizmasından geçerek gönderilmesi ile elde edilir. Dolayısıyla sistemde hata tanımlama işlemi kolaydır (Scada Sisteminin Genel Yapısı, b.t).



### 2.4.2.5 ModBus Protokolü

Modbus seri iletişim protokolü, sunucu (master) / istemci (slave) ilişkisine sahip bir protokoldür. Sadece bir sunucu (master) düğümü (aynı zamanda olmak koşulu ile) ve maksimum 247 olmak üzere çeşitli sayılarda istemci (slave) düğümü aynı bus üzerinde bağlanabilir. Modbus haberleşmesi her zaman sunucu (master) tarafından başlatılır. İstemci (slave) düğümler sunucu (master) düğüm tarafından bir istek emri almadığı sürece asla veri iletimi yapmaz. İstemci (slave) düğümler kendi aralarında hiçbir şekilde haberleşemezler. İstemci (master) düğüm aynı zaman içerisinde sadece tek bir Modbus iletişimi kurabilir (Scada Sisteminin Genel Yapısı, b.t).



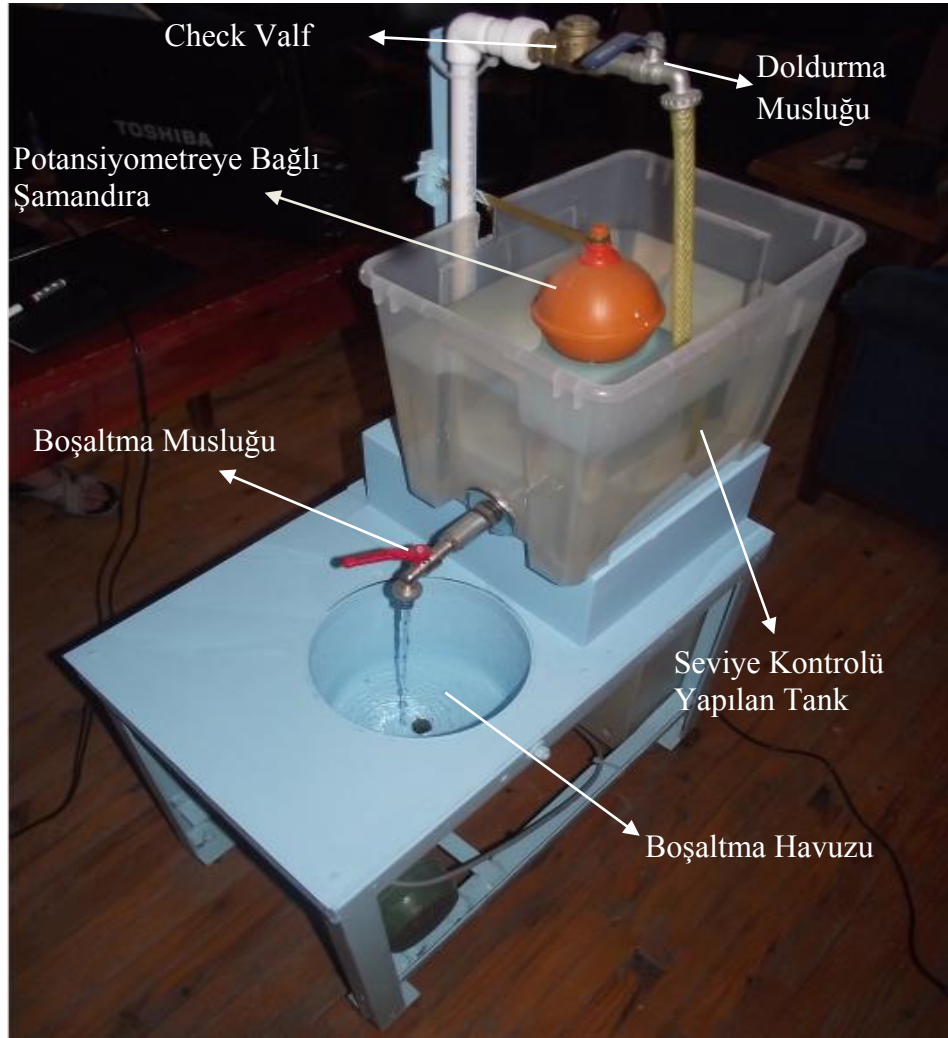
Şekil 2.18 Modbus protokolü için tipik bağlantı ve devre şeması (Scada Sisteminin Genel Yapısı, b.t).

## BÖLÜM ÜÇ

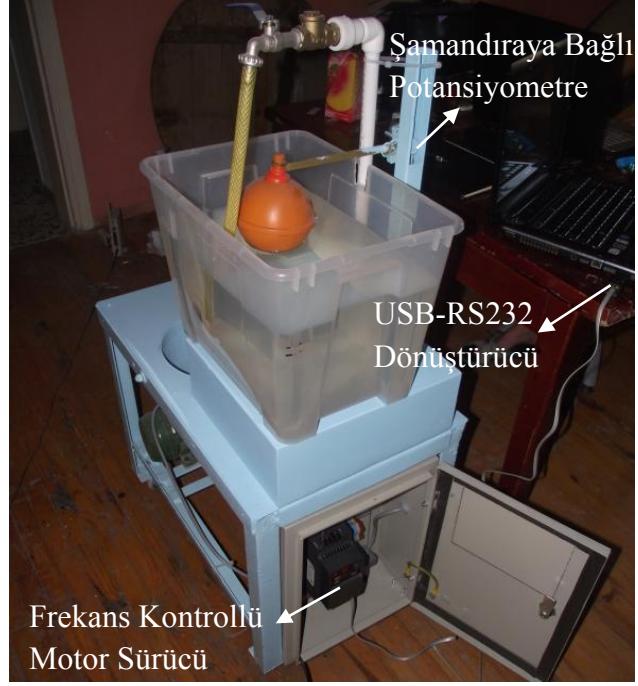
### PROJENİN DONANIMSAL TASARIMI

#### 3.1 Sistem Konstrüksiyonunun Gösterimi

Sistem konstrüksiyonu daha önce benzer bir amaç için tasarlanmış ve üretilmişti. Sistemde, mevcut konstrüksiyona eklemeler yapılarak modernize edilmiş ve amaca uygun olarak çalışması sağlanmıştır. Kolay taşınabilmesi amacıyla modüler olarak tasarlanan model üzerindeki donanımlar aşağıdaki resimler üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 3.1 Sistem konstrüksiyonu ve üzerindeki donanımlardan görünüm-I



Şekil 3.2 Sistem konstrüksiyonu ve üzerindeki donanımlardan görünüm-II



Şekil 3.3 Sistem konstrüksiyonu ve üzerindeki donanımlardan görünüm-III

### 3.2 Santrifüj Pompa Özellikleri

Santrifüj Pompa olarak monofaze 0,37 kW gücünde tipik bir pompa tercih edilmiştir. Pompanın teknik özellikleri aşağıda belirtildiği gibidir.



Şekil 3.4 Sıvı seviye kontrolünde kullanılan santrifüj pompa

#### SEA LAND ELECTRIC PUMPS

Model- Sea Land Ondina 50m Pump 100050000 Centrifugal Pump 240 Volts

Twin Impellor

Max Flow-38 lpm

Max Head- 36m

Volts-240

Hp- 0,5

Inlet-1" Female

Outlet-1" Female

Nitrile Seals & O-Rings

Stamped Brass Impeller

Stainless Steel motor shaft

Carbon & Ceramic Seal

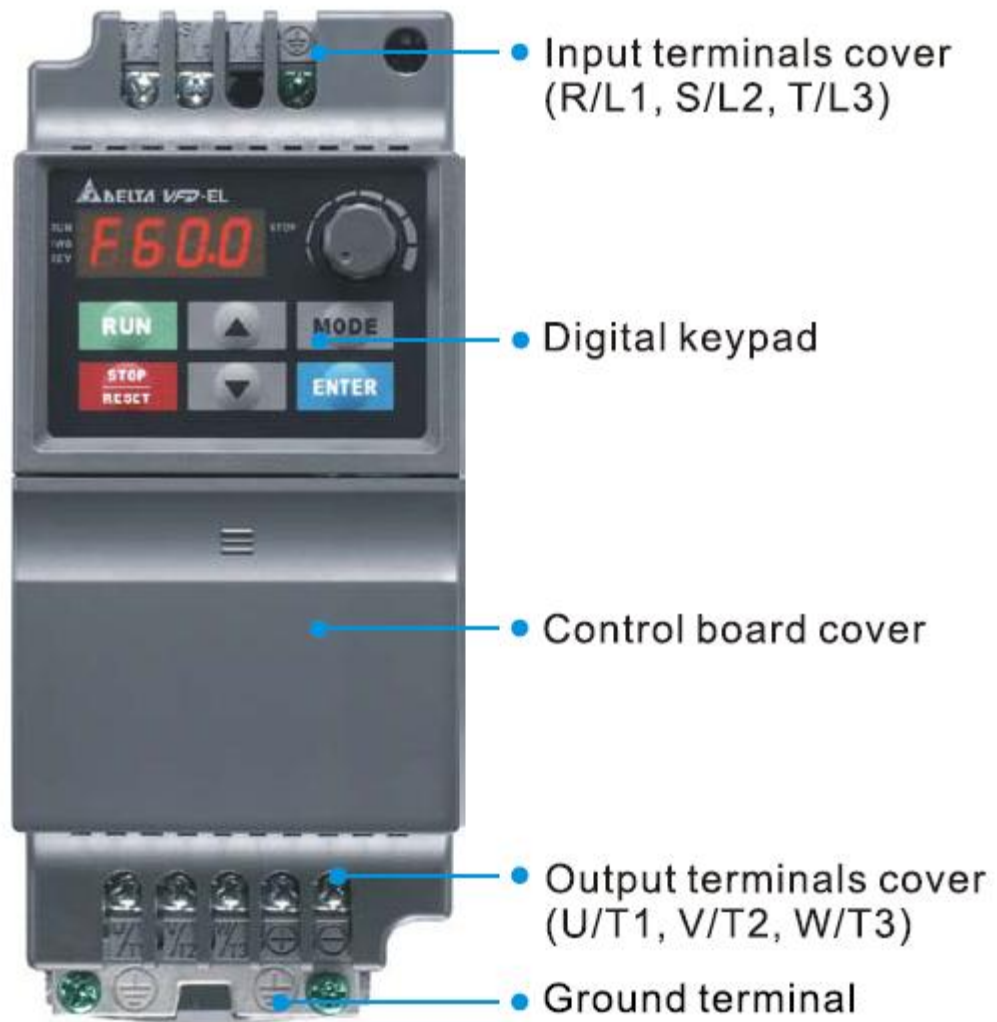
For use with clear water up to a max temp of 90c

Motor protection IPX4

### 3.3 Motor Sürücünün Özellikleri

Projede Delta'nın VFD 007-EL modeli motor sürücü kullanılmıştır. 0.75 kW kapasiteye sahip motorları kontrol etme yetisine sahiptir. Bu modelin tercih edilmesindeki en büyük neden Analog verileri işlemeye imkan tanıyan bir alt yapıya sahip olmasıdır.

Motor sürücünün genel özellikleri aşağıdaki resimler üzerinde gösterilmeye çalışılmıştır.



Şekil 3.5 Motor sürücü genel görünümü ve bağlantı şeması



Şekil 3.6 Motor sürücü bağlantı noktaları

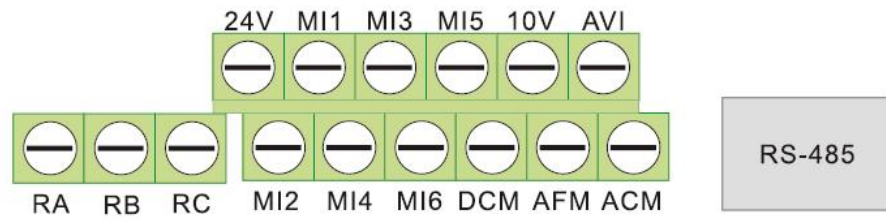


- |  |  |
|--|--|
| <p><b>1</b> Status Display<br/>Display the driver's current status.</p> <p><b>2</b> LED Display<br/>Indicates frequency, voltage, current, user defined units and etc.</p> <p><b>3</b> Potentiometer<br/>For master Frequency setting.</p> <p><b>4</b> RUN Key<br/>Start AC drive operation.</p> | <p><b>5</b> UP and DOWN Key<br/>Set the parameter number and changes the numerical data, such as Master Frequency.</p> <p><b>6</b> MODE<br/>Change between different display mode.</p> <p><b>7</b> STOP/RESET<br/>Stops AC drive operation and reset the drive after fault occurred.</p> |
|--|--|

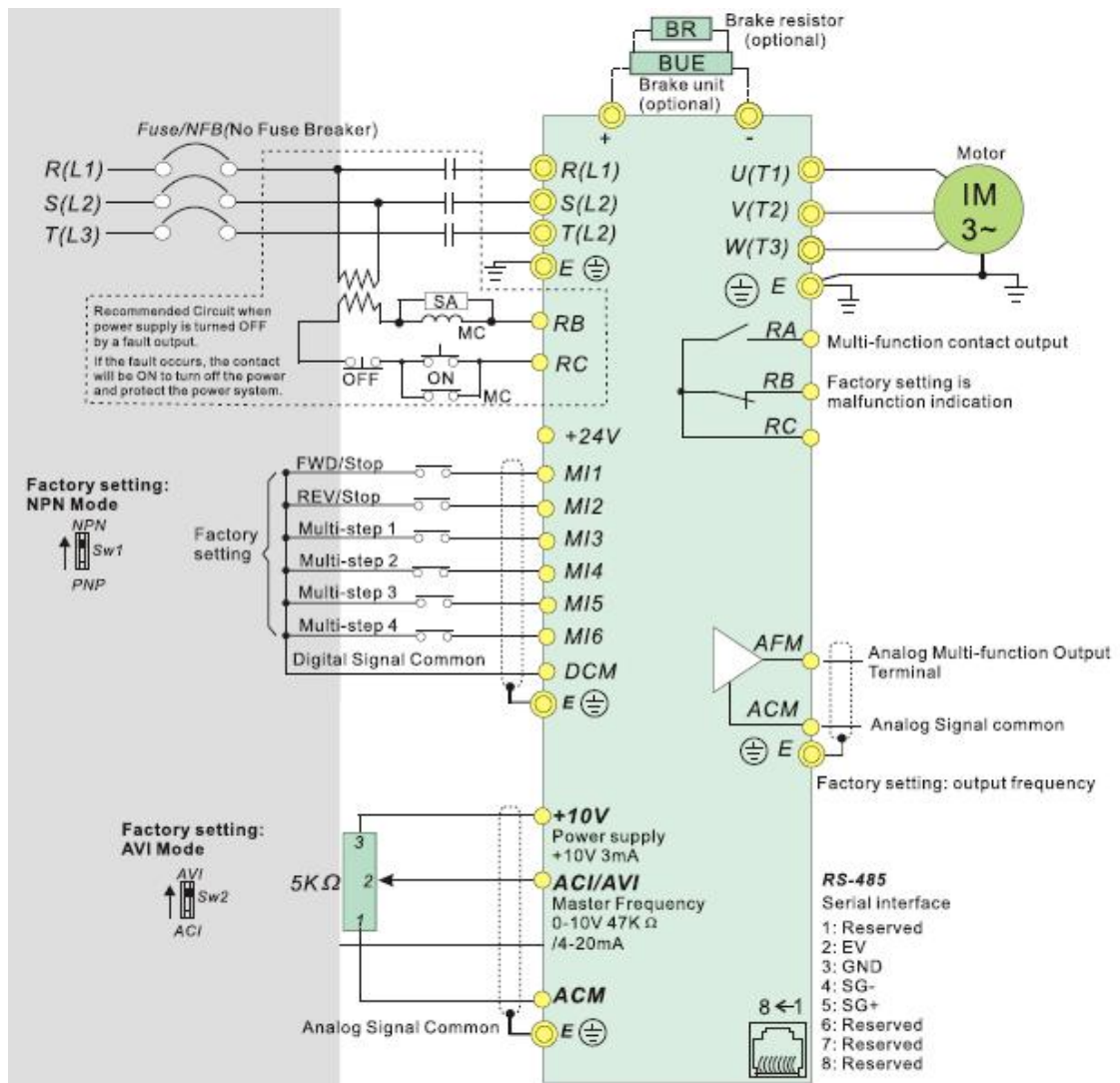
Şekil 3.7 Dijital keypad'in tanımlanması



## Control Terminals



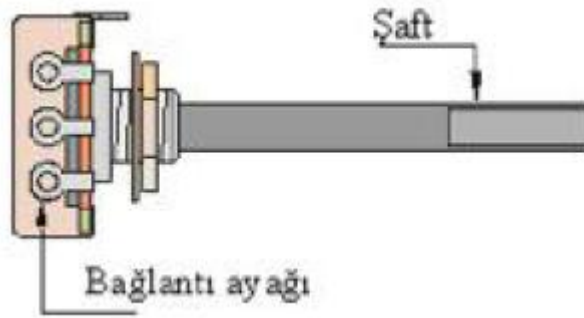
Şekil 3.8 Motor sürücü kontrol terminalleri



Şekil 3.9 Motor sürücü bağlantı iç yapısı

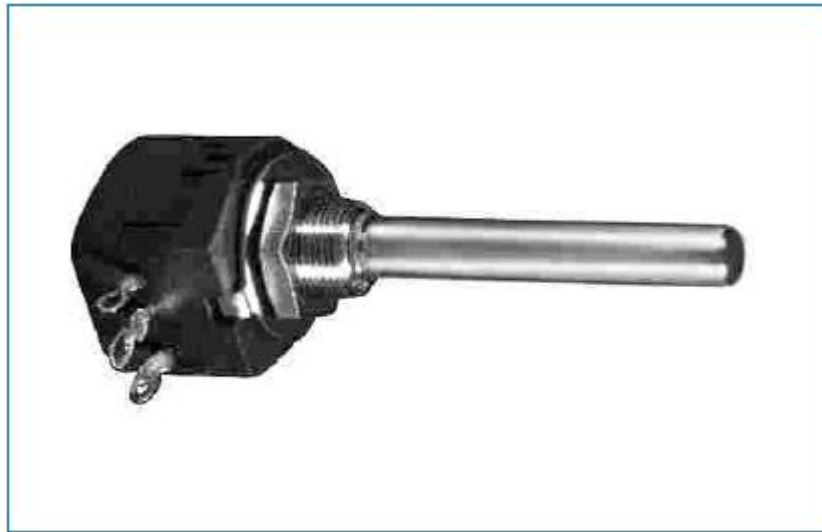
### 3.4 Potansiyometrenin Özellikleri

Şamandıraya özel tasarlanmış bir parça ile bağlı bulunan potansiyometre sıvı seviyesini kontrol etmede analog veriyi motor sürücüyeye aktarma işlevini yerine getirmektedir.



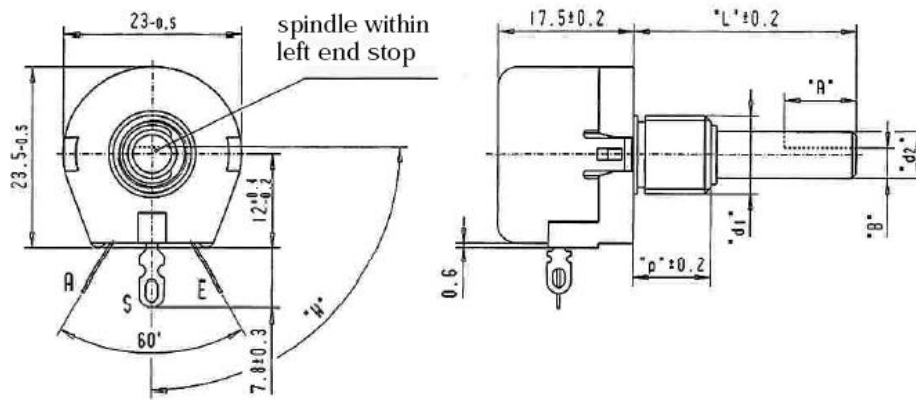
Şekil 3.10 Potansiyometre iç yapısı

Bu potansiyometrelerde direnç değeri doğrusal olarak değişir. Doğrusal potansiyometrede şaft dönüşüyle direnç değişim yüzdesi eşit aralıklarla artıp azalmaktadır.



Şekil 3.11 Kullanılan potansiyometreden bir görünüm





Şekil 3.12 Potansiyometrenin ölçüsel iç yapısı

• POTENTIOMETER, 10K	
• Track Resistance:	10kohm
• Track Taper:	Linear
• No. of Turns:	1
• Resistance Tolerance:	$\pm 10\%$
• Voltage Rating:	300VDC
• Series:	ABW1
• Power Rating:	1W
• Potentiometer Mounting:	Panel
• Adjustment Type:	Shaft
• SVHC:	No SVHC (18-Jun-2010)
• Resistor Element Material:	Variable Rotary Wirewound
• Body Diameter:	23mm
• Electrical Angular Rotation Tolerance +:	$5^\circ$
• Electrical Angular Rotation Tolerance -:	$5^\circ$
• External Length / Height:	17.45mm
• Full Power Rating Temperature:	$40^\circ\text{C}$
• Insulation Resistance:	1000Mohm
• Mechanical Angular Rotation Tolerance +:	$5^\circ$
• Mechanical Angular Rotation Tolerance -:	$5^\circ$
• Operating Temperature Max:	$90^\circ\text{C}$
• Operating Temperature Min:	$-40^\circ\text{C}$
• Operating Temperature Range:	$-40^\circ\text{C}$ to $+90^\circ\text{C}$
• Package / Case	
• Resistance:	10kohm
• Rotation Electrical Angle:	$265^\circ$
• Rotation Mechanical Angle:	$285^\circ$
• Shaft Diameter:	6.35mm
• Shaft Length - Metric:	25.4mm
• Temperature Coefficient:	$\pm 150\text{ppm}/^\circ\text{C}$
• Termination Type:	Solder
• Thread Size:	$3/8"$ 32 T.P.I
• Tolerance +:	10%
• Tolerance -:	10%

Şekil 3.13 Potansiyometrenin teknik özellikleri

### 3.5 USB RS-485 Dönüştürücünün Özellikleri

IFD6500, USB'yi doğrudan RS485'e çeviren çok kullanışlı ve genel amaçlı bir çeviricidir. Herhangi bir ek güç kaynağı ve ayar gerektirmeyen basit kullanıma sahiptir. 75 ile 115200 bps arasındaki hızlarda otomatik olarak çalışmakta ve veri akış yönüne göre dönüştürmeyi otomatik gerçekleştirmektedir. RJ-45 konnektör ile RS485 cihazlara direk bağlantı kurulabilir. Küçük boyutu ve kullanışlı yapısı ile bilgisayar üzerinden RS485 arabirimi oluşturmaktadır. USB2,0 desteği bulunmakta ve Windows XP ve Windows 7 ile sorunsuz çalışmaktadır.

#### Teknik Özellikler

Güç Kaynağı: Gereksinim yok

Güç Tüketimi: 0,4W

İzole Edilen Gerilim: 3000Vdc

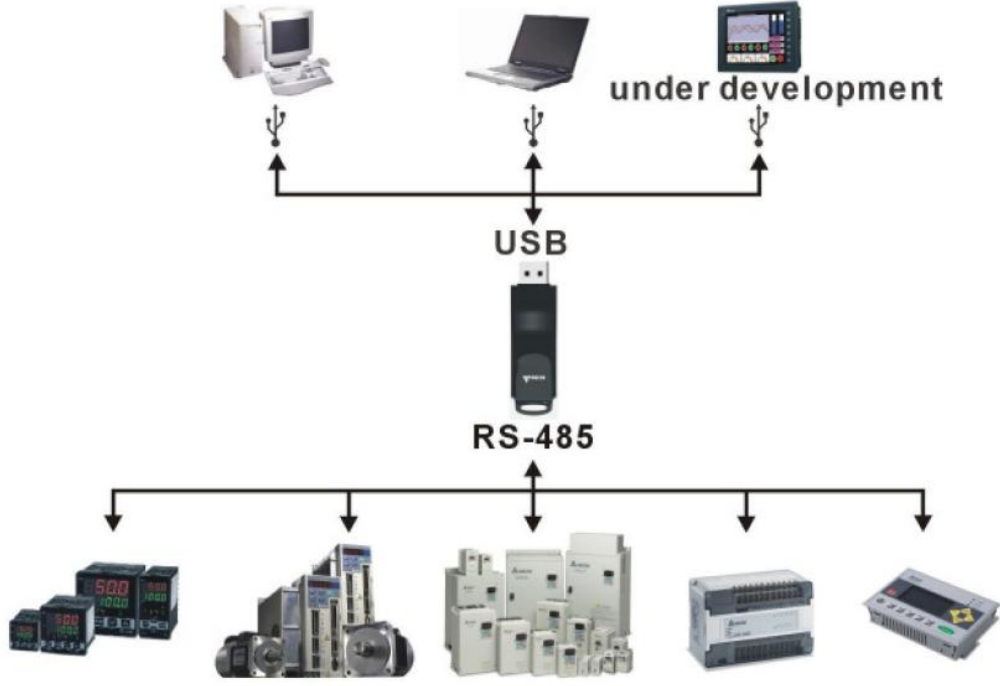
Haberleşme Hızları :

75/150/300/600/1200/2400/4800/9600/19200/38400/57600/115200 bps

RS-485 Konnektör : RJ-45



Şekil 3.14 USB RS-485 dönüştürücü



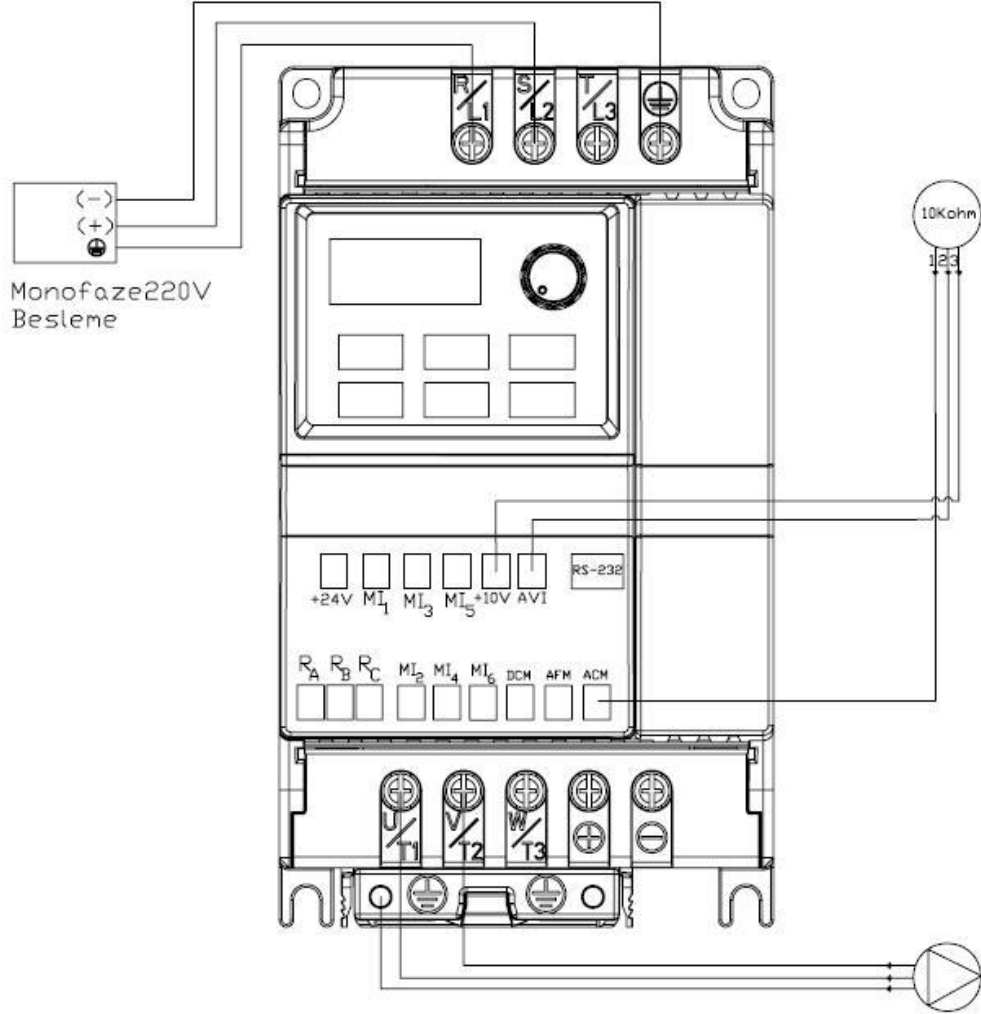
Şekil 3.15 USB RS-485 bağlantı şeması



Şekil 3.16 USB-RS485 dönüştürücü bilgisayar bağlantısı

### 3.6 Pano Bağlantı Şemasının Gösterimi

Pano bağlantısı aşağıdaki gibi yapılmış ve detaylı olarak gösterilmiştir.



Şekil 3.17 Pano bağlantı şeması

## BÖLÜM DÖRT

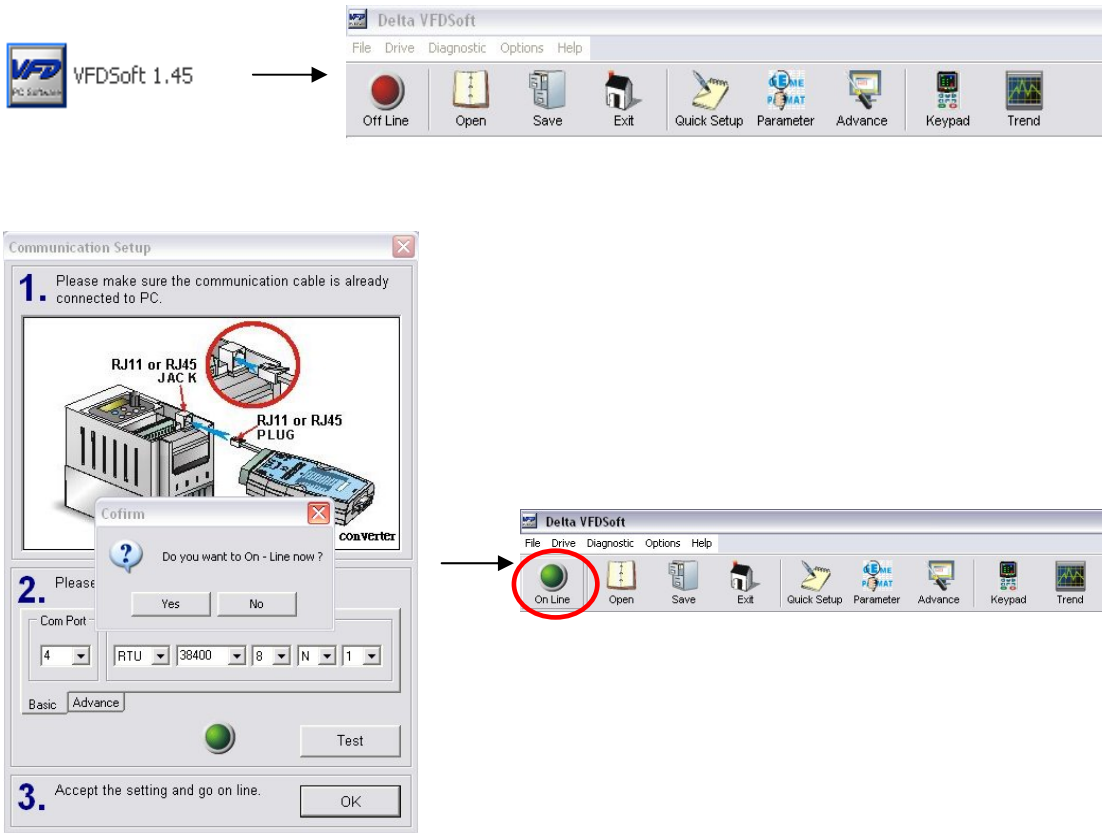
### PROJENİN YAZILIMSAL TASARIMI

#### 4.1 VFD Motor Sürücü Programının Kurulması ve Parametre Ayarlarının Yapılması

Motor sürücü ile birlikte alınan VFDSOft programı kurulduktan sonra parametrelerin ayarlanması işlemi gerçekleştirilir: Buradaki en önemli parametre KeyPad'in aktif hale getirilmesi işlemidir.

Keypad'in aktif hale getirilmesi:

Öncelikle bilgisayar ile motor sürücü arasındaki bağlantıyı Off Line olan bağlantı durumu On Line hale getirmek gerekir. Bu işlem için: Şekil 4.1' deki yol izlenir.

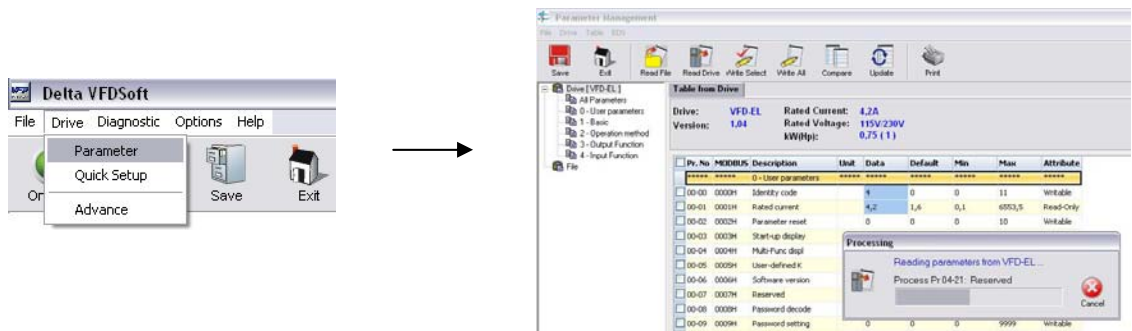


Şekil 4.1 Keypad'in aktif hale getirilmesi-I



Şekil 4.2 Keypad'in aktif hale getirilmesi-II

Keypad'in aktif hale getirilmesi ile bilgisayar üzerinden parametre değişikliği gibi işlemler gerçekleştirilebilir duruma gelmiştir. Şekil 4.3'deki gibi değiştirilmek istenen parametreler istenildiği şekilde ayarlanır ve motor sürücüyü yüklenir.



Şekil 4.3 Yapılan parametre değişikliklerinin motor sürücüyü yüklenmesi

Bu bağlamda haberleşme ile ilgili yapılması gereken parametre numarası kullanım kılavuzundan bulunur ve aşağıdaki yol izlenerek parametre ayarı yapılır.

Chapter 4 Parameters | VFD-EL

## Group 2: Operation Method Parameters

### 02.01 Source of First Operation Command

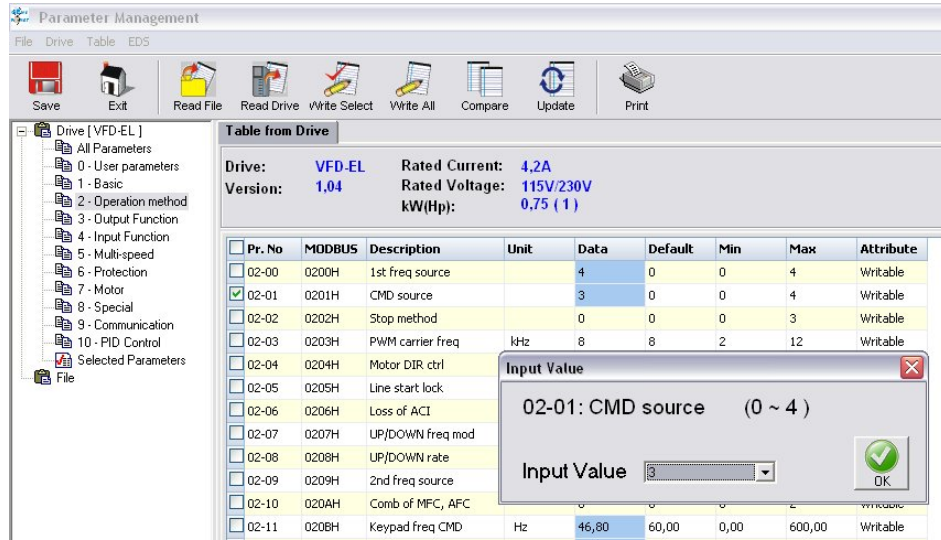
Factory Setting: 1

Settings	0	Digital keypad (Digital keypad is optional)
	1	External terminals. Keypad STOP/RESET enabled.
	2	External terminals. Keypad STOP/RESET disabled.
	3	RS-485 (RJ-45)/USB communication. Keypad STOP/RESET enabled.
	4	RS-485 (RJ-45)/USB communication. Keypad STOP/RESET disabled.

Şekil 4.4 Motor sürücü kullanım kılavuzundaki haberleşme parametre karşılıkları

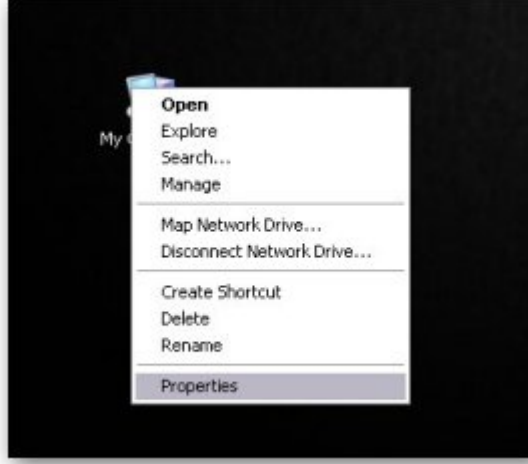
Motor sürücü çalışır vaziyetteyken şu yol izlenmelidir:

VFDSOft Programı → Drive → Parameter → Read Drive  
→ Operation Method → 02-01 → CMD Source → 3



Şekil 4.5 Motor sürücü çalışır vaziyetteyken izlenecek yol

## 4.2 USB-RS485 Dönüştürücünün Kurulması ve Port Ayarının Yapılması

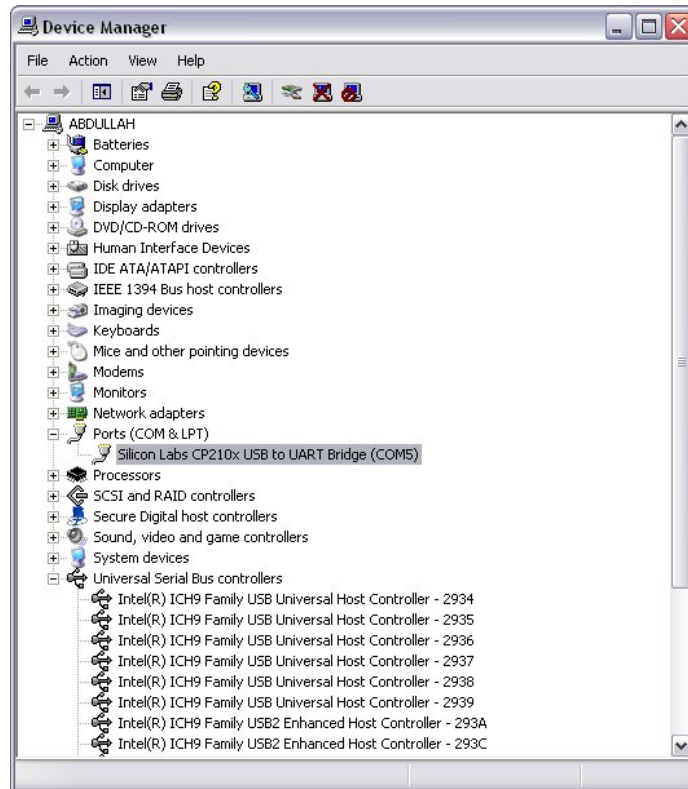


Şekil 4.6 Port ayarlarının yapılması-I

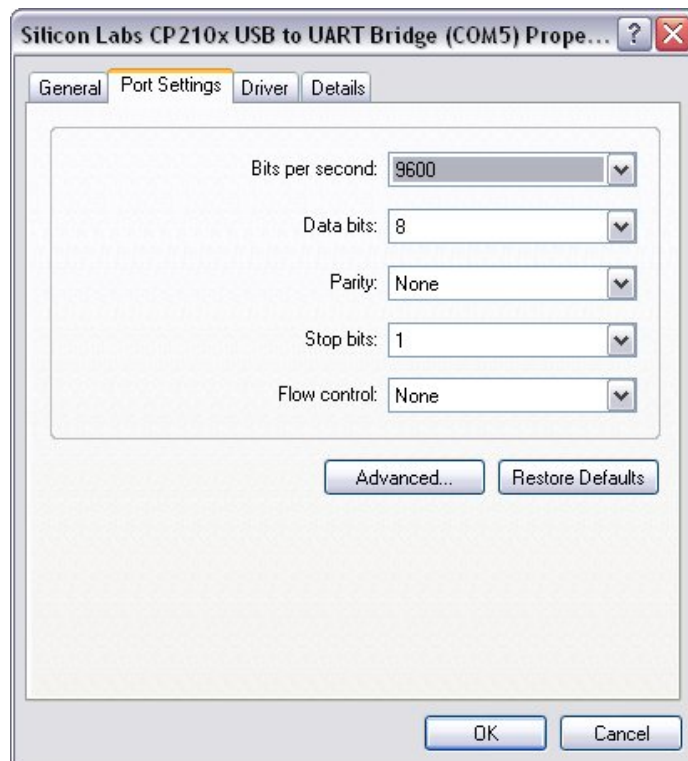


Şekil 4.7 Port ayarlarının yapılması-II

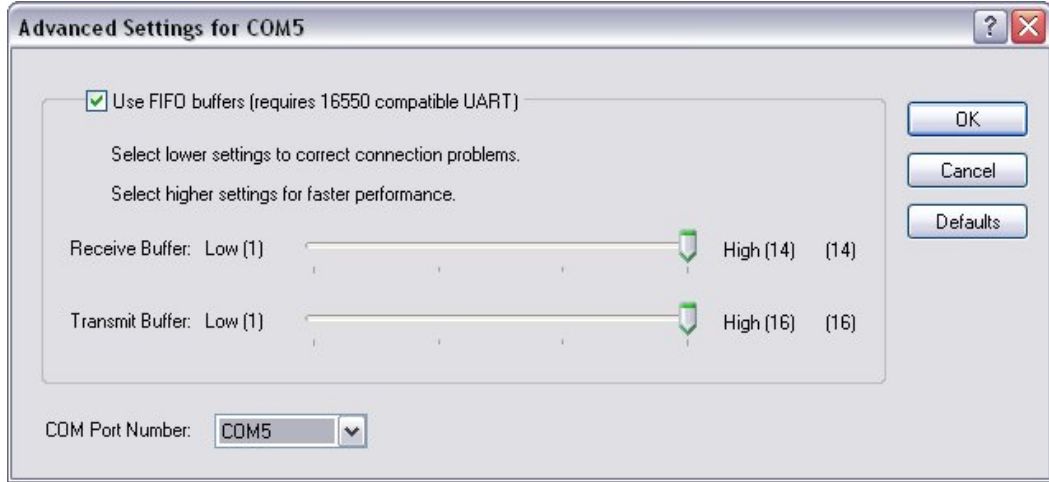




Şekil 4.8 Port ayarlarının yapılması-III



Şekil 4.9 Port ayarlarının yapılması-IV



Şekil 4.10 Port ayarlarının yapılması-V

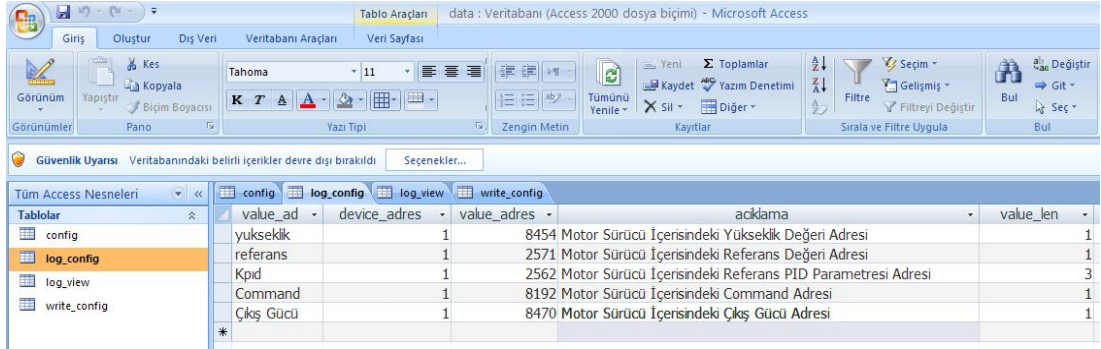
### 4.3 Microsoft Access ile Sistem Programının Ayarlarının Yapılması

Programın haberleşme ayarları Microsoft Access üzerinde yapılmıştır. Şekil 4.11’de görüldüğü gibi; Port Numarası, Bağlantı Hızı, Haberleşme Ayarları, Log Tutmadaki Milisaniye değeri gibi programlama ayarları Microsoft Access içerisinde saklanmıştır.

data_ad	data	acklama
com port	4	Port numarası
com hiz	38400	Bağlantı Hızı
view enable	false	
log enable	false	
com parite	N	Haberleşme Ayarları
com bit	8	Haberleşme Ayarları
modbus type	1	0-ascii, 1-rtu
com type	0	0-rs232, 1-ethernet
connect enable	true	Açılışta Bağlantı Her Zaman Kurulsun
log yenileme	100	Log Tutmadaki Milisaniye Değeri
log head	INV_guc	arada virgül kullanınız
log value addr	0	
main_form_hide	false	Arkada Çalışan Ana Formu Gizle
*		

Şekil 4.11 Microsoft Access içerisinde saklanan program ayarları-I

Ayrıca Şekil 4.12’de de görüldüğü gibi Microsoft Access içerisinde sıvı seviye yüksekliği, sıvı seviyesi referans değeri, PID Parametre adresi, Command Adresi, Çıkış gücü gibi değerler de saklı tutulmaktadır.



value_ad	device_adres	value_adres	açıklama	value_len
yuksekkk	1	8454	Motor Sürücü İçerisindeki Yükseklik Değeri Adresi	1
referans	1	2571	Motor Sürücü İçerisindeki Referans Değeri Adresi	1
Kpid	1	2562	Motor Sürücü İçerisindeki Referans PID Parametresi Adresi	3
Command	1	8192	Motor Sürücü İçerisindeki Command Adresi	1
Çıkış Gücü	1	8470	Motor Sürücü İçerisindeki Çıkış Gücü Adresi	1

Şekil 4.12 Microsoft Access içerisinde saklanan program ayarları-II

### 4.3.1 Veri Aktarım Hızının Parametresinin Ayarlanması

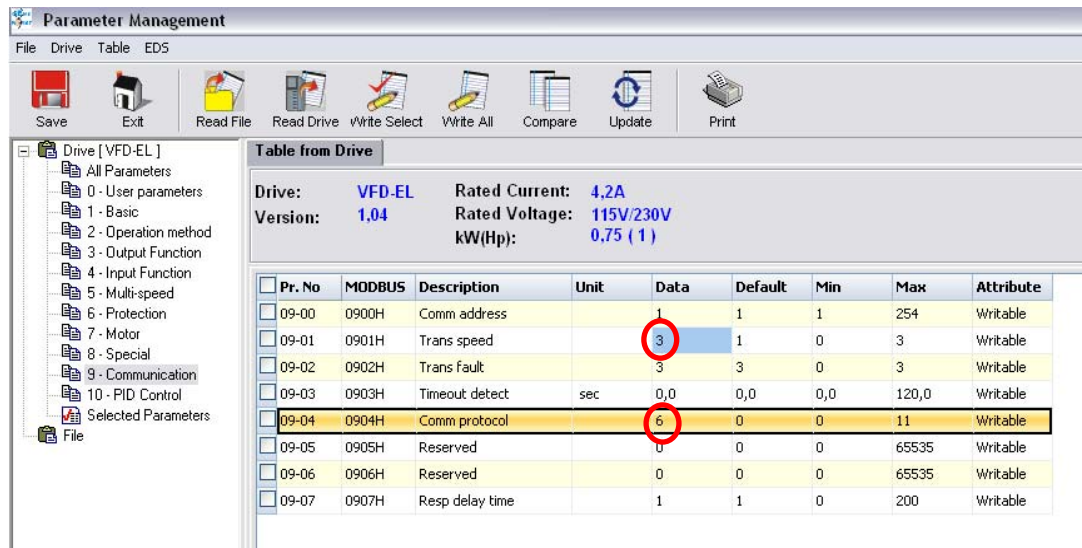
Veri aktarım hızının parametresinin ayarının yapılması gerekir. Bu bağlamda aktarım hızının ayarlanması ile ilgili yapılması gereken parametre numarası kullanım kılavuzundan bulunur ve aşağıdaki yol izlenerek parametre ayarı yapılır.

09.01		Transmission Speed		Factory Setting: 1
Settings	0	Baud rate 4800 bps (bits / second)		
	1	Baud rate 9600 bps		
	2	Baud rate 19200 bps		
	3	Baud rate 38400 bps		

This parameter is used to set the transmission speed between the RS485 master (PC, etc.) and AC motor drive.

Şekil 4.13 Veri aktarım hızının parametresinin ayarının yapılması-I

Ardından Şekil 4.13’ deki gibi VFD-Soft programında 09-01 numaralı parametre ayarını 3 olarak değiştirip istenilen veri hızı sağlanmış olur.



Şekil 4.14 Veri aktarım hızının parametresinin ayarının yapılması-II

### 4.3.2 ModBus Protokol Parametresinin Ayarlanması

ModBus protokolünün ayarlanması ile ilgili yapılması gereken parametre numarası kullanım kılavuzundan bulunur ve aşağıdaki yol izlenerek parametre ayarı yapılır.

09.04		Communication Protocol	Factory Setting: 0
Settings	0	Modbus ASCII mode, protocol <7,N,2>	
	1	Modbus ASCII mode, protocol <7,E,1>	
	2	Modbus ASCII mode, protocol <7,O,1>	
	3	Modbus RTU mode, protocol <8,N,2>	
	4	Modbus RTU mode, protocol <8,E,1>	
	5	Modbus RTU mode, protocol <8,O,1>	
	6	Modbus RTU mode, protocol <8,N,1>	
	7	Modbus RTU mode, protocol <8,E,2>	
	8	Modbus RTU mode, protocol <8,O,2>	
	9	Modbus ASCII mode, protocol <7,N,1>	
	10	Modbus ASCII mode, protocol <7,E,2>	
	11	Modbus ASCII mode, protocol <7,O,2>	

Şekil 4.15 ModBus protokolü parametresinin ayarının yapılması

#### 4.4 Hız Kontrol Cihazıyla PID Parametre Ayarlamalarının Yapılması

Bir PID denetleyici tasarlanırken aşağıdaki adımlar izlenirse istenilen sonuca başarıyla ulaşılabilir.

1. Sistemin açık çevrim cevabı elde edilir ve bu cevabı geliştirmek için neye ihtiyaç olduğuna karar verilir.
2. Yükseliş zamanını geliştirmek için oransal denetleyici eklenir.
3. Aşmayı azaltmak için türevsel denetleyici eklenir.
4. Sürekli rejim hatasını elemek için integral denetleyici eklenir.
5. İstenilen cevap elde edilene kadar her bir  $K_p, K_I, K_D$  değeri ayarlanır.

Hangi denetçinin hangi özellikleri kontrol ettiği Tablo 1.2’de verilmiştir. Eğer ihtiyaç duyulmuyorsa üç denetleyicinin de tek bir sistem içinde aynı anda kullanılmasına gerek yoktur. Örneğin; eğer PI denetleyicisi yeteri kadar iyi yanıt veriyorsa sistemde türevsel denetleyici kullanmaya ihtiyaç yoktur. Denetleyicinin mümkün olduğu kadar basit seçilmesi gerekir.

Bu bağlamda sistemde kullanılan PID kontrol özelliği bulunan Delta VFD-EL motor sürücü ile PID parametrelerinin ayarlamalarının nasıl yapılacağı ile ilgili izlenecek yolları aktarmak gerekir.

Motor sürücünün ayarlamalarını gösteren Delta VFD-EL Kullanıcı kitabından parametreler bölümünde yer alan PID parametreler bölümünü Şekil 4.16’da inceleyecek olursak:

#### **PID Kontrol Parametreleri:**

**10 -00 : 02** (Harici terminallerden negatif PID geri besleme (ACI) 4-20mA):

Bu parametre ile kullanılmak istenilen geri besleme özelliği belirtilir. Eğer set edilen sıvı seviye değerine yaklaşıldığında motorun durması dolayısıyla frekansın azalarak sıvı seviyesinin istenilen seviyede kalması isteniyorsa bu çalışmada negatif geri besleme kullanılmalıdır.

### 10 - 02 : 1,0 fabrika değeri (Oransal Kazanç (P) ):

Tepki süresini ayarlamak için 0,0 – 10,0 değerleri arasında ayarlanabilir. Çok büyük seçildiğinde sıvı seviyesinin istenilen değerde set edilmesine karşın sürücünün buna tepkisi çok ani olacak ve frekans çok hızlı azalıp artarak istenilen hassasiyet gerçekleşmeyecektir. Bu değerın çok küçük seçilmesi durumunda ise bu sefer sürücünün tepkisi ve dolayısıyla frekans çok yavaş olarak değişecektir. Bu gibi istenmeyen durumların giderilmesi için bu parametre değeri sistemin özelliğine göre tespit edilip girilmelidir.

### 10 - 03 : 1,00 fabrika değeri (Integral Kazancı (I)):

Sistemin salınım süresini ayarlamak için kullanılan bu parametre de yine sistemin özelliğine göre denenerek tespit edilmelidir (0,0 – 100,00 sn arasında ayar aralığı vardır). Bu değer çok büyük seçildiğinde sıvı seviyesi değeri set edilen değerin üzerine veya altına düştüğünde aşırı bir salınım olacak ve istenilen değere ulaşmada sıkıntı yaşanacaktır. Çok küçük seçildiğinde ise bu sefer salınım küçük olacak fakat daha uzun bir sürede tepki olacaktır.

### 10-04 : 0,00 fabrika değeri (Türev Kontrol(D) )

Bu parametre yine sistemin kararlılığına geçiş için daha hassas ayarlamalarda kullanılmaktadır. Sistemin özelliğine göre uygun değerler girilmelidir.(0,00 -1,00 sn ayar aralığı bulunmaktadır)

Group 10 PID Control Parameters			
Parameter	Explanation	Settings	Factory Setting
10.00	PID Set Point Selection	0: Disable PID operation 1: Keypad (based on Pr.02.00) 2: 0 to +10V from AVI 3: 4 to 20mA from ACI 4: PID set point (Pr.10.11)	0
10.01	Input Terminal for PID Feedback	0: Positive PID feedback from external terminal AVI (0 ~ +10VDC) 1: Negative PID feedback from external terminal AVI (0 ~ +10VDC) 2: Positive PID feedback from external terminal ACI (4 ~ 20mA) 3: Negative PID feedback from external terminal ACI (4 ~ 20mA)	0
✓10.02	Proportional Gain (P)	0.0 to 10.0	1.0
✓10.03	Integral Time (I)	0.00 to 100.0 sec (0.00=disable)	1.00

Şekil 4.16 PID parametresinin ayarlarının yapılması-I

Parameter Management

File Drive Table EDS

Save Exit Read File Read Drive Write Select Write All Compare Update Print

Drive [VFD-EL]

All Parameters

0 - User parameters

1 - Basic

2 - Operation method

3 - Output Function

4 - Input Function

5 - Multi-speed

6 - Protection

7 - Motor

8 - Special

9 - Communication

10 - PID Control

Selected Parameters

File

Table from Drive

Drive: VFD-EL Rated Current: 4.2A  
Version: 1.04 Rated Voltage: 115V/230V  
kW(Hp): 0.75 (1)

Pr. No	MODBUS	Description	Unit	Data	Default	Min	Max	Attribute	
<input type="checkbox"/>	10-00	0A00H	PID SP signal	4	0	0	4	Writable	
<input type="checkbox"/>	10-01	0A01H	PID FB signal	1	0	0	3	Writable	
<input checked="" type="checkbox"/>	10-02	0A02H	PID Kp	10,0	1,0	0,0	10,0	Writable	
<input checked="" type="checkbox"/>	10-03	0A03H	PID Ki	8,00	1,00	0,00	100,00	Writable	
<input checked="" type="checkbox"/>	10-04	0A04H	PID Kd	1,00	0,00	0,00	1,00	Writable	
<input type="checkbox"/>	10-05	0A05H	UB PID-1 control	%	100	100	0	100	Writable
<input type="checkbox"/>	10-06	0A06H	Pri dly filter T	sec	0,0	0,0	2,5	Writable	
<input type="checkbox"/>	10-07	0A07H	PID output limit	%	100	100	0	110	Writable
<input type="checkbox"/>	10-08	0A08H	FB detect time	sec	2,0	60,0	0,0	3600,0	Writable
<input type="checkbox"/>	10-09	0A09H	Feedback loss		0	0	0	2	Writable
<input type="checkbox"/>	10-10	0A0AH	PID feedback gai	n	1,0	1,0	0,0	10,0	Writable
<input checked="" type="checkbox"/>	10-11	0A0BH	PID set point	Hz	7,20	0,00	0,00	600,00	Writable
<input type="checkbox"/>	10-12	0A0CH	FB deviation	%	40,0	10,0	1,0	50,0	Writable
<input type="checkbox"/>	10-13	0A0DH	PID detect time	sec	5,0	5,0	0,1	300,0	Writable
<input type="checkbox"/>	10-14	0A0EH	Sleep/wakup time	sec	0,0	0,0	0,0	6550,0	Writable
<input type="checkbox"/>	10-15	0A0FH	Sleep Freq	Hz	0,00	0,00	0,00	600,00	Writable
<input type="checkbox"/>	10-16	0A10H	Wake up freq	Hz	20,00	0,00	0,00	600,00	Writable
<input type="checkbox"/>	10-17	0A11H	PID ofset	Hz	0,00	0,00	0,00	60,00	Writable
<input type="checkbox"/>	10-18	0A12H	PHYSICS Value		99,9	99,9	1,0	99,9	Writable
<input checked="" type="checkbox"/>	10-19	0A13H	PID block sel.	1	0	0	1	Writable	
<input type="checkbox"/>	10-20	0A14H	PID devi. handle	0	0	0	3	Writable	
<input type="checkbox"/>	10-21	0A15H	Time for restart	sec	60	60	0	9999	Writable

Şekil 4.17 PID parametresinin ayarlarının yapılması-II

İstenilen cevap elde edilene kadar her bir  $K_p$ ,  $K_i$ ,  $K_d$  değeri ayarlanır. Bunun yanı sıra sistemimize en uygun PID Calculation Mode Selection kısmından seri veya paralel mode seçeneklerinden birini aktif hale getirip, sistemin cevabını gözlemleyerek en uygun parametrede karar kılabiliriz. Burada uygunluktan kasıt sistemi olabildiğince kararsız (stabil olmayan) bölgeden uzakta tutmaya çalışan sistem tercihidir.

Parameter Management

File Drive Table EDS

Save Exit Read File Read Drive Write Select Write All Compare Update Print

Drive [VFD-EL]

All Parameters

0 - User parameters

1 - Basic

2 - Operation method

3 - Output Function

4 - Input Function

5 - Multi-speed

6 - Protection

7 - Motor

8 - Special

9 - Communication

10 - PID Control

Selected Parameters

File

Table from Drive

Drive: VFD-EL Rated Current: 4.2A  
Version: 1.04 Rated Voltage: 115V/230V  
kW(Hp): 0.75 (1)

Write Check

Please Check the Parameter(s) You want to Write

Pr. No	MODBUS	Description	Unit	Data	Default	Min	Max	Attribute
<input type="checkbox"/>	10-00	0A00H	P					
<input type="checkbox"/>	10-01	0A01H	P					
<input checked="" type="checkbox"/>	02-01	0201H	OPD source	3	0	0	4	
<input checked="" type="checkbox"/>	10-02	0A02H	PID Kp	10,0	1,0	0,0	10,0	
<input checked="" type="checkbox"/>	10-03	0A03H	PID Ki	8,00	1,00	0,00	100,00	
<input checked="" type="checkbox"/>	10-04	0A04H	PID Kd	1,00	0,00	0,00	1,00	
<input type="checkbox"/>	10-05	0A05H	U					
<input type="checkbox"/>	10-06	0A06H	P					
<input type="checkbox"/>	10-07	0A07H	P					
<input type="checkbox"/>	10-08	0A08H	P					
<input type="checkbox"/>	10-09	0A09H	P					
<input type="checkbox"/>	10-10	0A0AH	P					
<input checked="" type="checkbox"/>	10-11	0A0BH	P					
<input type="checkbox"/>	10-12	0A0CH	P					
<input type="checkbox"/>	10-13	0A0DH	P					
<input type="checkbox"/>	10-14	0A0EH	S					
<input type="checkbox"/>	10-15	0A0FH	S					
<input type="checkbox"/>	10-16	0A10H	W					
<input type="checkbox"/>	10-17	0A11H	P					
<input type="checkbox"/>	10-18	0A12H	P					
<input checked="" type="checkbox"/>	10-19	0A13H	P	1	0	0	1	Writable
<input type="checkbox"/>	10-20	0A14H	P	0	0	0	3	Writable

Confirm

Do you want to write the parameter(s) to drive?

Yes No

Hint: The red color font of parameter(s) means that can't be set in running

Write: --

Status: --

OK Cancel

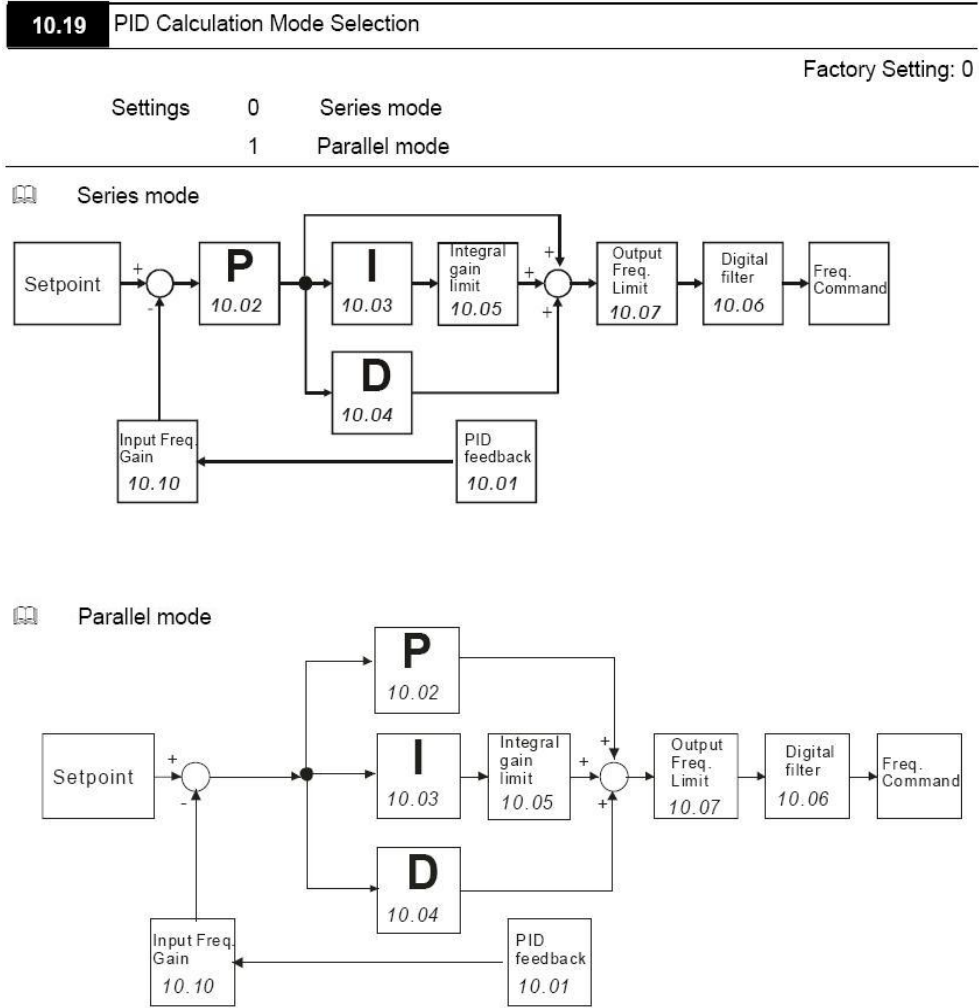
Şekil 4.18 PID parametresinin ayarlarının yapılması-III



Parameter	Explanation	Settings	Factory Setting
↗10.04	Derivative Control (D)	0.00 to 1.00 sec	0.00
10.05	Upper Bound for Integral Control	0 to 100%	100
10.06	Primary Delay Filter Time	0.0 to 2.5 sec	0.0
10.07	PID Output Freq Limit	0 to 110%	100
10.08	PID Feedback Signal Detection Time	0.0 to 3600 sec (0.0 disable)	60.0
10.09	Treatment of the Erroneous PID Feedback Signals	0: Warn and RAMP to stop 1: Warn and COAST to stop 2: Warn and keep operation	0
10.10	Gain Over the PID Detection Value	0.0 to 10.0	1.0
↗10.11	Source of PID Set point	0.00 to 600.0Hz	0.00
10.12	PID Feedback Level	1.0 to 50.0%	10.0
10.13	Detection Time of PID Feedback	0.1 to 300.0 sec	5.0
10.14	Sleep/Wake Up Detection Time	0.0 to 6550 sec	0.0
10.15	Sleep Frequency	0.00 to 600.0 Hz	0.00
10.16	Wakeup Frequency	0.00 to 600.0 Hz	0.00
10.17	Minimum PID Output Frequency Selection	0: By PID control 1: By minimum output frequency (Pr.01.05)	0
10.18	PID Control Detection Signal Reference	1.0 to 99.9	99.9
10.19	PID Calculation Mode Selection	0: Series mode 1: Parallel mode	0

Şekil 4.19 PID Parametre mode seçenekleri-I



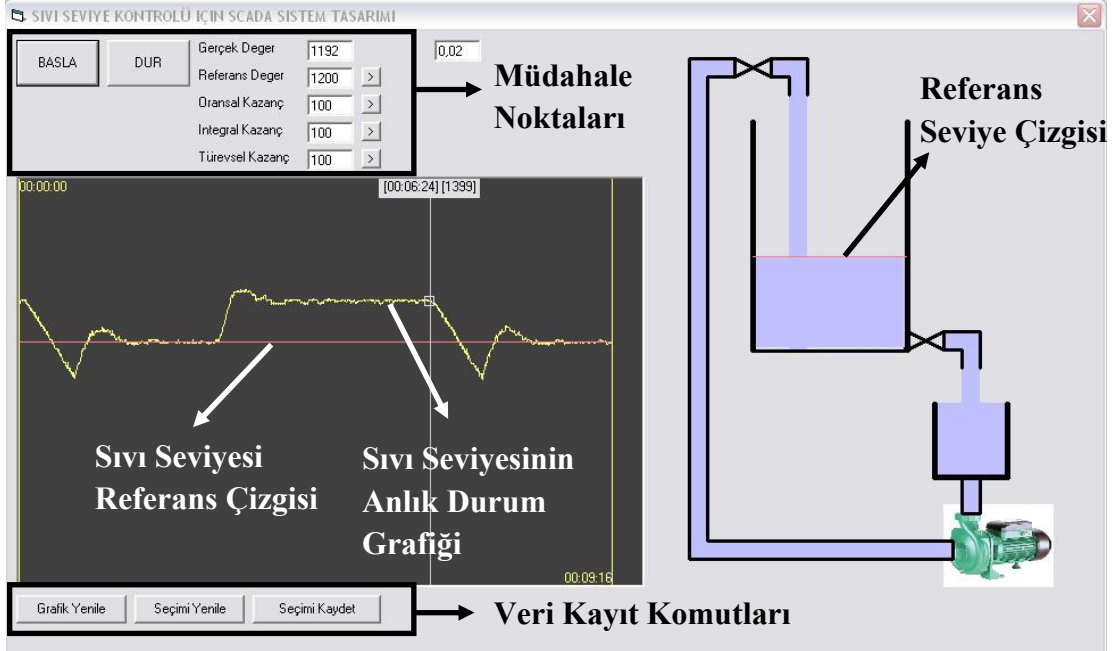


Şekil 4.20 PID Parametre mode seçenekleri-II

#### 4.5 Sıvı Seviye Kontrolü Program Ara Yüzünün Tasarlanması ve İşlevleri

Program ara yüzü Visual Basic 6,0 programında tasarlanmıştır. Programda amaçlanan sıvı seviyesini gerçek zamanlı olarak program ara yüzünde görebilmek, PID parametrelerinde kolaylıkla değişikliğe gitme imkanı yakalamak, istenildiği zaman ara yüzden müdahale edebilmek, referans değerini istenildiği gibi değiştirebilmek, anlık grafik takibi yapabilmek, veri okuma yapabilmek ve anlık verileri, .csv olarak saklayıp istenildiği takdirde Microsoft Excel ortamında grafik olarak inceleyebilme imkanı yakalayabilmektir.

Yukarıda saydığımız bütün çalışmaların, program ara yüzünde yer alması sağlanmıştır. Program ara yüzünde yer alan çalışmalar Şekil 4.21’de görülmektedir.



Şekil 4.21 Sıvı seviye kontrolü program ara yüzünün işlevleri

Sistemin çalışmasını kısaca anlatacak olursak: Belirlenen PID parametreleri doğrultusunda sistem belirlenen referans değerine yaklaşmaya çalışır ve yeni bir referans değeri belirlenene kadar o değerde sabit kalmaya devam eder. Grafik üzerinde herhangi iki nokta işaretlenir ve bu değerler arasındaki sıvı seviyesinin o anki sayısal değerlerin incelenmesi imkânı böylece yakalanmış olur.

## **BÖLÜM BEŞ**

### **DENEYSEL ÇALIŞMALAR**

#### **5.1 Deneysel Çalışmalar**

Bu bölümde iki farklı deneysel çalışma yapılmıştır. Birinci çalışmada; deneme yanılma yöntemiyle elde edilen en iyi PID katsayıları ile sıvı seviyesinin istenen referans değere istikrarlı olarak ulaşma süresi gözlemlenmiştir. İkinci çalışmada ise Ziegler-Nichols teoremine uygun olarak belirlenen, PID katsayılarını kullanarak sıvı seviyesinin istenen referans değere istikrarlı olarak ulaşma süresi gözlemlenmiştir. Daha sonra bu iki sonucun kıyaslaması yapılacaktır.

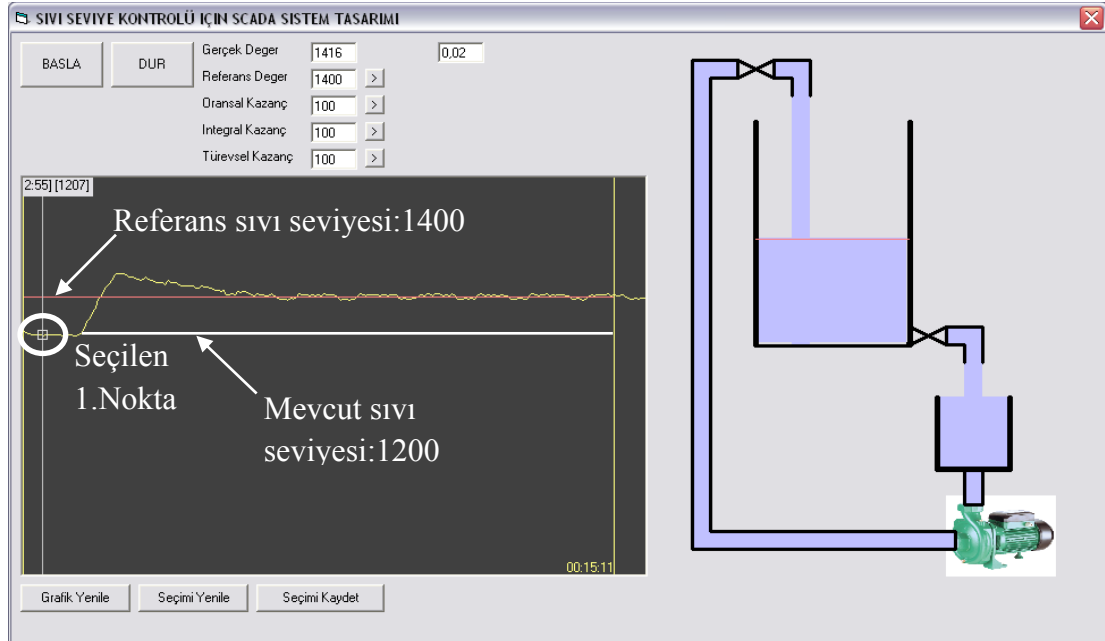
Kıyaslama yapılırken kontrollü deneyler uygulanmış, mevcut sıvı seviyesi ile ulaşılacak istenen referans değer, her iki durumda da aynı tutulmuştur. Mevcut sıvı seviyesi olarak 1200 değeri alınmış, ulaşılacak istenen sıvı seviyesi de 1400 olarak belirlenmiştir.

Yapılan deneylerde; mevcut durumdaki sıvı seviyesinde iken, mouse ile incelenmek istenen ilk nokta seçilir, ardından incelenmek istenen ikinci nokta seçilir. İki nokta arasında kalan bölgenin sayısal bilgileri; program ara yüzünde bulunan seçimi kaydet butonuna basılarak, .csv uzantılı bir dosyaya aktarılmış olur. Elde edilen dosyada; sıvı seviyesinin, hangi sürede hangi durumda olduğu bilgileri yer almaktadır. Buradan hareketle, ayrıntılı grafik elde edilerek, sistemin hareketleri üzerinde rahatlıkla yorum yapılabilmektedir.

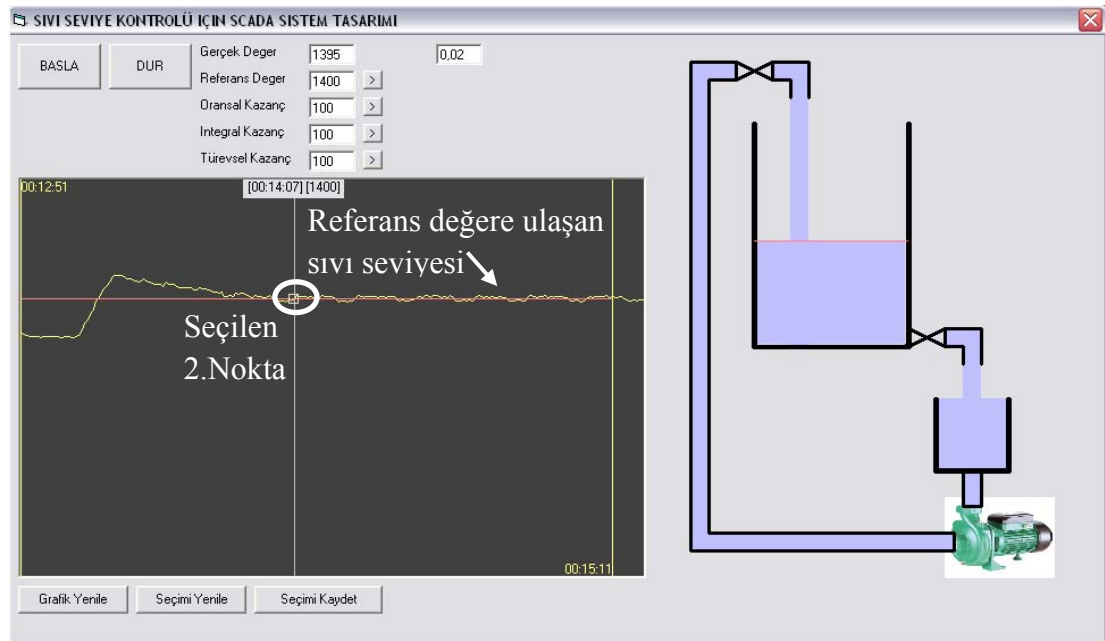
#### ***5.1.1 Deneme Yanılma Yöntemiyle Bulunan PID Parametreleri İle Yapılan Çalışma***

Deneme yanılma yöntemiyle, elde edilen PID parametrelerinin kullanılması sonucu oluşan tablo ve grafik incelenecektir. Bu yöntemde sıvı seviyesinin istenen değeri yakalama süresi ve bu sırada sıvı seviyesinin izlediği hareketler gözlemlenmiştir. Bu süreler ve bu hareketlerin en istikrarlı halini yakalaması için PID parametrelerinde değişikliklere gidilerek en iyi sonuç yakalanmaya çalışılmıştır.

Öncelikle mouse'u grafiğin bulunduğu alana getirip, incelenmek istenen aralığın başlangıcı ve bitişi olan iki noktayı seçmemiz gerekmektedir. Şekil 5.1 ve Şekil 5.2' de görüldüğü gibi bu iki nokta seçilir ve program ara yüzünün aşağı kısmında yer alan seçimi kaydet tuşuna basarak o iki nokta arasındaki noktalardan oluşan, .csv uzantılı bir dosya elde edilmiş olur.

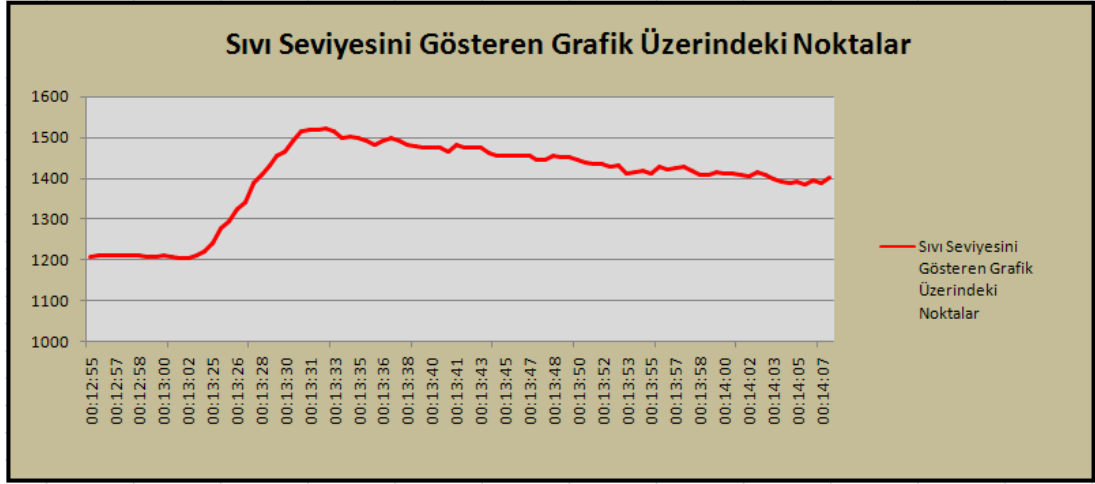


Şekil 5.1 İncelenmek istenen noktalardan birincisinin seçilmesi



Şekil 5.2 İncelenmek istenen noktalardan ikincisinin seçilmesi

Grafik üzerinde seçilen ilk nokta 1200 mertebelerindedir. Bu değer referans değer olan 1400 mertebesinin aşağısında bir değerdir. Sıvı seviyesinin stabil olmayan (istikrarlı olmayan) bir durumu yansıttığı bu ilk nokta ile istikrarlı bir sıvı seviyesi noktasını yansıtan ikinci nokta arasındaki grafik eğrisini hem program ara yüzünde yer alan grafikten, hem de sayısal veri olarak elde edilen Tablo 5.1 yardımıyla elde edilen Şekil 5.3' de gösterilen grafik üzerinde görülmektedir.



Şekil 5.3 Seçilen iki nokta arasında yer alan sıvı seviyesini gösteren grafik

Tablo 5.1 Seçilen iki nokta arasında yer alan sıvı seviyesini gösteren tablo-I

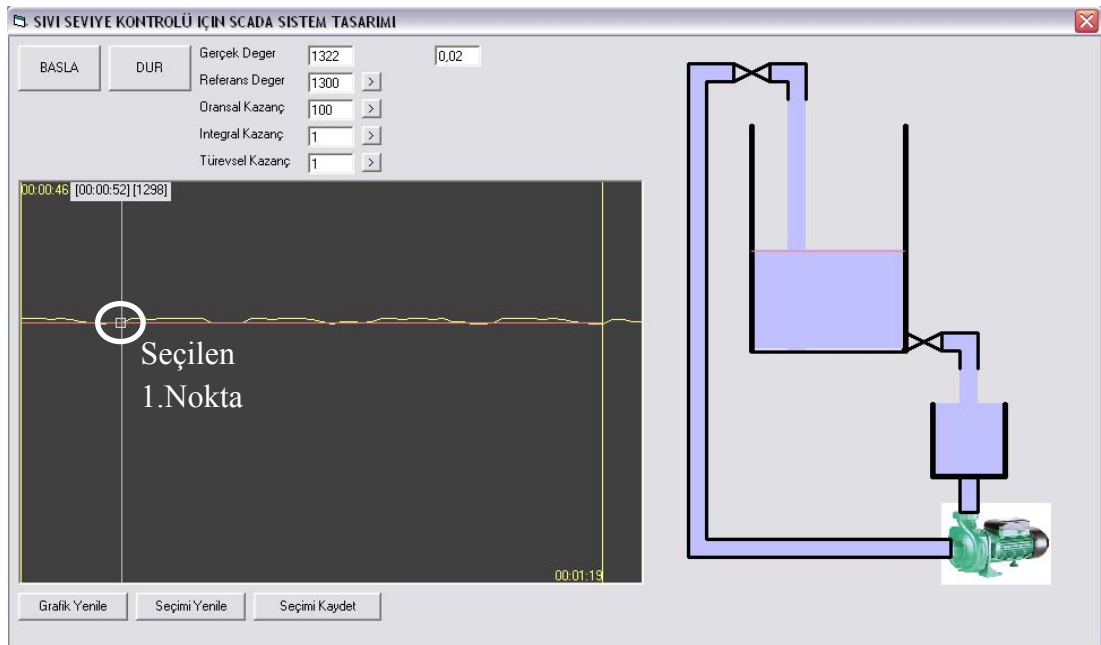
Referans Noktasına Ulaşma Süresi [sn]	Süre [sn]	Sıvı Seviyesini Gösteren Grafik Üzerindeki Noktalar
00:01:12	00:12:55	1207
	00:12:56	1211
	00:12:57	1211
	00:12:58	1210
	00:12:59	1207
	00:13:24	1211
	00:13:34	1500
	00:13:44	1461
	00:13:54	1414
	00:14:04	1390
	00:14:05	1389
	00:14:05	1390
	00:14:06	1384
	00:14:06	1394
	00:14:07	1389
00:14:07	1400	

Şekil 5.3'deki grafikten ve Tablo 5.1' den görüleceği üzere sistemin istikrarlı(stabil) bir yapıya kavuşma süresi sistemin kararlılık derecesini göstermektedir. Bu süre PID parametrelerinde değişikliklere gidilerek en düşük seviyeye indirilebilir.

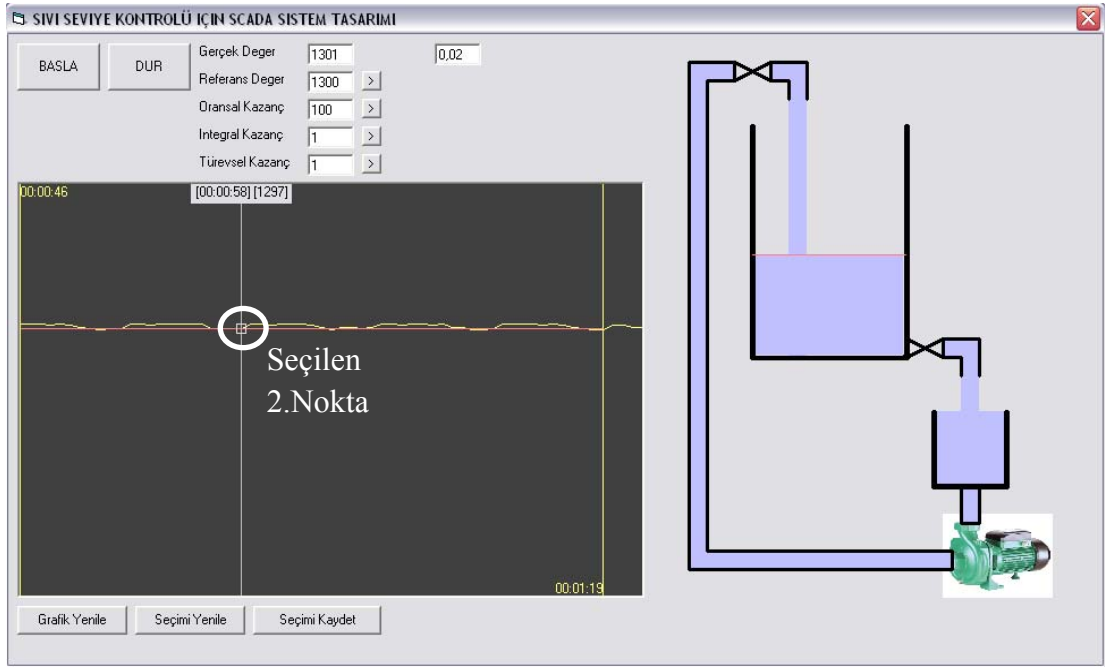
### 5.1.2 Ziegler-Nichols Teoremine Göre Elde Edilen PID Parametreleri İle Yapılan Çalışma

İzlenen yollardan ikinci olan Ziegler-Nichols teoremine göre PID parametreleri elde edilmeye çalışılacaktır. Metodoloji bölümünde de anlatıldığı gibi: PID kontrolörün  $K_I, K_D$  katsayıları parametre ayarlamasına başlarken “ 0 “ yapılır.  $K_p$ ; sistem osilasyona gidene kadar yavaş yavaş artırılır. Sistemin osilasyona gittiği andaki  $K_p$  değerine  $K_u$ , osilasyon frekansına  $P_u$  adı verilir. Ziegler- Nichols metodu sonucu elde edilen Tablo 2.1'e göre  $K_I, K_D$  katsayıları belirlenmiş olur.

Yukarıda anlatıldığı gibi  $K_p$  değeri yavaş yavaş artırılmış ve Şekil-5.4' de görüldüğü gibi  $K_p=100$  değerinde osilasyona girmesi sağlanmıştır.



Şekil 5.4 Sistemin osilasyon frekansını elde etmek için başlangıç noktasının seçilmesi



Şekil 5.5 Sistemin osilasyon frekansını elde etmek için bitiş noktasının seçilmesi

$$K_u=100$$

$$\text{Frekans} = \frac{1}{\text{Periyot}} \rightarrow f = \frac{1}{T}$$

$P_u$ =Osilasyon Frekans

$$P_u = \frac{1}{59 - 52} = \frac{1}{7} = 0,142856 \text{ [ Hz ]}$$

Tablo 2.1’de belirtildiği üzere, PID kontrolün de Ziegler-Nichols teoremine göre:

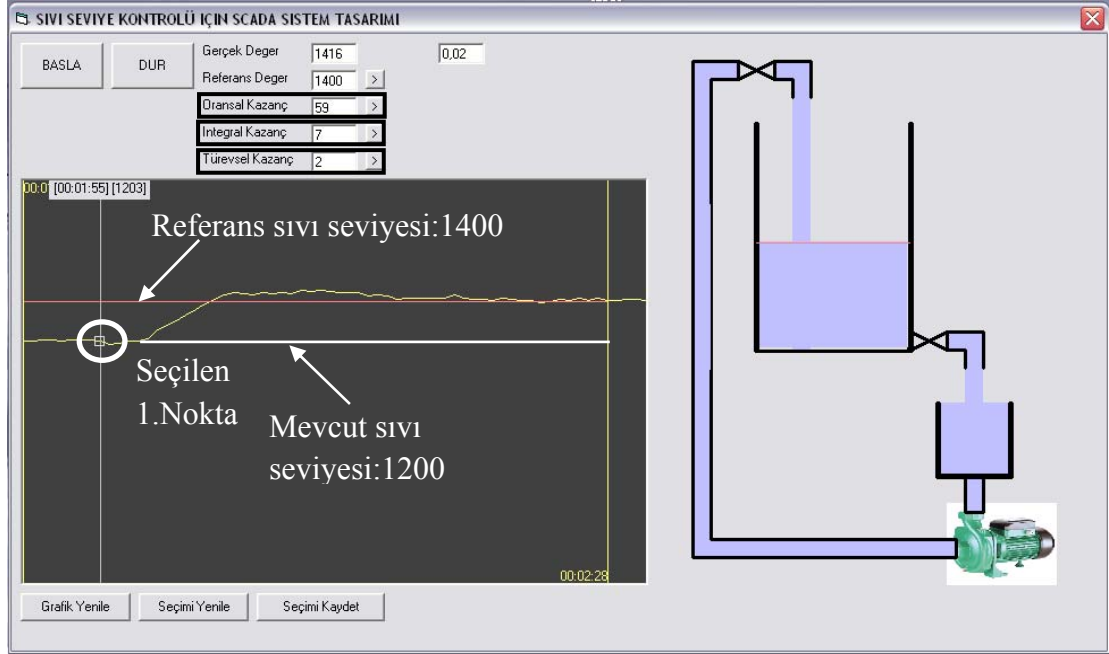
$$K_p = K_u / 1,7 \rightarrow 100 / 1,7 = 58,824 \cong 59$$

$$K_I = P_u / 2 \rightarrow 0,142856 / 2 = 0,071428 \cong 0,07 (\times 100^*) = 7$$

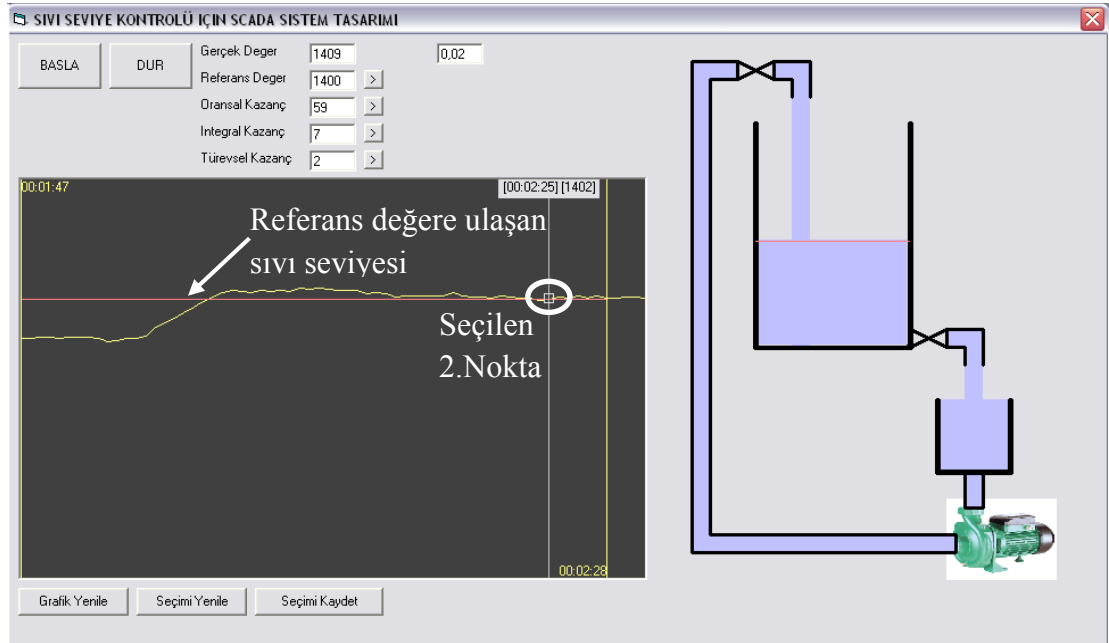
$$K_D = P_u / 8 \rightarrow 0,142856 / 8 = 0,017857 \cong 0,02 (\times 100^*) = 2$$

\*Program yapısı gereği PID parametreleri tamsayı olması gerektiği için, bu değerleri tamsayı yapabilmek adına  $K_i$  ve  $K_d$  değerleri 100 ile çarpılmıştır.

Ziegler-Nichols yöntemiyle elde edilen PID parametreleri, sisteme uyarlanacak olursa; Şekil 5.6'daki gibi incelenmek istenen noktalardan birincisi seçilir.



Şekil 5.6 Ziegler-Nichols yöntemine göre incelenmek istenen noktalardan birincisinin seçilmesi



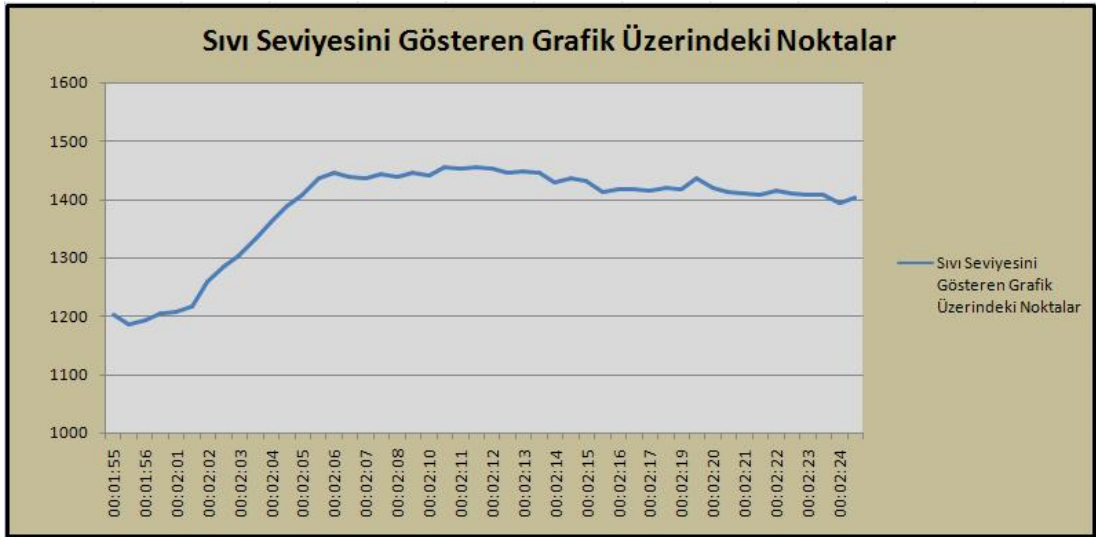
Şekil 5.7 Ziegler-Nichols yöntemine göre incelenmek istenen noktalardan ikincisinin seçilmesi

Daha önce de anlatıldığı gibi, mouse'u grafiğin bulunduğu alana getirip incelemek istediğimiz aralığın başlangıcı ve bitişi olan iki noktayı seçmemiz



gerekmektedir. Şekil 5.6 ve Şekil 5.7’de görüldüğü gibi bu iki nokta seçilir ve program ara yüzünün aşağı kısmında yer alan seçimi kaydet tuşuna basarak o iki nokta arasındaki noktalardan oluşan, .csv uzantılı bir dosya elde edilmiş olur.

Grafik üzerinde seçilen ilk nokta 1200 mertebelerindedir. Bu değer referans değer olan 1400 mertebesinin aşağısında bir değerdir. Sıvı seviyesinin stabil olmayan (istikrarlı olmayan) bir durumu yansıttığı bu ilk nokta ile istikrarlı bir sıvı seviyesi noktasını yansıtan ikinci nokta arasındaki grafik eğrisini hem program ara yüzünde yer alan grafikten, hem de sayısal veri olarak elde edilen Tablo 5.2 yardımıyla elde edilen Şekil 5.8’ de gösterilen grafik üzerinde görülmektedir.



Şekil 5.8 Seçilen iki nokta arasında yer alan sıvı seviyesini gösteren grafik

Tablo 5.2 Seçilen iki nokta arasında yer alan sıvı seviyesini gösteren tablo-II

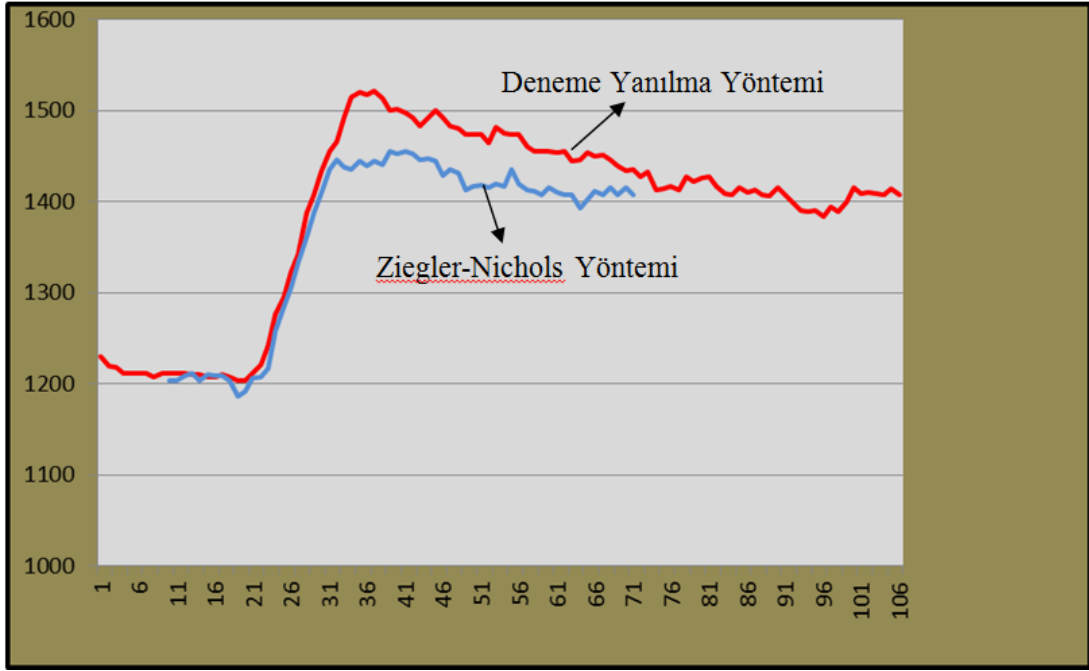
Referans Noktasına Ulaşma Süresi [sn]	Süre [sn]	Sıvı Seviyesini Gösteren Grafik Üzerindeki Noktalar
00:00:30	00:01:55	1203
	00:02:01	1207
	00:02:10	1440
	00:02:20	1420
	00:02:20	1413
	00:02:21	1411
	00:02:21	1408
	00:02:22	1415
	00:02:22	1410
	00:02:23	1408
	00:02:24	1408
	00:02:24	1393
	00:02:25	1402

### 5.1.3 Deneme Yanılma Yöntemiyle Bulunan PID Parametreleri İle Yapılan Çalışma ile Ziegler-Nichols Teoremine Göre Elde Edilen PID Parametreleri İle Yapılan Çalışmanın Kıyaslanması

Kıyaslama işlemini her iki yöntemde elde edilen grafiklerin karşılaştırılması üzerinden yapılması iki çalışma arasındaki farkı daha net olarak ortaya koymaya yardımcı olacaktır. Şekil 5.9' da de görüleceği üzere;

Grafikten de görüleceği üzere, Ziegler-Nichols yöntemi ile elde edilen PID parametrelerini kullanarak sistemde; yükseliş zamanı, overshoot (aşım) ve yerleşim zamanı azalmış ve sistem daha stabil (istikrarlı) bir yapıya kavuşmuştur.

Deneme yanılma yöntemiyle en iyi sonuca ulaşmak için sarf edilen zamandan tasarruf edilmiştir.



Şekil 5.9 Her iki yöntemi grafikleri çakıştırmak suretiyle kıyaslama

## BÖLÜM ALTI

### SONUÇLAR

Bu çalışmada sıvı seviyesini istenen değerde tutabilmek ve sıvı seviyesinin farklı bir seviyeden belirlenen referans seviyesine en kısa sürede ulaşmasını sağlamak ve bu noktada bozucu girdilere karşı sistemin en hızlı şekilde cevap verebilmesi amaçlanmış ve sağlanmıştır. Her seviyede motor ani dur kalk yapmak yerine, gerektiği ölçüde çalışarak kararlı bir yapı sergilemesi sağlanmıştır.

Uygulanan iki ayrı en uygun PID parametrelerini yakalama yönteminin kıyaslamasında; birinci yöntem olan deneme yanılma yönteminde: İstenen sıvı seviyesini yakalama süresi; 72 saniye mertebelerinde iken, ikinci yöntem olan Ziegler-Nichols yönteminde; istenen sıvı seviyesini yakalama süresi, 30 saniye mertebelerine gerilemiştir. Bu da sistemin amaçlanan kararlı yapıya, daha kısa sürede ulaştırılma isteğinin sağlandığının en somut göstergesidir.

Sistemin uzaktan izlenebilir olması ve müdahale yetisine sahip olması açısından SCADA sisteminin ana işlevlerini yerine getirmesi sağlanmıştır. Mekanik, elektrik ve programlama bilgisi içeren bu projenin mekatroniğin tanımını oluşturan etmenleri bünyesinde taşıması açısından öğrenilen bilgilerin pratiğe dökülmesi amaçlanmış ve sonuca ulaşması sağlanmıştır.

## **BÖLÜM YEDİ**

### **ÖNERİLER**

Bu çalışma; hem donanımsal hem de yazılımsal olarak geliştirilmeye açıktır. Donanımsal anlamda; sıvı seviyesi ölçümü için ultrasonik sensör kullanılması her seviyede ölçümü mümkün kılacaktır. Bütünleşik olarak tasarlanan model ayırık hale getirilerek deneysel çalışmalar için daha kullanışlı hale getirilebilir.

Yazılımsal anlamda; program arayüzü amaca uygun olarak tasarlanabilir, görsel anlamda iyileştirmelere gidilebilir. Sisteme internet ortamından erişim sağlanarak, uzaktan sistem takibi ve kontrolü eklemek mümkündür. Farklı yazılımlar kullanarak daha net veriler elde etmek, karmaşık kontrol sistemlerini sistem üzerine uyarlamak mümkündür. Buraya kadar yapılan çalışmaların üzerine bilgi koyularak, geliştirilmesi ve günlük hayatta da yaygın bir kullanım alanı bulması mümkün kılınabilir.

## KAYNAKLAR

Abc Enser Otomasyon, (b.t). PID Kontrol, 2-5

Bingül, Z.( 2005). *Matlab ve Simulink'le Modelleme- Kontrol I*, Birsen Yayınevi, 76-77, 85.

Bir, A.(2011). *Otomatik Kontrol Uygulamalarının Öncüleri*, Emo İzmir Şubesi- Otomasyon, 14-15.

Coşkun, İ., Terzioğlu, H. (2007). *Hız Performans Eğrisi Kullanılarak PID Parametrelerinin Belirlenmesi*, *Teknik – Online Dergi*, 6(3), 189-190.

Katırcıoğlu, İ., Sefer, C. (2005). *Sıvı Tanklarda Seviye Kontrol Sistemi* İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, 8.

Öğüt, S. (b.t). Alarko- Carrier San.Tic.A.Ş., *Pompalarda Enerji Tasarrufu*, 1.

Scada Sisteminin Genel Yapısı, (b.t). 07.04.2012, [http://emikro.net/index2.php?option=com\\_docman&task=doc\\_view&gid=121](http://emikro.net/index2.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=121)

Siemens San.Tic.A.Ş. (b.t). *Elektrik Motorları ve Motor Hız Kontrol Sistemleri ile Enerji Verimliliği*, 1-3, 8, 10-11.

Songüler, Ö. (2006). *Az Sönümlü Sistemlerde Ziegler-Nichols Yönteminin İyileştirilmesi*, İstanbul Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, 3,21.

Türkiye Cumhuriyeti Milli Eğitim Bakanlığı (2009), *Seviye Ölçümü*. Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi, 5-7.

Uyar, E.( 2004). *Sistem Dinamiđi ve Otomatik Kontrol*, DEÜ Mühendislik Fakültesi, 76-77, 85.

Yapar, T. Ö., Tümer, A. (b.t). *Bitirme Projesi*, Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Lisans Tezi, 3.

## EKLER

### ŞEKİL LİSTESİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
1.1 Geri beslemeli sistem.....	1
1.2 Ktesibios'un debi kontrol sistemi.....	2
1.3 Ktesibios'un debi kontrol sistemine ilişkin blok diyagramı.....	2
1.4 Cezeri'nin debi kontrolörlü su saatine ilişkin özgün çizim.....	4
1.5 Cezeri'nin debi kontrolörlü su saatinin çalışma prensibi.....	4
1.6 Seviye ölçümüne örnek bir çizim.....	5
1.7 Tablo 1'de görülen sensörlerin kullanım örnekleri.....	6
1.8 Şamandıra yöntemiyle seviye ölçümü.....	9
1.9 Birim Geri Besleme.....	10
1.10 Örnek bir SCADA kontrol merkezi.....	13
1.11 Örnek geri beslemeli sistem.....	14
1.12 Kontrol sistem tasarımı akış şeması.....	15
2.1 Motor verimliliği sınıflandırması.....	18
2.2 Motor verimlilik sınıflarını gösteren grafik.....	19
2.3 Motor frekans eğrileri grafiği.....	20
2.4 Hız kontrol cihazı ve bağlantı düzeni.....	21
2.5 Motor frekans eğrileri grafiği.....	22
2.6 Kapalı Devre Kontrol Sistemi Elemanları.....	23



## ŞEKİL LİSTESİ (Devam)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.7 Motor çıkış frekansının düzeltilmesi.....	24
2.8 Sapma ile çıkış frekansı arası ilişki.....	25
2.9 Kapalı çevrim Ziegler – Nichols metoduna ait çıkış işareti.....	26
2.10 SCADA sistem yapısı.....	27
2.11 Kısmen öbekli çok noktalı SCADA sistem yapısı.....	29
2.12 Modemlerin SCADA sistemindeki fonksiyonu.....	29
2.13 Paralel haberleşme .....	32
2.14 Seri haberleşme .....	33
2.15 RS-232 haberleşmesi .....	34
2.16 RS-485/422 fark sinyali.....	35
2.17 İletişim hiyerarşisi.....	36
2.18 Modbus protokolü için tipik bağlantı ve devre şeması .....	39
3.1 Sistem konstrüksiyonu ve üzerindeki donanımlardan görünüm-1.....	40
3.2 Sistem konstrüksiyonu ve üzerindeki donanımlardan görünüm-2.....	41
3.3 Sistem konstrüksiyonu ve üzerindeki donanımlardan görünüm-3.....	41
3.4 Sıvı seviye kontrolünde kullanılan santrifüj pompa.....	42
3.5 Motor sürücü genel görünümü ve bağlantı şeması .....	43
3.6 Motor sürücü bağlantı noktaları .....	44
3.7 Dijital keypad'in tanımlanması .....	44

## ŞEKİL LİSTESİ (Devam)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
3.8 Motor sürücü kontrol terminalleri .....	45
3.9 Motor sürücü bağlantı iç yapısı .....	45
3.10 Potansiyometre iç yapısı .....	46
3.11 Kullanılan potansiyometreden bir görünüm.....	46
3.12 Potansiyometrenin ölçüsel iç yapısı .....	47
3.13 Potansiyometrenin teknik özellikleri.....	47
3.14 USB RS-485 dönüştürücü.....	48
3.15 USB RS-485 bağlantı şeması .....	49
3.16 USB-RS485 dönüştürücü bilgisayar bağlantısı.....	49
3.17 Pano bağlantı şeması .....	50
4.1 Keypad'in aktif hale getirilmesi-I.....	51
4.2 Keypad'in aktif hale getirilmesi-II.....	52
4.3 Yapılan parametre değişikliklerinin motor sürücüyeye yüklenmesi.....	52
4.4 Motor sürücü kullanım kılavuzundaki haberleşme parametre karşılıkları....	53
4.5 Motor sürücü çalışır vaziyetteyken izlenecek yol .....	53
4.6 Port ayarlarının yapılması-I.....	54
4.7 Port ayarlarının yapılması-II.....	54
4.8 Port ayarlarının yapılması-III.....	55
4.9 Port ayarlarının yapılması-IV.....	55

## ŞEKİL LİSTESİ (Devam)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.10 Port ayarlarının yapılması-V.....	56
4.11 Microsoft Access içerisinde saklanan program ayarları-I.....	56
4.12 Microsoft Access içerisinde saklanan program ayarları-II.....	57
4.13 Veri aktarım hızının parametresinin ayarının yapılması-I.....	57
4.14 Veri aktarım hızının parametresinin ayarının yapılması-II.....	58
4.15 ModBus protokolü parametresinin ayarının yapılması .....	58
4.16 PID parametresinin ayarlarının yapılması-I .....	60
4.17 PID parametresinin ayarlarının yapılması-II.....	61
4.18 PID parametresinin ayarlarının yapılması-III.....	61
4.19 PID Parametre mode seçenekleri-I .....	62
4.20 PID Parametre mode seçenekleri-II.....	63
4.21 Sıvı seviye kontrolü program ara yüzünün işlevleri.....	64
5.1 İncelenmek istenen noktalardan birincisinin seçilmesi.....	66
5.2 İncelenmek istenen noktalardan birincisinin seçilmesi.....	66
5.3 Seçilen iki nokta arasında yer alan sıvı seviyesini gösteren grafik.....	67
5.4 Sistemin osilasyon frekansını elde etmek için başlangıç noktasının seçilmesi.	68
5.5 Sistemin osilasyon frekansını elde etmek için bitiş noktasının seçilmesi.....	69
5.6 Ziegler-Nichols yöntemine göre incelenmek istenen noktalardan birincisinin seçilmesi.....	70

**ŞEKİL LİSTESİ (Devam)**

<b><u>Sekil</u></b>	<b><u>Sayfa</u></b>
5.7 Ziegler-Nichols yöntemine göre incelenmek istenen noktalardan ikincisinin seçilmesi.....	70
5.8 Seçilen iki nokta arasında yer alan sıvı seviyesini gösteren grafik .....	71
5.9 Her iki yöntemi; grafikleri karşılaştırmak suretiyle kıyaslama.....	73

**EKLER****TABLO LİSTESİ**

<b><u>Tablo</u></b>	<b><u>Sayfa</u></b>
1.1 Şekil 1.10’da numaralandırılan sensörlerin isimleri .....	7
1.2 Kapalı çevrim sisteminde denetleyicilerin etkileri.....	11
2.1 Kapalı çevrim Ziegler – Nichols metodu için parametrelerin hesaplanması.....	27
2.2 Tablo 2.2 RS 485 / RS 422 haberleşme özellikleri.....	34
2.3 Günümüzde en fazla kullanılan veri iletişim protokolleri ve pazar payları.....	36
5.1 Seçilen iki nokta arasında yer alan sıvı seviyesini gösteren tablo-I.....	67
5.2 Seçilen iki nokta arasında yer alan sıvı seviyesini gösteren tablo-II.....	72

## EKLER

### PROGRAM KODLARI

```
Dim dist As Long, Kp As Long, Ki As Long, Kd As Long, Ref As Long,  
baslangic_time As Date, Power As Double
```

```
Dim line_start_x As Long, line_end_x As Long, line_secim As Long,  
line_secim_kirp As Long, line_start_x_tmp As Long
```

```
Dim grafik_data(10000) As Long, grafik_time(10000) As Date,  
grafik_data_i As Long
```

```
Dim kapan_sure As Long
```

---

```
Private Sub Command1_Click()
```

```
    If MsgBox("Silme İstediginize Emin misiniz", vbYesNo) = vbNo  
Then Exit Sub
```

```
    grafik_data_i = 0
```

```
    line_secim = 0
```

```
End Sub
```

---

```
Private Sub Command2_Click()
```

```
    line_secim = 0
```

```
End Sub
```

---

```
Private Sub Command3_Click()
```

```
Open App.Path & "\cikti.csv" For Output As #1
```

```
    For i = line_start_x To line_end_x
```

```
        Print #1, grafik_time(i) & ";" & grafik_data(i)
```

```
    Next
```

```
Close #1
```

```
End Sub
```

---

```
Private Sub Command4_Click()
```

```
    data_engine_write 4, 2
```

```
End Sub
```

---

```
Private Sub Command5_Click()
```

```
data_engine_write 4, 1
```

```
End Sub
```

---

```
Private Sub grafik_MouseDown(Button As Integer, Shift As Integer, X  
As Single, Y As Single)
```

```
    line_start_x_tmp = CInt(X)
```

```
End Sub
```

---

```
Private Sub grafik_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X  
As Single, Y As Single)
```

```
    grafik_point.Left = CInt(X) - grafik_point.Width / 2
```

```
    grafik_point.Top = grafik_y(grafik_data(CInt(X))) -  
grafik_point.Height / 2
```

```
    dusey_line.X1 = CInt(X)
```

```
    dusey_line.X2 = CInt(X)
```

```
    grafik_measure.Left = dusey_line.X2 - grafik_measure.Width / 2
```

```
    grafik_measure = "[" & grafik_time(CInt(X)) & "]" [" &  
grafik_data(CInt(X)) & "]"
```

```
    If (Button) Then
```

```
        line_end_x = CInt(X)

        kesim_cubuk_yenile

    End If

End Sub



---



Private Sub grafik_MouseUp(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)

    line_secim = 1

    line_start_x = line_start_x_tmp

    line_start_x_tmp = 0

End Sub



---



Private Sub Kd_com_Click()

Dim tmp_ As Long

tmp_ = InputBox("Kd değeri girin")

If Not IsNumeric(tmp_) Then Exit Sub

data_engine_write 3, tmp_

End Sub



---



Private Sub Ki_com_Click()

Dim tmp_ As Long

tmp_ = InputBox("Ki değeri girin")

If Not IsNumeric(tmp_) Then Exit Sub

data_engine_write 2, tmp_

End Sub



---


```



```
Private Sub ref_com_Click()

Dim tmp_ As Long

tmp_ = InputBox("Referans değeri girin")

If Not IsNumeric(tmp_) Then Exit Sub

data_engine_write 0, tmp_ / 1.6667

End Sub



---



Sub kesim_cubuk_yenile()

    If line_start_x_tmp > 0 Then

        line_start.X1 = line_start_x_tmp

        line_start.X2 = line_start_x_tmp

        label_start.Left = line_start_x_tmp

        label_start = grafik_time(line_start_x_tmp)

    Else

        line_start.X1 = line_start_x

        line_start.X2 = line_start_x

        label_start.Left = line_start_x

        label_start = grafik_time(line_start_x)

    End If

    Line_end.X1 = line_end_x

    Line_end.X2 = line_end_x

    Label_end.Left = line_end_x - Label_end.Width

    Label_end = grafik_time(line_end_x)

End Sub



---


```

```
Sub grafik_ciz()  
  
    If line_secim = 0 Then  
  
        line_start_x = 0  
  
        line_end_x = grafik_data_i  
  
    End If  
  
        grafik_len = line_end_x - line_start_x  
  
        grafik.ScaleWidth = grafik_len + 1 + grafik_len / 20  
  
        grafik.ScaleLeft = line_start_x  
  
    ref_line.X1 = line_start_x  
  
    ref_line.X2 = line_end_x  
  
    ref_line.Y1 = grafik_y(Ref)  
  
    ref_line.Y2 = grafik_y(Ref)  
  
    kesim_cubuk_yenile  
  
    grafik.Cls  
  
    grafik.PSet (0, grafik_y(grafik_data(0)))  
  
    For i = 1 To grafik_data_i  
  
        grafik.Line -(i, grafik_y(grafik_data(i)))  
  
    Next  
  
End Sub  


---

  
Function grafik_y(tmp)  
  
    grafik_y = grafik.ScaleHeight - tmp  
  
End Function  


---

  
Private Sub Timer2_Timer()
```

```
dist = data_engine_register(100)

Ref = data_engine_register(101) * 1.66666 ' 100 / 60

Kp = data_engine_register(102)

Ki = data_engine_register(103)

Kd = data_engine_register(104)

Power = data_engine_register(106) / 100

    Shapel(0).Height = dist

    Shapel(0).Top = (3100 - dist) + 1070

    ref_line2.Y1 = (3100 - Ref) + 1070

    ref_line2.Y2 = (3100 - Ref) + 1070

Ref_text = Ref

Kp_text = Kp

Ki_text = Ki

Kd_text = Kd

dist_text = dist

Pow_text = Power

If grafik_data_i = 0 Then baslangic_time = Time

grafik_data(grafik_data_i) = dist

grafik_time(grafik_data_i) = Time - baslangic_time

grafik_ciz

grafik_data_i = grafik_data_i + 1

If (grafik_data_i > 9999) Then grafik_data_i = 0

If 1450 < dist Then
```

```
    If kapan_sure > 30 Then Command5_Click 'Fazla aşması durumunda  
    kapat
```

```
        kapan_sure = kapan_sure + 1
```

```
End If
```

```
If 1450 > dist And kapan_sure > 30 Then kapan_sure = 0:  
Command4_Click
```

```
End Sub
```

---

```
Private Sub Kp_com_Click()
```

```
Dim tmp_ As Long
```

```
tmp_ = InputBox("Kp değeri girin")
```

```
If Not IsNumeric(tmp_) Then Exit Sub
```

```
data_engine_write 1, tmp_
```

```
End Sub
```