

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

PROSES KONTROL EĞİTİM SETİ TASARIMI VE
UYGULAMASI

EVİRİM AFŞAR

KOCAELİ 2014

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**PROSES KONTROL EĞİTİM SETİ TASARIMI VE
UYGULAMASI**

EVİRİM AFŞAR

**Prof. Dr. Cüneyt OYSU
Danışman, Kocaeli Üniv.**

**Prof. Dr. Zafer BİNGÜL
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniv.**

**Doç.Dr. Şeref Naci ENGİN
Jüri Üyesi, YTÜ**



Tezin Savunulduğu Tarih: 11.07.2014

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Günümüzde endüstriyel proseslerin gelişmesi ve farklılaşması ile birlikte bu sistemlerin otomasyonu ihtiyaçlarını karşılamak ve geliştirmek de önemli bir yer teşkil etmektedir. Tasarım, araştırma ve geliştirme aşamasında olan büyük maliyetli ve tehlikeli proses uygulamalarını ve sistemlerin verecekleri yanıtları gerçek prosesler üzerinde test etmek oldukça zor, maliyeti yüksek ve tehlikelidir. Bu sebepten dolayı tasarlama aşamasında olan proses uygulamalarını küçük ölçekte hazırlanmış olan deney düzenekleri ile test etmek ve verecekleri yanıtları değerlendirmek daha az maliyetli ve tehlikelerden arındırılmış olmaktadır.

Bu çalışmada, öncelikle proses deney düzeneğinin mekanik yapısı oluşturularak sıvı akışkan debisinin tek ve çift pistonlu pompa ile kontrol edilip işlem tankları içerisindeki sıvı seviyesinin, sıcaklığının, debisinin ve sıcaklığının PLC kontrol sistemi ile algoritması oluşturularak PID kontrolü gerçekleştirilmiştir.

Tez çalışması süresince desteklerini, fikirlerin ve bilgilerini benimle paylaşan ve yapmış olduğu katkılar ile çalışmama yön veren değerli danışman hocam Sn. Prof. Dr. Cüneyt OYSU'ya teşekkür ederim. Ayrıca tez çalışmam süresinde bana desteklerini esirgemeyen Sn. Prof. Dr. Metin ERTUNÇ'a teşekkür ederim.

Eylül – 2014

Evrin AFŞAR

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	iv
SİMGELER DİZİNİ ve KISALTMALAR	vi
ÖZET.....	vii
ABSTRACT.....	viii
GİRİŞ.....	1
1. GENEL BİLGİLER	2
1.1. Kontrol Sistemleri	2
1.1.1. Açık çevrim kontrol sistemi	2
1.1.2. Kapalı çevrim (geri besleme) kontrol sistemi.....	3
1.1.3. Oransal-integral-türev (PID) kontrolü.....	4
1.1.3.1. Oransal kontrol etkisi.....	5
1.1.3.2. İntegral kontrol etkisi.....	5
1.1.3.3. Türev kontrol etkisi.....	6
1.1.4. Bulanık mantık kontrol sistemi	6
1.1.5. Programlanabilir mantıksal denetleyiciler (PLC)	8
1.1.6. Danışmalı kontrol ve veri toplama sistemi (SCADA)	11
1.2. Sıvı Akışkanlı Proses Deney Düzenekleri.....	12
1.3. Proses Deney Düzenekleri Kontrol Parametreleri.....	17
1.3.1. Seviye kontrolü	17
1.3.2. Sıcaklık kontrolü	18
1.3.3. Basınç kontrolü	19
1.3.4. Debi kontrolü	20
1.3.4.1. Fark basınç yöntemi ile debi ölçümü	20
1.3.4.2. Girdap yöntemi ile ölçme yöntemi	23
1.3.4.3. Elektromanyetik yöntem ile debi ölçümü.....	23
1.3.4.4. Elektronik değişken alan ile ölçme yöntemi.....	24
1.4. Proses Kontrol Sistemleri Devre ve Tesisat Elemanları	26
1.4.1. Oransal akış kontrolü	26
1.4.1.1. Oransal akış kontrol vanaları	27
1.4.2. Solenoid vanalar	29
1.4.3. Endüstriyel pompalar	31
1.4.3.1. Santrifüj pompalar	31
1.4.3.2. Pozitif yer değiştirmeli pompalar	32
1.4.4. Basınç algılayıcıları.....	33
1.5. Tez Çalışmasının Literatüre Katkısı.....	34

2. PROSES KONTROL DENEY DÜZENİĞİNİN GERÇEKLEŞTİRİLMESİ	35
2.1. Giriş.....	35
2.2. Sistem Pompaları.....	36
2.2.1. Ana pompa	36
2.2.2. İkincil pompa	37
2.3. Solenoid Vanalar.....	38
2.4. Tek Yönlü Geri Beslemeli Pnömatik Oransal Vana	40
3. DENETLEYİCİ ÜNİTESİ.....	44
3.1. Giriş.....	44
3.2. Proses Kontrolleri.....	44
3.2.1. PID tabanlı seviye kontrolü.....	44
3.2.1.1. Tek kademeli seviye kontrolü.....	46
3.2.1.2. Besleme ve boşaltma pompaları ile kontrol	47
3.2.1.3. Oransal vana ve boşaltma pompası ile kontrol	52
3.2.2. PID tabanlı basınç kontrolü.....	54
3.2.3. PID tabanlı sıcaklık kontrolü	56
3.2.4. Debi kontrolü	58
3.2.4.1. Besleme pompası ile PID tabanlı debi kontrolü.....	59
3.2.4.2. Pnömatik oransal vana ile PID tabanlı debi kontrolü	60
SONUÇLAR ve ÖNERİLER	61
KAYNAKLAR	63
EKLER	68
KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER	96
ÖZGEÇMİŞ	97

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1.	Açık çevrim kontrol sistemi	3
Şekil 1.2.	Kapalı çevrim kontrol sistemi	3
Şekil 1.3.	PID kontrolde parametre etkileri	4
Şekil 1.4.	Oransal (P) kontrol algoritması	5
Şekil 1.5.	Oransal, integral (PI) kontrol algoritması	5
Şekil 1.6.	Oransal, integral, türev “PID” kontrol algoritması	6
Şekil 1.7.	Bulanık mantık şematik gösterimi	7
Şekil 1.8.	Bulanık mantık tank seviye kontrolü	8
Şekil 1.9.	PLC blok diyagramı	8
Şekil 1.10.	Şematik PLC gösterimi	9
Şekil 1.11.	PLC genel blok şeması	10
Şekil 1.12.	Örnek SCADA ekranı	11
Şekil 1.13.	Polytechnic enstitüsü kontrol düzeneği	13
Şekil 1.14.	Lucas-Nuelle firması kapalı çevrim deney düzeneği	14
Şekil 1.15.	Lucas-Nuelle firması proses kontrol deney düzeneği	14
Şekil 1.16.	Entek süreç kontrol deney düzeneği	15
Şekil 1.17.	Hendes süreç kontrol deney düzeneği	16
Şekil 1.18.	Kapalı çevrim sıcaklık kontrolü	18
Şekil 1.19.	Dar kanal plakası	21
Şekil 1.20.	Dar kanal debi ölçer	21
Şekil 1.21.	Dar kanal debi ölçer sisteme bağlantı şeması	22
Şekil 1.22.	Girdap ölçüm yöntemi ile debi ölçümü	23
Şekil 1.23.	Elektromanyetik indükleme prensibi	24
Şekil 1.24.	Değişken alanlı debi ölçer	25
Şekil 1.25.	Değişken alanlı debi ölçer prensibi	25
Şekil 1.26.	Oransal vana ile çalışan fırının brülör kontrolü	27
Şekil 1.27.	Oransal vana ile çalışan varil doldurma kontrolü	28
Şekil 1.28.	Oransal vana ile çalışan lazer kesim ünitesi kontrolü	28
Şekil 1.29.	Solenoid vana	29
Şekil 1.30.	Solenoid vana kesit çizimi	30
Şekil 1.31.	Santrifüj pompa	31
Şekil 1.32.	Diyaframlı pompa	32
Şekil 1.33.	Basınç algılayıcısı	33
Şekil 2.1.	Diyaframlı pompa (17 lt/dak)	36
Şekil 2.2.	Diyaframlı pompa (12 lt/dak)	37
Şekil 2.3.	Diyaframlı ana ve ikincil pompalar	38
Şekil 2.4.	Deney düzeneği üzerinde bulunan yön kontrol vanaları	39
Şekil 2.5.	Süreç tankı dolum yön kontrol vanası	39
Şekil 2.6.	Oransal pnömatik kontrol vanası	41
Şekil 2.7.	Kapalı çevrim tek döngülü oransal vana süreç kontrolü	42
Şekil 2.8.	Kapalı çevrim oransal vana süreç kontrolü oranı	42
Şekil 2.9.	Giriş değeri ve Kv arasındaki ilişki	43

Şekil 2.10. Oransal valf kesit çizimi.....	43
Şekil 3.1. Deney setinde kullanılan PLC ünitesi	44
Şekil 3.2. Gerçekleştirilen deney seti	45
Şekil 3.3. Tek kademeli seviye kontrolü kontrol paneli	46
Şekil 3.4. Tek kademeli seviye kontrolü algoritması	47
Şekil 3.5. Ana sistem kontrol paneli.....	48
Şekil 3.6. İşlem tankı kontrol paneli görüntüsü.....	48
Şekil 3.7. İşlem tankı PLC – PID bloğu	49
Şekil 3.8. PID bloğu temel parametre ayarları	49
Şekil 3.9. PID bloğu girdi değerlerinin ölçeklendirmesi	50
Şekil 3.10. PID bloğu çıktı değerlerinin ölçeklendirmesi	50
Şekil 3.11. PID bloğu en iyileme grafiği	51
Şekil 3.12. En iyileme sonunda elde edilen PID parametreleri	51
Şekil 3.13. Kontrol sistemi PID grafiği	52
Şekil 3.14. Kontrol sistemi PID bloğu.....	52
Şekil 3.15. Oransal vana kontrol sistemi PID grafiği	53
Şekil 3.16. Basınç kontrolü uygulaması	54
Şekil 3.17. Basınç kontrolü kontrol ekranı	55
Şekil 3.18. Basınç kontrolü uygulaması PID bloğu	55
Şekil 3.19. Basınç kontrolü PID kontrol grafiği.....	56
Şekil 3.20. Sıcaklık kontrolü	57
Şekil 3.21. Debi kontrolü uygulaması	59

SİMGELER DİZİNİ VE KISALTMALAR

Kv : Debi parametresi, (m³/h)

Kısaltmalar

HMI : Human Machine Interface (İnsan Makine Arayüzü)
PID : Proportional Integral Derivative (Oransal, İntegral, Türev)
PLC : Programmable Logic Controller (Programlanabilir Mantıksal Denetleyici)
SCADA : Supervisory Control and Data Acquisition (Danışmalı Kontrol ve Veri Toplama Sistemi)

PROSES KONTROL EĞİTİM SETİ TASARIMI VE UYGULAMASI

ÖZET

Bu çalışmada, eğitim amaçlı bir proses deney düzeneği tasarlanmış ve gerçekleştirilmiştir. Sistemde akışkan olarak sıvı kullanılmıştır. Proses deney düzeneğinde akışkanın proses tankları içerisindeki debi, sıcaklık, seviye ve basınç gibi parametreleri kontrol edilmiştir.

Çalışmada öncelikle deney düzeneğinin mekanik yapısı ve konstrüksiyonu tasarlanmıştır. Bütün mekanik elemanların tasarlanacak olan proses sistemine göre tipleri, kapasiteleri ve güçleri tespit edilmiştir ardından sistem üzerindeki yerleri tespit edilerek elektrik ve sinyal kablolama yolları belirlenmiştir.

Gerçekleştirilen proses deney düzeneğinde denetleyici olarak Siemens S7-1200 PLC ve insan makine ara yüzü (HMI) olarak Siemens WinCC SCADA sistemi ve proses kontrol algoritması editörü olarak mantık devresi (Ladder Logic) kullanılmıştır. Otomasyon sistemi üzerinde bulunan algılayıcılardan alınan veriler denetleyici sistemine gönderilip oluşturulan kontrol algoritmasında işlenerek sistem kontrolü gerçekleştirilmektedir. Geliştirilen proses kontrol sistemine komutlar SCADA sistemi ile verilmektedir. Proses deney düzeneği depolama tankı, besleme tankı ve proses tanklarında oluşmaktadır ve her bir tankın üzerinde taşma kontrolü amacı ile kapasitif algılayıcı kullanılmıştır. Proses de kullanılan sıvı transferi dört valfli ve kendinden emişli pistonlu pompalar vasıtası ile sağlanmıştır.

Proses deney düzeneğinde seviye kontrolü, tanklar altındaki basınç algılayıcılarından gelen verinin denetleyici tarafından işlenip sistem pompalarının hızını kontrol etmek sureti ile yapılmaktadır. Seviye kontrolü ayrıca oransal valf kullanılarak da gerçekleştirilebilmektedir. Seviye kontrolü basit aç/kapa kontrol ve oransal, türev, integral (PID) olarak yapılabilmektedir. Deney setinde tank içerisindeki hava basınç kontrolü oransal, türev, integral (PID) kontrol sistem ile denetlenmektedir. Tank içerisindeki hava basıncı, basınç algılayıcısından alınan verilerin denetleyici tarafından işlenerek proses ana ve ikincil pompaların hızlarının kontrolü ile sağlanmaktadır. Sistemde kullanılan akışkanın debi kontrolü pistonlu pompaların hız kontrolü ile sağlanmıştır. Tank içerisindeki sıvı sıcaklık kontrolü oransal, integral, türev kontrol sistemi ile kontrol edilmektedir. Proses kontrolü sırasında bir tank dikey yönde hareket ettirmek sureti ile fiziksel bozucu etki yaratılmıştır. Bir diğer fiziksel bozucu da dışarıdan ani sıvı yükselmesiyle elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Basınç Kontrolü, Debi Kontrolü, PID, SCADA, Sıcaklık Kontrolü, Sıvı Seviye Kontrolü.

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF PROCESS CONTROL APPARATUS

ABSTRACT

In this study, a process control experiment setup has been designed and constructed for educational purpose. The water is used as a fluid in this system. The parameters such as liquid level, flow rate, temperature and pressure in the tank are controlled at this experimental setup.

First of all, the mechanical structure and construction was designed in the frame of this thesis. The types, capacities and power of the all mechanical equipments according to the designed general process control system structure, after that the locations of the mechanical equipments was defined together with locations and the road of the electrical and signal cables. Eventually, system has been constructed according to the designed mechanical and electronic structure.

Siemens S7-1200 PLC system is used as a controller and Siemens WinCC SCADA is used as a human machine interface (HMI) and ladder logic programme editor is used to develop as a control algorithm for this process experiment apparatus. The system control is realized as a means of transmitting data that are taken from sensors which are on the system to controller and then system is controlled according to developed control algorithm. The commands are entered by means of SCADA system to the developed process control system. Process experiment apparatus consists of storage tank, supply tank and process tanks also the capacitive sensors are used at the top of each tank in order to control overflow. The liquid is transfer by means of four valve self - suction cylinder pumps.

The liquid level control realized by means of acquisite data which come from sensor which is at the bottom of the tanks and control the speed of the pumps. The level control can also be performed by using proportional valve. The liquid level control can be performed by single or PID control. The air pressure control inside of the tank controlled by PID control system. The air pressure control inside of the tank is controlled by controlling the speed of the main and secondary pumps according to acquiring the data which are taken from pressure sensor and control. The flow rate control is controlled by speed control of the cylinder pumps. The liquid temperature is controlled by PID control system. The physical disturbance also created by means of moving a tank in vertical direction.

Keywords: Pressure Control, Flow Rate Control, PID, SCADA, Temperature Control, Liquid Level Control.

GİRİŞ

Türkiye ve dünyada hali hazırda tasarlanan ve gerçekleştirilen proses kontrol deney düzenekleri incelendiğinde, sözü edilen deney düzeneklerinde kullanılan mekanik ve elektronik ekipmanların endüstride kullanılan ekipmanlar ile hemen hemen aynı işlevde fakat endüstride kullanılmayacak kadar basit yapıda ve küçük ölçekte oldukları görülmektedir. Bu sebepten dolayı, sözü edilen deney düzeneklerini kullanan öğrencilerin endüstri ile tam uyum içerisinde olamamaları görülmektedir.

Bu çalışmada, proses deney düzeneğinin tasarım aşamasında olabildiğince bizzat endüstride kullanılan mekanik ve elektronik devre ekipmanlarının kullanılmasına özen gösterilmiştir. Mekanik ve elektronik proses devre elemanlarının seçilmesinde kalite ve fiyat analizi yapılarak en iyi ürünün seçimi göz önünde bulundurulmuştur.

Çalışmada öncelikle deney düzeneğinin mekanik yapısı tasarlanarak kullanılacak olan ekipmanlar seçilmiştir ve düzeneğin konstrüksiyonu tamamlanmıştır. Proses kontrol deney setinde akışkan olarak sıvı (su) kullanılmıştır. Proses kontrol parametreleri olarak seviye, basınç, debi ve sıcaklık seçilmiştir. Ayrıca bir proses tank'ı içerisindeki hava basıncı gerçek zamanlı olarak iki adet pistonlu pompa kullanılmak sureti ile kontrol edilmiştir.

Bu çalışmadaki temel amaç yerli imkanlarla kaliteli ve işlevsel bir proses kontrol deney düzeneğinin tasarlanıp, gerçekleştirilmesi ve öğrencilerin kullanımına sunulmasıdır.

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Kontrol Sistemleri

Kontrol, bir ölçülebilir değişkenin ya da ölçülebilir değişkenlerden oluşan kümenin önceden belirlenmiş bir koşula uyumunu sağlamaya yönelik olarak geliştirilen işlemler bütünü olarak tanımlanabilir.

Kontrol sistemi ise sıcaklık, debi, seviye gibi bazı fiziksel değişkenleri ayarlayarak veya var olan durumlarını koruyarak dinamik işlemler yöneten elle ayarlanan ya da otomatik mekanizmalardır. Kontrol sistemlerinin birçok çeşidi olmasından dolayı günümüze kadar farklı kontrol yöntemleriyle alakalı oldukça fazla çalışmalar yapılmıştır [1, 2, 3].

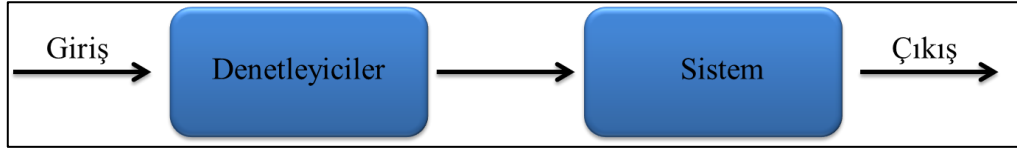
Her kontrol sisteminin içinde bir denetleyici vardır ve bu denetleyici mikroişlemci, mikro denetleyici olabileceği gibi bir programlanabilir mantıksal denetleyici (PLC) de olabilir. Şimdiye kadar literatür de PLC ile alakalı sıcaklık, debi, seviye gibi bir çok parametre kontrolü sağlanması amaçlı çalışmalar yapılmıştır [4].

Çıkışı ya da çıkışın büyüklüğünü kontrol etmek üzere kullanılan iki çeşit sistem vardır. Sözü edilen sistemler açık çevrim kontrol sistemi ve kapalı çevrim kontrol sistemi olmak üzere iki kategoriye ayrılabilir.

1.1.1. Açık çevrim kontrol sistemi

Verilen giriş komutu (input) ile çıkışı (output) harekete geçirebilen sistemlere açık döngü kontrol sistemleri denilmektedir. Bu tür sistemlerde yapılan işlemi ayarlamak üzere gerekli olan geri besleme (feedback) ihtiyacı görülmez. Bu tür ayarlamalar el yordamı ile yapılır.

Açık döngü kontrol sistemleri her zaman kararlıdırlar ve bu kararlılığını sistemin çalışma süresi boyunca korurlar. Şekil 1.1’de açık çevrim kontrol sistemi görülmektedir.

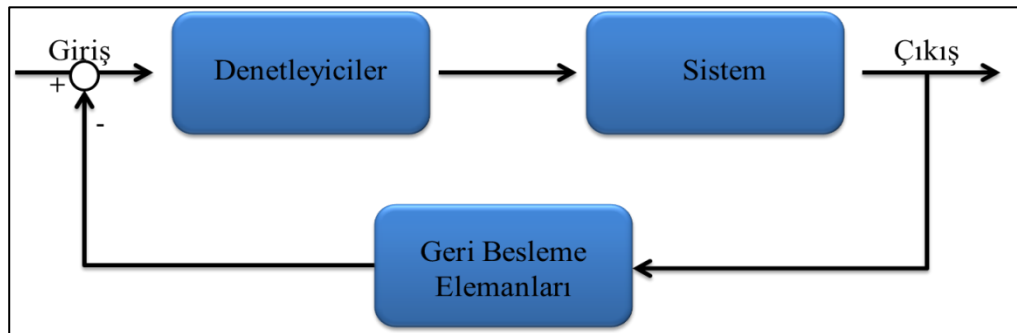


Şekil 1.1. Açık çevrim kontrol sistemi

1.1.2. Kapalı çevrim (geri besleme) kontrol sistemi

Geri besleme (feedback) ile giriş (input) arasındaki farka dayanarak çıkış (output) verisini otomatik olarak değiştirebilen sistemlere kapalı döngü kontrol sistemleri denir.

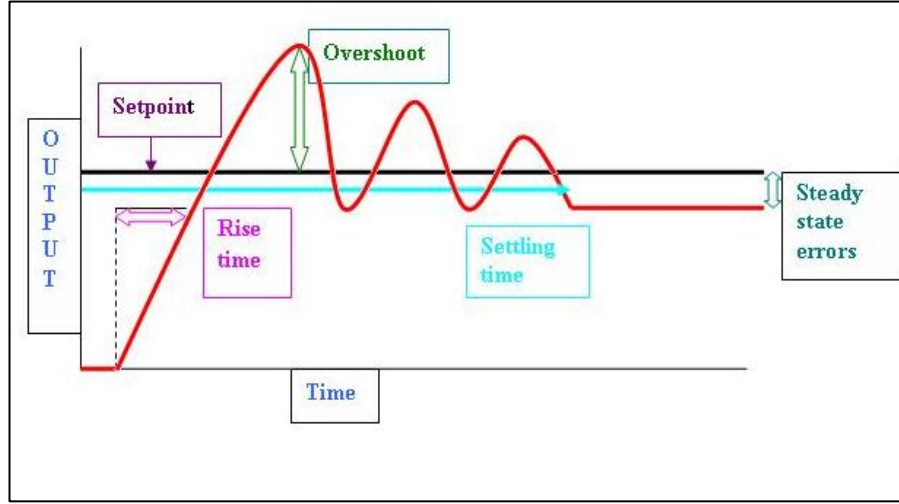
Kapalı döngü kontrol sisteminin açık döngü kontrol sisteminden en temel farkı, geri besleme etkisidir. Kapalı döngü kontrol sistemi içinde geri beslemeli kontrol’ de bir sistemdir ve denetlenen çıkış değişkeninin ölçülüp geri beslenerek istenen giriş değeri ile karşılaştırılmasını sağlar. Diğer bir deyişle, çıkışın istenen değerde olup olmadığı ancak geri besleme sayesinde anlaşılabilir. Kapalı bir denetim sistemin değeri besleme işini algılayıcı ve güç dönüştürücüler gerçekleştirir. Algılayıcı ve güç dönüştürücüler ile debi, voltaj, akım, direnç, kuvvet, tork, basınç, hız, ivme, pozisyon, sıcaklık, reaksiyon hızı, pH miktarı gibi ölçümler yapılabilir. Şekil 1.2’de kapalı çevrim kontrol sistemi görülmektedir.



Şekil 1.2. Kapalı çevrim kontrol sistemi

1.1.3. Oransal-integral-türev (PID) kontrolü

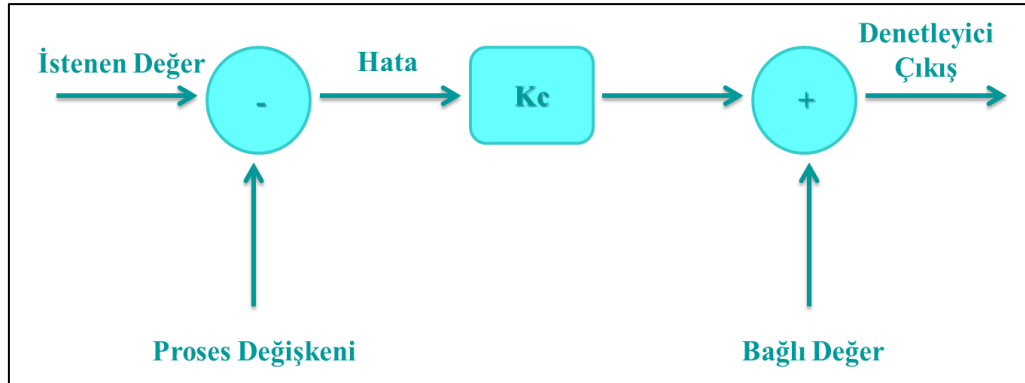
PID kontrol oransal, integral ve türev işlevlerini kullanarak günümüzde sistemleri kontrol etmek için yaygın olarak kullanılan kontrol sistemlerinden biridir. Ana işlevleri olarak PID ile seviye, basınç, sıcaklık, debi gibi kontroller yapılabilir. İsmi P, I ve D' nin baş harflerinden almakla beraber; P (Proportional) oransal, I (Integrate) integral ve D (derivative) türev parametrelerinin birleşimi sonucu ortaya çıkmış olan bir kontrol sistemidir. Birbirlerine bağlı olarak ayarlanması gereken bu üç parametrenin aşağıda farklı durumlarda ki davranış biçimleri önizlenmiştir. Şekil 1.3'de PID parametrelerinin kontrol sistemi üzerindeki etkileri gösterilmektedir.



Şekil 1.3. PID kontrolde parametre etkileri

Üç parametrenin tekli veya ikili olarak etkisinin zayıf kaldığı durumlarda PID' nin devreye girmesiyle en iyileme yapılır. Böyle durumlar bu üç etkinin aynı anda devrede olması sisteme daha kısa sürede kararlı bir kontrol sağlayabilir [5]. Bu üç parametrenin de kullanıldığı çalışmalar günümüzde kontrol alanında oldukça önemli bir yer teşkil edilmektedir [6, 7].

1.1.3.1. Oransal kontrol etkisi

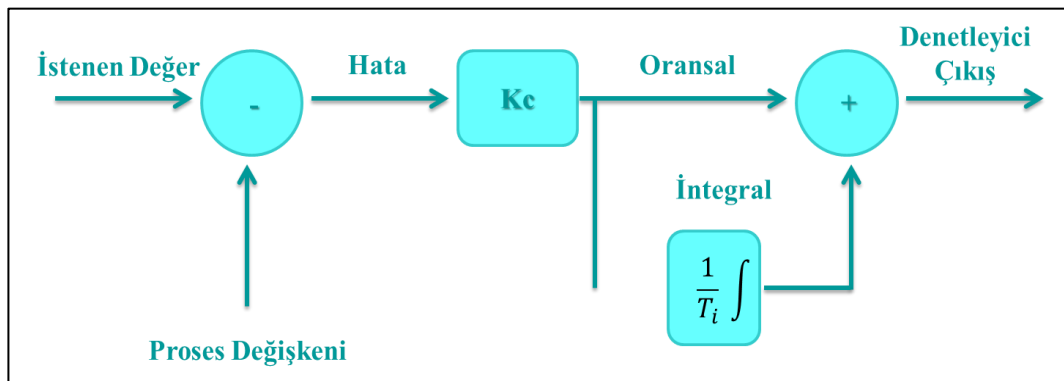


Şekil 1.4. Oransal (P) kontrol algoritması

Oransal kontrol etkeni PID için en değişken ve önemli bir güçtür. Bu kontrol modu hatayla beraber kazanç (K_c)'nin birbirine oranı sonucu ortaya çıkar. Şekil 1.4'de oransal kontrol algoritması gösterilmiştir. Yüksek bir kazanç ile beraber gelecek olan salınım (osilasyon) yüksek hataya sebebiyet verir. Birbirine karşı doğru orantılı bir biçimde çalışan bu iki değeri ideal seviye de tutabilmek sistemin stabilizesini açısından oldukça önemli bir etkindir.

Bunun yanı sıra ayarlanan değer oransal (P) kontrol ile her zaman için sağlanamayabilir. Bu gibi durumlarda ayarlanan değer ile gerçekleşen değer arasında gerçekleşen fark hata (offset) olarak tanımlanır ve sistemde oluşan kalıcı hal hatası değeri sadece integral değişkeni ile giderilebilir.

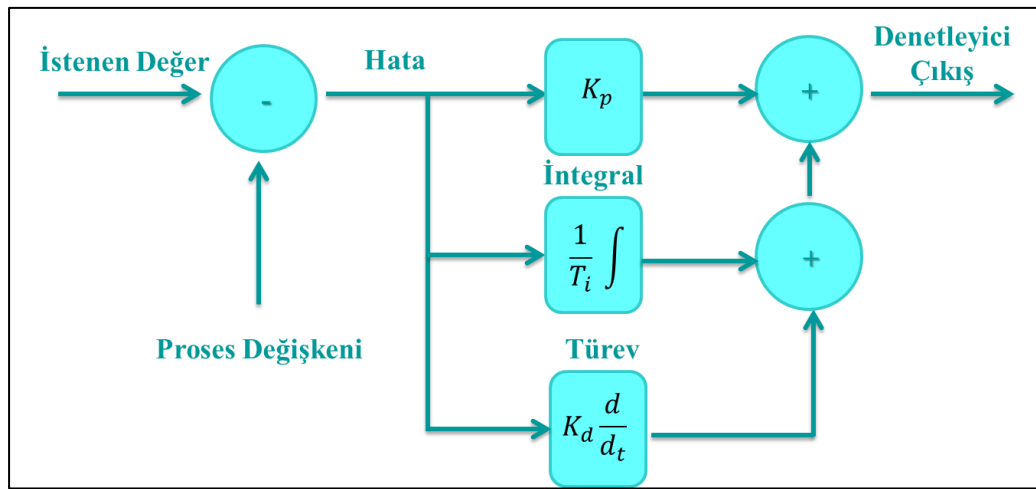
1.1.3.2. İntegral kontrol etkisi



Şekil 1.5. Oransal, integral (PI) kontrol algoritması

Integral etkisi, sistemde oluşan hatayı kaldırmak ve ayarlanan değerde kalabilmek için kullanılır. Şekil 1.5’de oransal, integral kontrol algoritması gösterilmiştir. Oransal kontrolde oluşan hata, el ile ayarlamayla veya otomatik olarak kaldırılabilir. Oransal resetleme için kontrol cihazı elektronik integratör devresi kullanılır. İntegratör sayesinde sisteme verilen enerji otomatik olarak arttırılır veya azaltılır ve proses kendi değerine oturtulur. Ayarlanan değerinden herhangi bir sapma olduğu zaman integratör tekrar devreye girer.

1.1.3.3. Türev kontrol etkisi



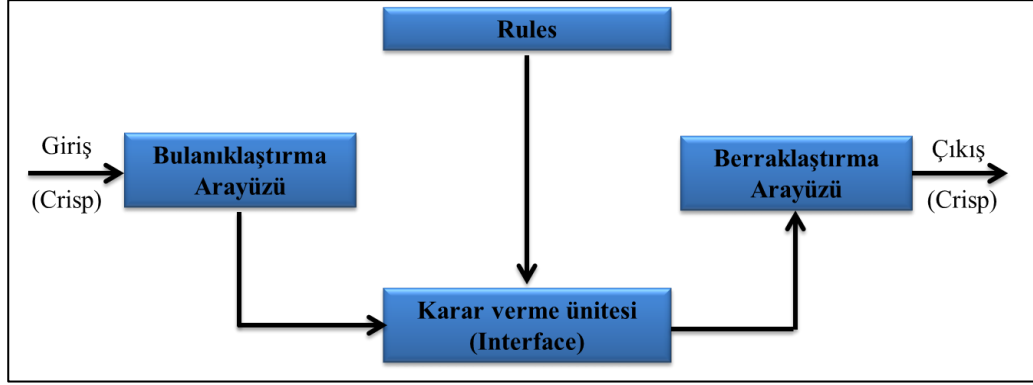
Şekil 1.6. Oransal, integral, türev “PID” kontrol algoritması

Kontrolü güç, karmaşık sistemlerde oransal kontrol, oransal-türevsel veya oransal-integral kontrolü yeterli olmadığı proseslerde oransal-integral-türevsel kontrol tercih edilir. Şekil 1.6’da oransal, integral, türev kontrol algoritması gösterilmiştir. Türevin kullanım amacı hata hedefin üstünde kalan değerleri (overshoot) veya hedefin altında kalan değerleri (undershoot) ortadan kaldırmaktır. Literatür de tek başına olduğu gibi bulanık (fuzzy) mantık algoritmasıyla beraber de oldukça yaygın bir kontrol biçimidir [8, 9].

1.1.4. Bulanık mantık kontrol sistemi

Tek başına oransal, integral, türev (PID) kontrol sistemi ile çözülemeyen karmaşık sistemlerin kontrolünde bulanık mantık yöntemi kullanılır. Bulanık mantık da iki uç yöntem belirlenip değerler bu iki uç yöntem arasında kademeli şekilde artış gösterir.

İnsan beyninin çalışma şekline daha yakın olmasıyla beraber, doğrusal olmayan (non-linear) sistemler ile çalışmaya uygun olduğundan bu kontrol yöntemi ile gerçeğe daha yakın sonuçlar elde edilebilmektedir. Şekil 1.7’de bulanık mantık şematik gösterimi yer almaktadır.

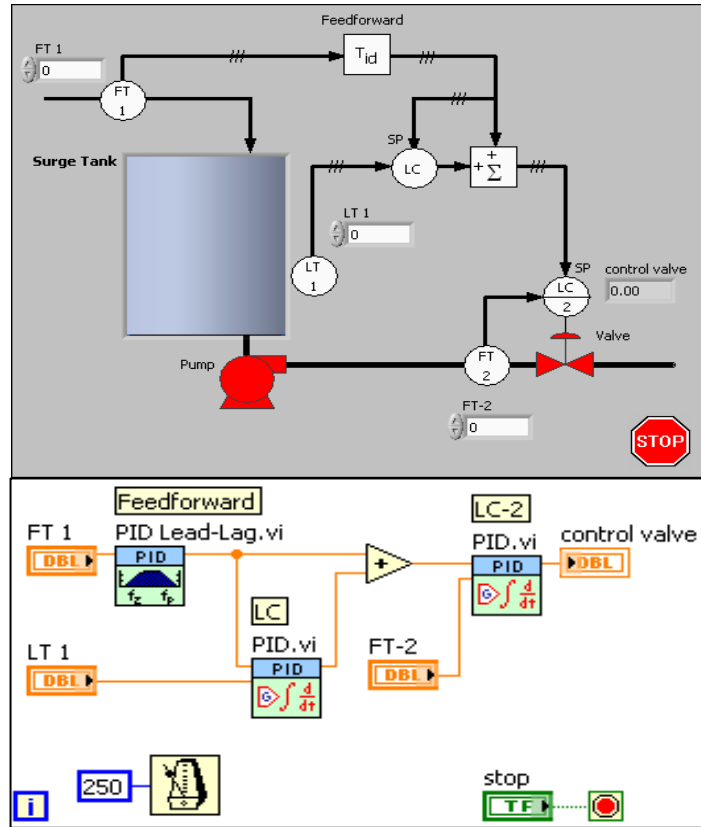


Şekil 1.7. Bulanık mantık şematik gösterimi

Bulanık mantık, insan davranışlarına benzer bir şekilde mantıksal uygulamalarla, bilgisayarlara yardım eden bir bilgisayar mantık devrimidir. Bulanık mantığın endüstride kullanımı verimliliği artırır, daha uygun üretim sağlar, zamanın çok önemli olduğu günümüzde zamandan tasarruf ve ekonomik açıdan fayda getirir. Bir çok uygulama alanından biri olan kontrol mühendisliğinde, bulanık mantık kullanılarak tasarlanan denetleyiciler, genellikle matematik modelleri zor türetilen ya da bilinen yöntemlerle denetlendiğinde verimli sonuç alınamayan sistemlerde kullanılır.

Bulanık mantık kontrol yöntemi iki aşamadan oluşur. Sistem bulanık mantıktan çıkma (defuzzication) aşamasında oransal, integral, türev (PID) ya da diğer denetleyiciler ile beraber de kontrol edilebilir [9].

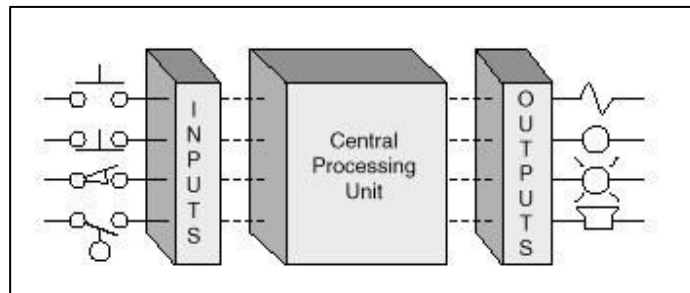
Literatür de değişik sektörlerde oldukça yaygın biçimde kullanılan ve günümüzde hala kendini geliştirmeye devam eden bulanık mantık kontrol yöntemi ile alakalı seviye, sıcaklık, debi parametrelerinin kontrolü ile ilgili çalışmalarda oldukça yaygındır [10, 11, 12]. Şekil 1.8’de bir tank kontrol uygulamasının bulanık yöntemi ile kontrolü gösterilmektedir.



Şekil 1.8. Bulanık mantık tank seviye kontrolü [10]

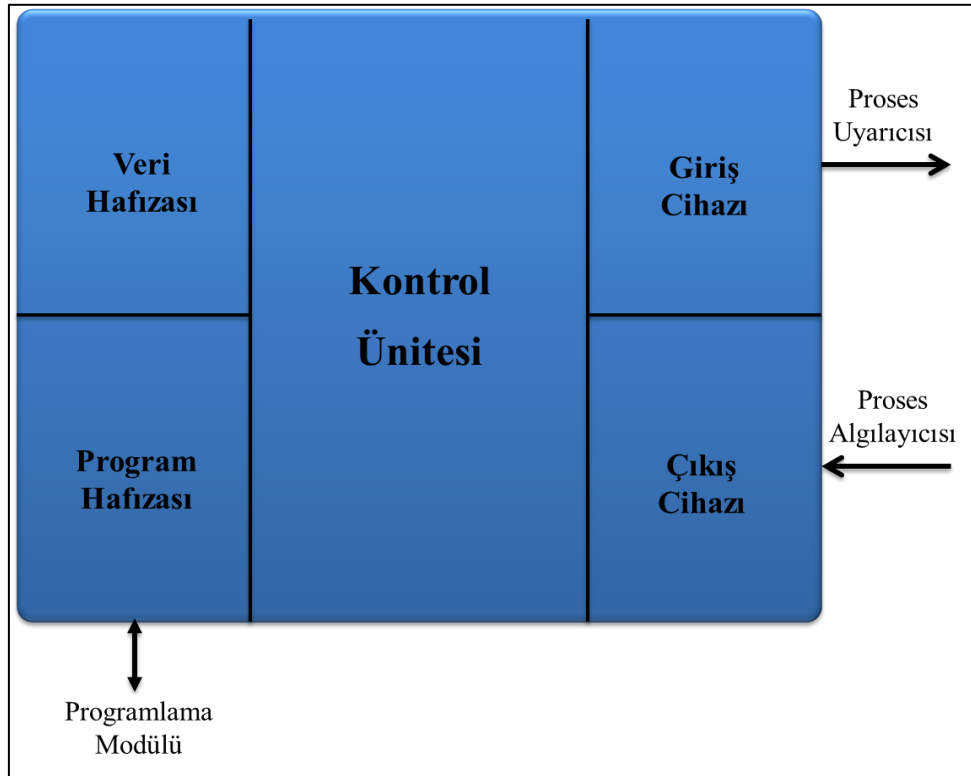
1.1.5. Programlanabilir mantıksal denetleyiciler (PLC)

İlk olarak 1968 senesinde General Motors tarafından programı geliştirilen PLC, 21.yüzyıl endüstrisinde otomasyon amaçlı kullanılan ve programlanabilen özel endüstriyel bilgisayarlar olarak bilinirler. Cihaz programlanmış özel mikroişlemciler içerir ve kontrol bu mikroişlemciler üzerinden sağlanır.



Şekil 1.9. PLC blok diyagram [13]

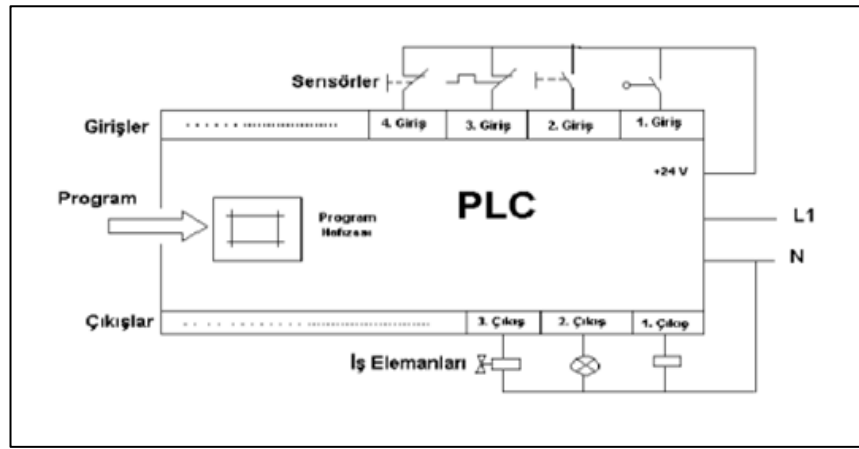
Şekil 1.9'da Programlanabilir mantıksal denetleyici (PLC) blok diyagramından da görüleceği gibi merkezi işlemci birimi (CPU), PLC ile çalışan bir sistemde, sistemin beyni işlevini görmektedir ve tüm matematiksel ve mantıksal işlemler bu birim tarafından yönetilmektedir. Genel olarak endüstriyel bir sistem ele alındığında bu endüstriyel sistem veya cihaz dört ana birimden oluşmaktadır. Bir endüstriyel sistem ele alındığında birimlerden birincisi program hafızasıdır. Program arızası mantıksal program sıralaması ile alakalı talimatların saklandığı birimdir. Cihazın diğer birimi veri hafızasıdır. Bu hafıza anahtarların durumlarının, bağlantıların, geçmiş verilerin ve çalışan diğer verilerin saklandığı birimdir. Çıkış cihazları birimi ise sistemi harekete geçirici solenoid anahtar, motor, valf gibi endüstriyel yazılım/donanım sürücülerinden oluşmaktadır. Sözü edilen cihazın dört ana biriminden biri olan giriş cihazları ise algılayıcı anahtar durum sensörü, yakınsaklık detektörü gibi endüstriyel yazılım/donanım sürücülerinden oluşan ünitelerinden oluşmaktadır. Proses uyarıcıları ve proses algılayıcıları da sistemin diğer kontrol parametreleridir.



Şekil 1.10. Şematik PLC gösterimi

PLC sistemde giriş (input) ile komut alan cihaz merkezi işlemci birimine (CPU) bu komutu ileterek onu işlemlerini sağlar ve böylece sistemden bir çıkış (output) elde edilir. Merkezi işlemci birimi (CPU) giriş modülünün (input module) gönderdiği komutu algılamak, tanımak ve çıkış modülüne (output module) sinyal iletmek üzere tasarlanmıştır. Şekil 1.10'da PLC ünitesinin şematik gösterimi görülmektedir.

Girişler buton, fotosel, yakınsaklık sensörü gibi, çıkışlar ise role, motor, valf, piston gibi elemanlardır. Girişlere bağlanan elemanlara sensor, çıkışlara bağlanan elemanlara iş elemanı adı verilir [14].



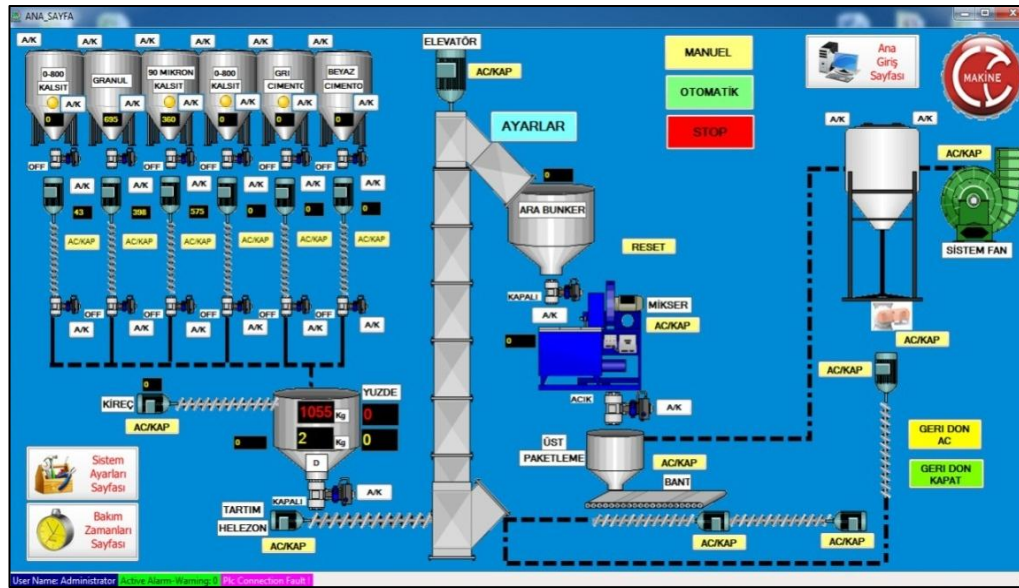
Şekil 1.11. PLC genel blok şeması [14]

PLC' ler hareket ve süreç yönetimi veya veri denetimi uygulamalarında oldukça kullanışlı cihazlardır. Şekil 1.11'de PLC ünitesinin genel blok şeması gösterilmiştir. Hareket denetimi konusunda düzgün ve doğrusal hareketleri kontrol edebilecek yeteneğe sahiptir. Süreç denetimi ile alakalı olarak, sıcaklık, basınç, debi gibi parametreleri denetler. Literatür de bu gibi parametrelerle oynanarak kontrol sağlanan PLC uygulamaları oldukça yaygındır [15, 16, 17].

Bu çalışmada basınç, debi, sıcaklık ve seviye gibi parametrelerin PLC kontrol sistemi kullanılarak kontrolü üzerinde çalışılmıştır. Sonuç olarak, endüstriyel ekipmanların kullanıldığı bir proses kontrol deney seti tasarımı ve gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır.

1.1.6. Danışmalı kontrol ve veri toplama sistemi (SCADA)

SCADA Sistemleri “Supervisory Control and Data Acquisition” kelimelerinin baş harflerinden oluşan SCADA, merkezi yönetim, denetleme ve bilgi toplama sistemidir. Özel bir yazılım yüklenmiş merkezi bir bilgisayar ekranından, sistemle ilgili tüm süreç ve system parametreleri, gözlenebilir ve denetimi sağlanabilir. Üretim sürecinin belirli bir aşamasını ya da tamamını kapsar. SCADA kullanımı kolay ve oldukça yaygın kullanılan bir sistemdir. [18, 19]. Şekil 1.12’de endüstriyel proses kontrolünde kullanılan örnek scada ekranı gösterilmiştir.



Şekil 1.12. Örnek SCADA ekranı [20]

Bilgisayar ve iletişim teknolojilerindeki son gelişmeler ve bunlarla ilgili cihazlardaki maliyet düşüşleri, otomasyon sistemlerinin teknik ve ekonomik olarak yapılabilir hale gelmiştir. Kontrol sistemleri ile daha güvenilir, sürekli ve kaliteli endüstriyel sistemler oluşturulabilir. Sistem bilgileri arşivlenebilir ve istatistiki raporlar ile etkin ve ekonomik işletme yönetimi sağlanır. Genellikle PLC üreticileri hazır Scada paket programları çıkartırlar. SCADA’nın görevi birbirleri ile iletişim kurması gereken birimlerin haberleşmesini sağlamaktadır. Kullanıcı ile sistem arasındaki ara yüzü sağlamak da işlevleri arasında yer almaktadır [21]. SCADA sistemlerinin izleme (monitoring) işlevleri kontrol işlevleri, veri toplama işlevleri ve verilerin kaydı ve saklanması gibi önemli işlevleri vardır.

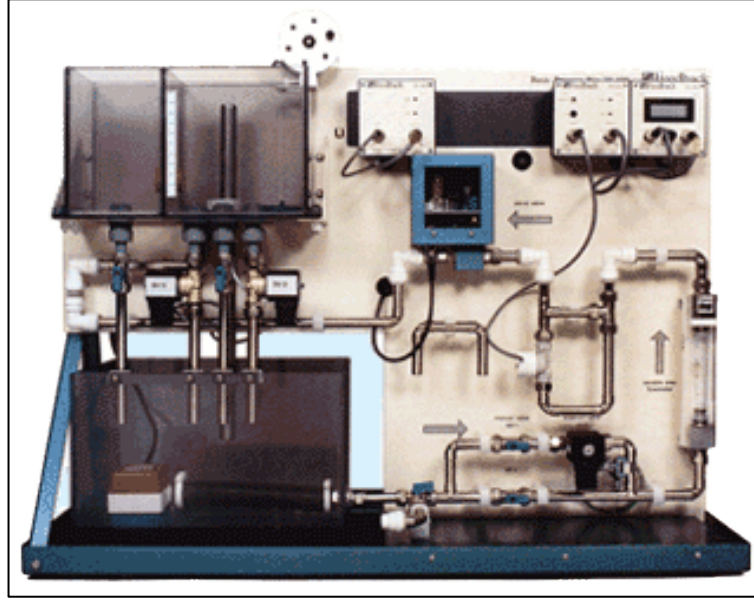
Gerçekleştirilen çalışma da sisteme verilen komutlar SCADA kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Otomasyon sistemin kontrol değişkenlerinin gerçek zamanlı durumları SCADA kullanılarak görüntülenmiştir.

1.2. Sıvı Akışkanlı Proses Deney Düzenekleri

Günümüzde endüstriyel uygulamalarda otomasyon sistemlerinin önemi oldukça fazladır. Tasarlanan sisteme uygun ve bilinçli olarak geliştirilmiş olan bir otomasyon sistemi kendisine harcanan maliyeti fazlası ile geri vermektedir. Bu kapsamda üniversitelerde ve endüstriyel kuruluşlarda otomasyon sistemlerinin ve teknolojilerinin doğru şekilde kullanılmasında eğitimin rolü çok büyüktür. Bu sebepten dolayı üniversiteler ve endüstriyel eğitim kurumları büyük maliyetli endüstriyel otomasyon sistemlerini kullanmak yerine daha az maliyetli daha güvenli fakat aynı işlevlere sahip endüstriyel deney düzenekleri üzerinde çalışmayı tercih etmektedirler. Bu şekilde daha az risk ile daha güvenilir bir şekilde bilgili ve kabiliyetli iş gücü yaratılmış olmaktadır. Endüstriyel kontrol uygulamalarının yaygınlıkla kullanıldıkları endüstriler arasında içecek endüstrisi, atık su arıtma, endüstriyel kimyasal işlemler, püskürtme yöntemi ile yüzey kaplamaları, nükleer enerji üretim tesisleri, eczacılık endüstrisi, su arıtma sistemleri, buhar kazanları, otomatik sıvı dağıtma ve ikmal uygulamaları gelmektedir.

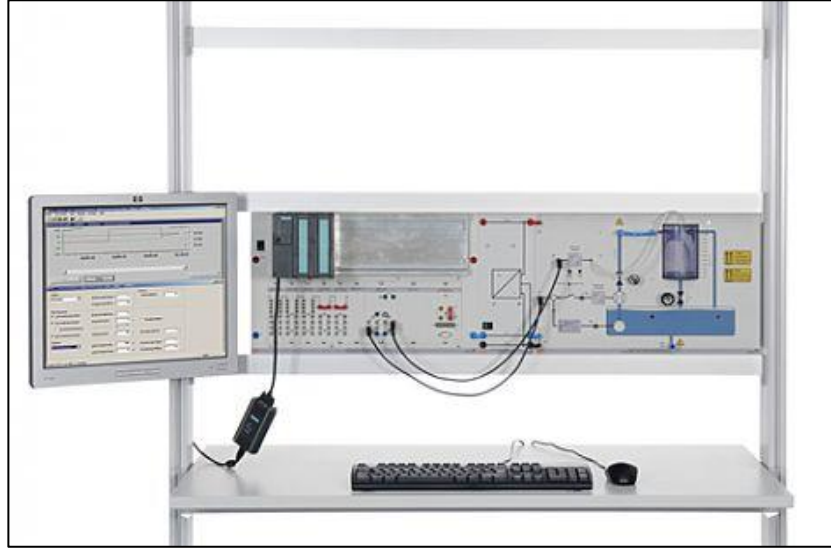
Günümüzde üniversiteler ve firmalar değişik kontrol uygulamaları içeren deney düzenekleri tasarlamaktadırlar. Polytechnic enstitüsünün geliştirmiş olduğu sıvı akışkan deney düzeneğinde, PID kontrol yöntemi ile sıvı akışkanın sabit bir tank içerisindeki seviyesi kontrol edilmektedir [22].

Öğrenciler bu deney düzeneğini üzerinde değişik kontrol teknikleri uygulayarak bir tank içerisindeki sıvı seviyesini kontrol etmektedir. Sıvı seviyesi kontrolü deney düzeneği bir adet depolama tankı, sistem tankı, su pompası ve servo vana'dan oluşmaktadır. Şekil 1.13'de Polytechnic enstitüsünün geliştirmiş olduğu deney düzeneği görülmektedir.



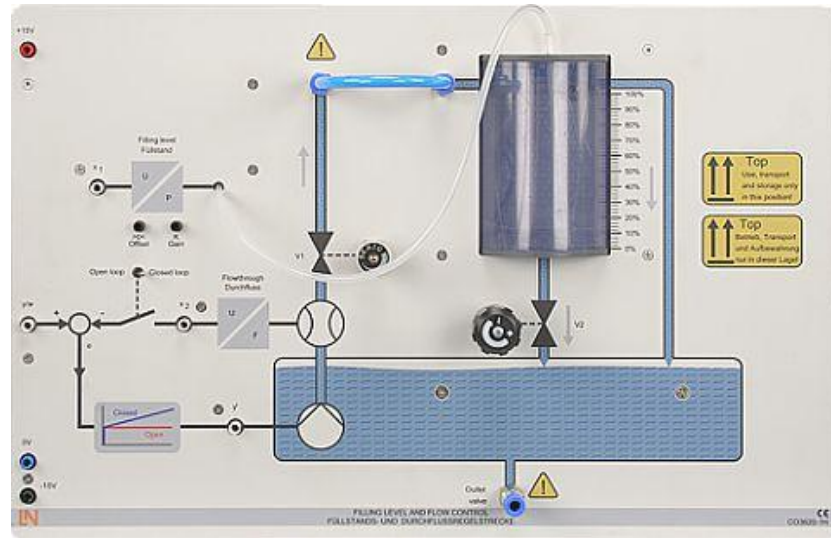
Şekil 1.13. Polytechnic enstitüsü kontrol düzeneği [22]

Tasarım, araştırma ve geliştirme aşamasında olan büyük maliyetli ve tehlikeli proses uygulamalarını ve sistemlerin verecekleri yanıtları gerçek prosesler üzerinde test etmek oldukça zor, maliyeti yüksek ve tehlikelidir. Bu sebepten dolayı tasarlama aşamasında olan proses uygulamalarını küçük ölçekte hazırlanmış olan deney düzenekleri ile test etmek ve verecekleri yanıtları değerlendirmek daha az maliyetli ve tehlikelerden arındırılmış olmaktadır. Günümüzde birçok firma deney düzenekleri geliştirmektedir fakat birçok firmanın yapmış olduğu deney düzeneği endüstride kullanılan sistemleri tam olarak yansıtmamaktadır. Lucas-Nuelle firmasının geliştirmiş olduğu kapalı çevrim deney düzeneğinde sıvı akışkan seviye kontrolü oransal, integral, türev (PID) kontrol yöntemi ile sağlanmaktadır [23]. Bu kapalı çevrim deney düzeneğinde öğrenciler değişken parametrelerin sistem üzerindeki etkilerini görebilmektedir ve en iyileme yapabilmektedir. Üretilen bu deney düzeneği ayrıca kapalı çevrim debi kontrolü uygulamasına da imkan vermektedir. Kapalı çevrim otomatik sıvı seviyesi kontrolünde, gecikmeli geri beslemeli iki pozisyonlu denetleyici kullanılabilir. Sistemde aynı zamanda birinci ya da daha yüksek dereceden kapalı çevrim oransal, integral veya oransal, integral, türev sıvı seviyesi ve debi kontrol uygulamaları da gerçekleştirilmektedir. Şekil 1.14’de Lucas-Nuelle geliştirmiş olduğu kapalı çevrim deney düzeneği görülmektedir.



Şekil 1.14. Lucas-Nuelle firması kapalı çevrim deney düzeneği [23]

Lucas-Nuelle firmasının geliştirmiş olduğu diğer sıvı akışkan kontrol deney düzeneğinde tank içerisindeki sıvı seviyesi ve akış miktarı tek bir algılayıcı ile ölçülmektedir [24]. Ayrıca sözü edilen bu deney düzeneğinde, sistemin dinamik yapısını bozmak amacı ile dış bozucu etkiler de verilmektedir. Böylece sistemin dış bozucu etkiler karşısındaki cevabı gözlenmektedir. Sözü edilen süreç kontrol deney düzeneğinin şeffaf yapısından dolayı deney sırasında gözlem yapmak kolay ve etkili olmaktadır. Şekil 1.15’de Lucas-Nuelle geliştirmiş olduğu proses kontrol deney düzeneği görülmektedir



Şekil 1.15. Lucas-Nuelle firması proses kontrol deney düzeneği [24]

Süreç kontrol uygulamalarını daha az maliyetli daha güvenli ve anlaşılır olarak yapılması deney düzenekleri ile mümkün olmaktadır. Bu kapsamda endüstriyel otomasyon ve süreç eğitim düzenekleri üreten yerli firmalar da bulunmaktadır. Bu firmalara örnek olarak Entek tarafından üretilen deney düzeneğinde temel olarak analog kontrol ve ayarlayıcı vasıtası ile sıcaklık, seviye, basınç ve debi süreç değerlerinin kontrolü sağlanmaktadır [25]. Üretilmiş olan bu deney düzeneğinde basınç, seviye, sıcaklık ve debi değerlerinin kapalı çevrim kontrolü yapılabilmektedir aynı zamanda oransal, integral ve türev kontrol algoritması ile kontrolü de mümkündür. Üç ana tanktan oluşan sistemde Scada kontrol sistemi ile süreç kontrol işlemlerinin programlanabilir mantıksal denetleyici (PLC) ile kontrolü ve bilgisayar üzerinde deneyin yapılması mümkündür. Şekil 1.16’da Entek firmasının üretmiş olduğu deney düzeneği görülmektedir.



Şekil 1.16. Entek süreç kontrol deney düzeneği [25]

Hendes firması tarafından üretilen diğer bir bilgisayar destekli süreç kontrol deney düzeneğinde birden çok süreç kontrol deneyini tek üniteyle yapma imkanı sunmaktadır [26].

Süreç kontrol deney setinde seviye, sıcaklık, akış takibi ve kontrolü ile ilgili süreç kontrol uygulamaları deneyimlenebilmektedir. Şekil 1.17’de Hendes firmasının geliştirmiş olduğu proses deney düzeneği görülmektedir



Şekil 1.17. Hendes süreç kontrol deney düzeneği [26]

Proses kontrol yazılımıyla deney parametrelerini gözlemleme ve kontrol etmenin yanında deney bitiminde parametrelerin deney süresince değişimlerini inceleyen rapor çıktısı alınabilmektedir. Bu çıktılar rapor haline dönüştürülerek daha sonra incelenebilmektedir. Geliştirilmiş olan kontrol deney düzeneği sisteminde, sıcaklık ve seviye gibi otomasyon kontrol parametre değerlerinin split range kontrol mantığı ile incelenip rapor alınabilmektedir. Geliştirilen kontrol deney düzeneğinde bir kontrol döngüsü için sensor ve aktüator arasındaki sürece ait zaman sabiti, gecikme ve kazanç gibi süreç özellikleri sistem üzerinde değişik parametreler ile hesaplanabilir. Deney düzeneğinde ayrıca ayarlanan süreç eğrisi değerleri kullanılarak kontrol döngüsü ayarlamaları yapılabilir.

1.3. Proses Deney Düzenekleri Kontrol Parametreleri

Endüstriyel sistemlerde denetlenmesine sıklıkla ihtiyaç duyulan parametrelerin başında seviye, basınç, debi ve sıcaklık vardır. Sözü edilen parametrelerin kontrol sistemleri altında davranışlarını gerçek sistemlerde gözlemlemek maliyetli ve tehlikeli bir uygulamadır. Bu nedenlerden dolayı sözü edilen parametrelerin davranışları deney düzeneklerinde görülmektedir. Tasarlanan ve üretilen deney düzenekleri genellikle bir bilgisayar ara yüzü kullanmaktadır ve üretilen kontrol algoritmalarına göre çeşitli parametreler kontrol edilmektedir. Eğitim amaçlı bir akışkan deney düzeneğinde sıklıkla kontrol edilen parametrelerin başında seviye, basınç, debi ve sıcaklık parametreleri gelmektedir.

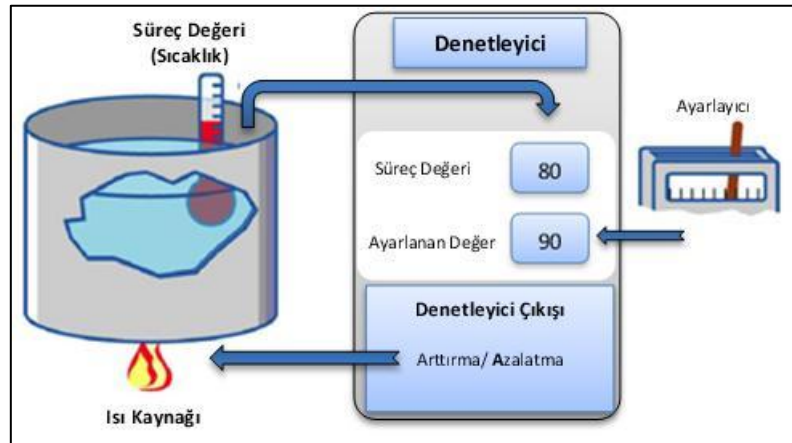
1.3.1. Seviye kontrolü

Akışkan ile ilgili olan endüstriyel sistemlerde en sık kontrol zorunluluğu olan parametre seviyedir. Geliştirilen süreç kontrolü deney düzeneklerinde en çok kontrol edilen parametrelerin başında da akışkan seviyesi gelmektedir. Kontrol sistemlerinde akışkan olarak genellikle sıvılar kullanılmaktadır [27]. Sıvı seviye kontrolü endüstride de sıklıkla ihtiyaç duyulan bir kontrol parametresidir. Sıvı seviyesi kontrolünü çok değişik sektörlerde görmek mümkündür. Nükleer reaktörlerde atık tankındaki su seviyesinin kontrolü santraldeki en önemli uygulamalardan bir tanesidir [28]. Sıvı seviye kontrolünün önemli olduğu diğer bir endüstri alanı da gıda endüstrisidir [29]. Sıvı seviyesi kontrolünde kullanılan kontrol metodunun başında oransal, integral, türev (PID) kontrolü gelmektedir [30, 31, 32, 33]. Sıvı seviyesinin denetlenmesinde oransal, integral, türev denetleyici metodunun yanında bulanık mantık metodu da kullanılmıştır [34, 35, 36, 37]. Oransal, integral, türev ve bulanık mantık metotlarının tek başlarına kullanılarak yapılan kontrol uygulamalarının yanında bu iki kontrol metodunun birleşimi ile yapılan sıvı seviyesi kontrol uygulamaları da literatürde mevcuttur [38, 39, 40, 41]. Sıvı seviyesi kontrolünde PID ve bulanık mantık kontrol metotlarından farklı olarak genetik algoritma ile de yapılmış olan çalışmalar mevcuttur [42].

Deney düzeneklerinde ve endüstriyel uygulamalarda sıvı seviye kontrolü bir tank içerisinde meydana gelmektedir. Deney düzeneklerinde sıvı seviyesi kontrolü uygulamasında genellikle bir tank kullanılmıştır. Sıvı seviyesi kontrolünü zorlaştırmak amacı ile sistemde iki adet süreç tankı içeren uygulamalar da bulunmaktadır [43,44]. Bazı endüstriyel uygulamaları deney setlerine taşımak amacı ile sıvı seviye kontrolü üç tank kullanılarak da yapılabilmektedir [45].

1.3.2. Sıcaklık kontrolü

Sıcaklık bir sistemin ortalama moleküler kinetik ölçüsüdür. Endüstriyel otomasyon konuları arasında sıcaklık ölçümü çok önemli ve hassas bir işlemdir ve sıcaklık en sık kullanılan ölçme işlemidir. Sıcaklık kontrolünün en sık uygulandığı endüstriler başlıca kimya, petro-kimya, gıda ve ilaç endüstrileri olarak sıralanabilir. Endüstriyel tesislerde sıcaklık kontrolünün yanlış yapılması ya da kontrolünün kaybedilmesi durumunda tesislerin uğrayacağı maddi ve manevi kayıplar ciddi boyutlarda olabilir. Endüstriyel tesislerde sıcaklık kontrolü açık/kapalı ya da oransal, integral, türev (PID) metotları ile yapılabilmektedir [46]. Sıcaklık proses parametresinin denetlemesinde bulanık mantık metodu da etkili kontrol metotları arasında yer almaktadır [47]. Sıcaklık proses parametresini denetlemek amacı ile tek başına bulanık mantık ya da oransal, integral, türev denetleme metotları kullanılabildiği gibi bu iki metodun birleşimi olan denetleme metodu da kullanılabilmektedir [48]. Şekil 1.18’de kapalı çevrim sıcaklık uygulaması gösterilmiştir.



Şekil 1.18. Kapalı çevrim sıcaklık kontrolü

Açık/kapalı kontrol metodu uygulanan endüstriyel sistemlerde, kontrol değişkeni ayarlanan süreç değerinin üzerine çıktığında ya da aşağısına indiğinde sistem kontrol ünitesi veya cihazı kendisini açmak ya da kapamak sureti ile sistemi kontrol etmeye çalışır. Bu kontrol metodunda kontrol edilen süreç değeri sabit tutulamaz ve sistem sürekli salınır. Günümüzde endüstriyel tesisler, açık/kapalı sistemin bakım maliyetleri, kontrol cihazı değişim sıklığının ve enerji tüketiminin fazla olması nedenlerinden dolayı açık/kapalı kontrol sistemleri tercih edilmemektedir. Diğer yandan oransal, integral, türev metodu kullanılarak yapılan kontrol uygulamalarında kontrol edilen süreç değeri sistem salınımı minimum olacak şekilde sabit tutulur. Endüstri’de en yaygın olarak kullanılan kontrol metodu oransal, entegral, türev kontrol metodudur. Bir ısı kaynağı sıcaklığı ölçülmeden denetlenemez. Sıcaklık ölçümü aşağıdaki sıcaklık ölçerler ile yapılabilmektedir.

- Bimetal termometreler
- Direnç termometresi
- Yarı iletken ve entegre sıcaklık algılayıcıları
- Termokuple elemanları

1.3.3. Basınç kontrolü

Tasarlanan ve gerçekleştirilen otomasyon deney düzeneği sisteminde basınç kontrolü uygulaması atmosfere kapalı tank içerisindeki hava basıncının tank’ın alt tarafında bulunan cidarlara yapmış olduğu basıncın kontrol edilmesi olarak tasarlanmıştır. Tank içerisindeki basınç, tankın içerisine doldurulan akışkan vasıtası ile oluşturulmaktadır. Tank içerisindeki pozitif basıncı ve negatif basıncı (vakum) -1/+3 mbar aralığında çalışabilen basınç transduceri ile ölçülmektedir. Basınç kontrol tankı içerisinde bulunan basınç değeri aynı zamanda 3 nolu tank üzerine yerleştirilmiş olan mekanik basınç saati vasıtası ile gözlemlenebilmektedir. Basınç kontrolü kapalı çevrim kontrol sistemi metodu ile gerçekleşmektedir. Kontrol tankı içerisindeki basınç transducer’inden alınan 0-10 volt sinyal seviye bilgisine çevrilir ve PLC kontrol sistemine gönderilir. PLC kontrol sistemi pistonlu pompaları kontrol etmektedir.

1.3.4. Debi kontrolü

Birim zamanda birim kesitten geçen akışkan miktarına debi denir. Endüstriyel alanlarda sıklıkla karşılaşılan ve denetlenen süreç değişkenlerinden biri de debidir. Tüm gazların ve sıvıların debileri hacimsel ve kütleli debi miktarı olarak ölçülebilir. Debinin birimi hacimsel olarak ölçüldüğünde litre/saniye, kütleli olarak ölçüldüğünde kilogram/saniye olmaktadır. Denklem (1.1) hacimsel debi ve Denklem (1.2) kütleli debi göstermektedir;

$$Q = V \times A \quad (1.1)$$

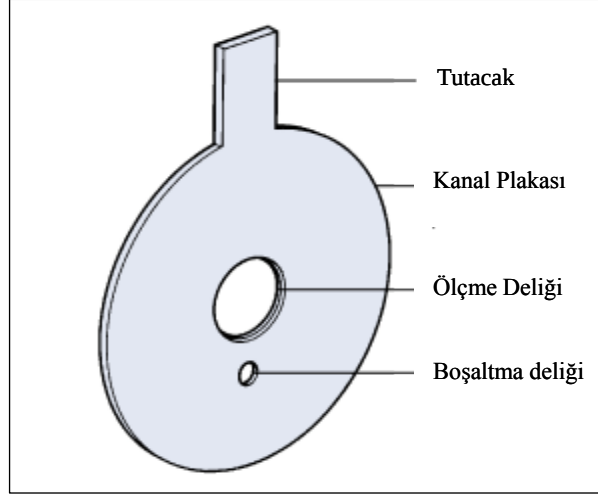
$$M = p \times Q \quad (1.2)$$

Yukarıdaki denklemlerde; V: Akış hızı (m/s), A: Kesit alan (m²), p: Yoğunluk (kg/m³) ve Q: Hacimsel Debi (m³/s) olarak tanımlanmaktadır. Debi, debimetre ile ölçülür ve debi ölçme yöntemleri yapılacak olan uygulamaya ve uygulama yerine göre değişiklik gösterebilir. Debi ölçme yöntemleri genel olarak fark basınç yöntemi, girdap yöntemi, elektromagnetik yöntem, ultrasonik yöntem ve elektronik değişken alan prensibi şeklinde sıralanabilir.

1.3.4.1. Fark basınç yöntemi ile debi ölçümü

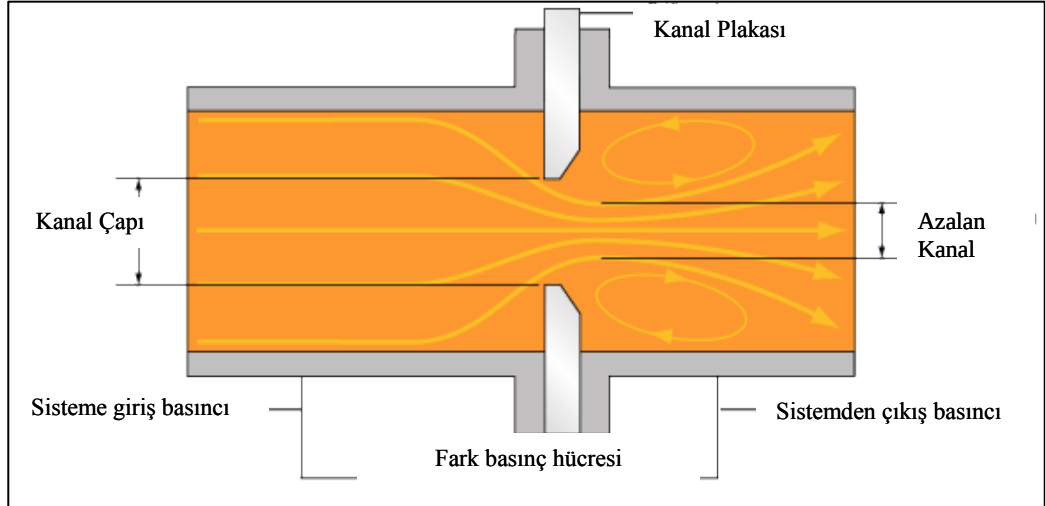
Kontrol sistemleri proseslerinde hem seviye hem de akış hızı ölçümünde fark basınç yöntemleri kullanılmaktadır. Ölçme olarak fark basıncı parametresini kullandığı için kullanım alanı geniştir. Fark basınç ölçüm transmiiteri yüksek basınç ve düşük basınç olmak üzere iki girişe sahiptir. Yüksek basınç, yüksek koluna, düşük basınç ise düşük koluna bağlanır. İçindeki diyafram tip sensör vasıtasıyla kollarına uygulanan iki basınç arasındaki farkı alır. Fark basınç akış ölçeri, akışkanın debisini Bernolli denklemini kullanarak ölçmektedir. Uygulama alanlarının fazla olmasında dolayı en sık görülen ölçme yöntemlerinden birisidir. Bu yöntemde akışın önüne engel koyularak basınç farkı yaratılmaktadır. Akış arttığında basınç düşüşü artmaktadır. Fark basınç ile ölçüm yapılmak istendiğinde ölçüm ekipmanının montajının doğru yapılması proses parametrelerinin doğru ölçülmesi açısından çok önemlidir.

Bu engeller dar kanal (orifis), dar boğaz (venturi), “V” konisi ve akış nozulları olarak adlandırılmaktadır[50]. Şekil 1.19’da dar kanal plakası gösterilmiştir.



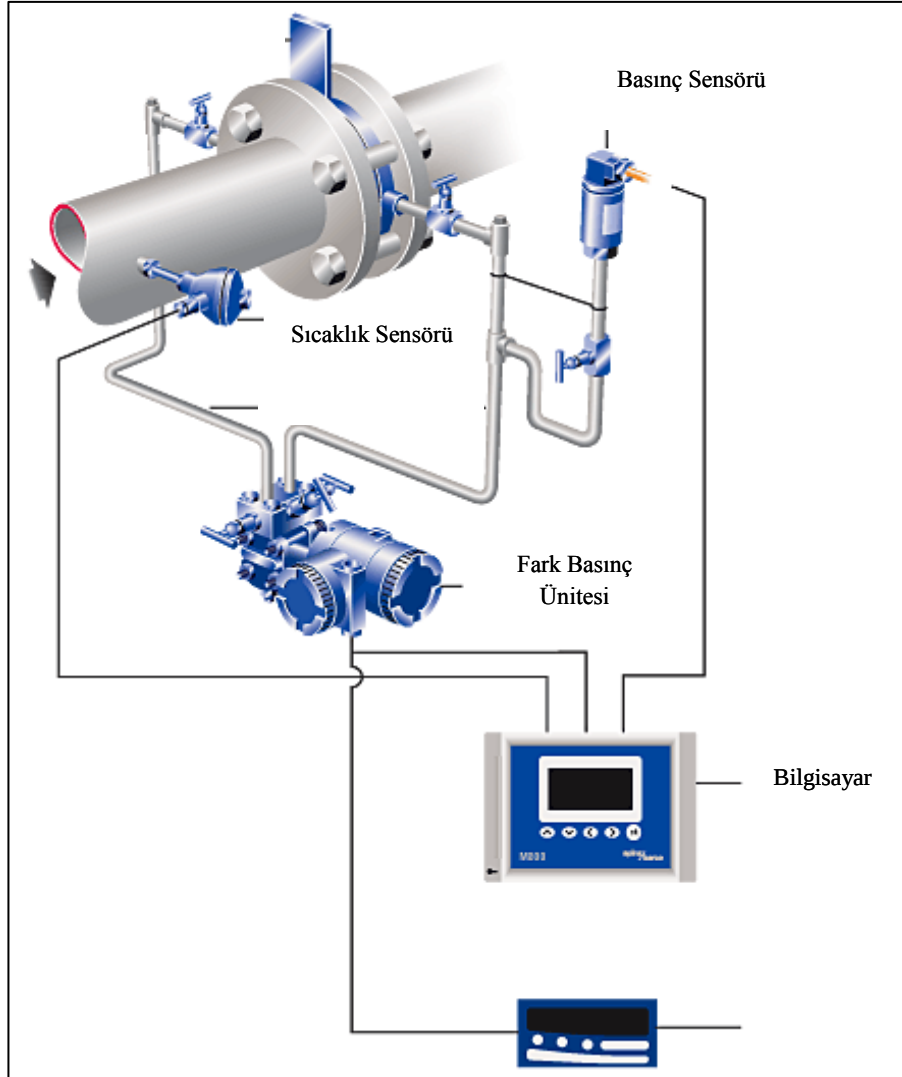
Şekil 1.19. Dar kanal plakası [49]

Fark basınç ölçer sıvıların, gazların ve buhar halinde bulunan akışkanların debisini ölçmek için kullanılabilir. Yüksek viskoziteli akışkanlarda (bazı hidrokarbonlar ve gıdalar) fark basınç ölçerin kullanımına dikkat edilmesi gerekmektedir.Şekil 1.20’de dar kanal debi ölçerin çalışma prensibi gösterilmiştir.



Şekil 1.20. Dar kanal debi ölçer [49]

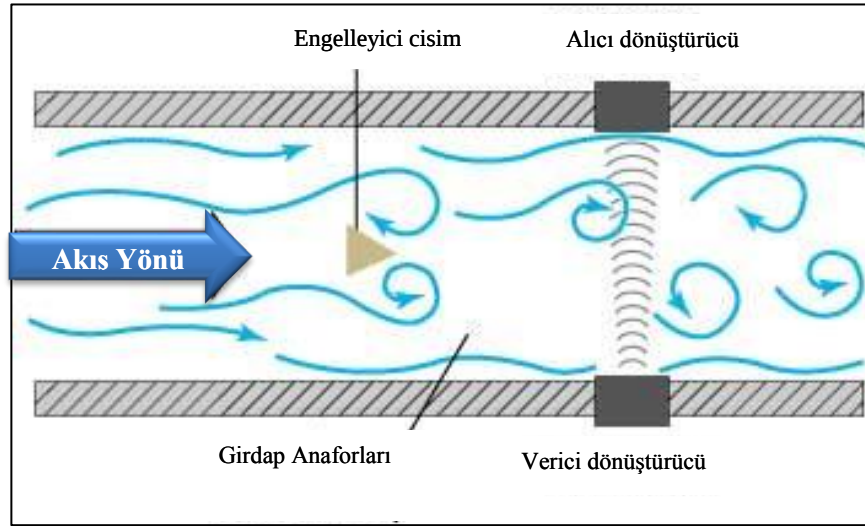
Proses kontrol sistemlerinde ölçüm yapılacak yerlerde uygun ölçülendirme ve montaj, fark basınç debimetreleri için çok önemlidir. Ölçüm ekipmanını sisteme doğru montajının yapılması uygun ekipmanın seçilmesi kadar önemli bir konudur. Ölçülendirme ve montaj doğru yapılmadığında sistem çalışan ortamdan yanlış veri alabilir ve tüm sistem bundan hasar görebilir. Şekil 1.21’de dar kanal debi ölçerin sisteme bağlantı şeması gösterilmiştir.



Şekil 1.21. Dar kanal debi ölçer sisteme bağlantı şeması [49].

1.3.4.2. Girdap yöntemi ile ölçme yöntemi

Girdap ile ölçüm yöntemi genellikle buhar, gaz ve iletken olan/olmayan sıvıların hacimsel ve kütsel akış ölçümleri amacı ile kullanılmaktadır. Şekil 1.22’de girdap ölçüm yöntemi ile debi ölçümü gösterilmiştir.



Şekil 1.22. Girdap ölçüm yöntemi ile debi ölçümü [51]

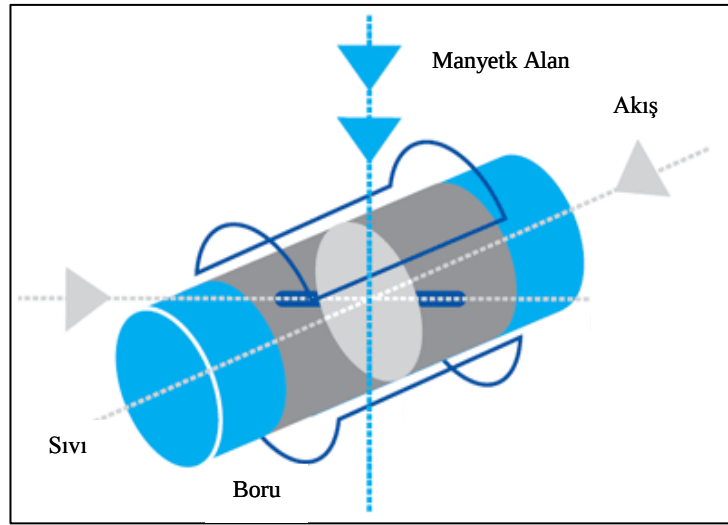
Girdap ölçme metodunda akış girdap oluşturabilecek bir engelleyici cisme çarpar ve girdap akımları oluşur. Bu girdap akımları ultrasonik veya elektronik olarak algılanır çeşitli metotlarla hesaplanır ve akışın debisi ölçülmüş olur. Bu tip debimetrelerin çalışma prensibi, von Karman etkisi olarak da bilinen girdap akışı prensibine dayanmaktadır. Düzgün akış içerisinde akışı bozan bozucu köşeli bir cismin yerleştirilmesi ile akış ayrılır ve küçük girdaplar oluşur. Bu girdaplar dik köşeli cismin arkasından dönüşümlü olarak akarlar ve bu girdaplar sensörler tarafından algılanan değişken bir basınç alanı yaratırlar. Girdap oluşum frekansı akış hızı ile doğrudan orantılıdır.

1.3.4.3. Elektromanyetik yöntem ile debi ölçümü

Elektromanyetik akış ölçer akışkanın debisini Faraday denklemini kullanarak ölçmektedir. Elektromanyetik ölçme metodu elektriksel iletkenliğe sahip sıvıların hacimsel akış ölçümü için kullanılır ve elektromanyetik debimetreler kullanılır.

Elektromanyetik akış ölçer yönteminde, akışan geçtiği kanal içerisinde manyetik alan oluşturulur ve manyetik alan içerisinde geçen akışkan borunun dışına sarılmış olan elektrotların algılayacağı voltaj sinyallerini meydana getirir.

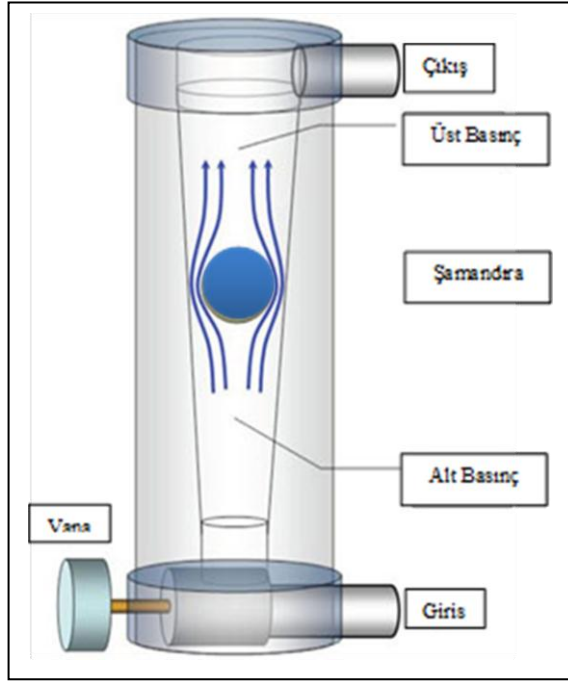
Bu voltaj sinyalleri işlenir ve akış miktarı hesaplanır. Akış hızlandığında voltaj sinyalleri de hızlanacaktır ya da akış yavaşladığında voltaj sinyalleri de yavaşlayacaktır. Şekil 1.23’de Elektromanyetik indükleme prensibi gösterilmiştir.



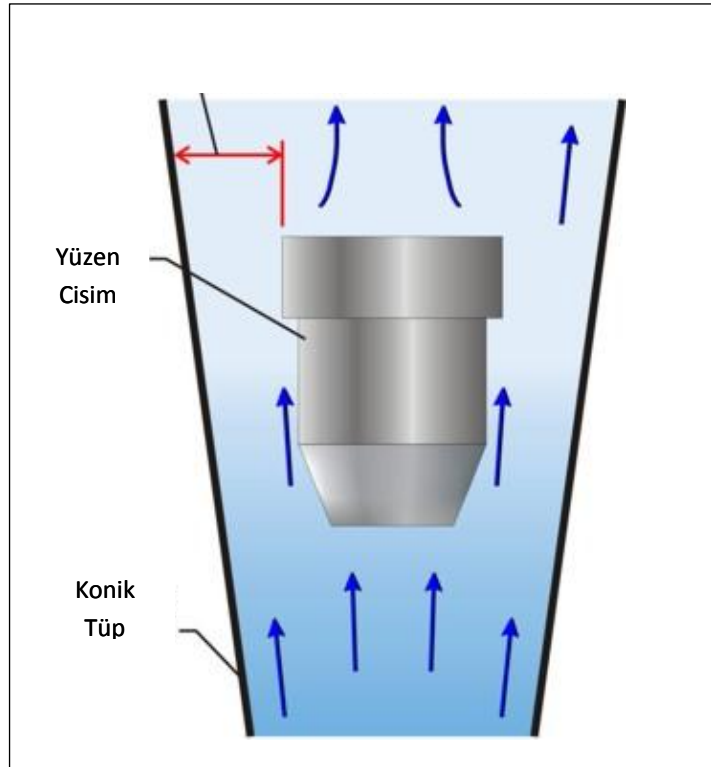
Şekil 1.23. Elektromanyetik indükleme prensibi [52]

1.3.4.4. Elektronik değişken alan (şamandıralı ve boru tip) ile ölçme yöntemi

Elektronik değişken alan (şamandıralı ve boru tip) akış ölçer yönteminde akışkanın debisini, akışın hızına göre kesit alanı değişen bir tüp ile ölçülmektedir. Bu akış ölçerler, kimyasal ve yüksek sıhhi gereksinimlerin karşılanması için gerekli olduğu tüm endüstriyel ya da kimyasal proses kontrol uygulamalarında kullanılmaktadır. Bu cihazların en önemli özellikleri arasında çok yönlü olarak birçok alanda ve sektörde kullanılabilirliği ve süreç odaklı modellerinin çeşitliliğidir. Değişken alanlı debimetre temel olarak üç ana elemandan oluşmaktadır. Bunlardan bir tanesi debimetrenin akış tüpü diğeri şamandıra ve ölçüm cetvelidir. Akışkan tüp içerisine girdiğinde şamandıra arkasındaki tüm sıvı hacminin geçebileceği bir çapa gelene kadar hareket eder. Bu durumda akış sabittir ve bu nokta ölçülen değerdir. Şekil 1.24 ve Şekil 1.25’de değişken alanlı debi ölçer prensibi gösterilmiştir.



Şekil 1.24. Değişken alanlı debi ölçer [53]



Şekil 1.25. Değişken alanlı debi ölçer prensibi [53]

1.4. Proses Kontrol Sistemleri Devre ve Tesisat Elemanları

Tasarlanacak ve geliştirilecek olan proses kontrol deney seti için kullanılacak ekipman seçiminin doğru yapılması deney düzeneğinin başarısı üzerindeki etkisi çok büyüktür. Kullanılacak olan mekanik, elektrik ve elektronik ekipmanların güçleri ve kapasiteleri sistemden beklenen özellikleri karşılayacak şekilde olmalıdır. Genel olarak amaca uygun bir kontrol sisteminde aranılan özellikler aşağıdaki gibidir.

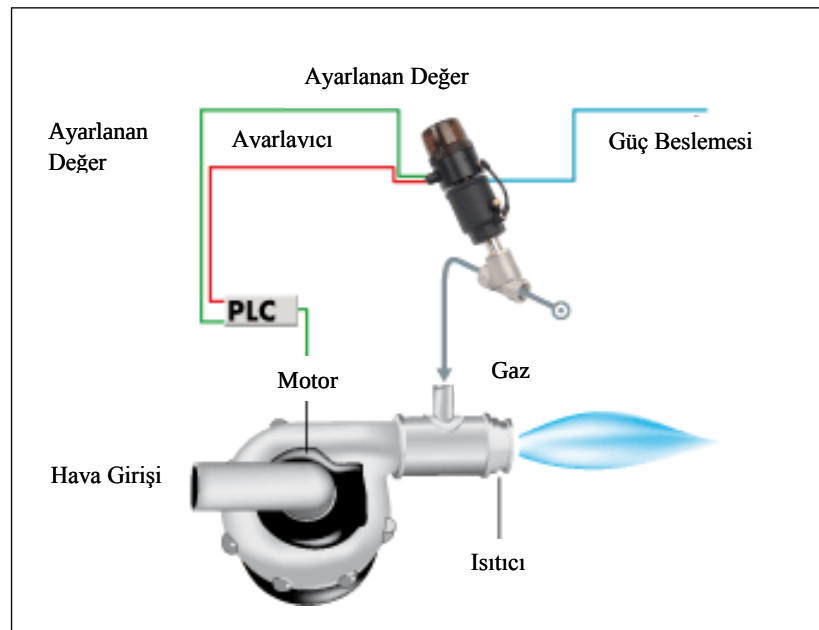
- Geliştirilen kontrol sistemi kendisine verilen bozucu etkilerden minimum düzeyde etkilenmelidir. Kendisinden istenen değer bozucu sisteme bozucu etki dahil edildiğinde bile belirli bir aralık dahilinde sapma yapmalıdır. Örnek olarak belirli bir değere ayarlanan oransal kontrollü bir vana akış sağlayan pompanın devrinden etkilenmemelidir. Ayarlanan değerde sapma en az olmalıdır.
- Tasarlanan sistemde ani değişimlerden kaynaklanan sapmalar olabilir fakat sistem bozucu etki sonunda en kısa zamanda tekrar ayarlanan değerine dönmesi gerekmektedir.
- Seçilen devre elemanlarının güç ve kapasiteleri sistemde meydana gelecek olan değişimleri karşılayabilecek düzeyde olmalıdır.

1.4.1. Oransal akış kontrolü

Endüstride pozisyon, kuvvet, akış, debi, ivme ve hız parametrelerinin kontrolü uygulamalarında oransal kontrol yöntemi uygulanmaktadır. Özellikle hassasiyeti düşük olan uygulamalarda denetlenen parametrelerin istenilen değerlere uygun kontrolü uygulamalarında oransal kontrol etkili bir yöntem olarak kullanılmaktadır. Oransal kontrol akış kontrolü açık/kapalı sisteme göre oldukça avantajlı ve endüstride en çok kullanılan sistemlerin başında gelmektedir. Oransal kontrol sistemlerinde, sistem çıktısı sistem girdi tersine göre tam olarak doğrusal değildir. Oransal kontrolde sistemi kontrol eden devre elemanı denetlenen süreç parametresinin değişim miktarına bağlı olarak kendisini değiştirir veya konumlandırır. Oransal kontrol elemanları pahalı olmayan elemanlardır ve pozisyon, hız veya kuvvet gibi fiziksel parametrelerin kontrol edilmesinde kullanılırlar.

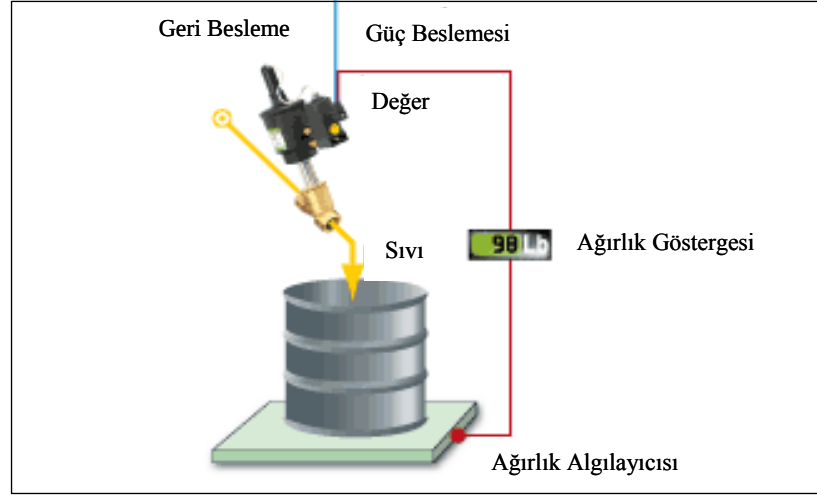
1.4.1.1. Oransal akış kontrol vanaları

Oransal akış kontrol vanaları endüstriyel kontrol uygulamalarında akış debisini, miktarını ve hızını denetlemek amacı ile kullanılan devre elemanlarıdır. Oransal vanalar gıda, tekstil, medikal, ilaç, otomobil, petrol, kimya, ısıtma ve soğutma, gibi bir çok endüstriyel uygulamalarda ilgili süreçleri iyileştirerek, uygulamaların daha verimli ve hatasız olmasını sağlamak amacı ile kullanılan devre elemanlarıdır. Aşağıdaki kapalı çevrim kontrol uygulamasında oransal vana, brülör'e giden gaz akış miktarını sistemde önceden belirlenen miktara göre ayarlamaktadır. Bu uygulamada ayarlanan sıcaklık değerine göre PLC sistemi oransal vanaya sinyal gönderir ve oransal vananın gelen sinyale göre açıklığını ayarlamasını sağlar. Oransal vana ile çalışan sistemler tek geri beslemeli ya da çift geri beslemeli sistemler olabilmektedir. Şekil 1.26'da oransal vana ile çalışan fırının brülör kontrolü gösterilmiştir.



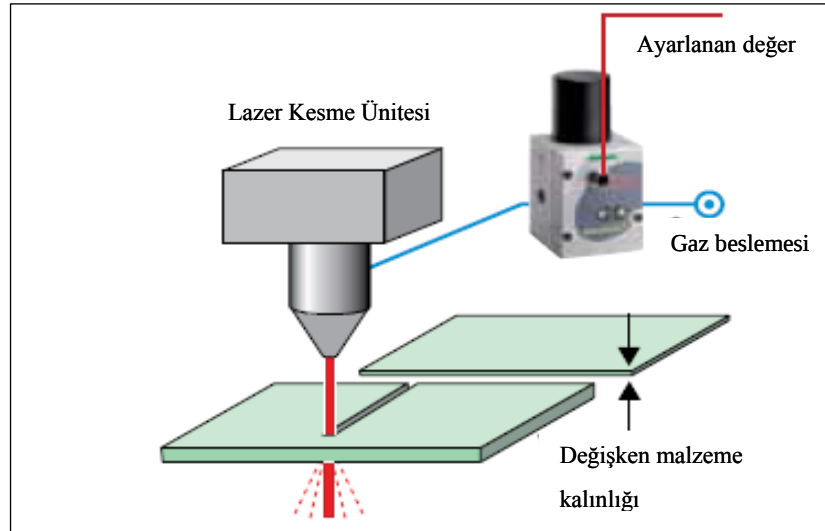
Şekil 1.26. Oransal vana ile çalışan fırının brülör kontrolü [54]

Aşağıdaki kapalı çevrim kontrol uygulamasında oransal vana, varil istenilen ağırlık miktarına dolduruluncaya kadar varil'in doldurulma süresini sistemde önceden belirlenen miktara göre ayarlamaktadır. Bu sistemde kontrol uygulaması PID kontrol sistemini de kullanabilmektedir. Şekil 1.27'de Oransal vana ile çalışan varil doldurma kontrolü gösterilmiştir.



Şekil 1.27. Oransal vana ile çalışan varil doldurma kontrolü [55]

Oransal valflar endüstri uygulamalarında programlanabilir mantıksal kontrol sistemleri ile birlikte kullanıldıklarında yaratıcı ve basit çözümler sunmaktadırlar. Oransal vanalarda mekaniğin ve elektroniğin birleşimi ile birlikte birçok endüstriyel uygulamada istenilen değerlere ulaşılmıştır. Şekil 1.28’de Oransal vana ile çalışan lazer kesim ünitesi kontrolü gösterilmiştir. Bu kapalı çevrim kontrol uygulamasında oransal vana, kesilecek olan malzeme çeşidine ve kalınlığına göre lazer kesim ünitesinin nozul kısmına giden gaz basıncını ayarlamaktadır.



Şekil 1.28. Oransal vana ile çalışan lazer kesim ünitesi kontrolü [56]

Oransal akış kontrol vanaları sahip oldukları bazı özellikleri nedeni ile endüstride tercih sebebi haline gelişlerdir. Bunlar özellikler su şekilde sıralanabilir. Dayanıklı ve ucuz yapıya sahip olmaları, kullanıldıkları süreç kontrol sistemlerini zaman ve maliyet bakımından iyileştirmeleri ve daha hassas kontrol imkânı sunması.

1.4.2. Solenoid vanalar

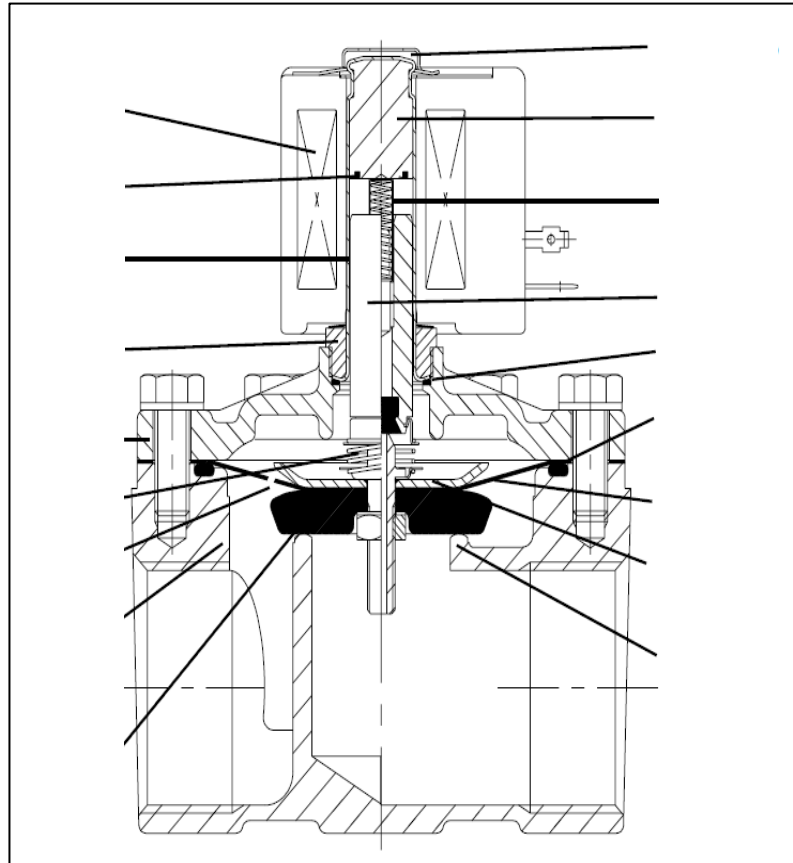
Solenoid vanalar sıvı ve gaz akışkanların akışını kontrol eden elektromekanik yön kontrol elemanlardır. Bu tip yön kontrol vanaları, bobin etrafından geçen elektrik akımı ile kontrol edilirler. Bobine enerji verilerek vananın konumunun değişmesi sağlanır. Normalde açık ve kapalı olmak üzere iki pozisyonlu olarak üretilmektedirler. Üretim şekline göre normalde kapalı olarak üretilen bir vananın bobin'i enerjilendirildiğinde vana açılır, normalde açık olarak üretilen bir vananın bobin'i enerjilendirildiğinde vana kapanır. Şekil 1.29'da örnek bir solenoid vana gösterilmiştir



Şekil 1.29. Solenoid vana [57]

Günümüz endüstrisinde solenoid vanalar başlıca vakum uygulamaları, süreç endüstrisi, ilaç, kozmetik, toz toplama, medikal, patlayıcı gaz, sıcak su ve buhar uygulamalarında kullanılmaktadır. Solenoid vanalar genel olarak vakum solenoid vana, paslanmaz selenoid vana, kızgın buhar için solenoid vana, asitli su için selenoit valf, elektrik motorlu solenoid vana ve ikili solenoid vanalar olmak üzere sınıflandırılabilir.

Endüstride en sık kullanılan solenoid vana tipi bir giriş ve bir çıkış olmak üzere iki açıklığı olan vana çeşididir. Günümüzde üretilen solenoid vanalar uzun ömürlü, küçük tasarım ve yüksek güvenilirlikte üretilmektedir. Solenoid vana seçiminde ve kullanımında dikkat edilmesi gereken çok önemli konular vardır. Bunlardan en önemlisi tasarlanacak olan sistemde kullanılan vana özellikleri ve düşünülmesi gereken parametrenin başında akışkan viskozitesi gelmektedir. Vanalar proses sistemi içerisinde kullanılacak akışkanın viskozitesine göre seçilmelidir. Bu parametreyi akışkan tipi, çalışma basıncı, akışkan basıncı, çalışma voltajı, akışkan temizliği, çalışma hattı ölçüsü, akışkan debisi takip etmektedir. Bütün sözü edilen parametreler düşünülerek yapılacak olan vana seçimi sonucunda tasarlanacak ve gerçekleştirilecek olan sistem için en doğru seçim yapılmış olur ve proses kontrol sistemi uzun süre boyunca sorunsuz olarak çalışacaktır. Şekil 1.30’da endüstride kullanılan bir solenoid vana örneği gösterilmiştir.



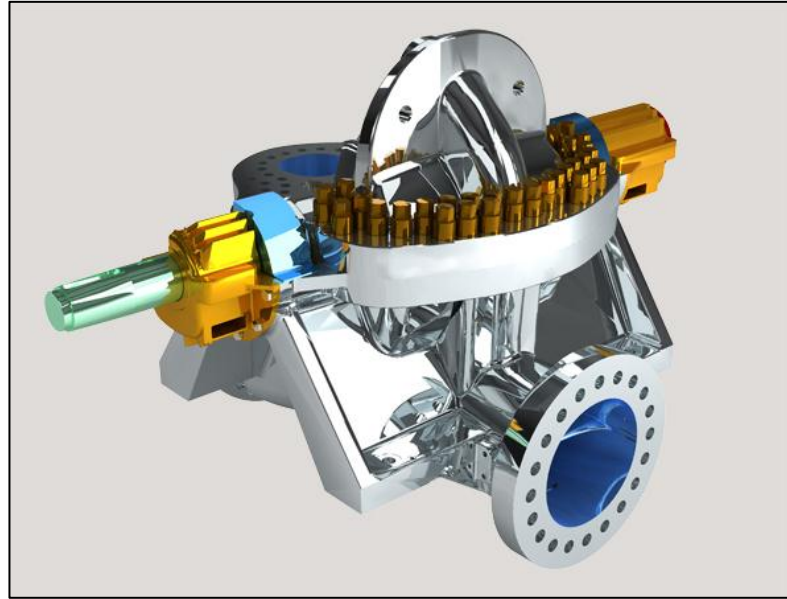
Şekil 1.30. Solenoid vana kesit çizimi [58]

1.4.3. Endüstriyel pompalar

Sanayi pompaları endüstriyel uygulamalarda sıvıyı bir noktadan başka bir noktaya taşımak için kullanılan devre elemanlarıdır. Endüstriyel pompalar, kimyasal uygulamalar, yüzey işlemleri, gıda, ilaç, endüstriyel yağ ve gaz, ısı transferi, kozmetik gibi değişik alanlardaki endüstride sıklıkla kullanılan ekipmanlar arasındadırlar. Pompalar çok değişik uygulamalarda kullanıldıkları için değişik uygulamalara cevap verebilen tasarımda ve türlerde pompalar bulmak mümkündür. Pompaları genel olarak santrifüj pompalar ve pozitif yer değiştirmeli pompalar olmak üzere iki gruba ayırmak mümkündür.

1.4.3.1. Santrifüj pompalar

Santrifüj pompalar dönen bir çark vasıtası ile sıvı akışkanı hızlandırır ve basıncını artırır. Santrifüj pompada kullanılan salmastranın görevi, mil ve pompa gövdesi arasında bulunan boşluklardan sıvının dışarıya sızmasını önlemektir. Santrifüj pompaları genel olarak kendi içerisinde çamur pompaları, helikopter pompaları, pis su pompaları, dik türbin pompa, eksensel akışlı pompalar olmak üzere çeşitli tasarımlarda türlerde bulunabilir. Şekil 1.31’de endüstride kullanılan bir santrifüj pompa örneği gösterilmiştir.



Şekil 1.31. Santrifüj pompa [59]

1.4.3.2. Pozitif yer değiştirmeli pompalar

Pozitif yer değiştirmeli pompalar genellikle sabit debi ve yüksek basınç istenilen endüstriyel uygulamalarda kullanılır. Pozitif yer değiştirmeli pompalara örnek olarak vidalı pompalar, ilerici kavite pompaları, lob pompaları, dişli pompalar, diyafram pompalar verilebilir. Pozitif yer değiştirmeli pompaların endüstride en sık tercih edilen diyaframlı pompalardır. şekil 1.32’ de endüstride kullanılan bir diyaframlı pompa rneği gösterilmiştir.



şekil 1.32. Diyaframlı pompa [60]

Santrifüj pompalardan farklı olarak pozitif yer değiştirmeli pompalar çıkış basıncı ne olursa olsun her zaman aynı miktarda debi sağlarlar. Pozitif yer değiştirmeli pompaların çıkış kanalları kapalı durumda kesinlikle alıştırılmamalıdırler çünkü bu tip pompaların santrifüj pompalardan farklı olarak çıkış hatları kapalı durumda iken akışkanı çiğneme özellikleri yoktur. Bu sebepten dolayı sürekli basınç artışı olacaktır ve pompa veya akış hattı zarar görecektir. Bu sebepten dolayı, vana’ya ya da akış hattına gelebilecek bir zararı önlemek amacı ile pozitif yer değiştirmeli pompaların çıkış hatlarına güvenlik vanaları konmaktadır.

Diyaframlı pompalarda diyaframın dış çevresi sabit ve merkezinden de bir krank sistemine bağlıdır. Krankın hareketi diyaframa merkez bölgesinde bir ileri geri hareket sağlayacak şekilde intikal eder ve bir hacim değişikliğine yol açar. Emme ve basma subapları, diyaframın hareketine uygun şekilde açılıp, kapanır. benzin veya asit gibi sıvıların pompajı için tercih edilir. Endüstriyel bir pompadan beklenen özellikler pompanın güçlü olması, verimliliği, uzun ömürlü olması ve doğaya zarar vermemesi olarak sıralanabilir.

1.4.4. Basınç algılayıcıları

Basınç algılayıcıları, tek bir gövdede elektronik yükselteç devresi ile birlikte gazların ve sıvıların basınçlarını ölçmeye yarayan sensörü ile birlikte yer alan ekipmanlardır. Bu yapıda transmitterler sinyallerin elektriksel gürültü almaksızın hassasiyetlerinin bozulmadan çok uzun mesafelere taşınmasını sağlar. Algılayıcılarda çıkış sinyali genellikle 4-20 mA veya 0-10V arasında değişmektedir. Basınç algılayıcıları endüstride birçok uygulamada basınç kontrolünde ve denetlenmesinde kullanılmaktadır. Basınç algılayıcıları aynı zamanda sıvı ve gazların akışlarının, hızlarının ve seviyelerinin ölçülmesi amacı ile kullanılmaktadır. Basınç algılayıcıları kendilerinin ölçebileceği aralığa ve çalışma sıcaklıklarına göre sınıflandırılmaktadırlar. Kullanım yerlerine ve çalışma sıcaklıklarına göre basınç algılayıcıları, vakum sensorleri, fark basınç sensörleri, mutlak basınç sensörleri olarak adlandırılabilir.

Basınç transduseri ise genel olarak milivolt ve voltaj gibi düşük seviyedeki değişimleri elektrik sinyallerine çevirir. Basınç transmitteri, yekpare gövdede elektronik amplifier devresi ve sensörü ile birliktedir. Bu sinyallerin elektriksel gürültü almaksızın hassasiyetlerinin bozulmadan çok uzun mesafelere taşınmasını sağlar. Şekil 1.33’de endüstride kullanılan bir basınç algılayıcısı gösterilmiştir.



Şekil 1.33. Basınç algılayıcısı [61]

1.5. Tez Çalışmasının Literatüre Katkısı

Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde yapılan proses kontrol deney düzeneklerinde kullanılan sistem ekipmanlarının endüstride sıklıkla rastlanılmayan ekipmanlar oldukları görülmüştür. Gerçekleştirilen proses deney setinde kullanılan ekipmanlar büyük ölçülerde olup endüstri’de kullanımları ileri uygulamalarda dahil sıklıkla görülmektedir.

Yapılan çalışmalarda hali hazırda mevcut deney setlerinde basınç kontrolü proses tankları altına yerleştirilmiş basınç algılayıcıları ile sistem içerisindeki akışkanın (su) basıncını ölçmek sureti ile yapılmaktadır. Gerçekleştirilen deney setinde kontrol edilen basınç proses tankı içerisindeki hava basıncıdır. Dolayısı ile sistemde bir kapalı kap mevcuttur. Bu aşamada diğer sistemlerden farklı bir yaklaşım ile çift pompa kullanılarak sistemde kullanılan proses tankı basınçlandırılmış olup sistemdeki hava basıncı kontrol edilmektedir.

Gerçekleştirilen çalışmalarda ayrıca proses düzeneği içerisindeki akışkan transferi el ile kontrol edilen valfler vasıtası ile sağlanmaktadır. Tasarlanan deney düzeneğinde akışkanın iletim yolları önceden belirlenerek solenoid vanalar vasıtası ile akışkan’a yön verilmektedir.

2. PROSES KONTROL DENEY DÜZENEĞİNİN GERÇEKLEŞTİRİLMESİ VE DEVRE ELEMANLARI

2.1. Giriş

Bu bölümde, tez çalışmasının konusu olan süreç kontrol deney düzeneğinin mekanik, elektrik ve elektronik tasarımı ile birlikte mekanik hatta ve elektronik devrede kullanılan ekipmanların seçimi anlatılacaktır. Ayrıca proses kontrol sisteminin kontrol devresinin çalışma prensibi ile birlikte Scada sisteminin çalışma prensibi ve algoritmasına da yer verilecektir. Bu kapsamda tasarlanan deney setinde mekanik tasarıma ait özellikler ve parça fotoğrafları, elektrik sistemine ait özellikler ve parça fotoğrafları, devre elemanlarına ait parça özellikleri ve hangi kriterlere göre nasıl seçildikleri ile ilgili bilgiler anlatım sırasında kullanılmıştır. Ayrıca proses kontrol deney setinde kullanılan her bir ekipmanın çalışma prensibi hangi kontrol sistemini kullandığı, tasarlanan sistem üzerindeki yerleri ve yapmış oldukları görevleri, avantajları ve dezavantajları ayrıntılı bir biçimde açıklanmıştır.

Tez çalışması sırasında, öncelikle literatür araştırması yapılarak mevcut otomasyon deney setleri incelenerek deney setlerinin eksik yönleri ve yenilikçi yönleri tespit edilmiştir. Araştırmalar sonrasında tüm edinilen bilgilerin sonunda yapılacak olan otomasyon deney düzeneğinin temasına karar verilmiştir. Piyasada hali hazırda mevcut bulunan deney düzeneklerinde kullanılan mekanik ekipmanlar endüstri’de kullanılan ekipmanları yansıtmadıkları görülmüştür. Bu tez çalışmasında seçilen mekanik ekipmanlar diğer deney setlerinin aksine endüstride bizzat kullanılan ekipmanlar arasında seçilmiştir. Bu şekilde deney seti endüstri ve sanayi uygulamalarını birebir yansıtmaktadır ve deney düzeneğini kullanan kişilerin endüstride karşılaşılan sorunlar ile karşılaşmaları sağlanmıştır. Tasarlanan ve gerçekleştirilen deney düzeneğinde ayrıca endüstride kullanılan PLC kontrol ünitesi ve Scada makine insan arayüzü kullanılmıştır.

2.2. Sistem Pompaları

Geliştirilen otomasyon deney düzeneğinde ana pompa ve ikincil pompa olmak üzere farklı güçlerde ve debi değerlerinde iki adet pozitif yer değiştirmeli diyafram tip pompa kullanılmıştır.

2.2.1. Ana pompa

Geliştirilen otomasyon setinde 24V enerji ile çalışan, dört valfli ve kendinden emişli, kaynaktan 1,8 metreye kadar yukarı konumlandırılabilen ana pompa kullanılmıştır. Kuru çalışabilirler ve motorları zarar görmez. Pompanın giriş bağlantısında pompa içerisine pompayı bozabilecek yabancı cisimlerin girmesini önleyecek bir adet filtre bulunmaktadır.

Geliştirilen otomasyon deney düzeneğinde ana pompanın görevleri süreç tanklarına akış sağlamak, besleme tankını doldurmak ve boşaltmak, depolama tankını boşaltmak şeklinde sıralanabilir. Pompanın ön kısmında, pompanın akış yolunu engellenerek basınç artışı durumunda pompayı kapatacak bir adet basınç algılayıcı vardır. Sistemde kullanılan ana pompanın çalışma değerleri aşağıda verilmiştir. Ana pompanın hız bir sürücü devresi ile kontrol edilmektedir.

- Çalışma Gücü : 24V
- Kapasitesi : 17 lt/dak
- Amper : 5A
- Ebat : 252 x 105 x 95 mm



Şekil 2.1. Diyaframli pompa (17 lt/dak) [39]

2.2.2. İkincil pompa

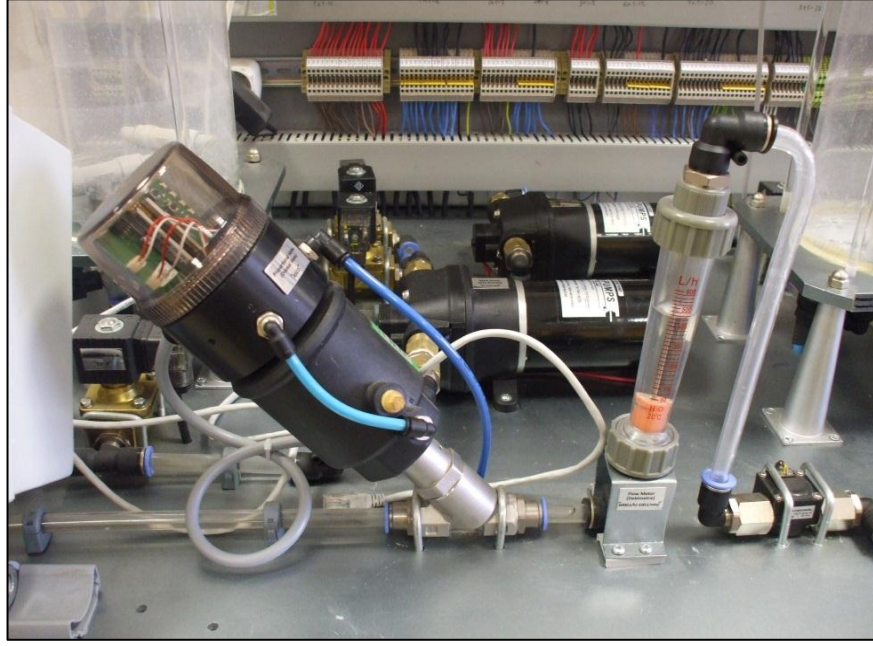
Geliştirilen otomasyon setinde 24V enerji ile çalışan, dört valflü ve kendinden emişli, kaynaktan 1,5 metreye kadar yukarı konumlandırılabilen pozitif yer değiştirmeli pompa kullanılmıştır. Bu tip pompalar belirli bir süre kuru çalışabilirler ve kuru çalıştıklarında motorları zarar görmez. Pompanın giriş bağlantısında pompa içerisine pompayı bozabilecek yabancı cisimlerin girmesini önleyecek bir adet filtre bulunmaktadır. Bu pompanın ön tarafında çıkış hattının kapanması halinde pompayı ve akış hattını korumak amacı ile basınç algılayıcısı bulunmaktadır. Bu algılayıcı, pompa maximum çalışma basıncının üzerine çıktığında devreye girecek ve pompanın enerjisini kesecektir. Böylece pompa ve akış hattı korunmuş olacaktır.

Geliştirilen otomasyon deney düzeneğinde ikincil pompanın görevleri süreç tanklarını boşaltmak, akışı süreç tanklarından besleme tankına aktarmaktır. Pompanın ön kısmında, pompanın akış yolunu engelleyerek basınç artışı durumunda pompayı kapatacak bir adet basınç algılayıcı vardır. Sistemde kullanılan ikincil pompanın çalışma değerleri aşağıda verilmiştir. İkincil pompanın hız bir sürücü devresi ile kontrol edilmektedir.

- Çalışma Gücü : 24V
- Kapasitesi : 12,5 lt/dak
- Amper : 8A
- Ebat : 210 x 105 x 95 mm h



Şekil 2.2. Diyaframli pompa (12,5 lt/dak) [39]



Şekil 2.3. Diyaframalı ana ve ikincil pompalar

2.3. Solenoid Vanalar

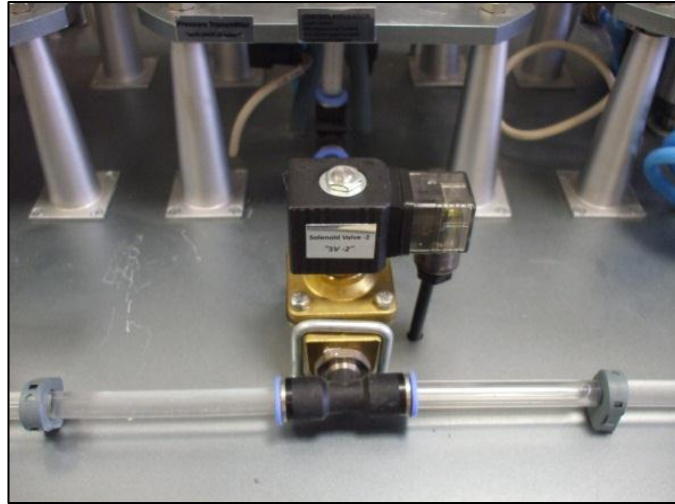
Geliştirilmiş olan kontrol deney düzeneğinde akışı yönlendirerek amacı ile tasarlanan diğer deney düzeneklerinden farklı olarak selenoid vanalar kullanılmıştır. Tasarlanan diğer deney düzeneklerinde akış yön kontrolünün el ile kontrol edilen vanalar vasıtası ile sağlandığı gözlemlenmiştir. Geliştirilmiş olan deney düzeneğinde akış yolları önceden belirlenerek Scada kontrol sistemi içerisinde algoritmaları yazılmıştır. Böylece sistemdeki belirli bir süreç tankı dolumu ya da boşaltım işlemi seçildiğinde akış yolları otomatik olarak açılacaktır.

Tasarlanan süreç kontrol deney düzeneğinde 13 adet çift yönlü direk etkili yön kontrol vanası kullanılmıştır. Sistemde kullanılan tüm vanalar normalde kapalı konumda seçilmiştir. Böylece deney düzeneği süreç tanklarının sıvı ile doldurulması ve boşaltılması işlemleri yapılacağı zaman vanalar üzerinde bulunan bobinler enerjilendirilerek vana akış yolunun açılması sağlanmış olur. Böylece istenilen akış gerçekleşir.



Şekil 2.4. Deney düzeneği üzerinde bulunan yön kontrol vanaları

Deney düzeneği üzerinde işlem yapılmadığında yani tüm solenoid vanalar kapalı pozisyonda iken sistemde sıfır basınç vardır. Genelde normalde kapalı solenoid vanaların bobinleri enerjilendirildiğinde açık pozisyona geçebilmeleri için az miktarda belirli bir basınç gerekmektedir. Bu nedenden dolayı tasarlanan deney düzeneğinde sadece sıfır basınç da çalışabilen vanalar kullanılmıştır. Kullanılan yön kontrol vanalarının giriş ve çıkış ağzları yarım parmak (0.5 inç) olarak hesaplanmıştır. Sistemin toplam debi miktarına bakılarak vanaların delik ağzı (orifice) çapları 16 olarak seçilmiştir. Yön kontrol vanaları deney düzeneğinin daha güvenli olması amacı ile 24 volt doğru akım da çalışmaktadır.



Şekil 2.5. Süreç tankı dolum yön kontrol vanası

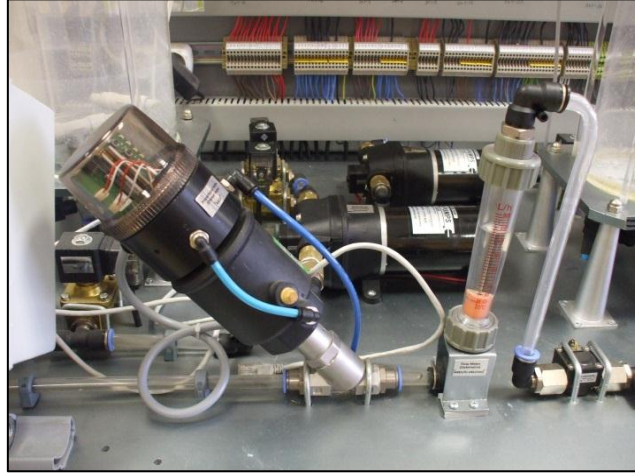
Kullanılan yön kontrol vanaları deney düzeneğine U şeklinde üretilmiş olan alüminyum profiller ile sabitlenmiştir ve ayrıca akış yolu üzerinde kablo olmaması açısından bobin kabloları deney düzeneğinin alt tarafından geçecek şekilde tasarlanmıştır. Sisteme kullanılan tüm elektrik ve sinyal kabloları proses deney düzeneğinin alt kısmına yerleştirilmiştir. Otomasyon sisteminde kullanılan çift yönlü direk etkili yön kontrol vanalarının genel özellikleri vana pozisyonları aşağıda yer almaktadır. Sistem ilk başlatıldığında akış hattı içerisinde basınç bulunmamaktadır. Bu nedenden dolayı sistemde kullanılan vanalar sıfır basınç da çalışabilecek şekilde seçilmiştir. Böylece sistemde basınç olmadan da valfler işlevsel olacaktır.

- Vana Pozisyonu : Normalde kapalı
- Kanal ağzı çapı : 16 mm
- Geçirgenlik : 40 litre/dakika
- Minimum basınç : 0
- Bobin : 24VDC
- Bobin enerjisi : 12 W

2.4. Tek Yönlü Geri Beslemeli Pnömatik Oransal Vana

Geliştirilmiş olan otomasyon deney düzeneğinde bir adet iki yönlü pnömatik pozisyonerli tek geri dönüşlü oransal vana kullanılmıştır. Kullanılan pnömatik oransal vananın sistemdeki görevi debi kontrolü yapmak ve oransal, integral, türev kontrol metodu ile seviye kontrolünü gerçekleştirmektir.

Tek yönlü geri beslemeli tek giriş ve tek çıkış pnömatik oransal vanalar endüstride en sık kullanılan kontrol ekipmanları arasındadır. Bu ekipmanlar ile hassas kontrol gerçekleştirmek mümkün olmaktadır. Oransal vana kullanılarak gerçekleştirilen debi kontrolü uygulaması ve seviye kontrolü uygulaması tasarlanan deney düzeneğinde kullanılan her üç süreç tankı için de gerçekleştirmektedir. Her üç kontrol tankı için ayrı algoritmalar oluşturularak akış yolunun pnömatik oransal vana üzerinden geçmesi sağlanmıştır ve bu şekilde pnömatik oransal vana kullanılarak seviye kontrol uygulaması gerçekleştirilmiştir.



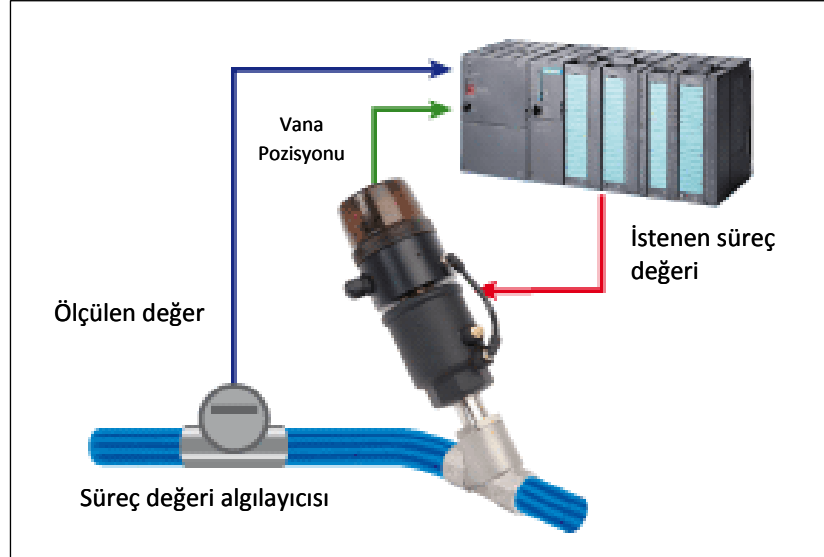
Şekil 2.6. Oransal pnömatik kontrol vanası

Tasarlanana sistemde kullanılan iki yönlü pnömatik oransal vananın avantajları aşağıdaki gibi sıralanabilir.

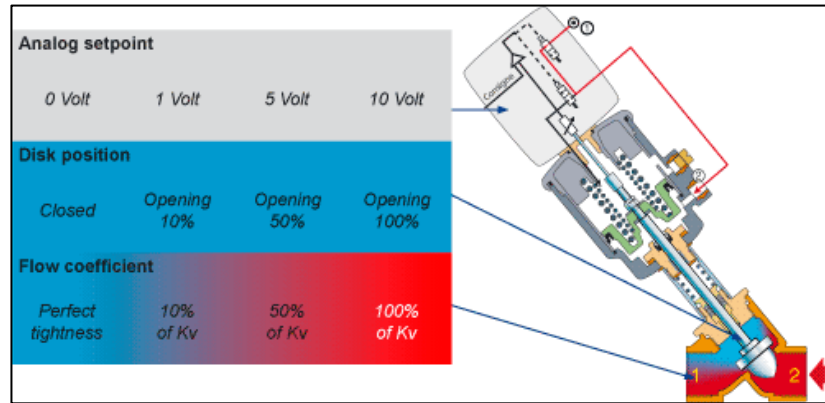
- Uzun ömürlü
- Vana'ya gelen control sinyaline göre akışı oransal olarak ayarlamaktadır.
- Gerçek zamanlı kontrol
- Vana ile birlikte gelen yazılım ile oransal, intergral, türev kontrolü yapması.
- Üzerinde bulunan pozisyoner dış algılayıcı ile haberleşebilmektedir.
- Pozisyoner de istenilen pozisyona ulaşıldığında havayı ekonomik kullanır.
- Sistem el ile kontrole de izin vermektedir.

Pnömatik oransal vana sistemi tek döngülü kapalı çevrim kontrol sistemi ile çalışmaktadır. Otomasyon sisteminde süreç tanklarında bulunan basınç algılayıcıları 4-20 mA çıkış sinyallerini PLC denetleyiciye gönderirler aynı zamanda oransal vana pozisyon verisini 4-20 mA olarak denetleyici gönderir. Denetleyici ayarlanan proses değerine göre oransal vananın akış aralığını oransal olarak ayarlar. Denetleyici ünitesinin PID kontrol grafikleri kontrol ekranından takip edilebilmektedir. Ayarlanan değer ve sistemin vermiş olduğu cevap istenilen saniye aralığında takip edilebilmektedir.

Tasarlanmış olan seviye algoritmasında göre denetleyici oransal vana'ya pozisyon bilgisi gönderir ve aynı zamanda oransal vanadan pozisyon bilgisi alır. Böylece oransal vananın denetleyicinin istemiş olduğu sinyal'i yerine getirip getirmediği denetlenmiş olur.

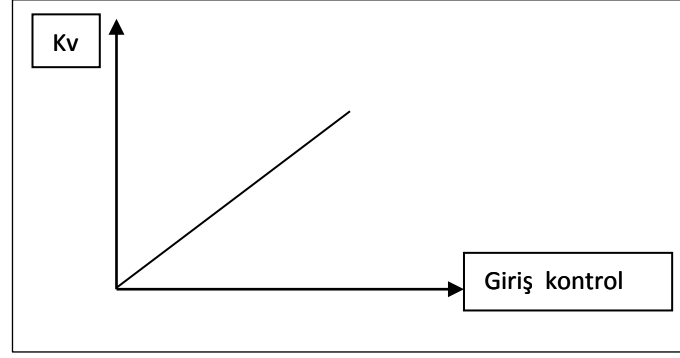


Şekil 2.7. Kapalı çevrim tek döngülü oransal vana süreç kontrolü [40]



Şekil 2.8. Kapalı çevrim oransal vana süreç kontrolü oranı [40]

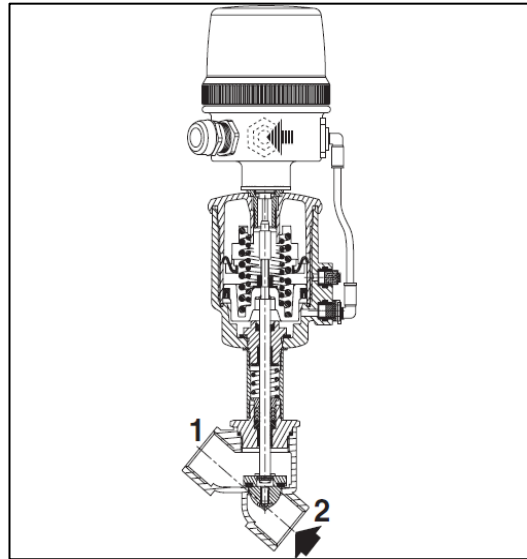
Vana içerisinde geçen akışkan debisi ile giriş kontrol sinyali arasında doğrusal bir ilişki vardır. Yazılan algoritmaya göre daha fazla akış istendiğinde yani sistem debisinin yüksek olması istendiği durumlarda giriş kontrol sinyali de artmaktadır. Aşağıdaki grafik Kv ile giriş kontrol sinyali arasındaki doğrusal ilişkiyi göstermektedir.



Şekil 2.9. Giriş değeri ve Kv arasındaki ilişki

Aşağıda gerçekleştirilen otomasyon setinde kullanılan tek yönlü pnömatik oransal vana'ya ait güç değerleri ve kontrol metodu verilmiştir.

- Besleme Gücü : 24 VDC +/- 10%
- Maximum Güç : 7,6 W – 3,6 W (vana pozisyonu değere geldiğinde)
- Ayarlanan Değer : 0-10 V ya da 4-20 mA
- Geri besleme : 0-10 V ya da 4-20 mA
- Hysteresis : < 2%
- Doğruluk : < 2%
- Tekrarlanabilirlik : < 1%



Şekil 2.10. Oransal valf kesit çizimi [40]

3. DENETLEYİCİ ÜNİTESİ

3.1. Giriş

Geliştirilen süreç kontrol deney düzeneğinde denetleyici olarak siemens S7-1200 PLC – Scada sistemi kullanılmıştır. Şekil 3.1’de deney setinde kullanılan PLC ünitesi gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Deney setinde kullanılan PLC ünitesi

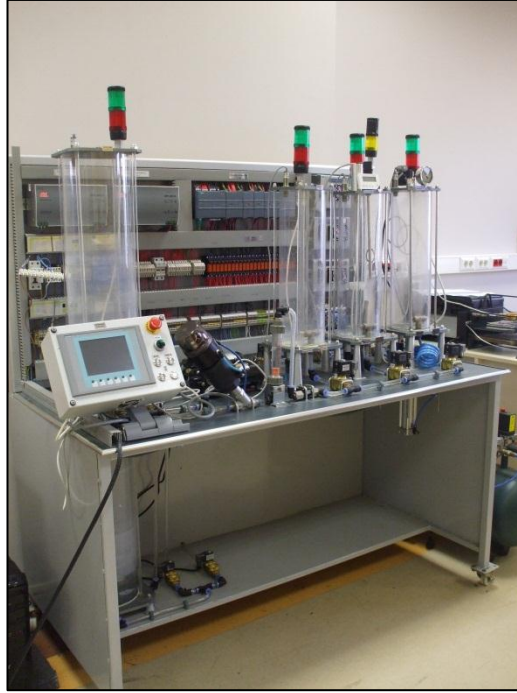
3.2. Proses Kontrolleri

3.2.1. PID tabanlı seviye kontrolü

Bu bölümde, tez çalışmasının kontrol parametrelerinde birisi olan sıvı seviye kontrolü ve çalışma algoritması açıklanmaktadır. Bu amaç doğrultusunda, seviye kontrolünün gerçekleşmesi için kullanılan mekanik ve elektronik ekipmanların çalışma mantıkları detaylı olarak açıklanarak bu ekipmanların fotoğrafları anlatım sırasında kullanılmıştır.

Deney düzeneği, sistem içerisinde yer alan besleme tankına sıvı akışkan sağlayan bir adet depolama tankı, işlem tanklarına sıvı akışkan sağlayan 1 adet besleme tankı ve 3 adet işlem tankından oluşmaktadır. Seviye kontrolü, sistem içerisinde yer alan besleme tankı ve her üç sistem proses kontrol işlem tankında da yapılabilmektedir.

Tanklar içerisindeki seviye kontrolü, tankların altında yer alan düzlemlere monte edilmiş ve tankların alt yüzeyindeki basınç'ı ölçen basınç transmitterleri ile gerçekleştirilmektedir. Deney düzeneğinin daha kapsamlı, endüstride kullanılan her ekipmanı ve uygulamayı göstermesi amacı ile basınç transmitterleri 2 farklı yapıda seçilmiştir. Birinci yapıda 0-100 milibar kapasitesinde ve çıkış değerleri 4-20 miliamper olan basınç transmitterleri, ikinci yapıda ise yine 0-100 milibar kapasiteli ve çıkış değeri 0-10 volt değerine sahip olan basınç transmitterleri seçilmiştir. Böylece voltaj ve amper çıkış özelliklerine sahip transmitterin endüstriyel uygulamalardaki işlevselliklerinin ve performanslarının değerlendirilmesi ve karşılaştırılması imkanı sunulmaktadır. Şekil 3.2'de genel sistem yapısı gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Gerçekleştirilen deney seti

Transmitterlerin tankların alt tabanlarına yerleştirilmesi seviye kontrolünün doğru olarak gerçekleştirilmesi açısından önemlidir. Bu açıdan transmitterin tankların alt yüzeylerine montajının hassas olarak yapılması gerekmektedir. Transmitterlerin algılama yüzeyleri tankların alt yüzeyleri ile aynı düzlemde olmalıdırlar. Bu şekilde doğru sonuç alınabilmektedir. Basınç ölçümlerinin doğru bir şekilde yapılması için diğer bir parametre ise tanklar içerisine aktarılan akışkanın tanklar içerisinde oluşturmuş olduğu dalgalanmadır.

Tanklar içerisindeki dalgalanma algılayıcılardan gelen verilerinde dalgalanmasına neden olmaktadır. Bu problem tanklar içerisine monte edilmiş olan mekanik yapılar ile çözülmüştür. Tanklar altındaki basınç değerini hesaplamak amacı ile Denklem (3.1) ve Denklem (3.2) kullanılabilir.

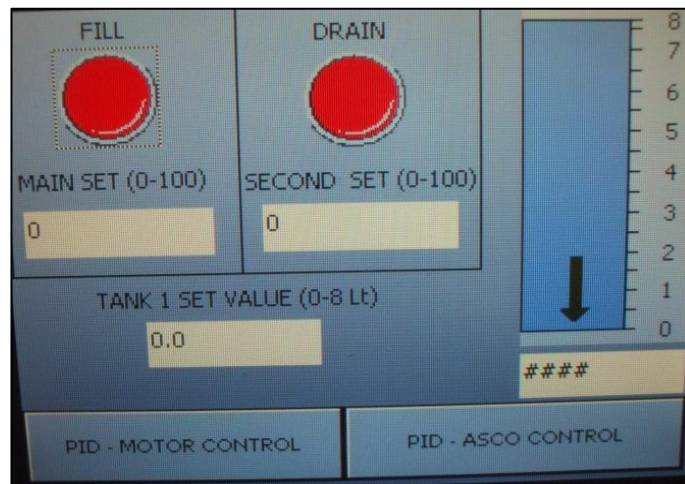
$$P = p \times g \times h \quad (3.1)$$

$$V = A \times h \quad (3.2)$$

Seviye kontrolü 3 farklı algoritması ile gerçekleştirilmektedir. Bunlardan birincisi tek kademeli seviye kontrolü, ikincisi besleme ve boşaltma pompaları ile gerçekleştirilen PID seviye kontrolü ve oransal vana ve boşaltma pompası ile gerçekleştirilen PID seviye kontrolü olarak adlandırılmaktadır. Proses kontrolü esnasında hesaplanan basınç değeri PLC algoritmasında oluşturulan formüller vasıtası ile seviye değerine çevrilmektedir.

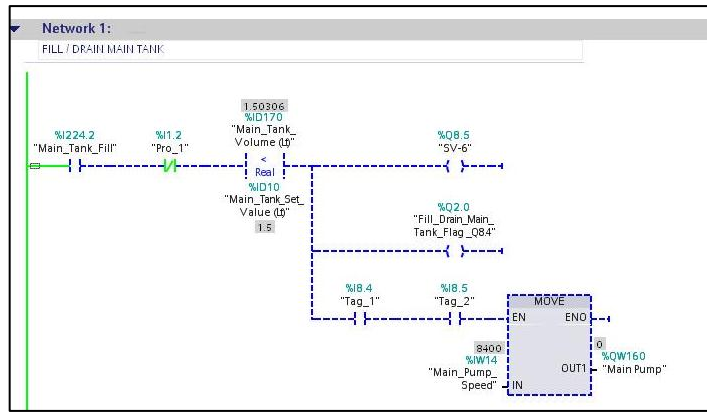
3.2.1.1. Tek kademeli seviye kontrolü.

Tek kademeli seviye kontrolünde, tank içerisinde istenen sıvı akışkan miktarı ve istenilen debi miktarı girilir. Basınç transmitterlerinde alınan veriler PLC denetleyici ünitesi tarafından işlenir ve seviye değerine çevrilir. Proses tankı içerisindeki akışkan istenilen düzeye geldiğinde sistem istenilen değere geldiğini tespit eder. Şekil 3.3.'de tek kademeli seviye kontrolü sistem kontrol ekranı gösterilmiştir.



Şekil 3.3. Tek kademeli seviye kontrolü kontrol paneli

Besleme pompası sıvı akışkanı işlem tanklarına basar. Bu aşamada proses tankları altında yer alan basınç transmitterleri PLC denetleyici ünitesine veri gönderirler. Gönderilen bu veriler denetleyici ünitesi tarafından işlemlere tabi tutulurlar ve gönderilen veriler seviye bilgisine çevrilirler. Bu işlem istenilen değer ulaşıncaya kadar kapalı döngü olarak devam eder. Sıvı akışkan miktarı istenilen seviye değerine geldiğinde besleme pompası durur ve valflar kapanır. Bu şekilde işlem tankları içerisindeki sıvı akışkan miktarı kontrol edilmiş olur. Şekil 3.4’de tek kademeli seviye kontrolü sistem algoritması gösterilmiştir.

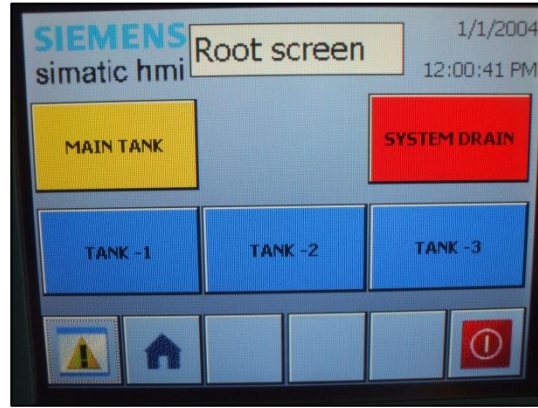


Şekil 3.4. Tek kademeli seviye kontrolü algoritması

Tek kademeli seviye kontrolü uygulamasında kullanılan başlıca ekipmanlar besleme pompası, solenoid yön kontrol vanaları, basınç transmitterleri, proses tankları, besleme tankı, sinyal kuleleri ve taşma kapasitif sensörleri olarak verilebilir.

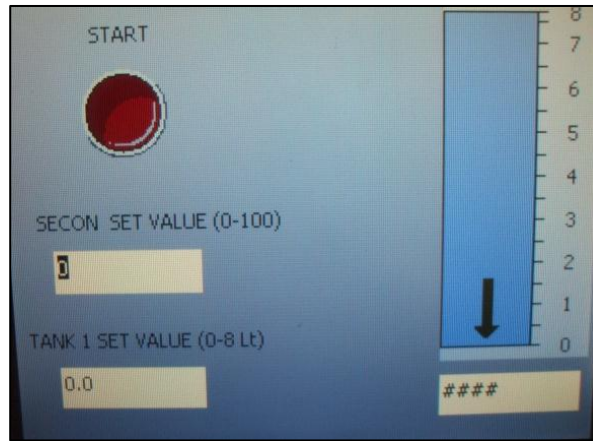
3.2.1.2. Besleme ve boşaltma pompaları ile gerçekleştirilen PID seviye kontrolü.

Besleme ve boşaltma pompaları ile gerçekleştirilen PID seviye kontrol uygulamasında temel amaç işlem tank'ı içerisinde sıvı akışkan beslemesi ve aynı zamanda sıvı akışkan boşaltması olması durumunda tank içerisindeki miktarın ve seviyenin işlem başında tanımlanan değerde olmasını sağlamaktır. Bu mantık ile yapılmak istenilen kontrol sistemi oldukça zordur. Bu kontrol sisteminde boşaltma pompası tanımlanan değer ile boşaltma yaparken besleme pompası proses tankı içerisindeki akışkanı, proses tanklarına yerleştirilen basınç transmitterlerinden PLC denetleyici ünitesine gelen sinyallerin işlenmesi sonucu kendisine gelen sinyaller ile daha önce tanımlanmış olan sabit bir değerde tutmaya çalışmaktadır.



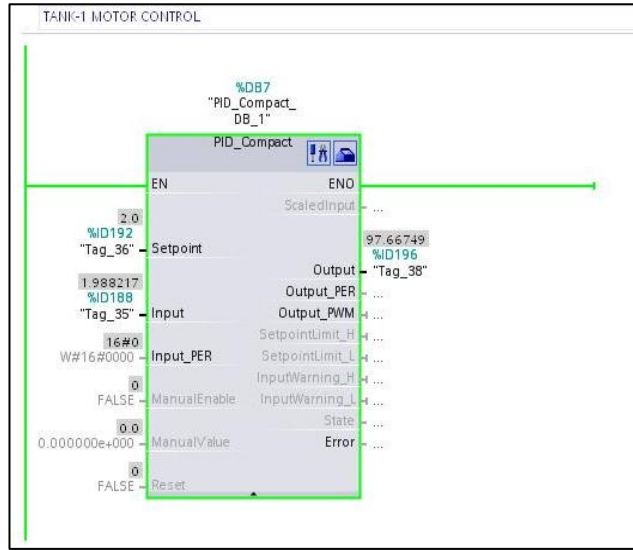
Şekil 3.5. Ana sistem kontrol paneli

Şekil 3.5’de sistem’in başlangıç kontrol paneli görüntüsü verilmiştir. Besleme ve boşaltma pompaları ile gerçekleştirilen PID seviye kontrol uygulamasının başında bazı kontrol parametrelerinin insan makine ara yüzünde tanımlanması gerekmektedir. Uygulamanın giriş parametreleri şu şekildedir. Boşaltma pompasının debi değeri ve belirlenmiş olan işlem tankı içerisindeki sıvı akışkan miktarı. Şekil 3.6’da işlem tankında PID kontrolün gerçekleşmesi için sisteme girilmesi gereken girdi değerleri kontrol ara yüzünde gösterilmiştir.



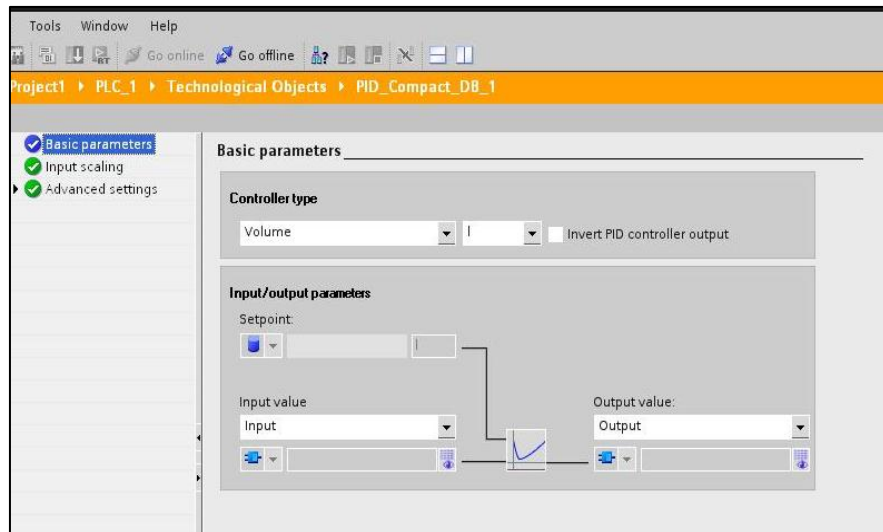
Şekil 3.6. İşlem tankı kontrol paneli görüntüsü

Kontrol algoritmasının PID kontrol kısmında Şekil 3.7’de belirtildiği gibi girdi ve çıktı değerleri tanımlanır ve devreye alınır. Kontrol paneline girilen değerler PID bloğuna gönderilir ve kontrol başlangıcı ile birlikte blok aktif hale gelir.



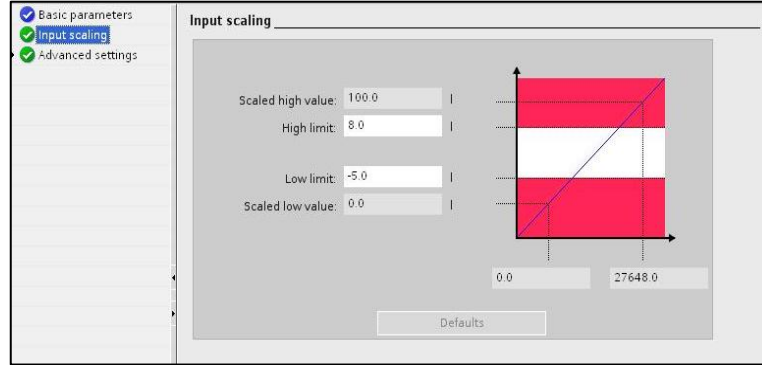
Şekil 3.7. İşlem tankı PLC – PID bloğu

Kontrol algoritmasının PID kontrol kısmında Şekil 3.6’da belirtildiği gibi girdi ve çıktı değerleri tanımlanır ve devreye alınır. Kontrol paneline girilen değerler PID bloğuna gönderilir ve kontrol başlangıcı ile birlikte blok aktif hale gelir. PID bloğunun temel parametre ayarlarında kontrol çeşidi, giriş ve çıkış parametreleri belirlenir. Bu çalışmada kontrol çeşidi hacim olarak seçilerek girdi ve çıktı parametreleri de PID bloğunun ilgili yerlerine bağlanmıştır. Ayrıca birim litre cinsinde tanımlanmıştır. Şekil 3.8’de PID bloğu temel parametre ayarları gösterilmiştir.



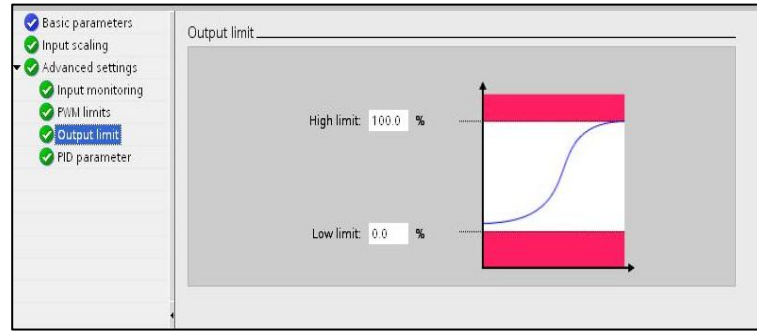
Şekil 3.8. PID bloğu temel parametre ayarları

PID bloğu temel parametre ayarlarının ardından girdi ölçeklendirme ayarları yapılmaktadır. Bu aşamada giriş değerinin üst ve alt çalışma değerleri ve limitleri belirlenmektedir. Bu çalışmada üst çalışma değeri 100 ve alt çalışma değeri 0 olarak belirtilmiştir. Ayrıca üst limit 8 litre alt limit -5 litre olarak tanımlanmıştır. Şekil 3.9’da PID bloğu girdi değerlerinin ölçeklendirmesi gösterilmiştir.



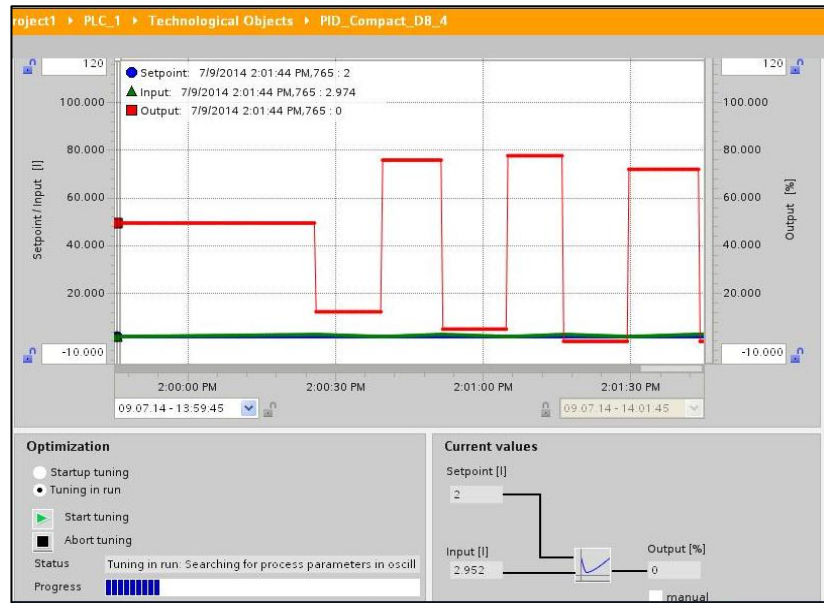
Şekil 3.9. PID bloğu girdi değerlerinin ölçeklendirmesi

Girdi değerlerinin tanımlanmasının ardından sistem çıktı değerleri belirlenmektedir. Bu çalışmada üst çıktı değeri %100 ve alt çıktı değeri %0 olarak belirtilmiştir. Şekil 3.10’da PID bloğu çıktı değerlerinin ölçeklendirmesi gösterilmiştir.

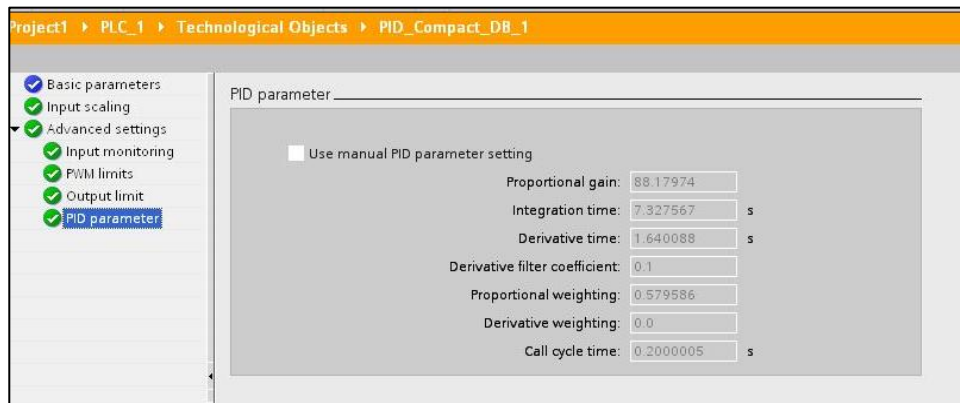


Şekil 3.10. PID bloğu çıktı değerlerinin ölçeklendirmesi

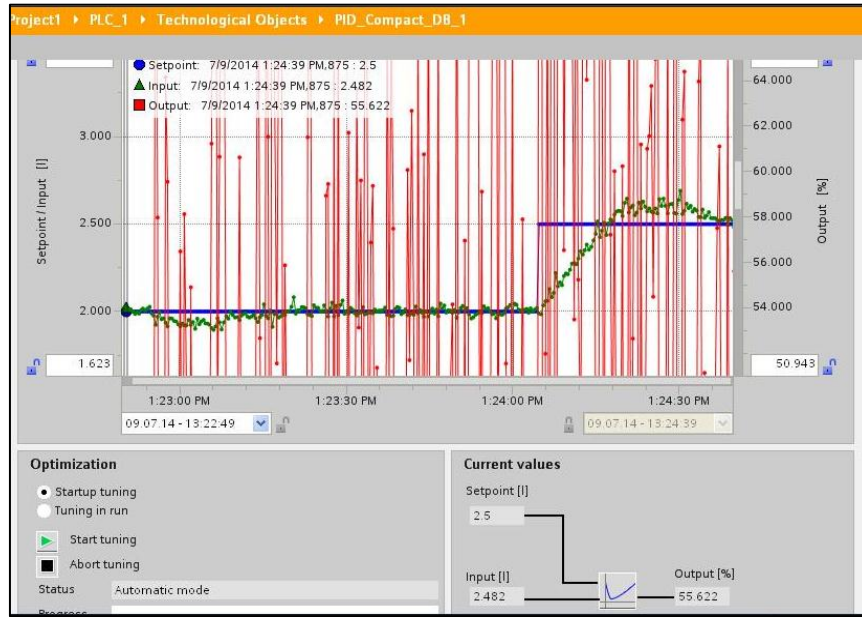
PID bloğu ayar kısmındaki tüm ayarlar yapıldıktan sonra sistem çalıştırılır ve sistemin kendisini en iyilemesi (tuning in run) sağlanır. Bu şekilde sistem kendisine belirtilen başlangıç değerlerini referans alarak en iyileme yapar ve PID parametrelerini bulur. Şekil 3.11’de PID bloğu en iyilemesi gösterilmiştir.



En iyileme sonunda sistem kendisine verilen başlangıç parametrelerine göre PID değerleri bulmaktadır. Şekil 3.12’de en iyileme sonunda bulunan değerler gösterilmiştir.



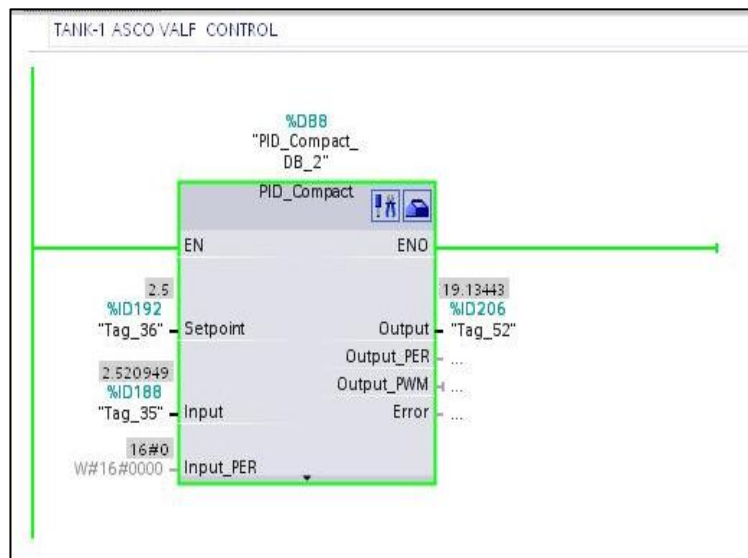
Sistem en iyilemenin tamamlanmasının ardından otomatik olarak PID kontrol uygulamasını başlar ve besleme pompası tanımlanmış olan işlem tankı içerisindeki sıvı akışkan miktarını ve seviyesini, uygulamanın başında tanımlanan değerde PID kontrolör'ünü kullanmak sureti ile gerçekleştirir. Şekil 3.13'de PID grafiği gösterilmiştir.



Şekil 3.13. Kontrol sistemi PID grafiği

3.2.1.3. Oransal vana ve boşaltma pompası ile gerçekleştirilen PID seviye kontrolü.

Oransal vana ve boşaltma pompası ile gerçekleştirilen PID seviye kontrolü uygulamasında diğer uygulamalarda olduğu gibi temel amaç işlem tank'ı içerisinde sıvı akışkan beslemesi ve aynı zamanda sıvı akışkan boşaltması olması durumunda tank içerisindeki miktarın ve seviyenin işlem başında tanımlanan değerde olmasını sağlamaktır. Şekil 3.14'de PID bloğu gösterilmiştir.



Şekil 3.14. Kontrol sistemi PID bloğu

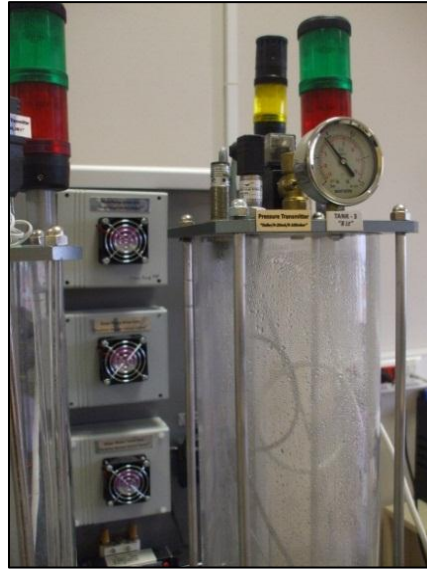
Bu uygulamada, besleme ve boşaltma pompaları ile gerçekleştirilen PID seviye kontrolü uygulamasında farklı olarak kontrolör olarak besleme pompası yerine pnömatik oransal vana kullanılmıştır. Uygulama başında insan makine ara yüzüne girilmesi gereken parametreler şu şekildedir. Besleme ve boşaltma pompalarının debi değerleri ve belirlenmiş olan işlem tankı içerisindeki sıvı akışkan miktarı. Bu değerler insan makine ara yüzünde tanımlandıktan sonra işlem başlatılır besleme pompası işlem başında belirtilen sabit debi işlem tankını doldururken, boşaltma pompası aynı şekilde işlem tankını sabit debi ile boşaltmaktadır. Sözü edilen parametreler sabit iken pnömatik oransal vana akış yolunu PLC de tanımlanan PID parametrelerine göre oransal olarak açarak ya da kapayarak işlem tankı içerisinde belirlenmiş olan sıvı akışkan miktarına göre ayarlamaktadır. Şekil 3.15’de sisteme değişik değerlerde girdiler verildiğinde sistemin cevabını gösteren PID grafiği gösterilmiştir.



Şekil 3.15. Oransal vana kontrol sistemi PID Grafiği

3.2.2. PID tabanlı basınç kontrolü

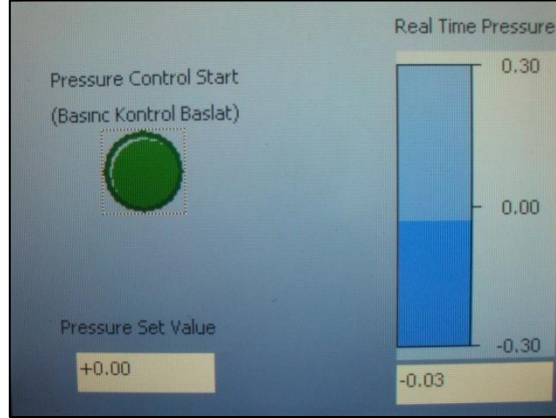
Tasarlanmış olan deney düzeneğinde, genellikle petrol endüstrisinde sıklıkla kullanılan pozitif ve negatif basınç kontrol uygulaması gerçekleştirilmiştir. Basınç kontrolü uygulaması atmosfere kapalı tank içerisindeki hava basıncının tank cidarlarına yapmış olduğu basıncı kontrol edilmesi olarak tasarlanmıştır. Tank içerisindeki pozitif basıncı ve negatif basıncı (vakum) $-1/+3$ mbar aralığında çalışabilen basınç transmidi ile ölçülmektedir. Basınç değeri aynı zamanda 3 nolu tank üzerine yerleştirilmiş olan mekanik basınç saati ile de gözlenebilmektedir. Şekil 3.16’da basınç kontrolü uygulaması gösterilmiştir.



Şekil 3.16. Basınç kontrolü uygulaması

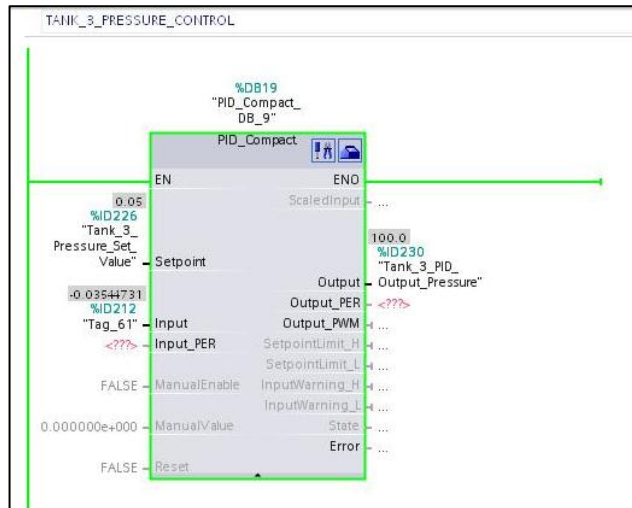
Pozitif ve negatif basıncın atmosfere kapalı olan işlem tankında oluşturulması besleme ve boşaltma pompaları ile gerçekleştirilmektedir. Pozitif ve negatif basınç kontrolü sadece 3 nolu işlem tankında gerçekleştirilmektedir. Uygulamanın başında insan makine ara yüzüne istenilen pozitif ya da negatif basınç değerinin tanımlanması gerekmektedir. Güvenlik amacı ile en yüksek pozitif basınç değeri $+0,25$ bar, en düşük negatif basınç değeri ise $-0,25$ bar olarak tanımlanmıştır. İstenilen basınç değeri girildiğinde besleme ve boşaltma pompaları 3 nolu tank içerisine sıvı akışkan doldurarak veya boşaltarak PLC kontrol sisteminde tanımlanan PID parametrelerine göre tanımlanan basınç değerini sabit tutacaktır.

İnsan makine ara yüzü üzerinden uygulama sonlandırıldığında 3 nolu tank tank üzerinde bulunana aç/kapa solenoid vana vasıtası ile atmosfere açılacaktır. Böylece tank çerisindeki basınç değeri atmosfer basınç değerine eşit olacaktır. Şekil 3.17’de basınç kontrol uygulamasının kontrol ekranı gösterilmektedir.

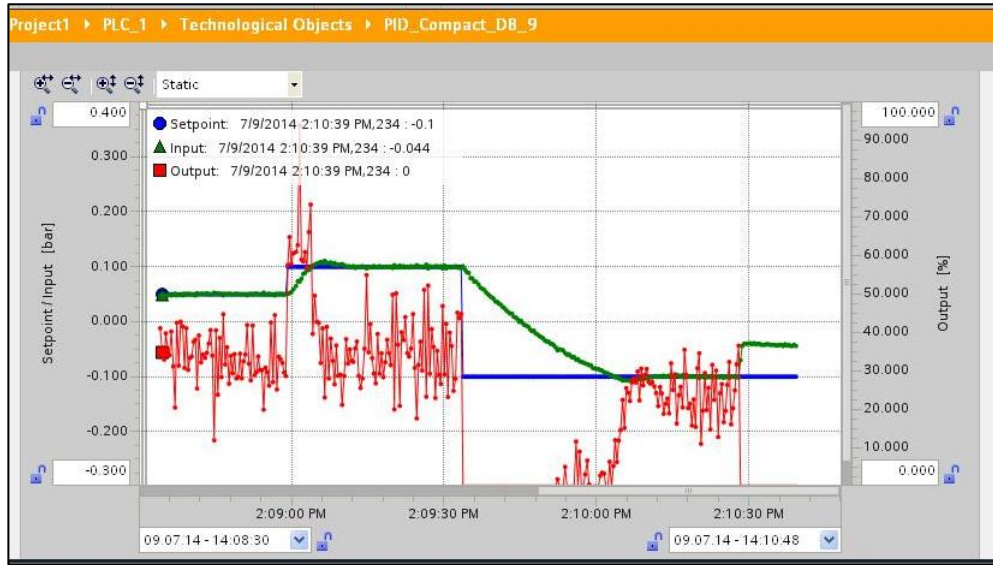


Şekil 3.17. Basınç kontrolü kontrol ekranı

Kontrol uygulaması sırasında, insan makine üzerinden tanımlanmış olan basınç değeri, sistemin belirli bir anındaki değer ve PLC kontrol sisteminin besleme pompasına vermiş olduğu değer gerçek zamanlı olarak PLC sistemine bağlı olan ekran üzerinden görülebilmektedir. Şekil 3.18’de basınç kontrolü PID bloğu gösterilmektedir. Şekil 3.19’da sistem kontrolü PID grafiği gösterilmiştir.



Şekil 3.18. Basınç kontrolü uygulaması PID bloğu



Şekil 3.19. Basınç kontrolü PID kontrol grafiği

3.2.3. PID tabanlı sıcaklık kontrolü

Endüstride sıklıkla kullanılan ve ihtiyaç duyulan kontrol parametrelerinden en önemlilerinden bir tanesi sıcaklıktır. Değişik sektördeki endüstrilerde sıcaklık parametresinin kontrol edilmesi gerekmektedir. Tasarlanmış ve gerçekleştirilmiş olan mevcut deney setinde endüstriyel uygulamalarda sıklıkla kullanılan sıvı akışkan sıcaklık kontrol uygulaması gerçekleştirilmiştir. Sıcaklık kontrolü uygulaması atmosfere açık tank içerisinde gerçekleştirilmiştir. Sıcaklık kontrol uygulaması sadece 2 nolu proses tank'ı için geçerli olmaktadır. Isı kaynağı olarak her biri 900W kapasitesinde olan 2 adet fişek tipi ısıtıcı ile sağlanmaktadır. Sıcaklık verilerinin PLC kontrolöre gönderilmesi 0-100 C° kapasiteli ve 4-20mA çıkış veren PT100 sıcaklık transmiyeri ile sağlanmaktadır. Sıvı akışkanlarda düzgün bir sıcaklık dağılımının sağlanması ve doğru sıcaklık ölçüsü alınması için sistemin içerisindeki sıvının daha önce belirlenmiş olan bir hızla karıştırılması gerekmektedir. Proses tankının içerisinde her bölgede eşit sıcaklık değerlerinin alınması gerekmektedir. Sistemde ayrıca düzgün sıcaklık dağılımının yakalanması amacı ile bir adet karıştırıcı bulunmaktadır ve ısıtılan sıvı akışkanı ısıtmaya başladıklarında karıştırıcı da devreye girmektedir. Sistemde kullanılan PT100 sıcaklık algılayıcısı tek bir yerden ölçü almaktadır. Bu nedenden dolayı ısıtıcılar ile birlikte karıştırıcının da çalıştırılması sistemden doğru ölçü alınması kapsamında önemlidir. Şekil 3.20'de sıcaklık kontrolü uygulaması gösterilmiştir.



Şekil 3.20. Sıcaklık kontrolü

Böylece atmosfere açık işlem tankı içerisinde bulunan sıvı akışkan sıcaklığının her yerde aynı düzgün dağılımı göstermesi sağlanmıştır. Isı kaynaklarının çalıştıklarında tam olarak sıvı akışkan tarafından kaplanmaları gerekmektedir aksi halde ısı kaynakları zarar görebilirler. Isı kaynaklarının zarar görmelerini önlemek amacı ile PLC sistemi kontrol algoritmasında ısı kaynaklarının tam olarak sıvı akışkan tarafından kaplanmalarını sağlayacak düzeyde seviye tanımlanmıştır. Eğer sıvı akışkan bu seviyenin altında ise PID tabanlı sıcaklık kontrol sistemi işleme başlamayacaktır. Ayrıca tankların dayanabilecekleri en yüksek sıcaklık değerlerini göz önünde bulundurarak ve güvenlik açısından sıvı akışkan için insan makine ara yüzünde tanımlanabilecek en yüksek sıcaklık değeri 50 C° değerine ayarlanmıştır. Isı değeri 2 nolu tank üzerine monte edilmiş olan dijital sıcaklık ölçer ile de gözlenebilmektedir.

Birçok sistem sıcaklık kontrolünü aç/kapa yöntemi ile gerçekleştirmektedir. Yapılmış olan bu çalışmada, sıcaklık kontrol uygulamasının PID parametreleri ile gerçekleştirilmesini sağlamak amacı ile elektronik röle (SSR - Solid State Relay) kullanılmıştır. Bu şekilde PT100 sıcaklık transmitterinden alınan 4-20mA geri dönüş sinyali elektronik röle (SSR - Solid State Relay) vasıtası ile PLC kontrol sisteminde belirlenen PID parametrelerine göre 0-230V arasında bir gerilime çevrilmektedir ve elde edilen bu gerilim değeri ısı kaynağına gönderilmek sureti ile PID kontrol algoritması gerçekleştirilmiş olur.

PID tabanlı sıcaklık kontrol sisteminin başlatılabilmesi için insan makine ara yüzüne girilmesi gereken parametreler şunlardır. Isı kaynaklarının tam olarak sıvı akışkan ile kaplanmasını sağlayacak şekilde tanımlanmış olan değer ya da daha üzeri ve sıvı akışkan sıcaklık değeri. İşlem başlatıldığında sistem PLC kontrol sisteminde tanımlanan PID parametrelerine göre istenilen sıcaklığa ulaşacaktır ve ısı kaynaklarının enerjileri kesilecektir.

Kontrol uygulaması sırasında, insan makine üzerinden tanımlanmış olan sıcaklık değeri, sistemin belirli bir anındaki değer ve PLC kontrol sisteminin ısı kaynaklarına vermiş olduğu değer gerçek zamanlı olarak PLC sistemine bağlı olan ekran üzerinden görülebilmektedir.

3.2.4. Debi Kontrolü

Yapılmış olan bu çalışmada, birçok endüstriyel uygulamada gerekli olan ve sıklıkla kullanılan sıvı akışkan debisi kontrolü gerçekleştirilmiştir. Sıvı akışkan debi kontrol uygulaması depolama tankı, besleme tankı, her üç işlem tankı doldurma ve boşaltma uygulamalarında ayrıca tüm sistemi sıvı akışkanını boşaltma uygulamalarında kullanılmak üzere geçerlidir. Tasarlanan ve gerçekleştirilen deney düzeneğinde debi kontrolü uygulaması besleme ve boşaltma pompalarının hızlarının kontrol edilmesi ve ayarlanması ile gerçekleştirilmektedir.

Deney kontrol düzeneğinde 24VDC beslemeli bir adet besleme ve bir adet boşaltma pompası mevcuttur. Besleme pompası 17 litre/dakika ve boşaltma pompası en yüksek 12 litre/dakika kapasiteye sahiptir. Gerçekleştirilmiş olan deney düzeneğinde kullanılan besleme ve boşaltma pompalarında çıkış hatlarının kapanması ile pompaların maximum çalışma basınçlarının üzerine çıkarak pompaların ve akış hattının zarar görmesini önlemek amacı ile pompalar üzerinde basınç algılayıcıları vardır. Sistem üzerinde bu pompaların basma veya emme değerleri PLC üzerinden ayarlanabilmektedir. Bu uygulama için 0-5V aralığında çalışan hız kontrol devresi kullanılmaktadır. Şekil 3.21’de debi kontrolü uygulaması gösterilmiştir.



Şekil 3.21. Debi kontrolü uygulaması

Debi kontrol uygulaması, tek kademeli seviye kontrolü, besleme ve boşaltma pompaları ile gerçekleştirilen PID seviye kontrolü ve Oransal vana ve boşaltma pompası ile gerçekleştirilen PID seviye kontrolü, basınç kontrol ve sıcaklık kontrol uygulamalarında kullanılabilmektedir. Sistemi başlatmak insan makine ara yüzüne girilmesi gereken değer belirlenmiş olan limitler arasındaki debi değeridir. Bu limitler besleme pompası için 17 litre/dakika ve boşaltma pompası için 12 litre/dakika olarak tanımlanmıştır.

Debi kontrol uygulaması aynı zamanda pnömatik oransal valf kullanılarak da yapılabilmektedir.

3.2.4.1. Besleme pompası ile PID tabanlı debi kontrolü.

PID tabanlı besleme pompası ile debi kontrolü uygulamasında, debi kontrolü pompa hızının kontrolü ile gerçekleştirilmektedir. Besleme pompasının en yüksek debi kapasitesi 17 litre/dakikadır. PID tabanlı besleme pompası ile debi kontrolü tek kademeli seviye kontrolü, besleme ve boşaltma pompaları ile gerçekleştirilen PID seviye kontrolü ve Oransal vana ve boşaltma pompası ile gerçekleştirilen PID seviye kontrolü, basınç kontrol ve sıcaklık kontrol uygulamalarında kullanılabilmektedir.

PID tabanlı besleme pompası ile debi kontrolü uygulamasının başlatılabilmesi için insan makine ara yüzüne istenilen debi değerinin tanımlanması gerekmektedir.

Kontrol uygulaması sırasında, insan makine üzerinden tanımlanmış olan debi değeri sistemin belirli bir anındaki debi değeri ve PLC kontrol sisteminin besleme pompasına vermiş olduğu değeri gerçek zamanlı olarak PLC sistemine bağlı olan ekran üzerinden görülebilmektedir. Sistem çalışma debisi deney düzeneği üzerinde yer alan mekanik tüp tipi debimetre ile de gözlenebilmektedir.

3.2.4.2. Pnömatik oransal vana ile PID tabanlı debi kontrolü.

Pnömatik oransal vana ile PID tabanlı debi kontrolü uygulamasında, debi kontrolü pnömatik oransal kontrollü vana ile sağlanmaktadır. Bu sistemde besleme pompasının debisi sabit bir değeri tanımlanır ve sistem debisi için de bir değeri tanımlanır. Sistem debisi için tanımlanan değeri besleme pompası için tanımlanan değeri ile aynı yada daha düşük olmalıdır. Sistem debisi için tanımlanan değeri pnömatik oransal kontrollü vananın geçiş açıklığının oransal olarak açılıp kapanması ile kontrol edilmektedir.

Kontrol uygulamasının başlatılması için gereken parametreler şunlardır. Besleme pompası debi değeri, sistem debi değeri, debi kontrol uygulamasının yapılacağı işlem tankı. Sistem çalışma debisi deney düzeneği üzerinde yer alan mekanik tüp tipi debimetre ile de gözlenebilmektedir.

Kontrol uygulaması sırasında, insan makine üzerinden tanımlanmış olan debi değeri sistemin belirli bir anındaki debi değeri ve PLC kontrol sisteminin besleme pompasına vermiş olduğu değeri gerçek zamanlı olarak PLC sistemine bağlı olan ekran üzerinden görülebilmektedir. Sistem çalışma debisi deney düzeneği üzerinde yer alan mekanik tüp tipi debimetre ile de gözlenebilmektedir.

SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu bölümde, gerçekleştirilen proses kontrol deney setinden elde edilen sonuçlar, deney setinin yararları ve uygulama alanları ile birlikte bu çalışmanın geliştirilmesi için ileride yapılabilecek araştırmalardan söz edilmiştir.

Tez çalışması aşamasında gerçekleştirilen proses kontrol setinde kullanılan mekanik ve elektronik ekipmanların verimlerinin ve kalitelerinin çok iyi oldukları gözlemlenmiştir. Sistemde kullanılan denetleyici ünitesinin (Siemens S7-1200) kontrol kabiliyetleri de tüm sistemi kontrol edebilecek düzeydedir. Deney setinde sıvı seviyesi ölçümünde kullanılmak amacı ile 4-20 miliamper ve 0-10 Volt çıkışlı 2 farklı çeşit basınç algılayıcısı kullanılmıştı. Yapılan gözlemlere göre 4-20 miliamper çıkış veren basınç algılayıcılarının verimleri çok daha yüksek. Bu algılayıcılar etraftan gelen gürültülerden etkilenmemektedir. Diğer taraftan 0-10 Volt çıkış üreten algılayıcılar sistemden gelen gürültülerden etkilenmektedirler. Bu durum öğrencilere gürültü problemini göstermek için güzel bir örnek teşkil edecektir.

Geliştirilen deney setinin borulaması akışkanın görülebilmesi için şeffaf akrilik borulardan döşenmiştir. Bazı durumlarda borular kırılğan hale gelip küçük darbelerde kırılabilirler. Sistemin daha uzun ömürlü olabilmesi için metal borulama yapılabilir.

Proses tanklarının doldurulmaları sırasında tank içerisindeki dalgalanmalardan dolayı seviye algılayıcılarında da dalgalanmalar oluşabilmektedir. Geliştirilen deney düzeneğinde bu problem tankların sıvı giriş kısımlarına (T) boru monte edilmek sureti ile çözülmüştür.

Tasarlanan sistemin sıvı seviyesi, debisi ve hava basıncı tek veya PID kontrolü uygulamalarını hem tek pompa hem de çift pompa ile dışarıdan fiziksel bozucu etki verilmesine rağmen başarı ile yaptığı görülmektedir.

PID sıcaklık kontrolünde, sistemdeki akışkan ısındığında bunu soğutacak ünite olmadığından bekleme zamanları çok yüksek. Bu problem sisteme bir soğutma ünitesi monte edilerek çözülebilir. Sistemde kontrol yöntemlerinden oransal, integral, türev kullanılmıştır ve denetleyici ünitesinin yapmış olduğu otomatik parametre ayarlama (Auto Tuning) uygulaması ile başarılı bir şekilde çalıştığı görülmektedir. İleride parametrelerin kontrolünde diğer bir kontrol metodu olan bulanık mantık yöntemi de kullanılabilir.

İleride kullanılabilecek olan diğer bir uygulama sistemin internet üzerinden kontrolünün gerçekleştirilmesidir. Bununla birlikte sistem belirli bir denetleyiciden bağımsız olarak direk olarak METLAB programı üzerinden verilerin işlenmesi sureti ile kontrol edilebilir.

KAYNAKLAR

- [1] Gonzalez R., Huang B., Control-loop diagnosis using continuous evidence through kernel density estimation, *Journal of Process Control*, 2014, **24**, 640-651.
- [2] Yamashita Y., An automatic method for detection of valve stiction in process control loops, *Science Direct Control Engineering Practice*, 2006, **14**, 503-510.
- [3] Weisheng Z., Xiaoshu Z., Zhaoji H., Research of New Experimental System for Process Control, *IEEE*, DOI: 1-4244-2386-6/08.
- [4] Illes C., Popa G. N., Filip I., Water Level Control System Using PLC and Wireless Sensors, *IEEE 9th International Conference on Computational Cybernetics*, DOI: 10.1109/ICCCyb.2013.6617587.
- [5] Meşeli İ., Matematiksel Kontrol Teorisi, <http://www.ilkaymeseli.com/2010/12/matematiksel-kontrol-teorisi/> (Ziyaret Tarihi: 22 Nisan 2014).
- [6] Samin R. E., Jie L. M., Zawawi M. A., PID Implementation of Heating Tank in Mini Automation Plant Using Programmable Logic Controller (PLC), *IEEE International Conference on Electrical, Control and Computer Engineering*, DOI: 10.1109/INECCE.2011.5953937.
- [7] Cho J., Chong S., Stabilized MAX-MIN Flow Control Using PID and PII2 Controllers, *IEEE Communications Society Globecom*, DOI: 10.1109/GLOCOM.2004.1378216.
- [8] Hong Q., Jie X., Design of Predictive Fuzzy-PID Controller on Flow Control in Real-Time Multimedia Communication, *IEEE, Second International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation*, DOI: 10.1109/ICICTA.2009.401.
- [9] Weibin C., Qingjian M., Based on PLC temperature PID - Fuzzy control system design and simulation, *IEEE*, DOI: 10.1109/ICINA.2010.5636480.
- [10] http://zone.ni.com/reference/enxx/help/370401H01/1vpidmain/cntrl_strar_des/, (Ziyaret Tarihi: 08 Mayıs 2014).
- [11] Lee C. C., Fuzzy Logic in Control Systems: FuzzyLogic Controller Part I, *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, 1990, **10**, 404-418.
- [12] Ladera L. E., Reyes C. R., Margaglio E., Soteldo L., A Fuzzy Logic Controller with Switching Knowledge Base for Industrial Process Control, *IEEE*, DOI: 10.1109/ICCDACS.1995.499171.

- [13] <http://www.ustudy.in/node/222> (Ziyaret Tarihi: 23 Nisan 2014).
- [14] <http://www.plcprogramlama.com/plcs.htm> (Ziyaret Tarihi: 23 Nisan 2014).
- [15] Ziemba R., Use Of A Programmable Logic Controller (PLC) For Injection Molding Machinery Temperature, Position, Velocity And Pressure Control, *IEEE*, DOI: 10.1109/RAPCON.1989.47711.
- [16] Yang Y., Bian H., Design and Realization of Fuzzy Self-tuning PID Water Temperature Controller Based on PLC, *IEEE 4th International Conference on Intelligent Human-Machine Systems and Cybernetics*, DOI: 10.1109/IHMSC.2012.97.
- [17] Afzalian A., Noorbakhsh M., Nabavi S. A., PLC Implementation of Decentralized Supervisory Control for Dynamic Flow Controller, *17th IEEE International Conference on Control Applications*, 2008, **17**, 522-527.
- [18] Atlagic B., Sagi M., Milinkov D., Bogovac B., Culaja S., Model-based Approach to the Development of SCADA applications, *IEEE 19th International Conference and Workshops on Engineering of Computer-Based Systems*, 2012, **22**, 1285-1292.
- [19] Lakhoua M. N., SCADA application of a Water Steam Cycle of a Thermal Power Plant, *IEEE*, DOI: 10.1109/ICMSAO.2013.6552607.
- [20] <http://www.fultek.com.tr/wp-content/uploads/2012/02/scada.jpg> (Ziyaret Tarihi: 08 Mayıs 2014).
- [21] Higgs M. A., Electrical SCADA systems from the Operators perspective, *IEEE*, DOI: 10.1049/cp:19990233.
- [22] <http://mechatronics.poly.edu/mpcrl/Levelcont.html> (Ziyaret Tarihi: 02 Mayıs 2014).
- [23] <http://www.lucasnuelle.com/316/apg/3352/CLC+36+Closedloop+liquid+level+control+flow+rate+control.htm> (Ziyaret Tarihi: 02 Mayıs 2014).
- [24] <http://www.lucas-nuelle.com/317/pid/5172/apg/5473/Compact-level-control-kit-including-vessel,-tank,-pump-and-sensors--.htm> (Ziyaret Tarihi: 02 Mayıs 2014).
- [25] http://www.entekegitim.com.tr/public/egitim_setleri.aspx# (Ziyaret Tarihi: 02 Mayıs 2014).
- [26] <http://hendes.com.tr/egitimproseskontrol.php> (Ziyaret Tarihi: 02 Mayıs 2014).
- [27] Ünsal A., Duysak A., Ilıca A., Eğitim Amaçlı Bir Kontrol Deney Seti Tasarımı ve Gerçekleştirilmesi, Kütahya, Türkiye, 2008.
- [28] Yongsheng Q., Yong W., Nan S., Design of Liquid Level Control System of Nuclear Power Plant, *IEEE*, DOI: 10.1109/ICEMI.2013.6743159.

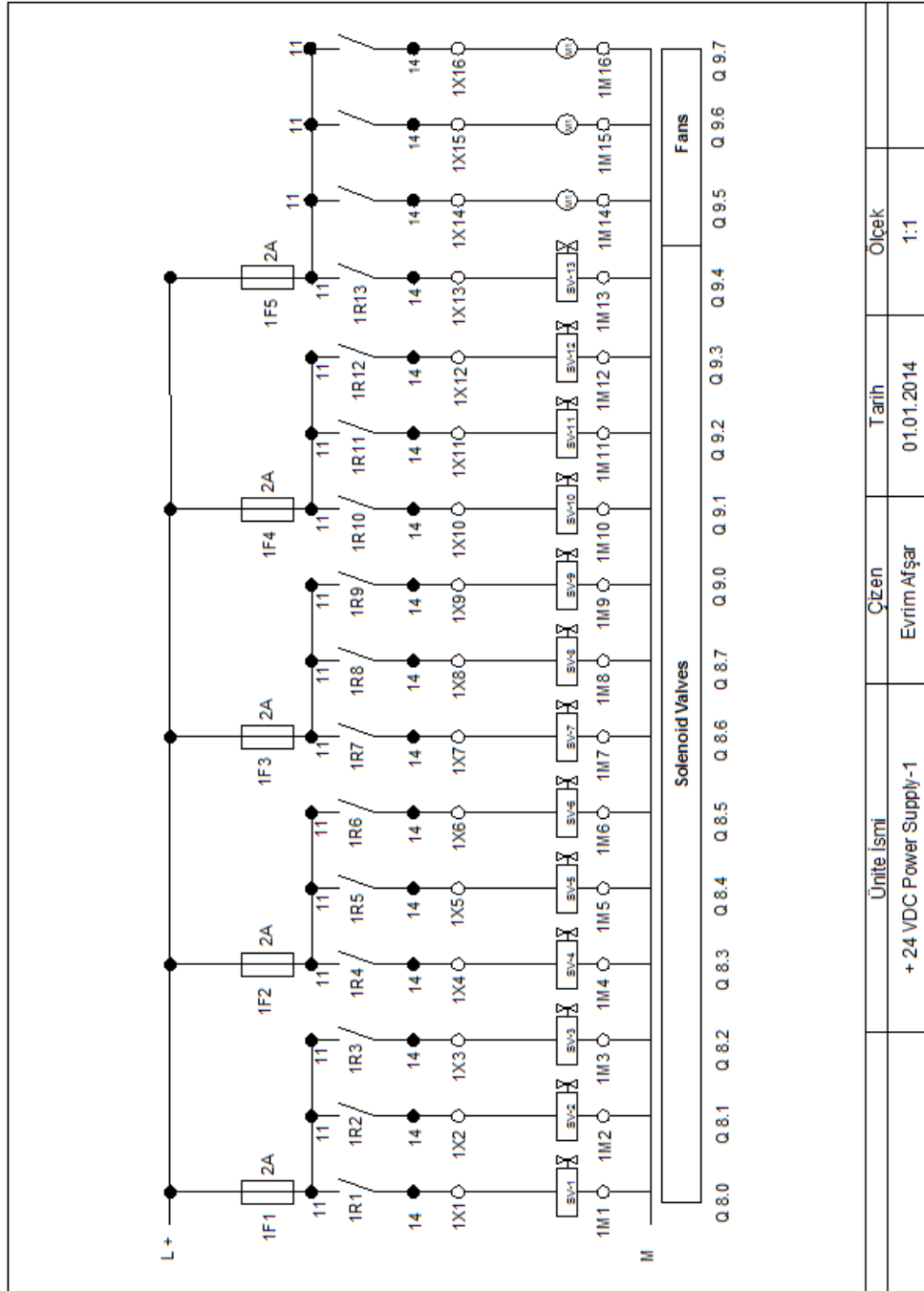
- [29] Shujiao B. I., Dong F., Modeling for Liquid-Level Control System in Beer Fermentation Process, *IEEE* , 2012, **22**, 1739-1744.
- [30] Isa I. S., Meng B. C. C., Saad Z., Fauzi N. A., Comparative Study of PID Controlled Modes On Automatic Water Level Measurement System, *IEEE*, DOI: 10.1109/CSPA.2011.5759879.
- [31] Mehta S. A., Katrodiya J., Mankad B., Simulation, Design and Practical Implementation of IMC tuned Digital PID controller for liquid level control system, *IEEE*, DOI: 10.1109/NUiConE.2011.6153308.
- [32] Huiqun Y., The Design and Realization of PID Liquid Level Control System Based on S7-200 and EM235, *IEEE*, DOI: 10.1109/ICICTA.2010.800.
- [33] Wang Z., Jiang Y., Wang S., The Application of Feedforward PID Control in Water Level Control System, *IEEE*, 2012, **28**, 1-3.
- [34] Qi L., Yanjun F., Jizhong S., Ji W., The Application of Fuzzy Control in Liquid Level System, *IEEE*, DOI: 10.1109/ICMTMA.2010.200.
- [35] Abid M., Fuzzy Logic Control of Coupled Liquid Tank System, *IEEE*, DOI: 10.1109/ICICT.2005.1598571.
- [36] Pan Y., Wang Q., Research on a Stable Adaptive Fuzzy Control of Nonlinear Liquid Level System, *IEEE*, DOI: 10.1109/HIS.2006.264948.
- [37] Aydoğmuş Z., Implementation of a fuzzy-based level control using SCADA, *Elsevier*, DOI: 10.1016/j.eswa.2008.07.055.
- [38] Qianhua X., Deqiong Z., Ping V., Fuzzy Adaptive PID Control Tank Level, *IEEE*, DOI: 10.1109/MEDIACOM.2010.10.
- [39] Dharamniwas, Ahmad A., Redhu V., Gupta U., Liquid Level Control By Using Fuzzy Logic Controller, *IJAET*, 2012, **4**, 537-549.
- [40] Zhao N., Research on Application of Fuzzy PID Controller in Two-container Water Tank System Control, *IEEE*, DOI: 10.1109/MVHI.2010.96.
- [41] Kayacan E., Kaynak O., An adaptive grey PID-type fuzzy controller design for a non-linear liquid level system, *Transactions of the Institute of Measurement and Control*, 2009, **31**, 33-49.
- [42] Keliang Z., Bin Y., Jiang Y., Huang J., Double-tank Liquid Level Control Based On Genetic Algorithm, *IEEE*, DOI: 10.1109/IHMSC.2012.180.
- [43] Abbas H., Asghar S., Qamar S., Sliding Mode Control For Coupled-Tank Liquid Level Control System, *IEEE*, DOI: 10.1109/FIT.2012.65.
- [44] Likun H., Guangping L., Wenqin H., Level Control System of Double-hold Water Tank Based on Inverse System Method and PID, *IEEE*, DOI: 10.1109/IHMSC.2010.131.

- [45] Jatoth R. K., Jain A. K., Phanindra T., Liquid Level Control of Three Tank System Using Hybrid GA-PSO Algorithm, *IEEE*, DOI: 10.1109/NUiCONE.2013.6780189.
- [46] Ahmadow H., Birlikseven C., Sicaklik Kontrol Sistemler İçin Farkli Stratejiler, *VIII. Ulusal Ölçümbilim Kongresi*, Gebze, Kocaeli, 26-28 Eylül 2013.
- [47] Dong Y., Yonghong Y., Gaohong X., Design of Indoor Swimming Pool Water Temperature Control System Based on Fuzzy Controller and Smith Predictor, *IEEE*, DOI: 10.1109/EMEIT.2011.6024079.
- [48] Yang Y., Bian H., Design and Realization of Fuzzy Self-tuning PID Water Temperature Controller Based on PLC, *IEEE*, DOI: 10.1109/IHMSC.2012.97.
- [49] <http://www.spiraxsarco.com/resources/steamengineeringtutorials/flowmetering/types-of-steam-flowmeter.asp> (Ziyaret Tarihi: 02 Mayıs 2014).
- [50] http://www.flowmeters.com/ufm/index.cfm?task=differential_pressure (Ziyaret Tarihi: 02 Mayıs 2014).
- [51] <http://www.instrumart.com/pages/230/vortex-shedding-flow-meters> (Ziyaret Tarihi: 02 Mayıs 2014).
- [52] <http://www.universalmetering.co.uk/bulk-meter.htm> (Ziyaret Tarihi: 02 Mayıs 2014).
- [53] <http://www.americanlaboratory.com/914-Application-Notes/18994-Achieving-Traceable-Flow-Measurement-and-Control-of-Gases-in-Scientific-Research-and-Biopharmaceutical-Systems/> (Ziyaret Tarihi: 02 Mayıs 2014).
- [54] <http://www.asconumatics.eu/industries/proportionaltechnology/applications/flow-control-page-1.html> (Ziyaret Tarihi: 02 Mayıs 2014).
- [55] <http://www.asconumatics.eu/industries/proportionaltechnology/applications/flow-control-page-2.html> (Ziyaret Tarihi: 02 Mayıs 2014).
- [56] http://www.numatics.com/Common/PDF/Proportional_Technology.pdf (Ziyaret Tarihi: 02 Mayıs 2014).
- [57] <http://www.solenoid-valve-info.com/solenoid-valve-definition.html> (Ziyaret Tarihi: 02 Mayıs 2014).
- [58] http://www.asconumatics.eu/images/site/upload/_en/pdf1/00005gb.pdf (Ziyaret Tarihi: 02 Mayıs 2014).
- [59] http://www.geenergy.com/products_and_services/products/centrifugal_pumps/heavy_duty_dvs.jsp (Ziyaret Tarihi: 02 Mayıs 2014).

- [60] <http://www.go2marine.com/item/93033/quad-ii-diaphragm-washdown-marine-water-pump-3-5-gpm-4305-144l-4305-144l.html> (Ziyaret Tarihi: 02 Mayıs 2014).
- [61] <http://www.wika.us/productstransmittertransducersensoreus.WIKA?ActiveID=37472> (Ziyaret Tarihi: 02 Mayıs 2014).

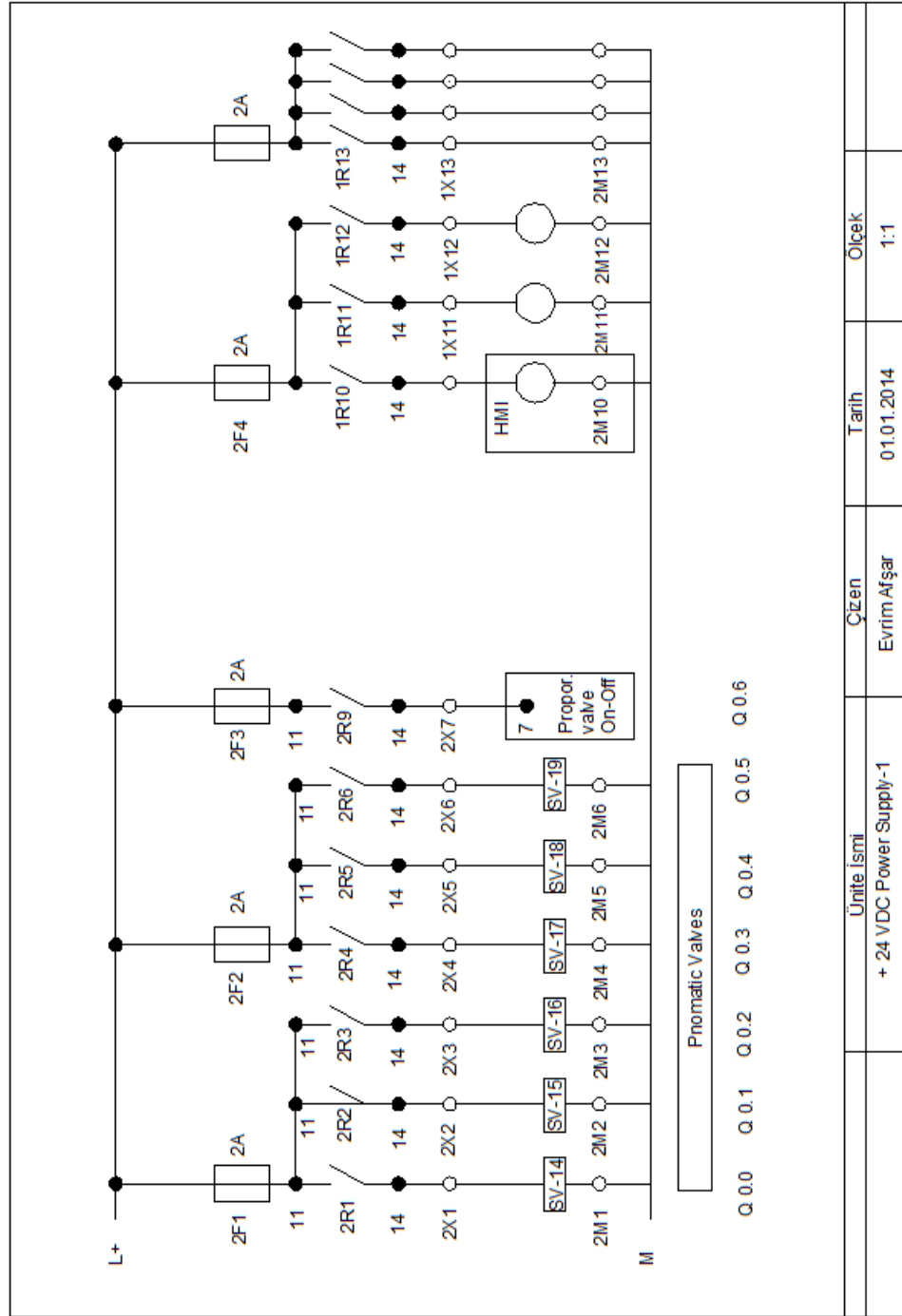
EKLER

EK-A: Deney Seti Elektrik Şeması



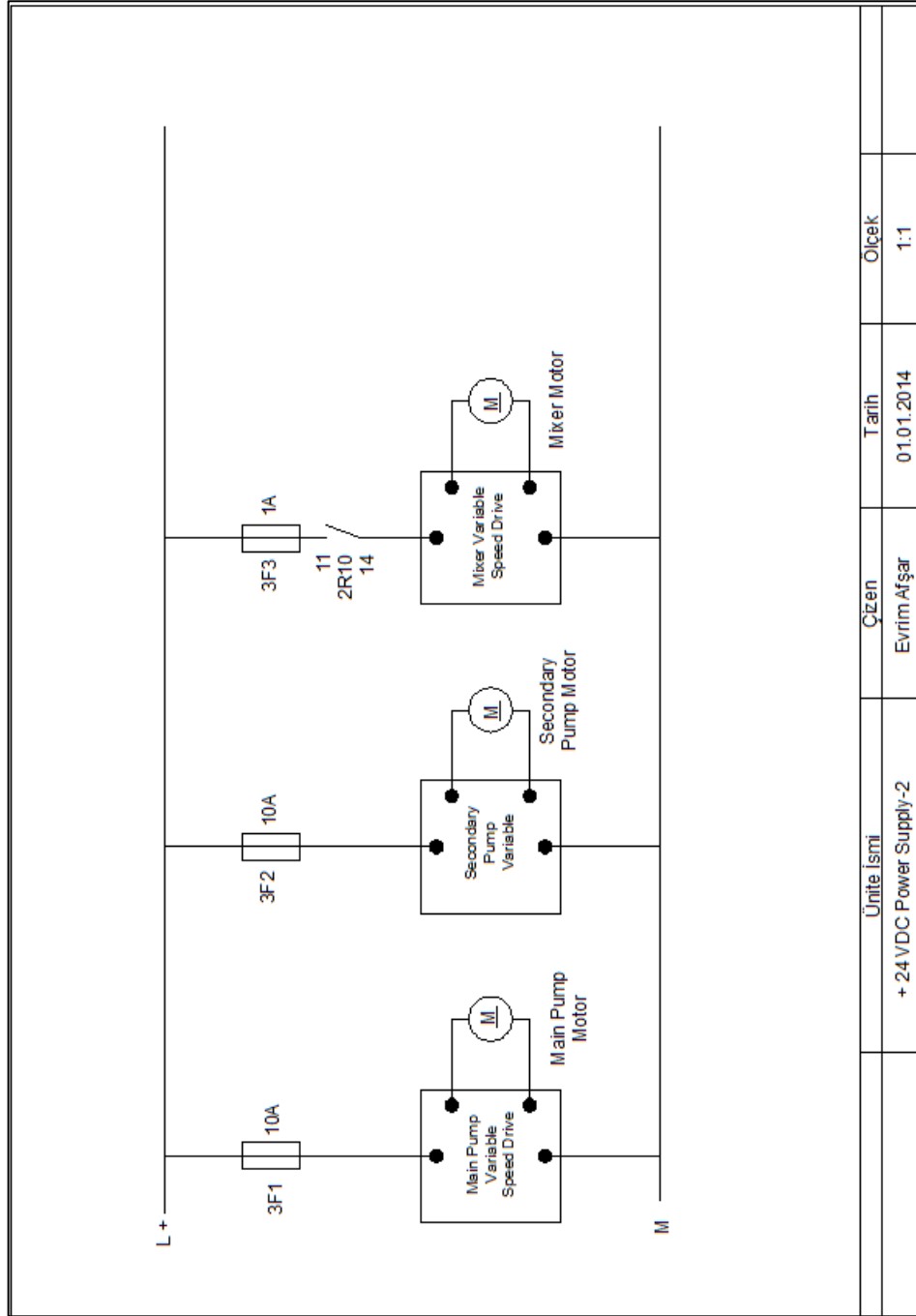
Şekil A.1. 24 volt güç beslemesi elektrik şeması

EK-A: Deney Seti Elektrik Şeması



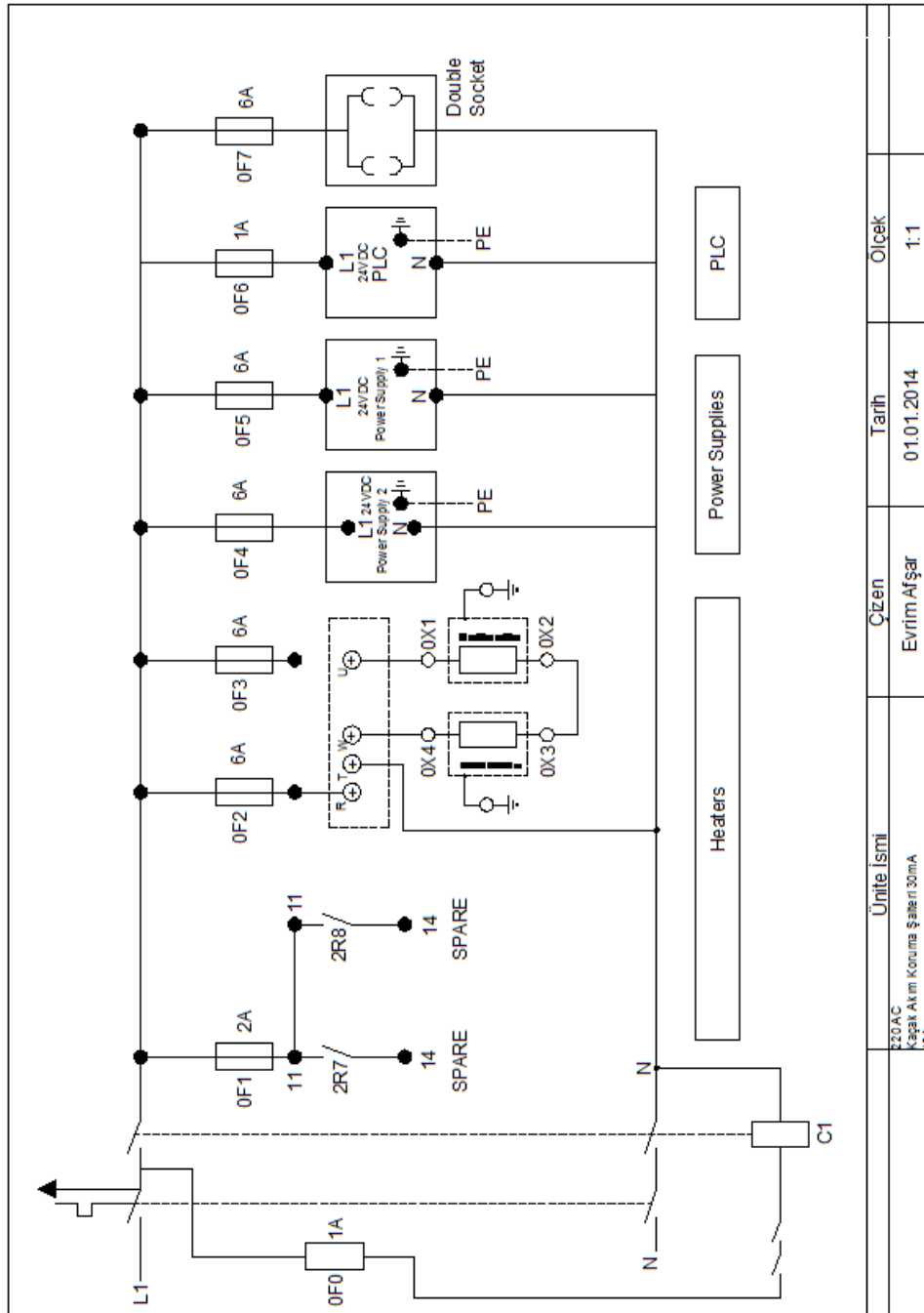
Şekil A.2. Pnömatik ve oransal vana elektrik şeması

EK-A: Deney Seti Elektrik Şeması



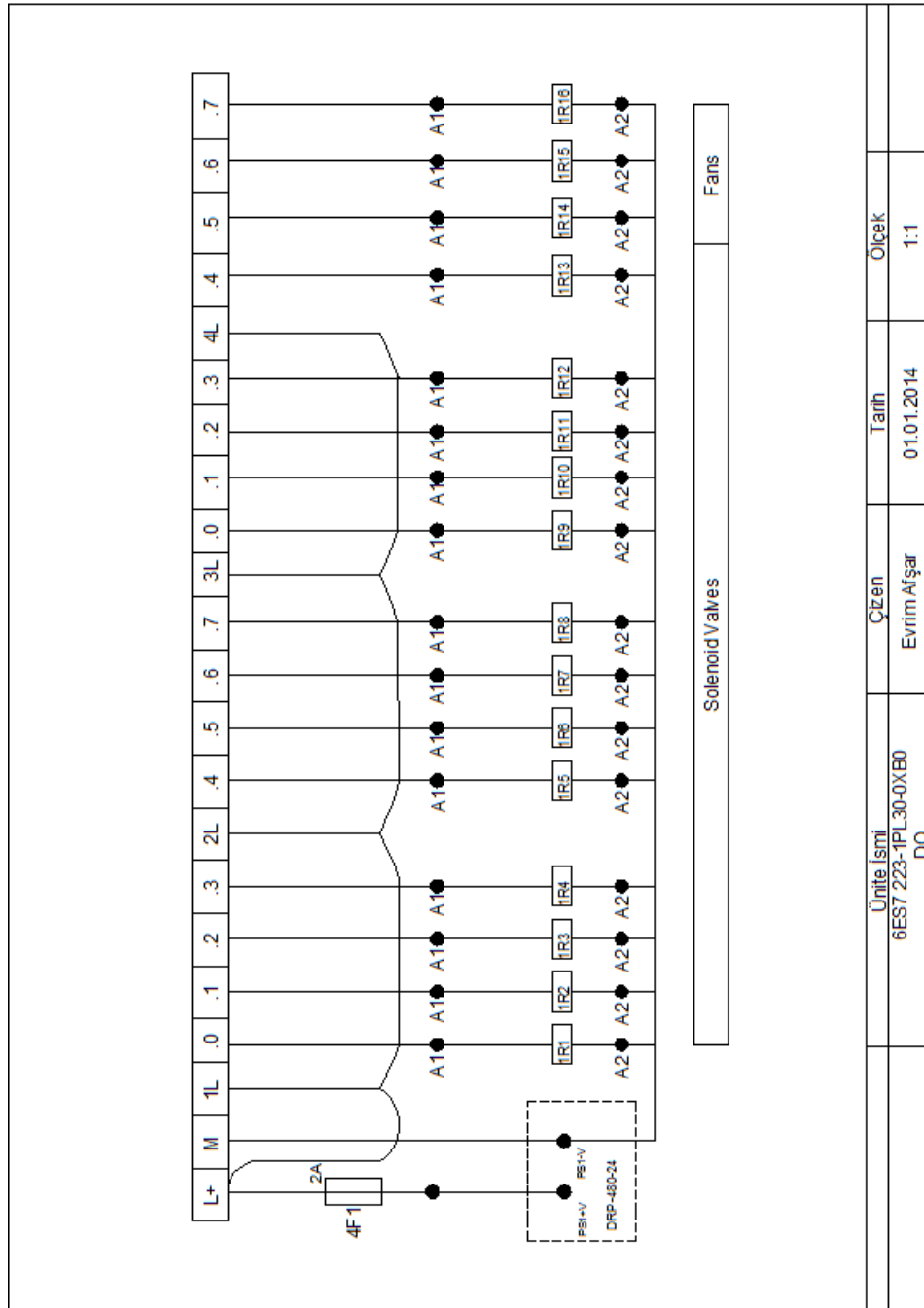
Şekil A.3. Motor üniteleri elektrik şeması

EK-A: Deney Seti Elektrik Şeması



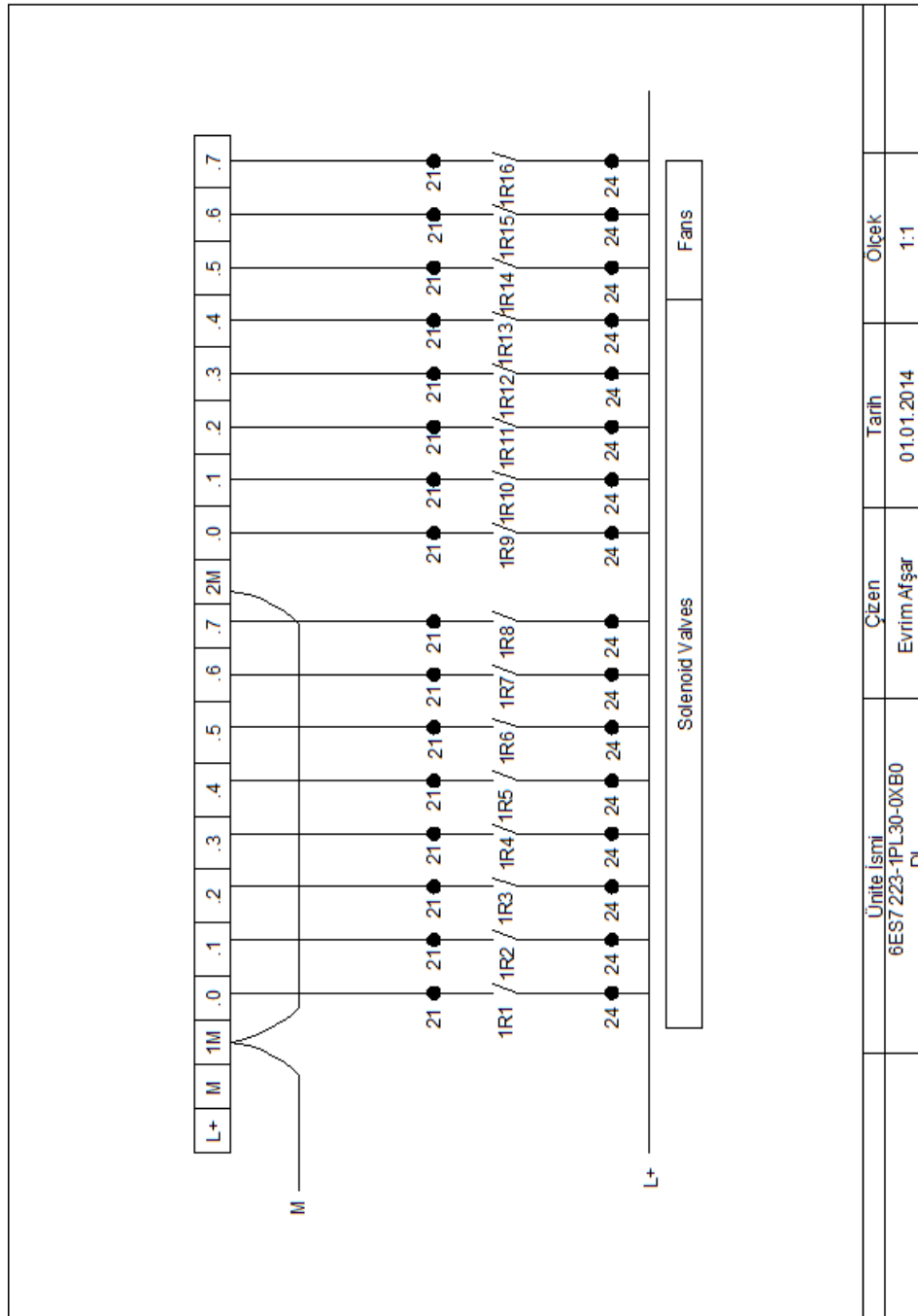
Şekil A.4. PLC ve ısıtıcıların elektrik şeması

EK-A: Deney Seti Elektrik Şeması



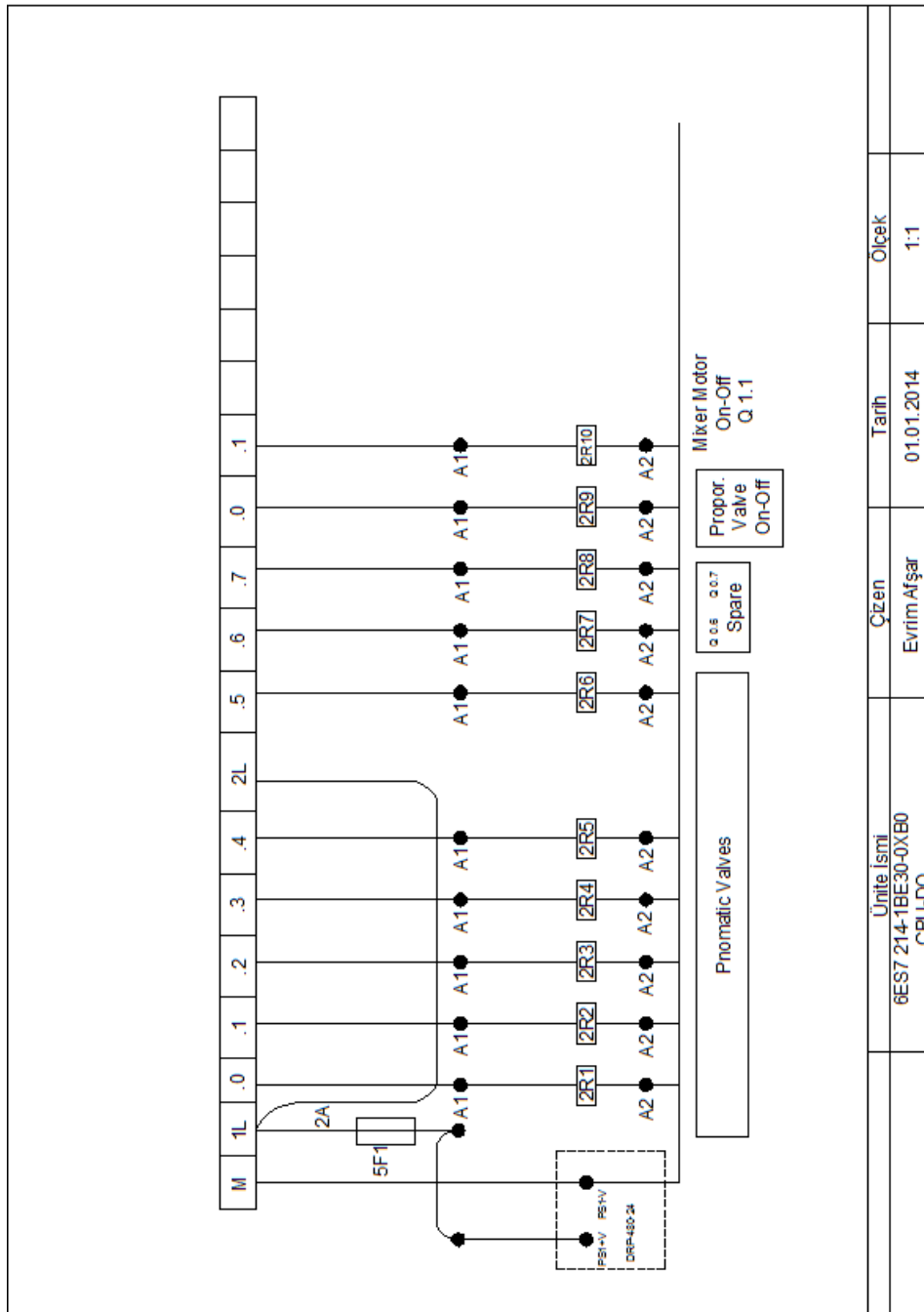
Şekil A.5. Solenoid vanaların elektrik şeması

EK-A: Deney Seti Elektrik Şeması



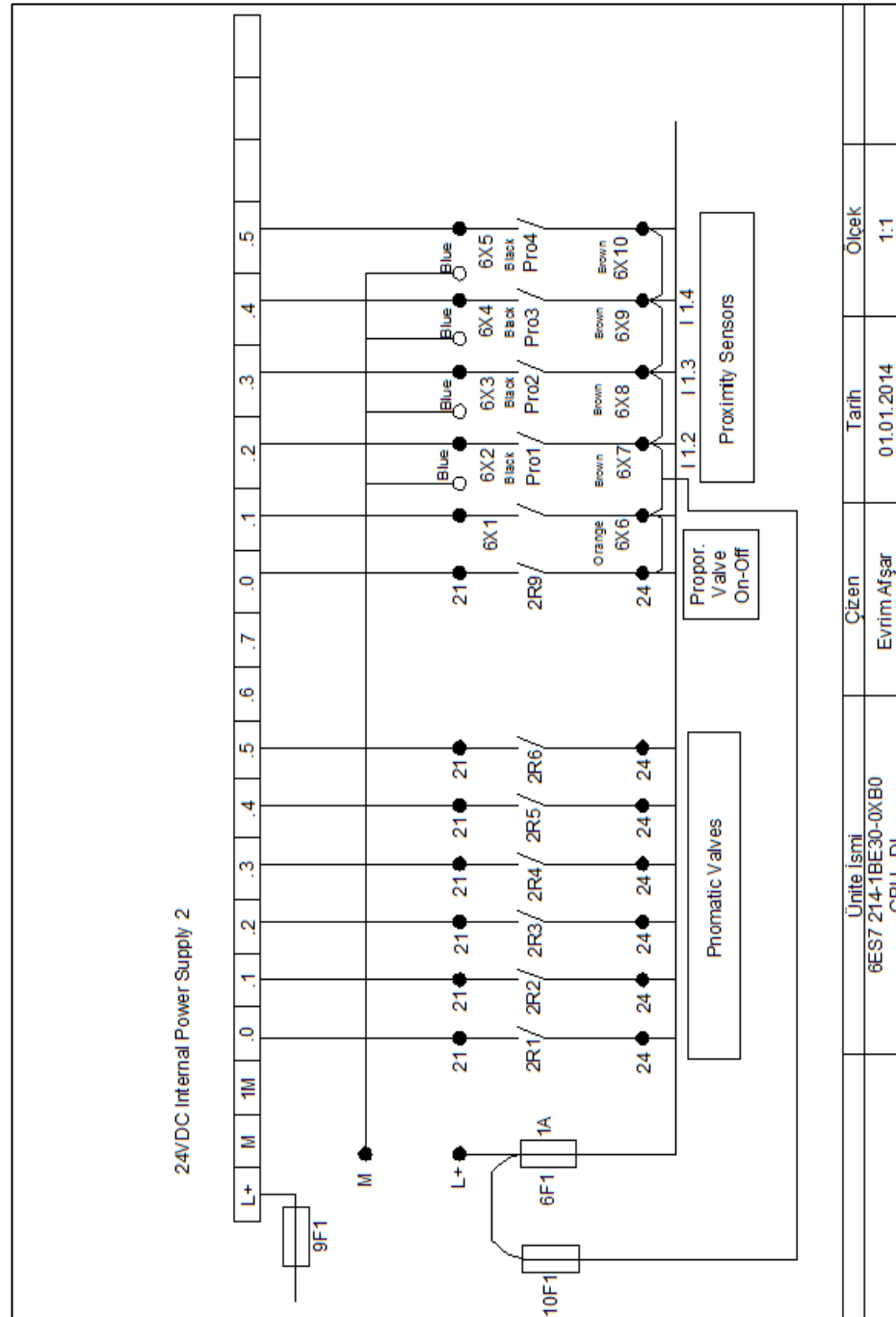
Şekil A.6. Fanların ve solenoid vanaların elektrik şeması

EK-A: Deney Seti Elektrik Şeması



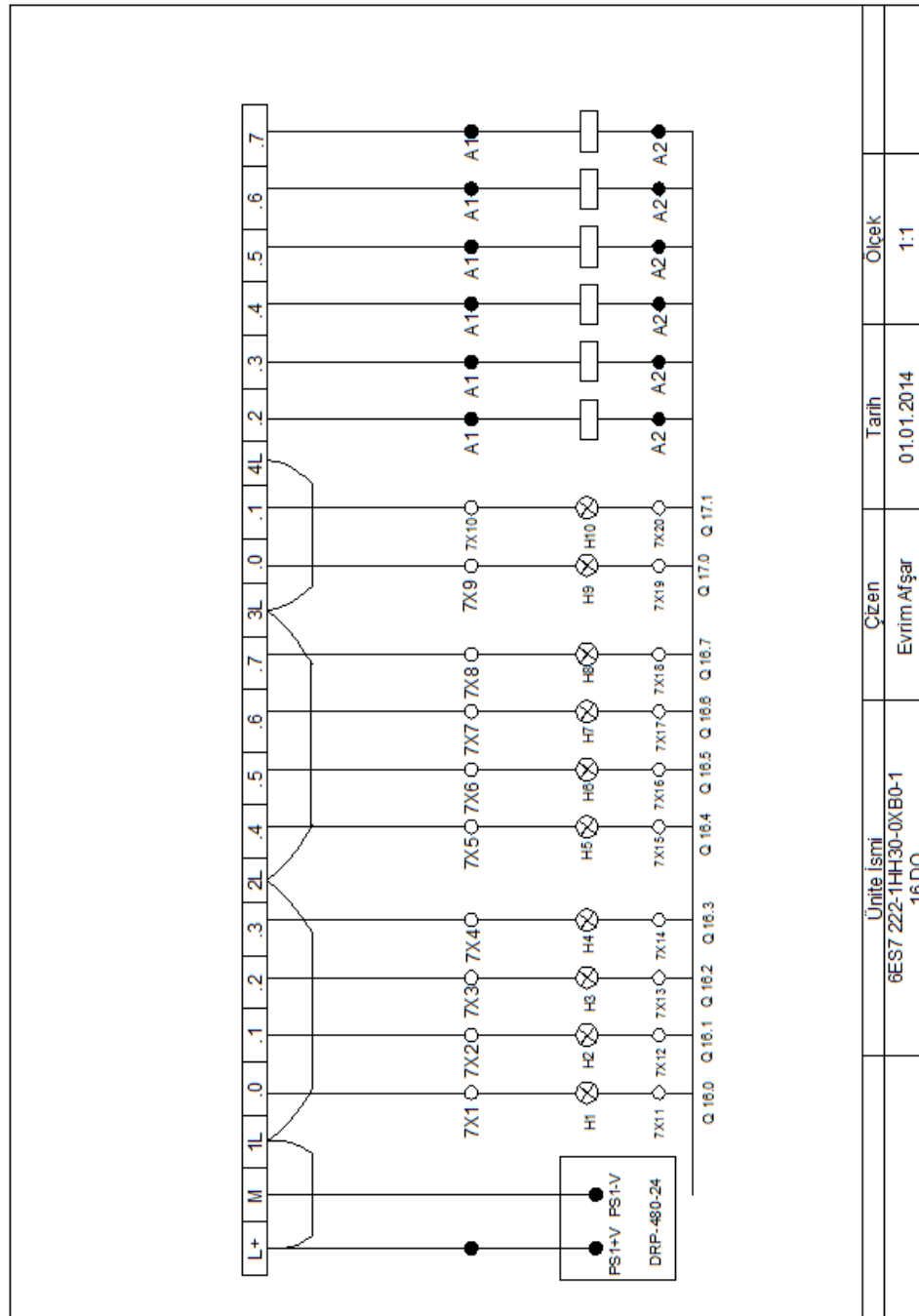
Şekil A.7. Mikser motoru ve solenoid vanların elektrik şeması

EK-A: Deney Seti Elektrik Şeması



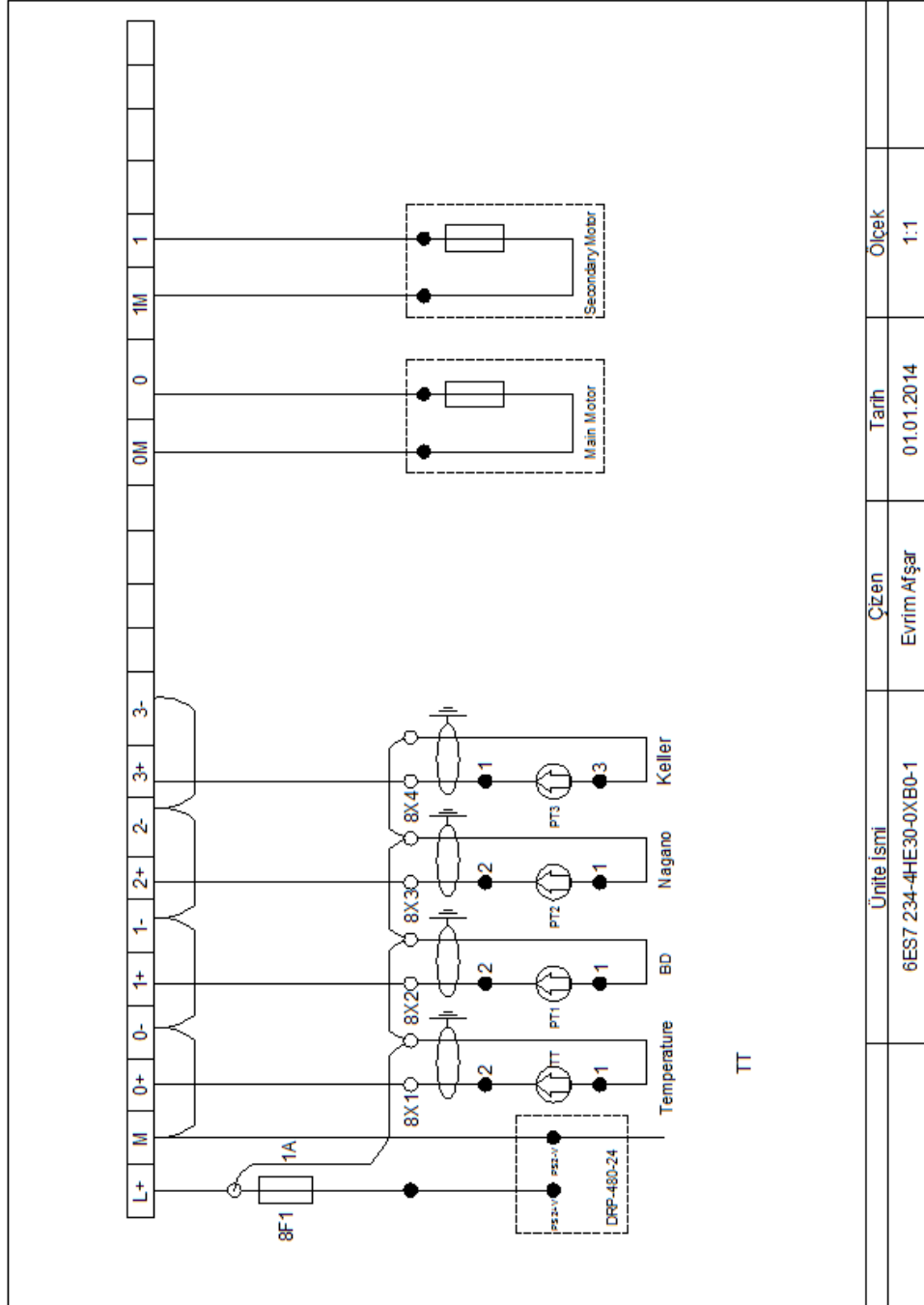
Şekil A.8. Yaklaşım sensörleri ve solenoid vanaların elektrik şeması

EK-A: Deney Seti Elektrik Şeması



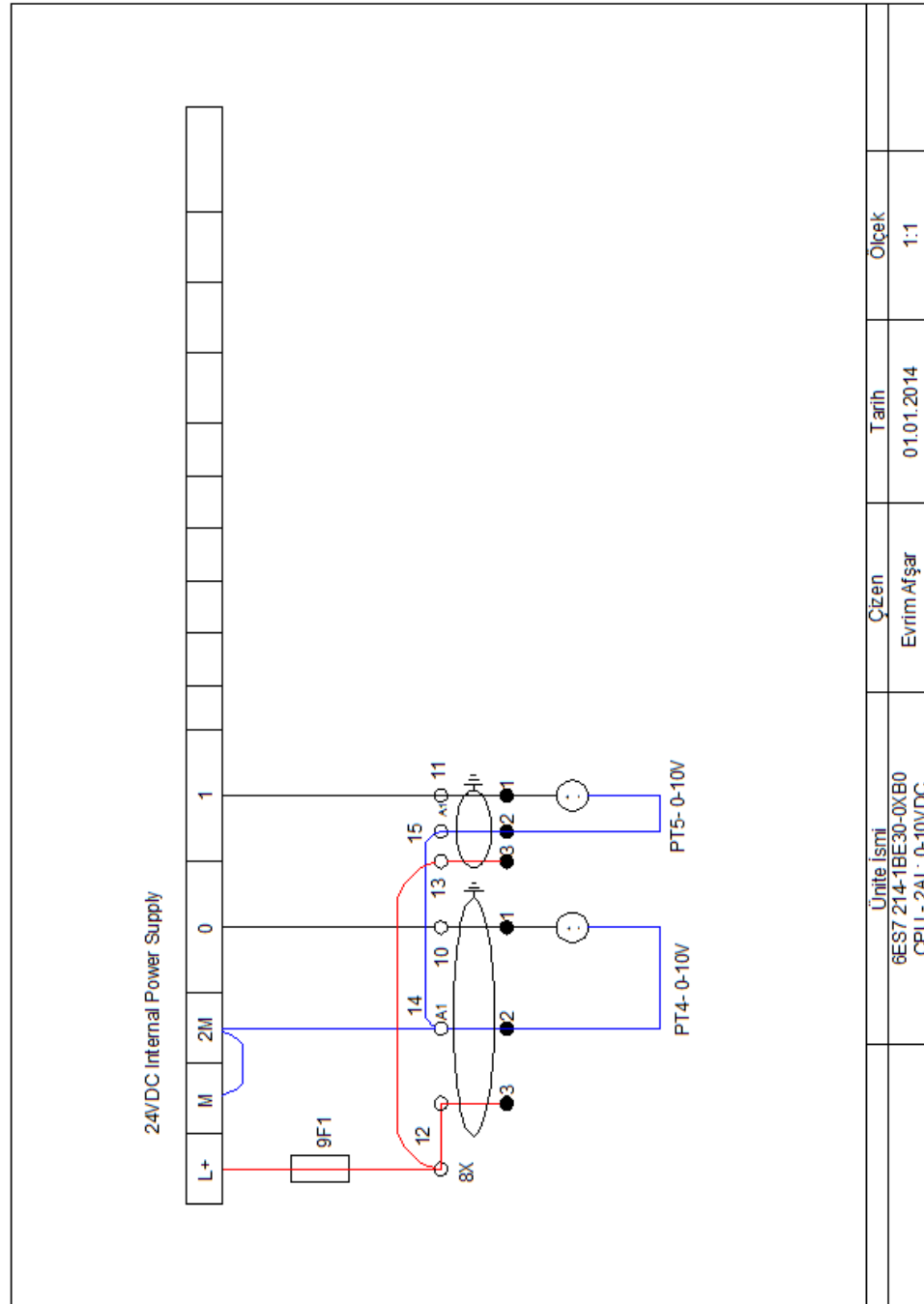
Şekil A.9. Kontrol ışıkları elektrik şeması

EK-A: Deney Seti Elektrik Şeması



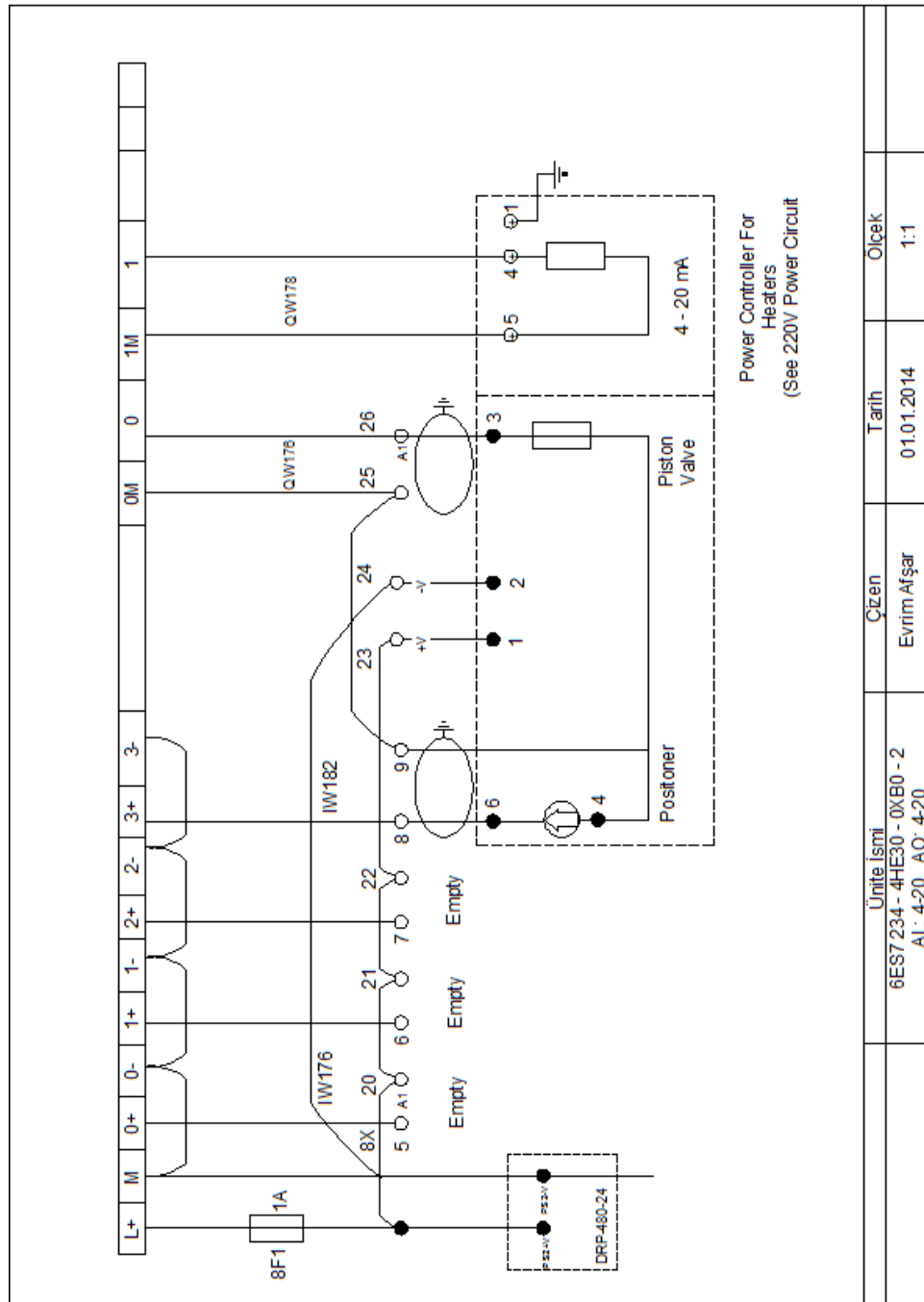
Şekil A.10. Basınç sensörleri elektrik şeması

EK-A: Deney Seti Elektrik Şeması



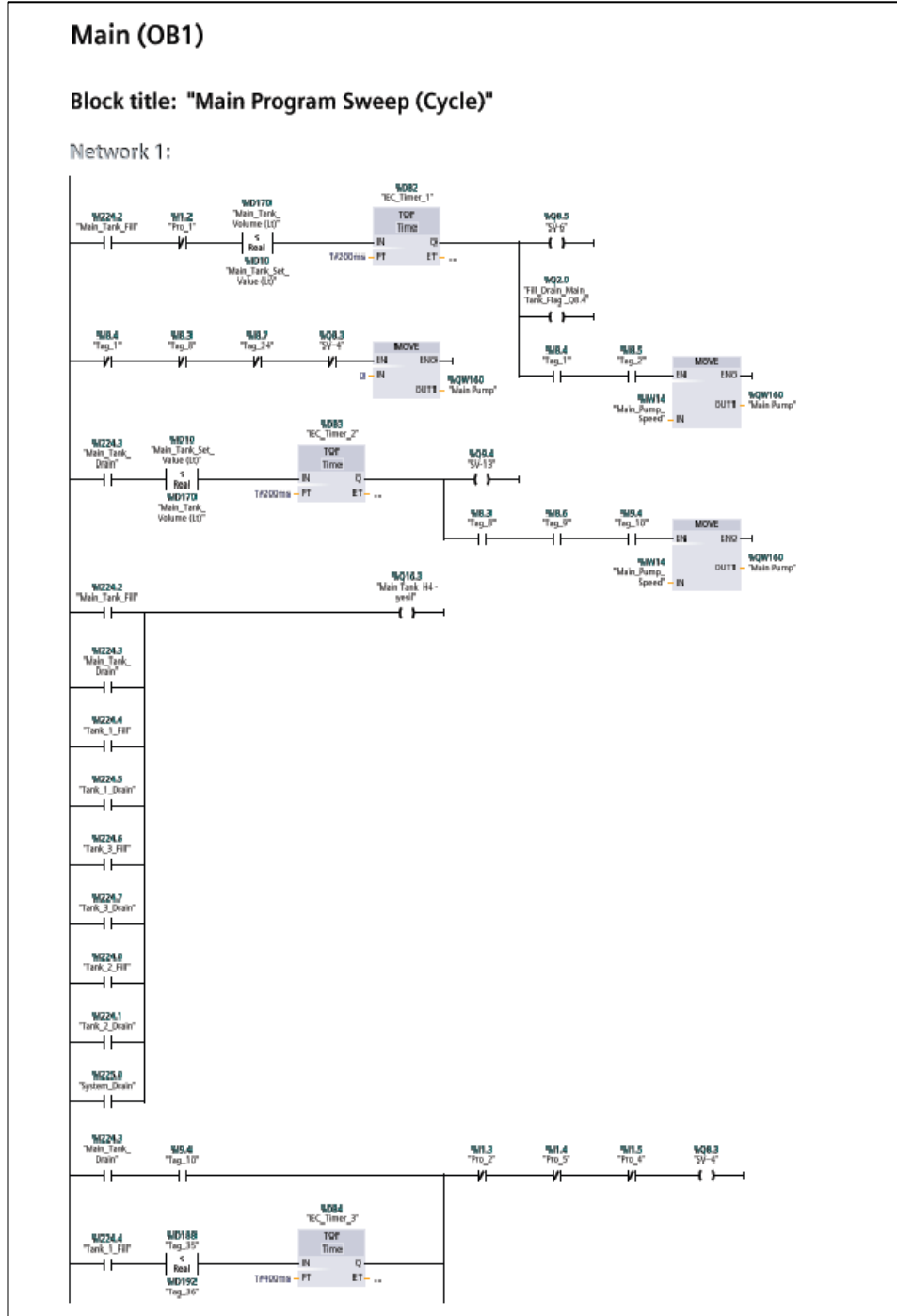
Şekil A.11. Sıcaklık sensörleri elektrik şeması

EK-A: Deney Seti Elektrik Şeması



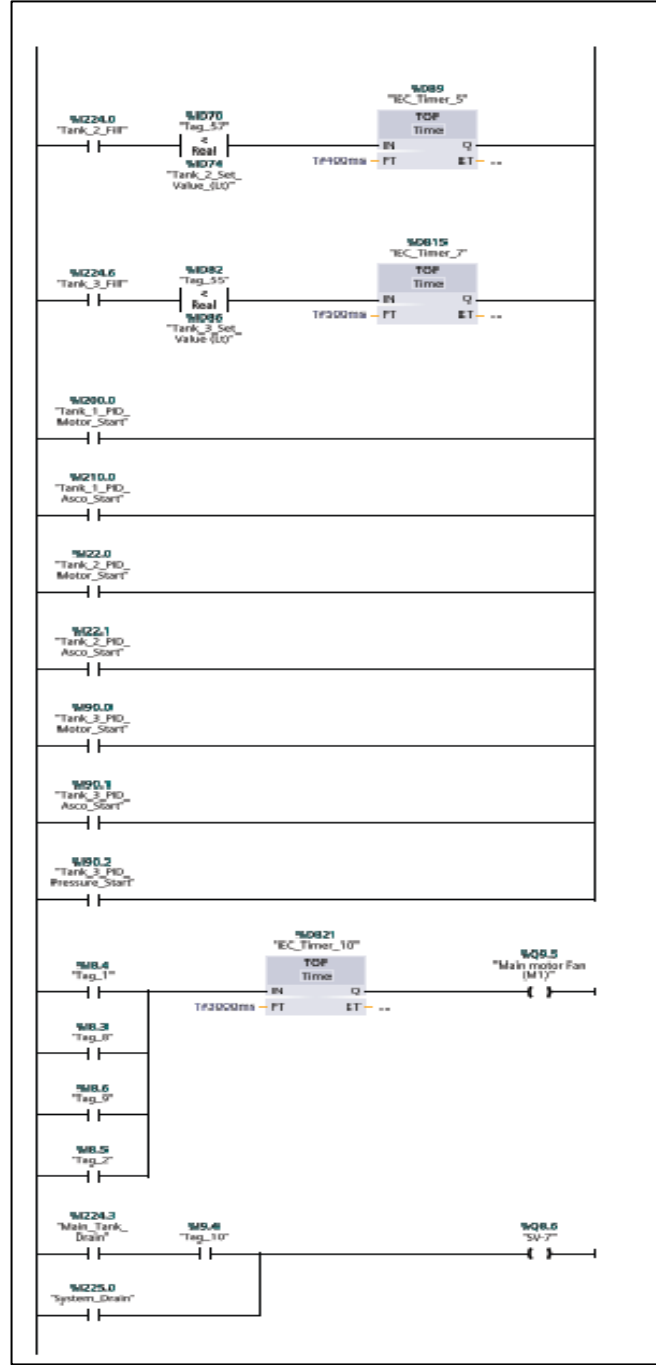
Şekil A.12. Pozisyoner ve pistonlu vana elektrik şeması

EK-B: PLC Kontrol Algoritması



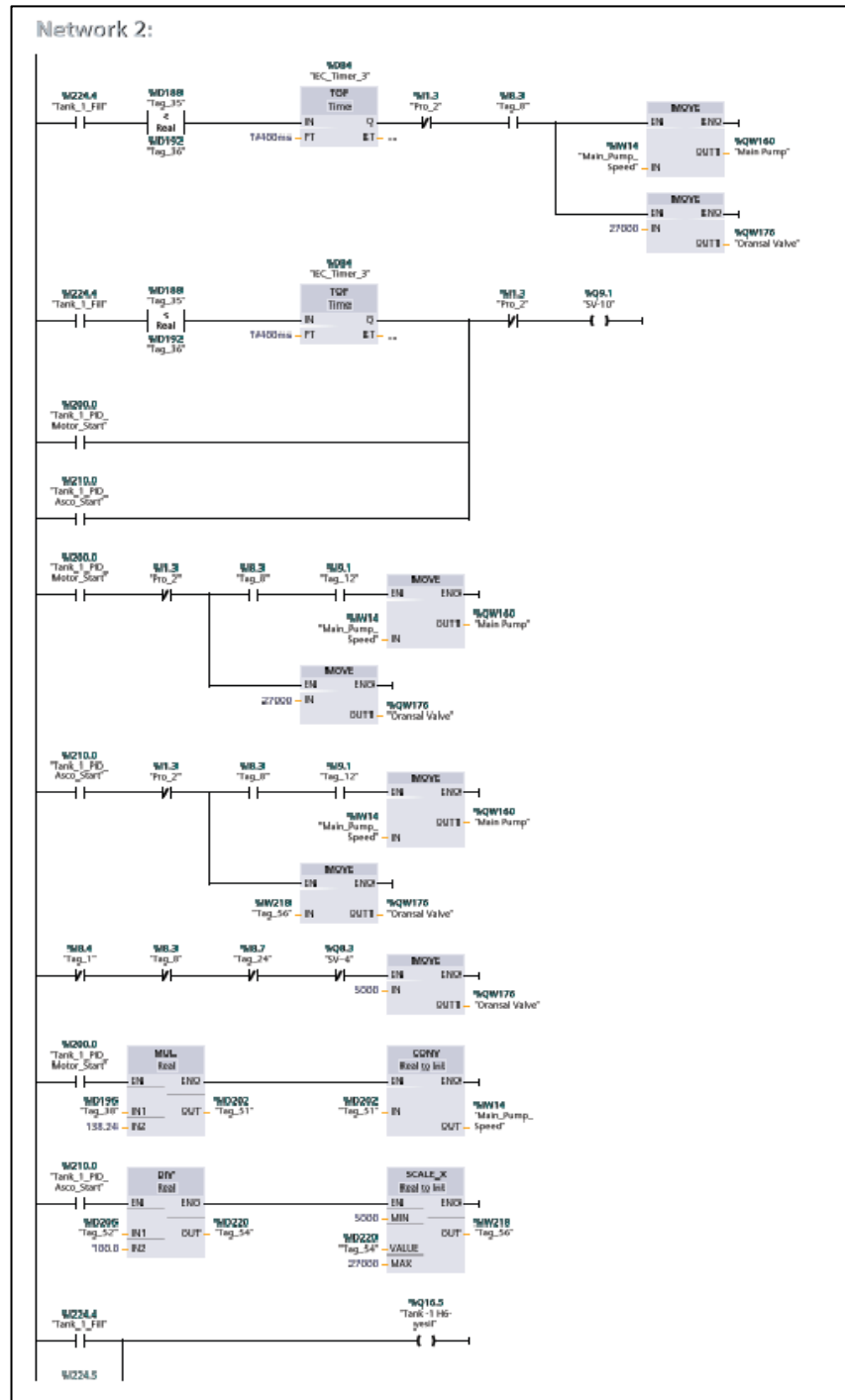
Şekil B.1. Ana program PLC kontrol algoritması

EK-B: PLC Kontrol Algoritması



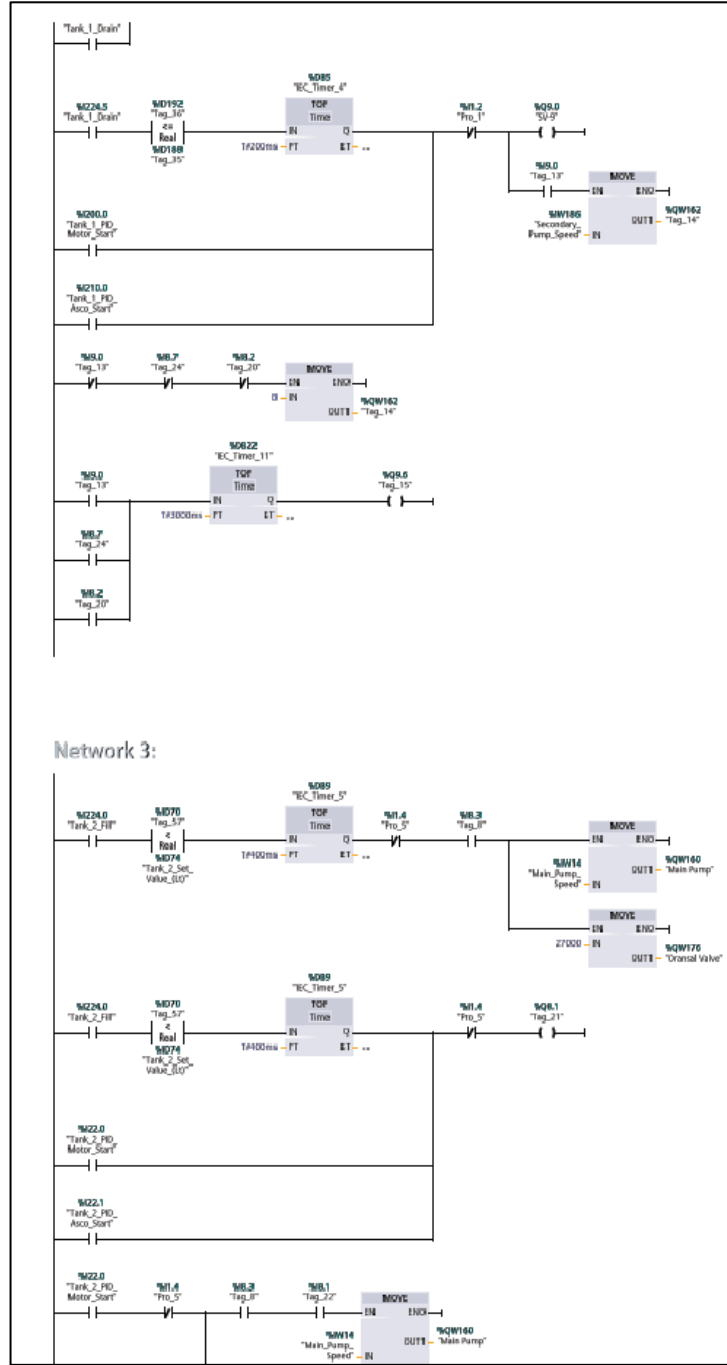
Şekil B.2. Birinci ağ kontrol algoritması

EK-B: PLC Kontrol Algoritması



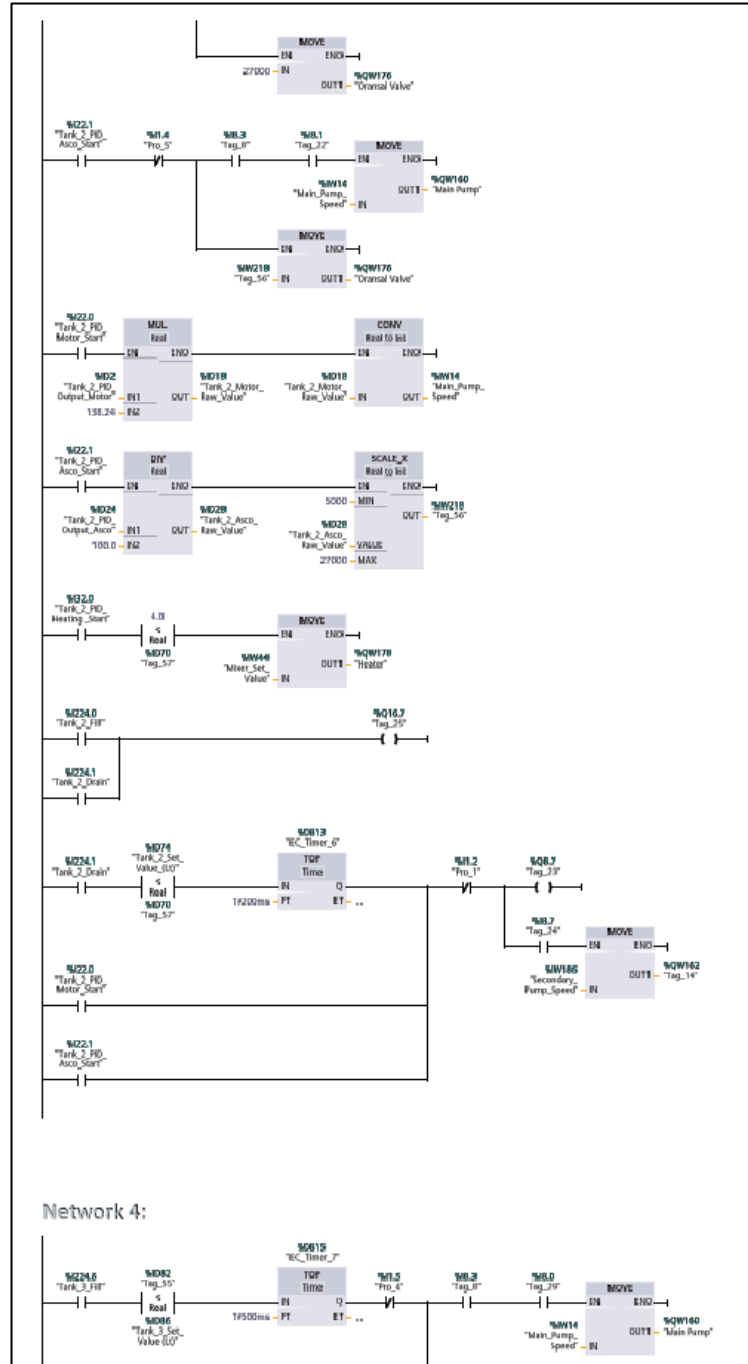
Şekil B.3. İkinci ağ kontrol algoritması

EK-B: PLC Kontrol Algoritması



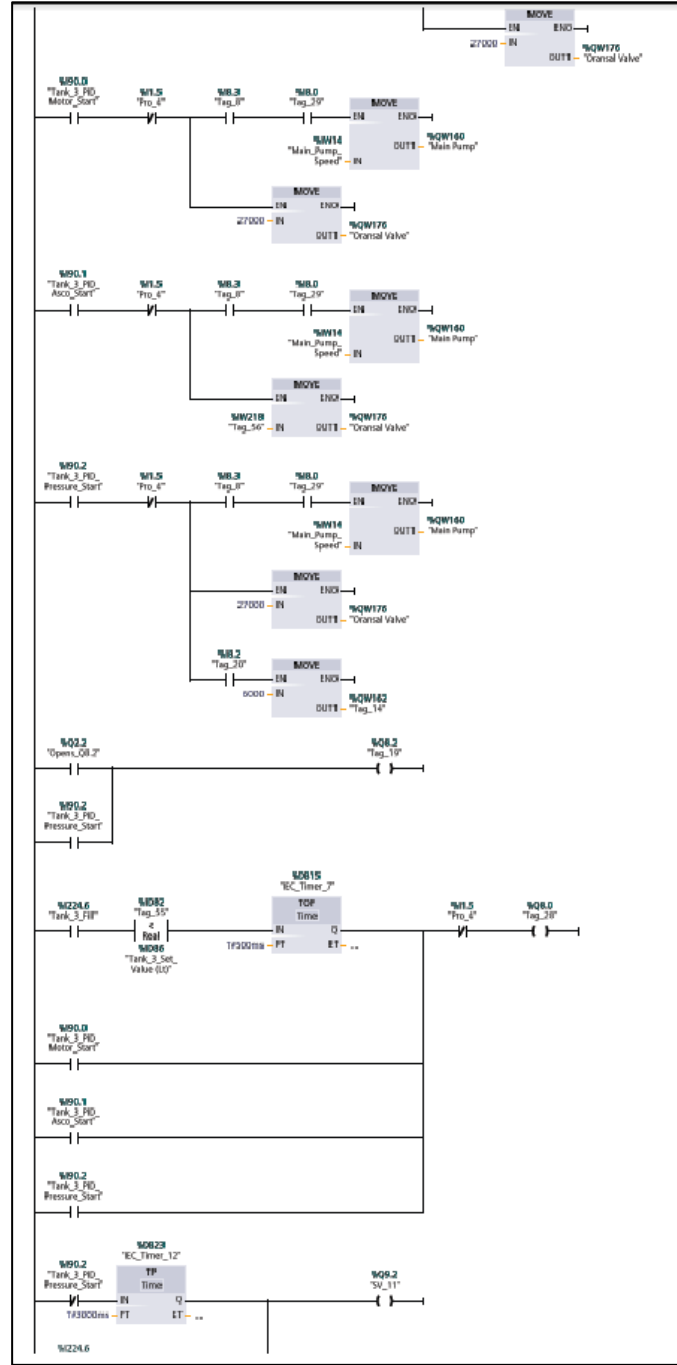
Şekil B.4. Üçüncü ağ kontrol algoritması

EK-B: PLC Kontrol Algoritması



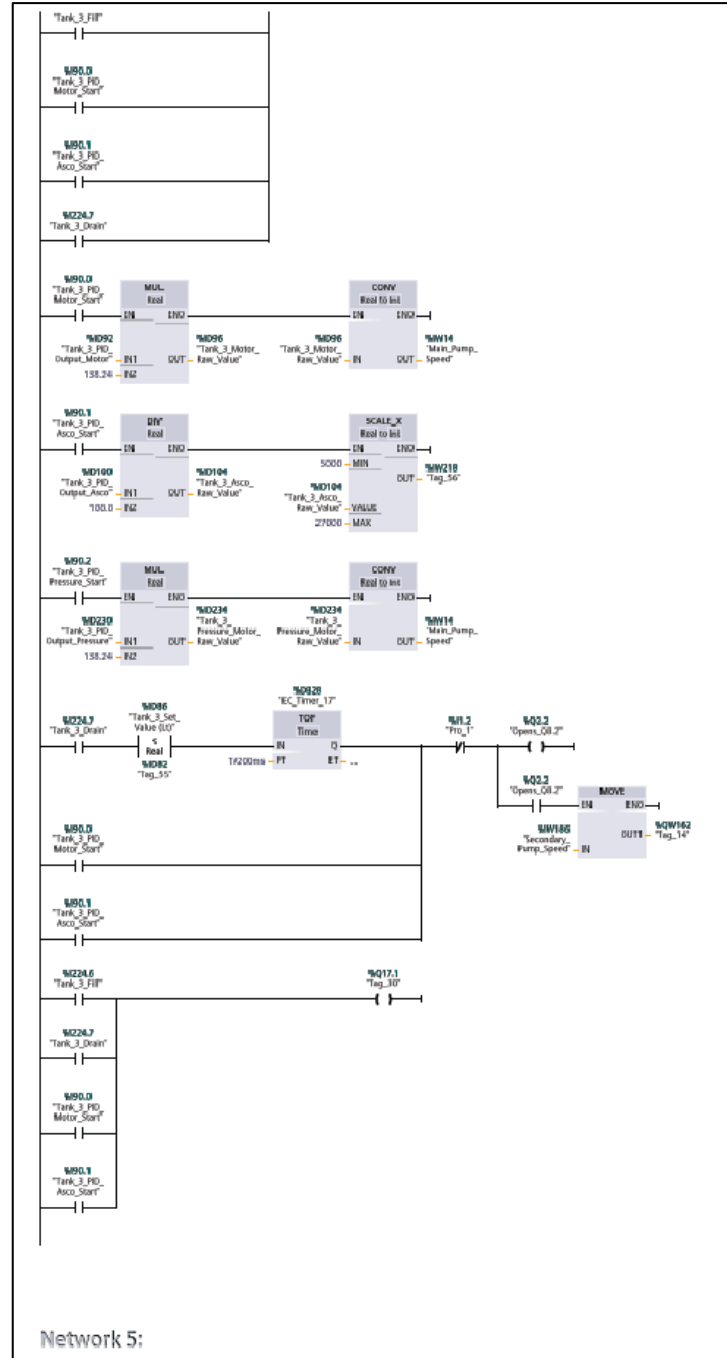
Şekil B.5. Dördüncü ağ kontrol algoritması

EK-B: PLC Kontrol Algoritması



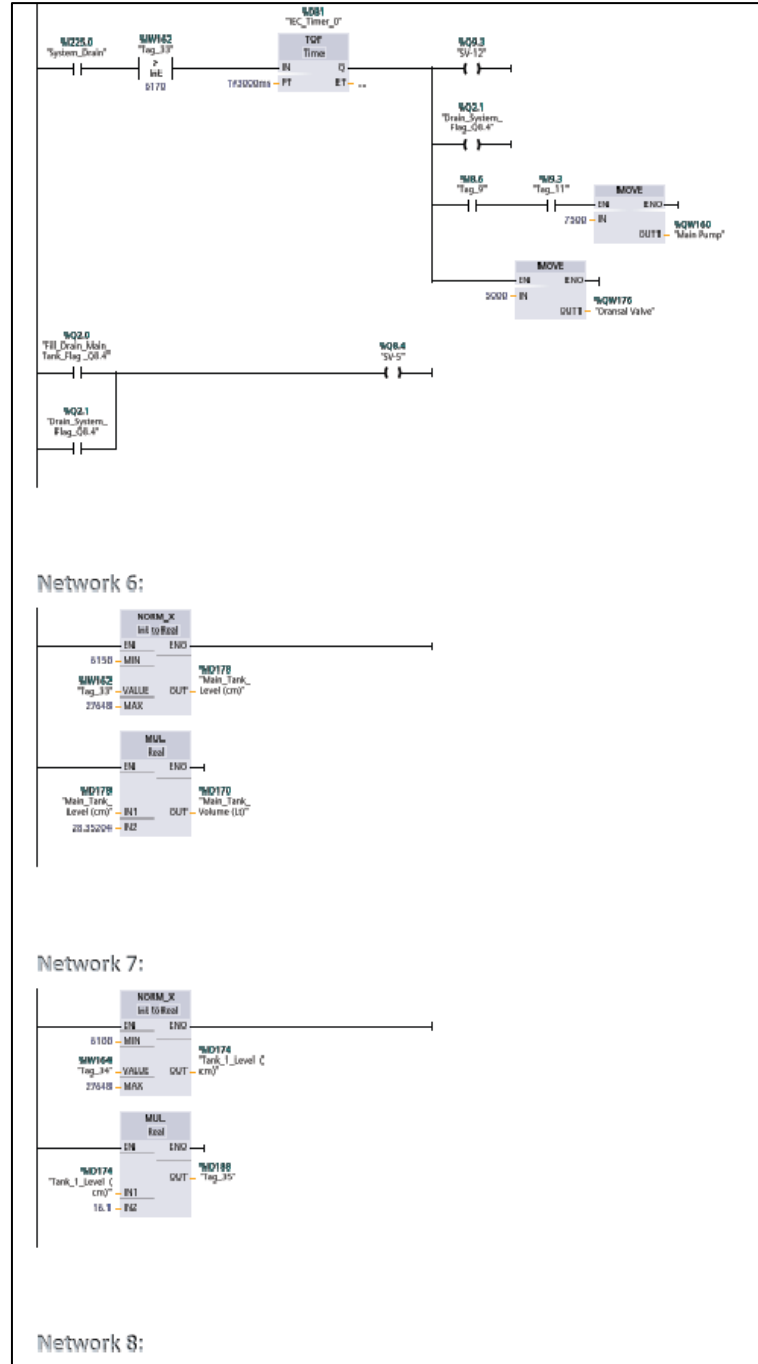
Şekil B.6. Beşinci ağ kontrol algoritması

EK-B: PLC Kontrol Algoritması



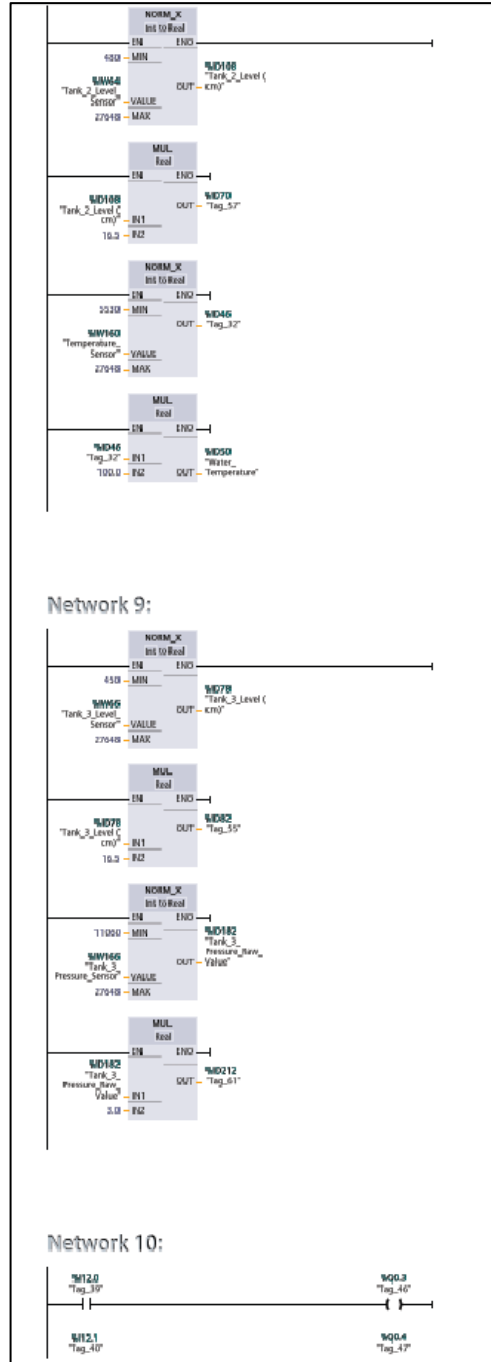
Şekil B.7. Altıncı ağ kontrol algoritması

EK-B: PLC Kontrol Algoritması



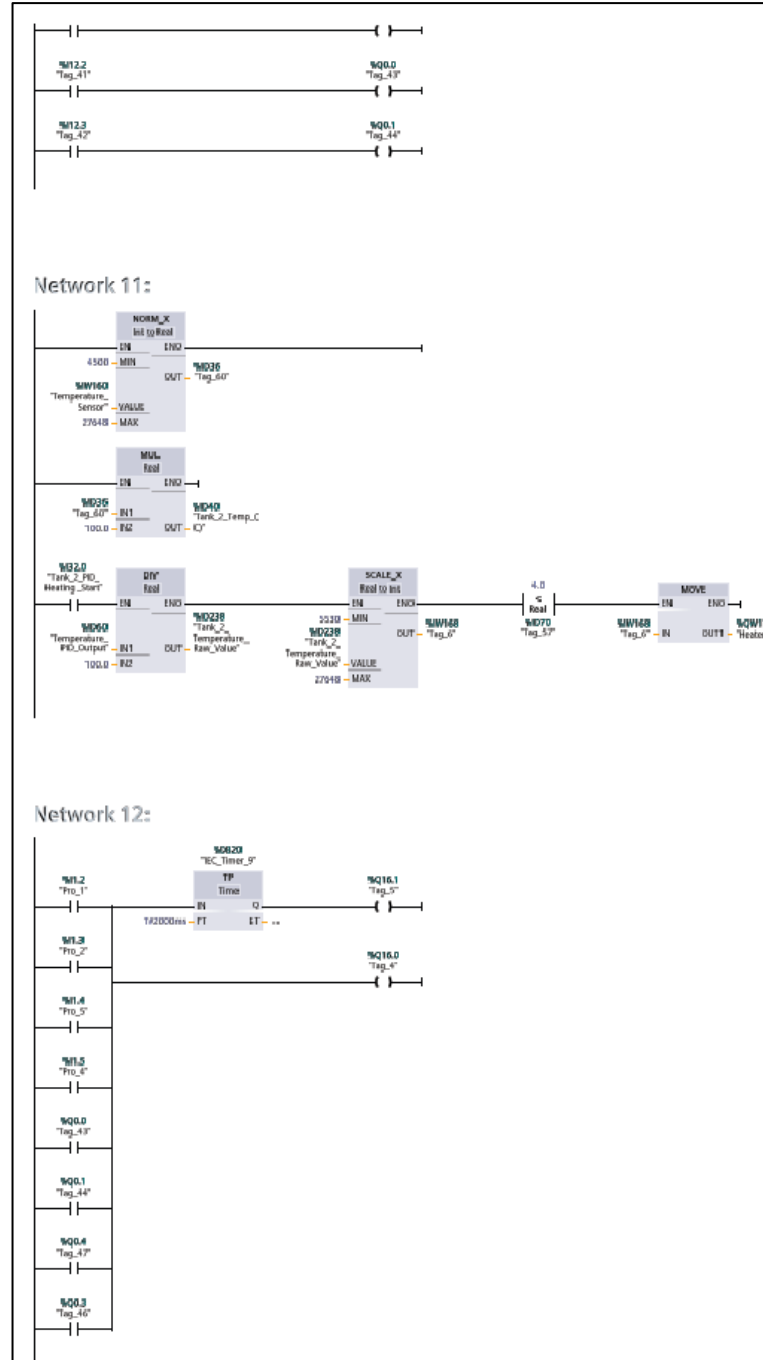
Şekil B.8. Yedinci ağ kontrol algoritması

EK-B: PLC Kontrol Algoritması



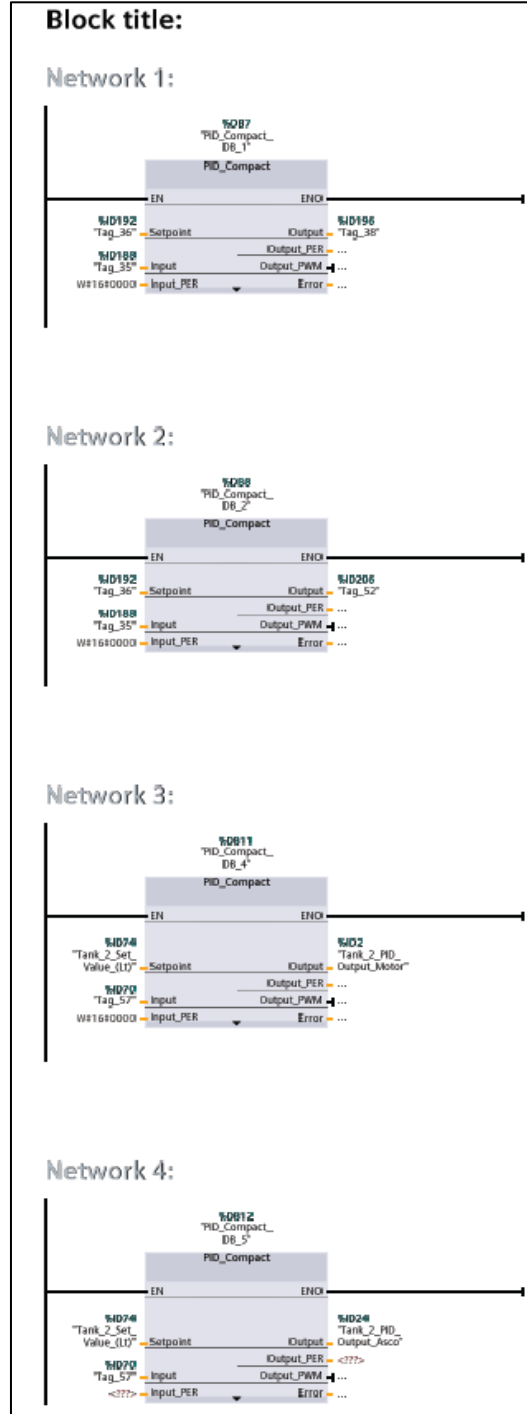
Şekil B.9. Sekzinci ağ kontrol algoritması

EK-B: PLC Kontrol Algoritması



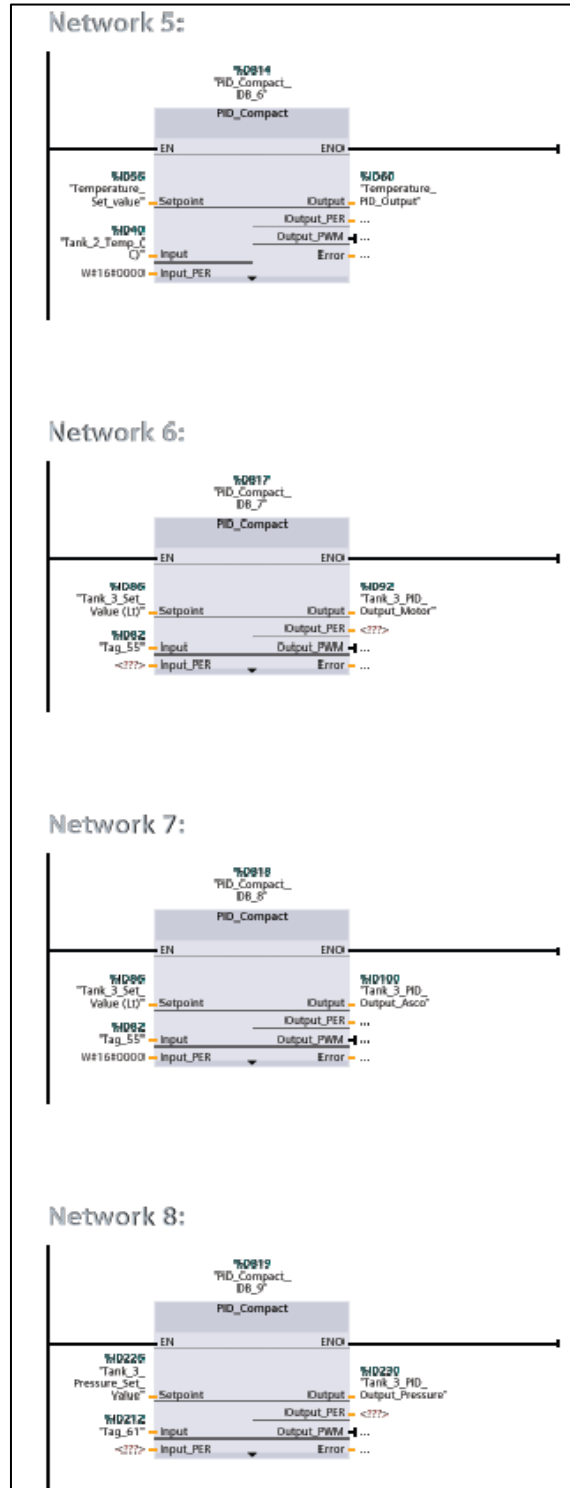
Şekil B.10. Dokuzuncu ağ kontrol algoritması

EK-C: PID Kontrol Blokları



Şekil C.1. PID kontrol algoritması (Ağ 1, 2, 3, 4)

EK-C: PID Kontrol Blokları



Şekil C.2. PID kontrol algoritması (Ağ 5, 6, 7, 8)

EK-D: PLC Etiketleri

	Name	Data type	Address	Retain	Comment
SV-4	SV-4	Bool	%Q8.3	☒	
SV-5	SV-5	Bool	%Q8.4	☐	
SV-6	SV-6	Bool	%Q8.5	☐	
SV-7	SV-7	Bool	%Q8.6	☒	
SV-10	SV-10	Bool	%Q9.1	☐	
SV-13	SV-13	Bool	%Q9.4	☐	
Main Tank H4 - yesil	Main Tank H4 - yesil	Bool	%Q16.3	☒	
Tank -1 H6- yesil	Tank -1 H6- yesil	Bool	%Q16.5	☐	
Main motor Fan (M1)	Main motor Fan (M1)	Bool	%Q9.5	☐	
Main Pump	Main Pump	Int	%QW160	☒	
Oransal Valve	Oransal Valve	Int	%QW176	☐	
SV-9	SV-9	Bool	%Q9.0	☐	
Tag_1	Tag_1	Bool	%I8.4	☒	
Tag_2	Tag_2	Bool	%I8.5	☐	
Tag_3	Tag_3	Bool	%I16.3	☐	
Main_Tank_Fill	Main_Tank_Fill	Bool	%I224.2	☐	
Main_Tank_Drain	Main_Tank_Drain	Bool	%I224.3	☐	
Tank_1_Fill	Tank_1_Fill	Bool	%I224.4	☐	
Tank_1_Drain	Tank_1_Drain	Bool	%I224.5	☐	
Tag_8	Tag_8	Bool	%I8.3	☒	
Tag_9	Tag_9	Bool	%I8.6	☐	
Tag_10	Tag_10	Bool	%I9.4	☐	
SV-12	SV-12	Bool	%Q9.3	☒	
Tag_12	Tag_12	Bool	%I9.1	☐	
Tag_13	Tag_13	Bool	%I9.0	☐	
Tag_14	Tag_14	Int	%QW162	☒	
Tag_15	Tag_15	Bool	%Q9.6	☐	
Tag_17	Tag_17	Bool	%Q16.6	☐	
Tag_19	Tag_19	Bool	%Q8.2	☒	
Tag_20	Tag_20	Bool	%I8.2	☐	
Tag_21	Tag_21	Bool	%Q8.1	☐	
Tag_22	Tag_22	Bool	%I8.1	☒	
Tag_23	Tag_23	Bool	%Q8.7	☐	
Tag_24	Tag_24	Bool	%I8.7	☐	
Tag_25	Tag_25	Bool	%Q16.7	☒	
Tank_3_Fill	Tank_3_Fill	Bool	%I224.6	☐	
Tank_3_Drain	Tank_3_Drain	Bool	%I224.7	☐	
Tag_28	Tag_28	Bool	%Q8.0	☒	
Tag_29	Tag_29	Bool	%I8.0	☐	
Tag_30	Tag_30	Bool	%Q17.1	☐	
System_Drain	System_Drain	Bool	%I225.0	☒	

Şekil D.1. Birinci kısım PLC etiketleri

EK-D: PLC Etiketleri

	Name	Data type	Address	Retain	Comment
	Temperature_Sensor	Int	%IW160	☐	
	Tag_33	Int	%IW162	☐	
	Main_Tank_Volume (Lt)	Real	%ID170	☐	
	Tag_11	Bool	%I9.3	☐	
	Main_Tank_Set_Value (Lt)	Real	%ID10	☐	
	Main_Pump_Speed	Int	%IW14	☐	
	Tag_39	Bool	%I12.0	☐	
	Tag_40	Bool	%I12.1	☐	
	Tag_41	Bool	%I12.2	☐	
	Tag_42	Bool	%I12.3	☐	
	Tag_43	Bool	%Q0.0	☐	
	Tag_44	Bool	%Q0.1	☐	
	Tag_45	Bool	%Q0.2	☐	
	Tag_46	Bool	%Q0.3	☐	
	Tag_47	Bool	%Q0.4	☐	
	Tag_48	Bool	%Q0.5	☐	
	hsc	Bool	%I1.1	☐	
	Pro_1	Bool	%I1.2	☐	
	Pro_2	Bool	%I1.3	☐	
	Tag_34	Int	%IW164	☐	
	Tank_1_Level (cm)	Real	%ID174	☐	
	Secondary_Pump_Speed	Int	%IW186	☐	
	Tag_35	Real	%ID188	☐	
	Tag_36	Real	%ID192	☐	
	Tag_38	Real	%ID196	☐	
	Tank_1_PID_Motor_Start	Bool	%I200.0	☐	
	Tag_51	Real	%ID202	☐	
	Tag_52	Real	%ID206	☐	
	Tank_1_PID_Asco_Start	Bool	%I210.0	☐	
	Tag_56	Int	%IW218	☐	
	Tag_54	Real	%ID220	☐	
	Tank_2_Fill	Bool	%I224.0	☐	
	Tank_2_Drain	Bool	%I224.1	☐	
	Tank_2_Level_Sensor	Int	%IW64	☐	
	Tag_57	Real	%ID70	☐	
	Tank_2_Set_Value (Lt)	Real	%ID74	☐	
	Pro_5	Bool	%I1.4	☐	
	Pro_4	Bool	%I1.5	☐	
	Tank_2_PID_Output_Motor	Real	%ID2	☐	
	Tank_2_Motor_Raw_Value	Real	%ID18	☐	
	Tank_2_PID_Motor_Start	Bool	%I22.0	☐	
	Tank_2_PID_Asco_Start	Bool	%I22.1	☐	
	Tank_2_PID_Output_Asco	Real	%ID24	☐	
	Tank_2_Asco_Raw_Value	Real	%ID28	☐	

Şekil D.2. İkinci kısım PLC etiketleri

EK-D: PLC Etiketleri

	Name	Data type	Address	Retain	Comment
	Tank_2_PID_Heating_Start	Bool	%I32.0	☐	
	Heater_1	Bool	%Q0.6	☐	
	Heater	Int	%QW178	☐	
	Tag_60	Real	%ID36	☐	
	Tank_2_Temp_(C)	Real	%ID40	☐	
	Mixer_Set_Value	Int	%IW44	☐	
	Tag_32	Real	%ID46	☐	
	Water_Temperature	Real	%ID50	☐	
	Fill_Drain_Main_Tank_Flag_Q8.4	Bool	%Q2.0	☐	
	Drain_System_Flag_Q8.4	Bool	%Q2.1	☐	
	HEATER-1_ON	Bool	%I0.6	☐	
	Temperature_Set_value	Real	%ID56	☐	
	Temperature_PID_Output	Real	%ID60	☐	
	Tank_3_Level_Sensor	Int	%IW66	☐	
	Tank_3_Level (cm)	Real	%ID78	☐	
	Tag_55	Real	%ID82	☐	
	Tank_3_Set_Value (Lit)	Real	%ID86	☐	
	Tank_3_PID_Motor_Start	Bool	%I90.0	☐	
	Tank_3_PID_Asco_Start	Bool	%I90.1	☐	
	Tank_3_PID_Output_Motor	Real	%ID92	☐	
	Tank_3_Motor_Raw_Value	Real	%ID96	☐	
	Tank_3_PID_Output_Asco	Real	%ID100	☐	
	Tank_3_Asco_Raw_Value	Real	%ID104	☐	
	Tank_2_Level (cm)	Real	%ID108	☐	
	5V_11	Bool	%Q9.2	☐	
	Tank_3_Pressure_Sensor	Int	%IW166	☐	
	Main_Tank_Level (cm)	Real	%ID178	☐	
	Tank_3_Pressure_Raw_Value	Real	%ID182	☐	
	Tag_61	Real	%ID212	☐	
	Tank_3_Pressure_Set_Value	Real	%ID226	☐	
	Tank_3_PID_Output_Pressure	Real	%ID230	☐	
	Tank_3_PID_Pressure_Start	Bool	%I90.2	☐	
	Tank_3_Pressure_Motor_Raw_Value	Real	%ID234	☐	
	Opens_Q8.2	Bool	%Q2.2	☐	
	Tag_4	Bool	%Q16.0	☐	
	Tag_5	Bool	%Q16.1	☐	
	Tank_2_Temperature_Raw_Value	Real	%ID238	☐	
	Tag_6	Int	%IW168	☐	
				☐	

Şekil D.3. Üçüncü kısım PLC etiketleri

KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

- [1] **Afşar E.**, Ertunç H. M., Oysu C., Proses kontrol eğitim seti tasarımı ve uygulaması, *Ulusal Otomatik Kontrol Konferansı*, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli 11-13 Eylül 2014

ÖZGEÇMİŞ

Evrin AFŞAR, 1981 yılında İstanbul’da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Kocaeli’de tamamladı. 2001 yılında girdiği Kocaeli Üniversitesi Meslek Yüksek Okulu Makine bölümü’nden 2003 yılında mezun oldu. 2003 – 2007 yılları arasında Gaziantep Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İngilizce Makine Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Lisans öğrenimini tamamladı. 2011 yılından itibaren Pratt & Whitney Turkish Technic Aircraft Engine Maintenance Center şirketinde özel prosesler mühendisi olarak görev yapmaktadır.