

**OTOBÜSLERDE PNÖMATİK SİSTEMLERİN ÖLÇÜMÜ,  
KONTROLÜ VE DEĞERLENDİRMESİ**

**MEASUREMENT, CONTROL AND EVALUATION OF THE  
PNEUMATIC SYSTEM IN BUSES**

**BAHADIR KAYNAK**

Başkent Üniversitesi  
Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin  
ENERJİ Mühendisliği Anabilim Dalı İçin Öngördüğü  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
olarak hazırlanmıştır.  
2016

“Otobüslerde Pnömatik Sistemlerin Ölçümü, Kontrolü ve Değerlendirmesi” başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından, 10/02/2016 tarihinde, **ENERJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI 'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Başkan ve Danışman :

Prof. Dr. Tahir YAVUZ

Üye :

Doç. Dr. Yusuf USTA

Üye :

Yrd. Doç. Dr. Levent ÇOLAK

**ONAY**

.../02/2016

Prof. Dr. Emin AKATA  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



**BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
YÜKSEK LİSANS TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU**

Tarih: 08/02/2016

Öğrencinin Adı, Soyadı : Bahadır KAYNAK  
Öğrencinin Numarası : 21120077  
Anabilim Dalı : Enerji Mühendisliği  
Programı : Yüksek Lisans  
Danışmanın Adı, Soyadı : Prof. Dr. Tahir YAVUZ  
Tez Başlığı : Otobüslerde Pnömatik Sistemlerin Ölçümü, Kontrolü ve Değerlendirmesi

Yukarıda başlığı belirtilen Yüksek Lisans tez çalışmamın; Giriş, Ana Bölümler ve Sonuç Bölümünden oluşan, toplam 93 sayfalık kısmına ilişkin, 08/02/2016 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 15'dir.

Uygulanan filtrelemeler:

1. Kaynakça hariç
2. Alıntılar hariç
3. Beş (5) kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

"Başkent Üniversitesi Enstitüleri Tez Çalışması Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Usul ve Esaslarını" inceledim ve bu uygulama esaslarında belirtilen azami benzerlik oranlarına tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Öğrenci İmzası

Onay

08/02/2016

Öğrenci Danışmanı Prof. Dr. Tahir YAVUZ

## **TEŐEKKÖR**

Tez alıőması süresince bana verdiği değerli fikir ve görüőleri ile yardımını esirgemeyen sayın (tez danışmanı) Prof. Dr. Tahir Yavuz'a teőekkürlerimi sunarım.

## ÖZ

### OTOBÜSLERDE PNÖMATİK SİSTEMLERİN ÖLÇÜMÜ, KONTROLÜ VE DEĞERLENDİRMESİ

Bahadır KAYNAK

Başkent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Enerji Mühendisliği Anabilim Dalı

Otobüslerin bazı kritik sistemleri pnömatik olarak çalışmaktadır. Üretilen tüm araçların fren, süspansiyon ve kapılarında pnömatik sistemler kullanılmaktadır. Bu sistemlerin güvenli ve verimli çalışabilmesi için hava basıncının yönetmeliklerde (Belirli Motorlu Araç Sınıflarının Ve Römorklarının Frenleme Düzenekleri İle İlgili Tip Onayı Yönetmeliği (71/320/AT)) izin verilen değer altına düşmemesi gerekmektedir. Basınç düşmesinin sebebi hava tesisatlarındaki kaçaklardır. Kaçakların önlenmesi için önce kaçağın olduğu hattın hassas bir ölçüm cihazı ile tespit edilmesi gerekmektedir. Otobüsler üzerinde kullanılan sistemler hassas bir ölçüm yapmaya imkan vermemektedir.

Geliştirilen kontrol cihazı, bir otobüste belli bir sıraya göre dizilmiş, 14 adet ayarlanabilen pnömatik ve buna bağlı elektriksel devreleri kontrol ederek sorunları ve bunların yerlerini kalite kontrol elemanına bildirebilen bir cihazdır. Yeni cihazla birlikte ölçüm prosesi yeniden incelenip hatalara en hızlı müdahale etmenin yolları aranmıştır. Ayrıca tespit edilen hataların istatistiği tutulup ilgili bölümlere hatayla ilgili geri bildirimler yapılabilmektedir. Kalite kontrol cihazı bünyesindeki PLC otomasyon sistemi ile araç içi pnömatik hattı hava sızdırmazlık ve fren devresi testi olarak iki aşamada test etmektedir. Cihaz ile yapılan testler sonucu üretim tesisindeki otobüslerin fren devre hatlarında basınç kaçakları tespit edilmiştir. Örneğin el freni basınç kontrolü noktasında, hava sızdırmazlık testi ile 0,35 bar'lık, fren devre hattı testi ile 0,50 bar'lık düşüş tespit edilmiştir.

**ANAHTAR SÖZCÜKLER:** Pnömatik kaçaklar, Pnömatik kontrol, Performans test ölçüm cihazı, PLC yazılımı

**Danışman:** Prof. Dr. Tahir YAVUZ, Başkent Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü.

## **ABSTRACT**

### **MEASUREMENT, CONTROL AND EVALUATION OF THE PNEUMATIC SYSTEM IN BUSES**

KAYNAK Bahadır

Başkent University Institute of Science

Department of Energy Engineering

Some critical systems in the buses are operated with pneumatic devices. Brake, suspension and door driving mechanisms of all busses are designed as pneumatically. In order to operate efficiently pneumatic systems has to work above a limit pressure given by the regulations (71/320/At). The operating system pressure should not drop below this limit. The main reason for this pressure drop is the leakage in the pneumatic systems. In order to prevent these leakages, the line that has leakage has to be detected by a sensitive measurement device. The system that is used in buses is too old and not sensitive enough.

The device that developed, checks the problems in the pneumatic systems and electric circuits connected to them, that are arrayed in a 14 line and reports the places of the problems to the quality control personel. With this device, measurement process revised and new efficient methods to interfere the problems studied. Also, the statistics of the problems made and feedbacks related to the departments can be done. With the PLC automation system in-body quality control device, bus pneumatic line has been tested as air tightneess and brake circuit in two stage. With test results, pressure leak in the brake circuit of the bus line has been determined in production facilities. For example, pressure decrease was detected with air tightness test as 0,35 bar, with brake circuit line test as 0,50 bar at brake pressure control point.

**KEYWORDS:** Pneumatic leakage, Pneumatic control, Performance test apparatus, PLC software

**Thesis Supervisor:** Prof. Dr. Tahir YAVUZ, Baskent Universty, Department of Mechanical Engineering

# İÇİNDEKİLER LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
ÖZ .....	i
ABSTRACT .....	ii
İÇİNDEKİLER LİSTESİ .....	iii
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	v
ÇİZELGELER LİSTESİ.....	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ .....	viii
<b>1 OTOBÜSLERDEKİ PNÖMATİK SİSTEMLER ve BASINÇ KAYIPLARI .....</b>	<b>1</b>
1.1 Giriş.....	1
1.2 Literatür Araştırması .....	4
1.3 Tezin Amacı ve Kapsamı.....	6
<b>2 PNÖMATİK SİSTEMLER VE ELEMANLARI.....</b>	<b>8</b>
2.1 Giriş.....	8
2.2 Pnömatik Sistemler .....	9
2.3 Devre Elemanları .....	10
2.3.1 Pnömatik valfler .....	11
2.4 Basınç Transdüserleri .....	12
2.5 Programlanabilir Mantık Denetleyicisi .....	14
2.6 PLC Programlama .....	18
<b>3 KALİTE KONTROL CİHAZI PARAMETRELERİ .....</b>	<b>24</b>
3.1 Referans Değerlerinin Belirlenmesi .....	24
3.2 Basınç Düşüşünün Belirlenmesi .....	26
3.3 Dengeleme Süresinin Belirlenmesi .....	28
3.4 Valf Seçimi .....	29
3.4.1 Kontrol valfinden sağlanabilecek güç .....	30
3.4.2 Yüke uygun valf seçimi .....	30
<b>4 KALİTE KONTROL CİHAZI DONANIM ÇALIŞMALARI .....</b>	<b>32</b>
4.1 Donanım Bilgileri .....	32
4.2 Pnömatik Devre Sistemi .....	32
4.2.1 Basınç sağlayan devre elemanları .....	33
4.2.2 Veri alan devre elemanları .....	37

	<u>Sayfa</u>
4.3 Veri Okuma Analiz Düzenekleri .....	42
4.3.1 PLC veri okuma sistemi .....	44
4.3.2 Analiz düzenekleri .....	48
4.4 Şasi ve Yardımcı Elemanlar .....	50
<b>5 KALİTE KONTROL CİHAZI YAZILIM ÇALIŞMALARI</b> .....	<b>53</b>
5.1 Algoritma ve Test Aşamaları .....	53
5.2 Ara Yüz Oluşumu ve Çıktılar .....	58
5.3 Yazılım Bilgileri .....	65
5.3.1 C# programı ve seri port terminali .....	67
5.3.2 PLC programı .....	67
<b>6 SONUÇLAR</b> .....	<b>75</b>
6.1 İrdellemeler .....	75
6.2 Bulgular ve Değerlendirmesi .....	79
6.3 Öneriler .....	82
KAYNAKLAR LİSTESİ .....	83
EKLER LİSTESİ .....	84



## ŞEKİLLER LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 1.1 Proje Akış Diagramı .....	3
Şekil 1.2 Kamyon Pnömatik Devre Kontrol Cihazı .....	4
Şekil 1.3 Test Çalışmasından Önce Kullanılan Test Cihazı .....	5
Şekil 2.1 Çift Etkili Silindir ile 5/2 Kontrol Valf Bağlantısı .....	9
Şekil 2.2 Esnek Plakalı Kapasitif Sensör .....	13
Şekil 2.3 Şekil Değişikliği Yapan Sensör İç Yapısı .....	13
Şekil 2.4 Yük Hücresi Sensörü İç Yapısı .....	14
Şekil 2.5 Piezoelektrik Basınç Sensörü .....	14
Şekil 2.6 PLC Genel Blok Şeması .....	15
Şekil 2.7 PLC Genel Yapısı .....	17
Şekil 2.8 PLC'de Mantık Kapı Gösterimi .....	20
Şekil 2.9 Kontak Gösterim Planı .....	21
Şekil 2.10 Komut Listesi Gösterimi .....	21
Şekil 2.11 Seri Bağlantı İşlemi .....	22
Şekil 2.12 Paralel Bağlantı İşlemi .....	22
Şekil 2.13 Seri Bağlantının Tersisi İşlemi .....	23
Şekil 2.14 Paralel Bağlantının Tersisi İşlemi .....	23
Şekil 3.1 Araç Pnömatik Bağlantı Şeması .....	24
Şekil 3.2 Yüke Uygun Valf Seçimi .....	31
Şekil 4.1a Kompresör .....	34
Şekil 4.1b Kompresör Bağlantı Hattı .....	34
Şekil 4.2 Yükselteç ve Şartlandırıcı .....	35
Şekil 4.3 Otomatik Tahliye Filtresi .....	35
Şekil 4.4 Tahliyeli Regülatör .....	36
Şekil 4.5 Tek Kademeli Yükseltici ve Basınç Anahtarı .....	37
Şekil 4.6 Basınç Sağlayan Pnömatik Devre .....	37
Şekil 4.7a Transdüser .....	38
Şekil 4.7b Transdüser .....	39
Şekil 4.8 Özel Soketler .....	39

	<u>Sayfa</u>
Şekil 4.9 Makara Sistemi .....	40
Şekil 4.10 Bağlantılar .....	40
Şekil 4.11 2/2 Yön Kontrol Valfi .....	41
Şekil 4.12 Veri Alan Pnömatik Devre .....	42
Şekil 4.13 Güç Veri Hattı .....	42
Şekil 4.14 Denetleyicinin Diğer Sistemlerle Bağlantıları .....	43
Şekil 4.15 S7-200 .....	45
Şekil 4.16 PLC ve Modülleri .....	47
Şekil 4.17 Bilgisayar ve Yardımcı Ekipmanlar .....	48
Şekil 4.19 Şasi ve Teknik Resmi .....	50
Şekil 4.20 Şasi Hava Tahliye Kanalları .....	51
Şekil 4.21 Kalite Kontrol Cihazı .....	52
Şekil 5.1 Çalışma Algoritması .....	54
Şekil 5.2 Ana Ekran .....	58
Şekil 5.3 Parametre Giriş Ekranı .....	59
Şekil 5.4 Bağlantı Noktaları .....	60
Şekil 5.5 Araç Kayıt Ekranı .....	61
Şekil 5.6 Hava Sızdırmazlık Testi .....	62
Şekil 5.7 Fren Devre Testi .....	62
Şekil 5.8 Test Etiketleri .....	64
Şekil 5.9 Haberleşme Parametreleri .....	66
Şekil 5.10 Main Network 1 .....	68
Şekil 5.11 Main Network 3 .....	68
Şekil 5.12 Main Network 6 .....	69
Şekil 5.13 Main Network 7 .....	69
Şekil 5.14 Main Network 12 .....	71
Şekil 5.15 Test 1 Network 1 .....	72
Şekil 5.16 Test 1 Network 2 .....	72
Şekil 5.17 Test 1 Network 4 .....	73
Şekil 5.18 Test 2 Network 3 .....	74
Şekil 5.19 Test 2 Network 4 .....	74
Şekil 5.20 Test 2 Network 5 .....	74

## ÇİZELGELER LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 3.1 Üç Akslı Araç Referans Değerleri .....	25
Çizelge 3.2 İki Akslı Araç Referans Değerleri .....	26
Çizelge 3.3 Basınç Düşüşünün Karşılaştırması .....	27
Çizelge 3.4 Dengeleme Süresi Testi .....	28
Çizelge 4.1a Basınç Sağlayan Devre Elemanları .....	33
Çizelge 4.1b Veri Alan Devre Elemanları .....	33
Çizelge 4.2 Veri Okuma Düzenekleri .....	43
Çizelge 4.3 CPU Tarafından Desteklenen Bağlantılar .....	49
Çizelge 5.1 Hat (Hava Sızdırmazlık, Fren Devre) Testi .....	63
Çizelge 5.2 Kalibrasyon .....	64
Çizelge 6.1 Hava Sızdırmazlık Testi Başarılı Test Sonuçları .....	79
Çizelge 6.2 Hava Sızdırmazlık Testi Başarısız Test Sonuçları .....	80
Çizelge 6.3 Hava Sızdırmazlık Testi Ortalama .....	80
Çizelge 6.4 Fren Devre Testi Başarılı Test Sonuçları .....	81
Çizelge 6.5 Fren Devre Testi Başarısız Test Sonuçları .....	81

## SİMGELER KISALTMALAR LİSTESİ

A <sub>a</sub>	Valf Çıkış Kesit Alanı
F	Kuvvet
k	Yay Sabiti
P	Basınç, Güç
P <sub>L</sub>	Yük Basıncı
Q <sub>L</sub>	Yük Debisi
r	Yarı Çap
T	Sıcaklık
v	Hız
V	Hacim

A	Valf Çıkışı
AA	İki Plaka Arası Oluşan Direnç
AC	Alternatif Akım
BSU	Basınç Kontrol Valfleri
CPU	Merkezi İşlem Birimi
CSF	Akış Sistem Kontrol
DC	Doğru Akım
EU	Yükselen Kenar
FRY	Filtre, Regülatör, Yağlandırıcı
I/O	Giriş Çıkış Birimi
KV	Akış Kontrol Valfleri
LAD	Merdiven Diagram
LPS	Logic Push
LRD	Logic Read
PLC	Programlanabilir Mantık Denetleyicisi
R	Valf Çıkışı
Ram	Hem Yazılan Hem Okunan Birim
Rom	Sadece Okunan Birim
SAN-TEZ	Sanayi Tezleri
STL	Program Liste Kodu
SV	Yön Kontrol Valfleri

# 1 OTOBÜSLERDEKİ PNÖMATİK SİSTEMLER VE BASINÇ KAYIPLARI

## 1.1 Giriş

Tez çalışması T.C. Sanayi Bakanlığı tarafından desteklenen, Man Türkiye ve Başkent Üniversitesi ortak çalışması olan SAN-TEZ projesi kapsamında gerçekleştirilmiştir. İlgili SAN-TEZ projesi MAN-PNÖMATİK (01111.STZ.2011-2) olarak adlandırılmaktadır. Bu bölüm, yapılan çalışmaların giriş niteliğini taşımakta ve literatür araştırması, tezin amaç ve kapsamı gibi kısımları içermektedir. Tez çalışması araç üretim tesisindeki araç pnömatik hatlarının ölçümünü, kontrolünü ve değerlendirmesini yapabilmek için gerçekleştirilmiştir. Bu tesiste üretilen araçlar ailesinde seyahat, belediye ve orta mesafeli (NAG) olmak üzere üç tip araç bulunmaktadır. Ürün ailesindeki her ürünün birden çok alt modelleri, çeşitli opsiyonları ile yaklaşık yirmi çeşit otobüs üretimini gerçekleştirmektedir. Otobüslerin kritik sistemlerinin bazıları pnömatik olarak tasarlanmıştır. Üretilen tüm araçların fren, süspansiyon ve kapılarında pnömatik sistemler kullanılmaktadır. Bu sistemlerin güvenli ve verimli çalışabilmesi için hava basıncının yönetmeliklerde (Belirli Motorlu Araç Sınıflarının Ve Römorklarının Frenleme Düzenekleri İle İlgili Tip Onayı Yönetmeliği (71/320/At)) izin verilen değer altına düşmemesi gerekmektedir. Basınç düşmesinin sebebi hava tesisatlarındaki kaçaklardır. Kaçakların önlenmesi için önce kaçağın olduğu hattın hassas bir ölçüm cihazı ile tespit edilmesi gerekmektedir. Tez kapsamında üretilen cihaz öncesi kullanılan sistemler hassas bir ölçüm yapmaya imkan vermemektedir. Bu yüzden kaçaklar yerinde tespit edilememekte ve problemler kalitesizlik olarak müşteriden geri dönmektedir.

Firmanın ürettiği otobüslerde aks sayısına bağlı olarak birbirine paralel olarak bağlı farklı sayıda pnömatik devre bulunmaktadır. İki akslı otobüslerde 9, üç akslı otobüslerde ise 11 adet pnömatik devre bulunmaktadır. Ana merkezden gelen 13 bar değerindeki basınç, dört yollu vanalar ve ayar valfleri yardımıyla pnömatik devrelere dağılmaktadır. Yapılagelen mekanik kontrollerde basınç düşüşü görmek hem zor olup hem de zaman kaybına neden olmaktadır. Bu durum hassasiyeti düşürürken hataların büyük kısmını oluşturan okuma hatalarına da davetiye çıkartmaktadır. Bu tez kapsamında otobüs üzerinde bulunan farklı basınç değerlerine sahip pnömatik hatların basınç kayıplarını tespit eden bir ölçüm ve test cihazı geliştirilmiş, bilgisayar kontrollü bir ara yüz üzerinden sistem kaçak ve

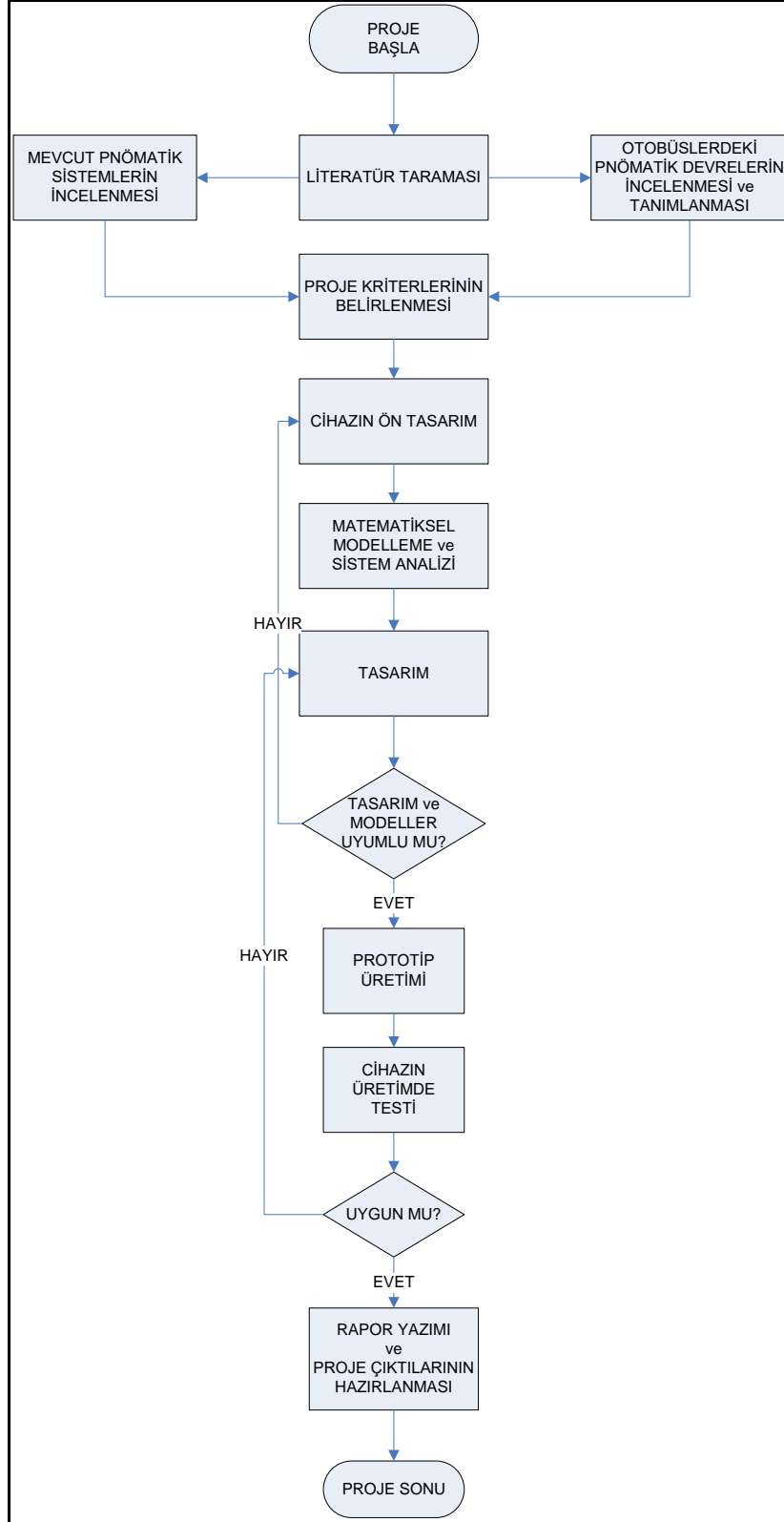
performansını belgeleyen bir cihazın tasarımı ve üretimi yapılmıştır. Program, kullanıcıların kolay kullanabildiği, basit ve hızlı bir program olarak tasarlanmıştır. Program sayesinde sistemin benzetim de yapabilir olduğu için karşılaşılan sorunların neler olabileceği konusunda bilgi vermekte ve olası çözüm yollarının karar verilmesinde yardımcı olmaktadır.

San-tez projesi 18 aylık sürede tamamlanmıştır. Proje Şekil 1.1'de gösterildiği gibi dört ana iş paketinden oluşmaktadır. Altyapı hazırlık (Literatür araştırması ve alt yapı oluşturma, sistem elemanlarını tanımlama) iş paketi ilk olarak başlayan paketidir. Bu iş paketi 5 aylık sürede tamamlanmıştır. İş paketinin başarılı olarak tamamlanmasından sonra, tasarım (Sistemi modelini oluşturma ve sistem analizi) iş paketi başlatılmış ve bu iş paketi de 4 aylık sürede tamamlanmıştır. Tasarım paketi ile kesin hale getirilen proje üretim (Prototip model elemanlarını tedarik etme, modeli üretme ve performans analizi) iş paketi ile fiziksel bir hal almıştır. Üretim iş paketi toplamda 5 aylık sürede tamamlanmıştır. Son iş paketi ise hazırlanmış olan cihazın denendiği ve 4 ay süren değerlendirme (Performans test değerlendirilmesi, proje düzeltmeleri ve raporlar) iş paketidir.

Üretilen sistem tüm pnömatik devrelerde, münferit performans karakteristikleri inceleyebilen ve uygun performans için önceden belirlenmiş kriterler doğrultusunda oluşturulan yazılım ile sistem performansı belirleyebilmektedir.

Cihaz; birbirine paralel bağlı 14 adet pnömatik ve elektriksel devreden oluşan devreyi kontrol edebilen, ayarlayabilen ve sistem performansını ortaya koyabilen şekilde tasarlanmıştır. Aracın motoru monte edilmeden önce dahi pnömatik devrelerin kontrolü için devrelere gerekli şartlandırılmış hava sağlayabilecek bir hava şartlandırma sistemi (kompresör, filtre ve basınç ayar regülatörü) ihtiva etmektedir. Bu sistem cihazın bir parçası olabileceği gibi ayrı bir ünite olarak da düşünülebilir.

Sistemde belirlenen pnömatik devreler ile ilgili analizleri yapılacağı bir yazılım geliştirilmiş, sistem performans kriterlerine göre değerlendirme yapılmıştır. Pnömatik devrelerdeki basınç değerleri basınç transdüserleri yardımıyla, veri okuma frekansları belirlenerek çok kanallı kaydedicide depo edebilmektedir. Her pnömatik devreden gelen ve kayıt edilen basınç değerleri bir bilgisayar yazılımı ile analiz edilmiş ve bir ara yüz üzerinden sistem performans sonuçları, sonuç raporu olarak yazıcıdan alınabilmektedir.



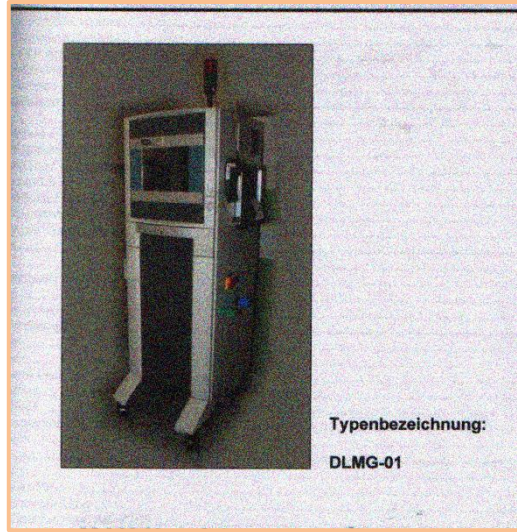
Şekil 1.1 Proje Akış Diyagramı

Analiz sonunda, ölçme ve değerlendirme cihazı olarak bir prototip model üretilmiştir. Modelde 16 kanallı bir kaydedici bulunmaktadır. Bilgisayar kontrollü olarak sonuç değerlendirme raporu verebilen bir ölçüm ve değerlendirme cihazı

üretimiştir. Üretilen prototip model teste tabii tutulmuştur ve araçların performans analizi ortaya koyabilmektedir.

## 1.2 Literatür Araştırması

Literatürde otobüs ve benzeri sistemlerde pnömatik devre analizleri, arıza bulma ve pnömatik devre performansını belirleyen detaylı bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Sadece MAN kamyonlarındaki pnömatik devre kontrolü ile ilgili olarak bir test cihazı daha önce geliştirilmiştir. Şekil 1.2'de görülen bu cihaz kompresör ihtiva etmekte, kompresörden alınan havayı şartlandırarak sisteme göndermekte ve sistem üzerinde basınç transdüserleri yardımıyla basınç değerlerini alarak değerlendirmeye tabi tutmaktadır. Mevcut sistemlerde pnömatik devre kontrolleri ile ilgili yapılan uygulama, pnömatik devrelerden hava hortumlar vasıtasıyla bir panele taşınmakta ve panele bağlı basınçölçerler yardımı ile kaçak olup olmadığı belirlenmeye çalışılmaktadır. Bu metod işlevsel olmadığı gibi zaman kaybına da neden olmaktadır. Yapılan proje kapsamında geliştirilen ölçüm ve test cihazıyla yukarıda bahsedilen problemlerin giderilmesi amaçlar arasındadır.



Şekil 1.2 Kamyon Pnömatik Devre Kontrol Cihazı

Otobüslerin ölçümleri kamyonlardan farklı olarak yapılmalıdır. Bunun nedeni hem istenilen standartların farklı olması hem de araç içi pnömatik sistemlerin farklı tasarlanmış olmasıdır. Ölçüm prosesinin gerçekleştirilebilmesi için firma el tipi ölçüm cihazları kullanmış fakat bunlarla yapılan ölçümlerden hassas sonuçlar elde edememiştir. El tipi cihazlarla tek bir hattın kontrolü yaklaşık olarak 10 dakika sürdüğünden, hat sayısı arttıkça test için harcanan vakitte artmıştır. Ayrıca her bir



hattın yedek sistemleri dahil edilerek yapılan ölçümlerde farklılıklar keşfedilememiştir. Bunun nedeni ise araç içerisinde bulunan fren devre hatlarının birbiri ile olan ilişkisidir. Bu ilişki diğer tüm hatlardan bağımsız olarak birbirlerini çalışma basınçlarına dengelemeye çalışmalarıdır. Diğer hatların kendi aralarında böyle bir ilişki söz konusu olmadığından ayrı olarak değerlendirilmelidir. Değerlendirme sonuçlarının en az 10 dakika sonunda alınabileceğinden test süresi boyunca, testi yapan kişi hat başında beklemek zorunda kalmıştır. Bu sorunların giderilebilmesi için üretilen ilk test cihazı Şekil 1.3'de verilmiş olup bu cihaz analog göstergeler ile çalışmaktadır. Hava sızdırmazlık testi için belirlenmiş referans değerler ile son okunan değerlerin karşılaştırması esnasında birçok okuma hatası meydana gelmektedir. Ayrıca bu sistem ile yönetmelik kapsamında fren sistemi test edilememektedir. Bir bağlantı noktasındaki basınç sıfırlanmaya çalışıldığında araç içi tüm fren hatları atmosfer basıncına düşmektedir.



Şekil 1.3 Tez Çalışmasından Önce Kullanılan Ölçüm Cihazı

Geliştirilen cihaz öncesi kullanılan sistemde ölçüm, otobüs üzerindeki kontrol noktalarına bağlanan manometreler yardımıyla ve bunların gösterdikleri basınç değerleri düşümlerinin gözle kontrolüyle yapılmakta idi. Yönetmelikte belirtilen basınç düşüşü 10 dakikada 0,1 bar'ı geçmemesi gerekirken sistemde kullanılan manometrelerle bu kadar az bir düşüşü görmek hem zor olup hem de zaman kaybına neden olmaktadır.

Bu durumda üretilen ölçüm cihazı aşağıdaki sorunlara çözüm getirmektedir.

- Yönetmelik kapsamında hassas ölçüm
- Yönetmelik maddelerinin tümü için kapsamlı test biçimleri
- Test süresinin azaltılması
- Arşivleme yapabilmek
- Testi yapan kişiden bağımsız olarak ölçüm sonuçlarını elde edebilmek

### **1.3 Tezin Amaç ve Kapsamı**

Tez kapsamında kaçakların hassas tespiti için bir test, ölçüm ve değerlendirme cihazının geliştirilmesi ve tesisin üretim hatlarına uygulaması yapılmıştır. Geliştirilen kontrol cihazı, bir otobüste belli bir sıraya göre dizilmiş, ayarlanabilen pnömatik ve buna bağlı elektriksel devreleri kontrol ederek sorunları ve bunların yerlerini kalite kontrol elemanına bildiren bir cihazdır. Yeni cihazla birlikte ölçüm prosesi yeniden incelenmiş hatalara en hızlı müdahale etmenin yolları aranmıştır. Ayrıca tespit edilen hataların istatistiği tutulup ilgili bölümlere hatayla ilgili geri bildirimler yapılabilmesi sağlanmıştır.

Üretilen tüm otobüslerde fren, süspansiyon ve kapı sistemleri basınçlı hava ile çalışmaktadır. Bu sistemlerin güvenli ve verimli çalışabilmesi için hava basıncının yönetmeliklerde izin verilen değerlerden düşük olmaması gerekmektedir. Basınç düşmesinin en önemli nedeni hava kaçaklarıdır. Kaçakların önlenmesi için öncelikle sistemin test edilmesi ve kaçağın tespit edilmesi gerekmektedir. Bu yüzden kaçaklar yerinde tespit edilememekte ve problemler müşteriye kadar gitmektedir. Müşteriye kadar ulaşan bu kaçaklar 2010 yılında firmaya hem müşteri memnuniyetsizliği, hem de 117.000 € garanti maliyeti getirmiştir. Bu sebeplerden ötürü firma ihtiyacına cevap verecek bir ölçüm cihazının tasarlanması bu tezde öncelikli amaçtır.

Montaj sırasına göre boyahaneden çıkan araçlar montaj bölümüne alınıp ilk istasyonda fren, süspansiyon devre elemanları montajı yapılmaktadır. Devre elemanları montajı bitirdikten sonra hava hortum bağlantıları araç fonksiyon planına uygun şekilde yapılmaktadır. Aracın diğer montajlarında (taban tahtası, aks montajı gibi) tamamlandıktan sonra hava kaçak tespitleri zorlaşmakta, tespit edilse bile tamir edilmesi ek işçilik ve maliyet getirmektedir. Testin, hava tesisatları döşendikten hemen sonra uygulanması hem kaçağın kolayca tespiti ve tamirine,

hem de tespit edilen kaçağın kök nedenine inmeye olanak tanımaktadır. Bu şekilde teknik uyumsuzluklar, sistem verimsizlikleri, bağlantı elemanlarındaki hatalar ve süreç hataları ortaya çıkarılıp önlem alınması için ilgili departmanlara raporlamalar yapılabilmektedir.

Bu tezin gerekliliği aşağıdaki sebeplere dayanmaktadır.

- 2010 yılında sevk edilen müşteri araçlarında çıkan 508 adet müşteri şikayeti ve bunların sonucunda ortaya çıkan 117.000 € garanti maliyeti incelendiğinde otobüslerin pnömatik sistemlerindeki hava kaçaklarında önemli bir artış olduğu ve bu artışın maliyete yansiyacak kadar arttığı tespit edilmiştir. Proje kapsamındaki tez ile birlikte hata sayısı ve garanti maliyetlerinde iyileşme hedeflemektedir.
- Üretim sürecinde test yapılan istasyonun uygun olmadığı, aracın bütün montajları tamamlandıktan sonra kaçak testinin uygulandığı görülmüştür. Bu da kaçakların tespit edilmesini ve tamirini zorlaştırmaktadır.
- Test ekipmanının yetersiz olduğu görülmüştür. Mevcut ekipmanda kullanılan manometrelerinin yönetmeliklerde belirtilen hassasiyette o basınç düşüşünü göstermediği gözlemlenmiştir. Yeni ve hassas bir cihazın gerekliliği ortaya çıkmıştır.
- Tamir prosesinde yapılan ek işçilikler ile ilgili üretime veya teknik bölüme herhangi bir bilgi akışı olmamaktadır.
- Mevcut üretim prosesi, test ekipmanı, tamir prosesi incelendiğinde eldeki sistemlerin yavaş ve sağlıksız olduğu görülmüş ve bir iyileştirmeye gidilmesi gerektiğine karar verilmiştir.

Bu tez ile;

- Yeni test, ölçüm ve değerlendirme cihazının uygulamaya alınması,
- Garanti maliyetlerinin azaltılması,
- Kalite ve müşteri memnuniyetinin artırılması,
- Ek işçiliklerin azaltılması,
- Pnömatik sistemlerin montaj akışında doğru istasyon yerleşimlerinin kurgulanması,
- Kalite kontrol ve tamir noktalarının belirlenmesi,

ve teknik bölümlere öneriler verilmesi hedeflenmiştir.

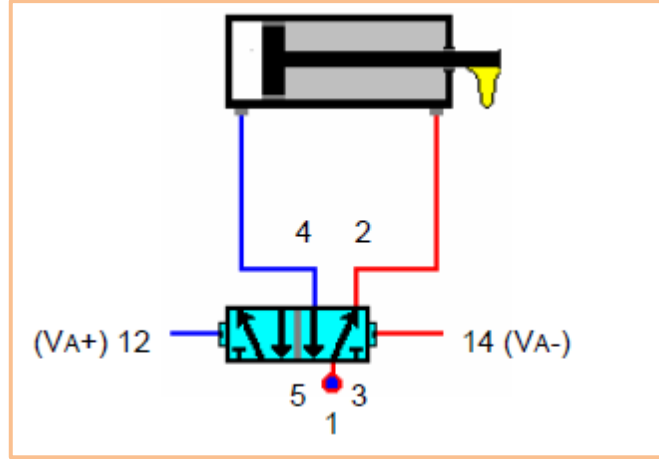
## 2 PNÖMATİK SİSTEMLER VE ELEMANLARI

### 2.1 Giriş

Temel pnömatik devre kurma işlemleri, endüstriyel otomasyon teknolojileri alanında önemli bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır. Otomasyonun günlük hayatımızdaki yeri ve kullanım alanlarının genişliği göz önüne alındığında bu önem daha da iyi anlaşılacaktır. Otomasyonda kullanılan enerji kaynakları arasında sıkıştırılmış hava en çok kullanılanlardan bir tanesidir. Hava enerjisinin kullanıldığı devreler pnömatik devreler olarak adlandırılmaktadır.

Günümüzde kullandığımız birçok üretim teknoloji dalları içerisinde olan otomasyon tekniklerinin temelini mekatronik düşünce oluşturmaktadır. Mekatronik düşünce sisteminden önce sadece havanın basıncından yararlanılarak çalışan birçok makine, araç ve gereç bulunmaktaydı. Diğer enerji çeşitlerine göre dar ve kısa alanda daha hızlı, kolay elde edilen, ucuz olan hava enerjisi mekatroniğin devreye girmesi ile birlikte şartlandırılarak kullanılmaya başlamıştır. Özellikle otomasyon ile üretimde durum değişikliğinden fazlaca yararlanılmaktadır. Pnömatik sistemlerde kullanılan havanın ana kaynağı atmosferde bulunan havadır.

Bir pnömatik devre en az bir pnömatik devre ile onu kontrol eden bir elektriksel devreden oluşur. Devrenin meydana gelmesi için asgari 3 tip pnömatik elmana ihtiyaç vardır. Bunlar; Çift etkili pnömatik aktüatörler, 5 yollu 2 konumlu pnömatik valfler ve 3 yollu 2 konumlu pnömatik valflerdir. Genel anlamıyla aktüatör terimi, akışkan enerjisini mekanik enerjiye dönüştüren araç olarak tanımlanır. Aktüatörler doğrusal ya da dairesel hareket yaparlar. Aktüatörün bir pistonu ileri veya geri hareket ettirmesi basınçlı havanın belirli şekillerde iletimi ile mümkündür. Bu nedenle silindirin her iki tarafında basınçlı hava girişi olan çift etkili pnömatik aktüatörler kullanılır [1]. Her pnömatik silindirin hareketi 5 yollu 2 konumlu pnömatik valflerle kontrol edilir. Pistonun hareketini belirleyen 5/2 valfler “kontrol valfleri” olarak nitelendirilir. Kontrol valfini yönlendirmek için yine basınçlı hava kullanılmaktadır. Şekil 2.1’de Pistonu yönlendiren kontrol valfi görülmektedir. 5 yollu 2 konumlu valflerin programda kullanıldığı diğer yer ise gurup hatlarını besleyen basınçlı havanın iletimini sağlayan kısımdır. Burada bulunan 5/2 valflere kaskad valfleri denir [2]. Daha önce kullanılan sistemde her hangi bir valf bulunmadığından istenilen test aşamaları gerçekleştirilemiyordu [3].



Şekil 2.1 Çift Etkili Silindir ile 5/2 Kontrol Valf Bağlantısı

## 2.2 Pnömatik Sistemler

Ölçümü yapılan araçlar içerisindeki sistem pnömatik olarak tasarlanmıştır. Pnömatik sistemler, hidrolik sistemlerden farklı olarak vakumlanabilir [4]. Bir hacimden tüm havanın alınmasına vakum denir [4]. Pnömatik bir sistemde basınçlandırma ve vakum aşamalarının iyi bilinmesi sistem elemanlarının nasıl çalıştığının bilinmesi ile alakalıdır. Pnömatik sistemlerde basınçlandırma kompresörün işi iken, vakum pompalar yarımı ile yapılır. İki elemanın çalışma prensipleri terstir. Yok, edilmeye çalışılan bu basınca, “atmosfer basıncı” adı verilir. Atmosferik basınç: Yeryüzünü çeviren hava tabakasının, yeryüzüne yapmış olduğu basınçtır [5]. Bu basınç ölçülmüş ve  $1,033 \text{ kg/cm}^2$  olarak hesaplanmıştır [5]. Pnömatikte vakum basıncı (-) ile belirtilir. Aksi söylenmedikçe bütün basınçlar pozitif basıncı veya manometre basıncını ifade eder.

Basıncın Sınıflandırılması;

- Alçak basınç: 0–2 bar arasında olup, ölçü ve kontrol uygulamalarında ve kumanda işlemlerinde kullanılır [5].
- Normal basınç: 2–12 bar arasında değişen çalışma ve kumanda basınçlarında kullanılır [5].
- Yüksek basınç: 12 bar üzerindeki basınçlı havadır. Yüksek basınç gerektiren kısa zamanlı işlerde uygulanır. Bu basınç aralığı endüstriyel pnömatikte pek kullanılmaz [5].

Hidrolikte kullanılan akışkan genelde yağ olduğundan yanma tehlikesi bulunur. Ayrıca ısının değişmesi yağı etkilediğinden çalışma hızlarını değiştirebilir. Hidrolik sistemde kullanılan akışkan, çalışma elemanlarının aynı zamanda yağlanması

sağlarken, pnömatikte ayrıca yağlama işlemi yapmak gerekir. Pnömatikte büyük kuvvetlerin elde edilmesi zor ve ekonomik değilken, hidrolikte büyük kuvvetler rahatlıkla elde edilir. Pnömatik elemanların çalışma hızları yüksek iken hidrolikte ise çalışma hızları daha düşüktür [6].

### 2.3 Devre Elemanları

Basınç enerjisi mekanik enerjiye pnömatik devre elemanları ile dönüştürülür ve bu elemanlardan oluşan yapıya pnömatik sistem denir. Pnömatik enerjinin, mekanik enerjiye dönüştürülmesi sırasında, havanın uygun şartlarda hazırlanmasını, basıncını, debisini ve yönünü kontrol eden elemanlara pnömatik devre elemanları adı verilir [6]. Pnömatik elemanların devrede yaptıkları işe göre aşağıdaki gibi ayırabiliriz.

- Hava hazırlama elemanları
- Pnömatik valfler
- Pnömatik silindirler
- Pnömatik motorlar
- Pnömatik boru ve hortumlar
- Switchler ve algılayıcılar

Pnömatik sistemlerde havanın kullanılabilmesi için ön hazırlığı yapan elemanlar hava hazırlayan elemanlardır. Kompresör yardımı ile basınçlandırma işlemi sağlanır. Atmosferden emdikleri havayı sıkıştırarak, basınçlı hale getiren devre elemanlarına kompresör adı verilir [6]. Kompresörler havayı atmosferden alır ve sisteme gönderirler. Gerekli debi ve basınç değerleri kompresör seçimindeki en önemli noktadır. Kompresörlerin kapasitesi debi (lt/dk, m<sup>3</sup>/dk) ve çıkış basıncı (bar) cinsinden belirtilir. Kompresörler havanın temizlenebilmesi için ikiye ayrılır (yağlı, yağsız). Ayrıca kullandıklarına soğutma sistemleri su veya havalı olabilir. Pnömatik sistemde hava tahliyesi sırasında belirgin bir ses çıkar ve bu tahliye işlemi atmosfer basıncından çok yüksek olabileceğinden tehlike ihtiva edebilir. Bu sesi önlemek amacıyla kullanılan devre elemanlarına ise susturucu adı verilir [6]. Kompresör tarafından sisteme gönderilen hava nemlidir. Havada bir miktar nem ve su buharı bulunur. Hava içindeki nem zamanla yoğunlaşarak su haline dönüşür. Bu su yüzünden sistemler arızalanabilmektedir. Arızalar nedeni ile pnömatik sistemlerin çalışma ömürleri azalabilir. Bu durum bakım ve onarım masraflarının

artması anlamına gelmektedir. Kurutucu bu aşamada devreye girer ve sistem içerisindeki nemli havayı kurutarak çalışma ömrünü arttırmayı hedefler. Kompresörden atmosfer üzerinden alıp sisteme gönderdiği hava kirli olduğundan temizlenmesi yada filtrelenmesi gerekir. Kirliliğin sebebi atmosferden emilen havadaki toz, kir ve nem olabileceği gibi, kompresörden kaynaklanan yağ ve metal parçacıkları olabilir [6]. Atmosferden alınan bu havayı temizlemek için filtre kullanılır. Sistem içerisine giden havayı yağ damlatma adı verilen biçimle yağlandırılır. Basınçlı havayı yağlamak amacıyla kullanılan devre elemanlarına yağlayıcı adı verilir [6]. Yağlayıcının görevi, ihtiyaç çerçevesinde havayı yağlandırmak yada havaya yağ karıştırmak olarak tanımlanabilir. Pnömatik devre elemanları genel olarak havayı temizleyen, yağlandıran ve basınç sağlayarak istenen çalışma şekline göre ayarlayan elemanlardır.

### **2.3.1 Pnömatik valfler**

Hidrolik ya da pnömatik sistemlerde kullanılan tüm valf çeşitleri benzerlik bulundurmakla beraber aynı işlevlerden sorumludur. Hidrolik devrelerde kullanılan devre elemanları yüksek basınca dayanabilecek büyüklükte yapılırken, pnömatik devrelerde basınç az olduğu için, devre elemanları daha küçük ve daha basit yapıdadır [6].

Yukarıda bahsedildiği gibi yön verme görevi için kullanılan valfler hidrolik ve pnömatik sistemler için aynı şekilde çalışır. Hidrolik devrelerde genellikle yağ yönlendirilirken, pnömatik devrelerde hava yönlendirilir. Bu durumda tek fark akışkan denebilir. Valfler, temel olarak devrede istenilen hareketleri elde edebilmek için ya havanın yönünü değiştirir ya da havanın akmasını engeller. Pnömatik devrelerde tank bulunmadığından, devrede tahliye edilen hava atmosfere verilir. Devre sembollerinin çiziminde bu çıkış R harfi ile isimlendirilir ve genel olarak valflerin R çıkışlarında susturucu bulunur [7]. Ayrıca valflerin çıkışlarına A, B olarak harf atanır. Devredeki görevlerine göre valfler üç ana grupta, basınç kontrol valfleri (BSV), akış kontrol valfleri (KV), yön kontrol valfleri (SV) olarak incelenir [8]. Valflere ait çeşitli okuma biçimleri bulunmakta ve bu çizimler belirli bir standart da olsa bile, üreticilere göre değişmektedir.

- Elektro valfler endüstriyel sistemlerde en çok kullanılan valf tipidir. Kumandaları elektrikle yönetilir. İçteki mekanizmanın konum değiştirmesini sağlayan bir röleli valf olarak düşünülebilir.

- Elektrik yokken valften normal durumuna bağlı olarak gaz bir delikten girer diğer delikten çıkar. Valf akışı sağlıyordur.
- Elektrik verdiğimiz zaman valf içindeki bobin mıknatısları valf kontaklarını kapatır ya da konum değiştirtir. Böylece gaz akışı kesilir ve çıkış deliğiyle, egzoz (tahliye) deliğinin de açılmasıyla piston ya da sistem içindeki gazlar da tahliye edilebilir.

#### 2.4 Basınç Transduserleri

Üzerlerine düşen basınçla orantılı olarak fiziki yapılarında meydana gelen değişimden dolayı basınç seviyesini ya da basınç değişimi seviyesini elektriksel işarete dönüştüren devre elemanlarına denir. Basınç sensörleri, çalışma prensibine göre dört grupta incelenebilir. Bunlar:

- Kapasitif basınç lme sensörleri
- Şekil değişikliği yapan sensörler
- Yük hücresi basınç sensörleri
- Piezoelektrik zellikli basınç lme sensörleri

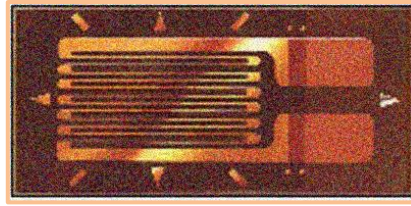
Kondansatörler bilindiği üzere elektrik enerjisini depolayan elemanlardır. Bu zellikleri kondansatör plakalarının boyutlarına, plakalar arasındaki mesafenin uzaklığına ve iki plaka arasındaki yalıtkan (dielektrik) malzemenin özelliğine bağlıdır. Sonuç olarak kondansatör plakaları birbirinden uzaklaştırılırsa ya da esnetilirse veya iki plaka arasındaki dielektrik malzeme hareket ettirilirse, kondansatörün kapasitesi değişir. Kondansatörün kapasitesi ile beraber alternatif akıma gösterdiği direnç de değişir. İşte bu prensipten hareketle kapasitif basınç sensörleri üretilmiştir. Esnek plakaya bir basınç uygulandığında basınçla orantılı olarak kondansatörün kapasitesi ve kondansatörün direnci (kapasitif reaktansı) değişecektir. Bu direnç değişimi ile orantılı olarak basınç büyüklüğünü tespit edilebilir [9]. Bahsedilen plakaların uzaklığı da kondansatörün AA direncini değiştirdiğinden bu direnç değişimi ile hareketin miktarını bulunabilir. Kapasitif prensiple çalışan sensörler basınç sensörü olarak kullanıldığı gibi yaklaşım ve pozisyon sensörü olarak da kullanılmaktadır [9]. Şekil 2.2'de esnek plakalı kapasitif sensör gösterilmiştir.





Şekil 2.2 Esnek Plakalı Kapasitif Sensör

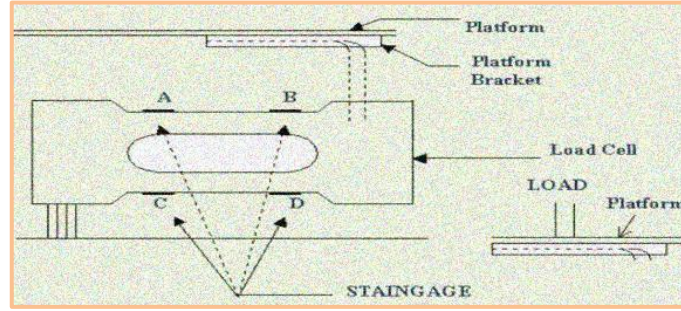
Temel olarak şekil değişikliği yapan sensörler esneyebilen bir tabaka üzerine ince bir telin veya şeridin çok kuvvetli bir yapıştırıcı ile yapıştırılmasından oluşmuştur. Üzerindeki basıncın etkisinden dolayı tabakanın esnemesi, iletken şeridin de gerilerek uzamasına sebep olmaktadır. Bu uzama esnasında telin boyu uzayarak kesiti azalacaktır. Bilindiği gibi iletkenlerin kesiti azaldıkça dirençleri artacağından uygulanan kuvvete bağlı olarak iletkenin direncinde de değişim olacaktır. Bu direnç değişimine bağlı olarak uygulanan kuvvetin miktarını tespit edilebilir. Şekil değişikliği yapan sensörleri kuvvet, ağırlık, basınç vb. fiziksel değişkenlerin ölçümlerinde kullanılırlar. Şekil 2.3'de sensörün iç yapısı görülmektedir.



Şekil 2.3 Şekil Değişikliği Yapan Sensör İç Yapısı

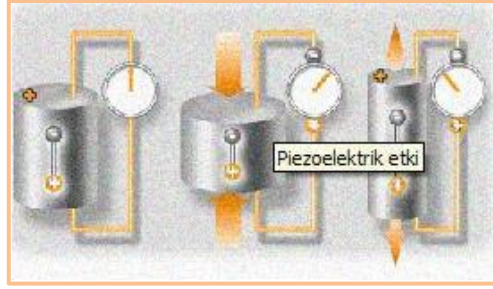
Yük hücresi daha çok elektronik terazilerin yapımında kullanılan basınç sensörüdür. Asıl çalışma prensibi şekil değişikliği yapan sensörler gibidir. Şekil değişikliği yapan sensörlerin dirençleri basınca bağlı olarak değişir. Bu değişim ile orantılı olarak da basınç miktarını tespit edilmektedir. Yük hücreleri kullanım alanlarının gerektirdiği şekilde imal edilirler. Bu yüzden çok farklı ve çeşitli modelde yük hücrelerine rastlanılır. Günümüzde 50-100 gr dan 1000 - 2000 tona kadar geniş bir kapasite aralığında yük hücresi sensörü imal edilebilmektedir. Yük hücresi basınç sensörleri, digital tartılarda, kantarlarda sıvı ve gaz basınçlarını ölçmede, kan basıncının ölçümünde vb. alanlarda kullanılır. Şekil 2.4'de Yük hücresi iç yapısı görülmektedir. Basıncın elektrik akımına dönüştürülme yollarından biri de piezoelektrik olayıdır. Piezoelektrik özellikli algılayıcılarda kuartz (quartz), roşel (rochelle) tuzu, baryum, turmalin gibi kristal yapıları maddeler

kullanılır. Piezo elektrik transdüserlerin karşılıklı iki yüzeyine basınç uygulandığında diğer iki yüzey arasında küçük bir gerilim üretilir.



Şekil 2.4 Yük Hücresi İç Yapısı

Bu özellikten faydalanılarak basınç ve titreşim gibi mekanik büyüklüklerin ölçümünde faydalanılır. Şekil 2.5'de piezoelektrik basınç sensörü gösterilmektedir.



Şekil 2.5 Piezoelektrik Basınç Sensörü

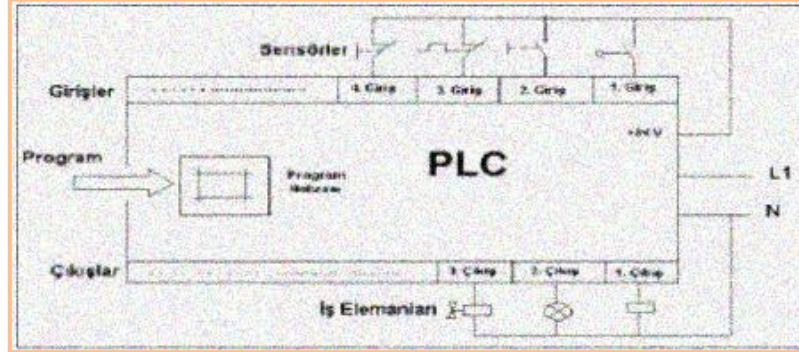
Çeşitli yapıda yapılan sensörler kullanım alanlarına göre çeşitlilik gösterirler. Bu sensörlerin kullanıldığı yerlerdeki arızayı belirleme de devrenin çalışma prensip şeması ve kullanılan sensörün niteliği önemli rol oynar. Kullanılan sensörün kontrol ettiği eleman bulunarak sensörün konumu öğrenilir. Sensörün etiket bilgilerine bakılarak katalog bilgilerine ulaşılır, böylelikle sensörün ne tip bir sensör olduğu tespit edilir. Tespiti yapılan sensör temin edilerek arıza giderilir.

## 2.5 Programlanabilir Mantık Denetleyicisi

Sistem bilgilerinin direkt olarak insan tarafından verildiği sistemlere konvansiyonel sistemler denir [10]. Otomasyon sistemi ise bilgilerin programlar yardımı ile verildiği durumlara verilen isimdir. Herhangi bir sistemi daha önceden belirlenmiş bir duruma getirme işlemine kontrol denir [10]. İnsan etkisi olmadan belli bir durumu değiştirme ya da bir durumdan başka bir duruma getirme işlemine otomatik kontrol denebilir. Bu durumlara insan müdahalesini olmadan istenilen bir işlemi gerçekleştirmeye otomasyon denmektedir.

PLC cihazları, kumanda tekniğinde gerekli olan tüm cihazları zamanlayıcılar, sayıcılar, hafıza birimlerini bünyesinde bulundurabilen, gerek programlama konsolları gerekse bilgisayarlar üzerinden program yapılabilen ve yapılan programla kontrol etmek istediğimiz otomasyon sistemini otomatik olarak kontrol eden, sayısal sistem esasına göre çalışan cihazlardır [11]. Şekil 2.6'da gösterildiği gibi PLC her bir sensörden aldığı veriyi işleyen ve gerekli elemanlara aktaran bir mikroişlemci sistemidir. Örnek olarak endüktif sensör metal cinsini algılamakta ve denetleyicinin girişine uygun gerilimi vermektedir. Verilen bu voltaj değeri PLC tarafından algılanmakta ve buna göre önceden belirlenmiş işlemler yapılmaktadır. Denetleyici çıkışından alınan bu gerilim değeri sayesinde kontaktörler yardımı ile bir cisim itilebilir, silindirler yardımı ile gerekli iş yapılabilir, elektro valfler açılıp kapatılabilir ve lambalar çalıştırılabilir.

PLC içerisinde birçok röle bulunmaktadır. Bunlar dahili veya zaman röleleri olarak ayrılır. Farklı işler için kullanılan çok sayıda PLC bulunmaktadır. Bunların her biri işe özelleşmiş olduğundan her tip marka ve model için farklı kullanım koşulları gerektirmektedir.



Şekil 2.6 PLC Genel Blok Şeması

PLC icat edilmeden önce kontrol sistemleri röle ile yapılmaktaydı. Röleli kontrol, aşağıda açıklanan çeşitli kusurlara sahiptir.

- Kontak kusuru
- Kontak aşınması
- Birçok röleyi eklemek ve kablolamak yönünden çok zor bir görev
- Kontrol edilen işin içeriğini değiştirmek çok karışık ve zordur.

Bu kusurlarından ötürü PLC cihazının önemi artmıştır. Ayrıca PLC cihazını uzaktan kontrol imkânı mevcuttur. Yani internet üzerinden PLC cihazlı kontrol

sistemini kumanda etmek mümkündür. Aynı yerlerde fabrikası bulunan tesisin kontrol sisteminin haberleşmesini PLC cihazı ile yapmak mümkündür. Bu yüzden günümüzde otomasyon kontrol sistemlerinde PLC kullanımı hızla artmaktadır. PLC nin kullanım alanlarından başlıca şunlardır.

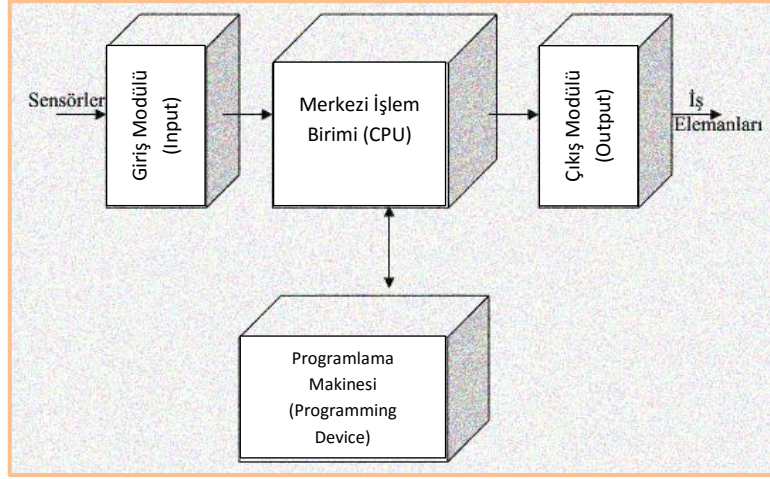
- Fabrikalarda otomasyon
- Asansör tesisatları
- Otomatik paketleme
- Enerji dağıtım sistemleri
- Taşıma bandı sistemleri
- Doldurma sistemleri
- Otomobil endüstri sistemleri

PLC; elektronik röle, zaman rölesi, sayıcı ve iç bağlantıları ile birlikte entegre bir sistemden meydana gelmiştir. Röle sisteminde, kumanda elemanları paralel olarak ve aynı zamanda bir çalışma şekli ortaya koyabilirler. PLC’de ise çalışma sırası program sırasına göredir (çevrimli, dönüşümlü çalışma). Röle sisteminde kullanılan kontak sayısı sınırlıdır. Oysa PLC’de kullanılan elemanların kontak sayıları istenilen (sonsuz) sayıda olabilir. Bir entegre sistemde sistemin çalışma şekli değiştirilmek istendiğinde röleli sistemde çeşitli montaj değişiklikleri ve yeni masraflar gerekmektedir. Oysa PLC’de böyle yeni montaj değişikliklerine ve masraflara gerek yoktur. PLC ile devre tasarımları röleli sistemlere göre daha kolay, çabuk ve daha az masraflı yapılabilmektedir. Bunun yanı sıra arıza, bakım, devre takibi daha kolay ve hızlıdır.

Röle sistemi ile yapılan kumanda ve kontrol sistemlerinde çok karışık ara kumanda bağlantıları bulunmaktadır. Bu nedenle arıza bulmak güçtür. PLC ile yapılan kontrol sistemlerinde ise ara kumanda bağlantıları çok azdır. Çünkü gerekli bağlantılar PLC içerisinde PLC tarafından yapılmaktadır. PLC’ler röle sistemlerine göre daha güvenlidir, düşük güç tüketimi sağlar ve uzaktan kontrol imkânı hızlı ve daha az karmaşıktır.

PLC, genel olarak Şekil 2.7’de gösterildiği gibi 3 ana bölüme ayrılmıştır.

- Merkezi işlem birimi : Central Processing Unit (CPU)
- Giriş/çıkış bölümü :The Input/Output (I/O) Section
- Programlama makinesi : The Programming Device



Şekil 2.7 PLC Genel Yapısını Gösteren Şema

Programlanabilir mantık denetleyicinin beyni merkezi işlem birimidir (CPU). CPU kumanda edilen sistemin sadece mantık yazılımının kaydedildiği kartlardır. Bu kartlar aynı zamanda yazılımın işlendiği noktalar. Programlama cihazının program hafızası ile bağlantı kurabilmesi için ara yüz (interface) gerekmektedir. Markası aynı olmak koşulu ile bazı PLC'lerde başka gruplarla ortak çalışma sağlanabilmesi için özel ara yüzler bulunmaktadır. Bunların birbirleri ile haberleşmeleri için ise özel protokoller mevcuttur. Gerekli işlemin istenildiği gibi yapılabilmesi için merkezi işlem biriminin işlem hızı, hafıza kapasitesi ve işlemciye ait diğer bilgilerin gereken iş için yeterli olması gerekmektedir. Bu gereklilik iş için istenen işlemci minimum değerlerinin üstünde olmalı ve iş başlangıcında kontrol edilmelidir.

Cihaz için yazılacak kodu bünyesinde bulunduran hafıza birimleri bulunmaktadır. Bu birimler değişik biçimlerde saklanabilir. Bu hafıza birimleri ram, rom, eprom, eeprom hafızası gibi hafızalardır [11]. Ram hafıza hem yazılıp hem okunabilen geçici hafıza birimidir. PLC'de giriş/çıkış birimleri ile ilgili bilgilerin saklandığı belleklerdir. Rom hafıza, sadece okunabilen kalıcı hafızalardır. PLC'de komut bilgileri ve sabitler romlara yüklenir. Eprom hafıza silinebilir, programlanabilir hafıza türüdür. PLC cihazlarında yazılmış olan programlar önce eprom hafızada saklanır, buradan CPU'ya gönderilir. Eeprom hafıza elektriksel olarak silinip yazılabilen hafızalardır. PLC'de programlama cihazı veya bilgisayar ile yapılan program bu hafızada saklanır [12]. Bu hafızaya program hafızası denir [12]. Programlama makinasına uygun olarak iş için kullanılacak PLC'ye özgü operatör panelleri bulunmaktadır. Bilgisayarın olmadığı sistemler için PLC üzerinden



yapılan işlemlerde operatör panelleri gerekmektedir. Bu paneller üreticilere özgüdür ve her model için farklılık gösterebilir. Şebeke gerilimi 110 V veya 220 V alternatif akıma göre ya da 24 V doğru akıma göre çalışan güç üniteleri bulunmaktadır. Bu güç üniteleri sayesinde cihaz içerisindeki elektronik devreye güç sağlanır. Giriş çıkış kartları hariç programlanabilir mantık denetleyici için tüm güç gereksinimi bu şekilde sağlanır.

PLC'nin giriş bilgileri, kontrol edilen ortamdan veya makineden gelir. Gelen bu bilgiler içinde PLC var ya da yok şeklinde değerlendirilmeye tabi tutulan sinyaller sistemin dijital girişlerini oluşturur [12]. Saha ölçümlerinden gelen veriler sensörler yardımı ile cihaz girişine gelmektedir. Program çerçevesinde işlenmesi gereken veri geldiğinde PLC ilgili girişi 0 değerinden 1 değerine atar. Bu sayede sistem sensörün okuduğu değerden haberdar olur. PLC içerisinde gelen veriler 0-1 sinyallerine dönüşmekte ve bu şekilde algılanmaktadır.

PLC'nin girişine gelen sinyaller;

- basınç şalterlerinden,
- sınır şalterlerinden,
- yaklaşım şalterlerinden,
- herhangi bir röle, kontaktör ya da otomatın yardımcı kontağından

gelebilir. Merkezi işlemci birimi ise PLC için göz, kulak veya dil olarak tanımlanabilir. I/O yani giriş çıkış birimleri giriş rölesi ile çıkış rölesinden oluşur. Bunlara birimde denmektedir. Giriş rölesi, sensörler tarafından verilen komutları içindeki elektronik röleler vasıtasıyla merkezi işlemci birimine gönderir [12].

## 2.6 PLC Programlama

Bilgisayar programları yaptıkları işleri, sırasıyla ve birbiri ardınca test edebilen belli mantık işlemlerine göre yerine getirirler. Fakat PLC'ler için durum biraz daha farklıdır. PLC programı devamlı bir çevrim halindedir. Bütün komutlar sırasıyla işletilir ve yine başa dönlür. PLC programının tamamı bilgisayar dillerinde döngü adı verilen kısımlar gibidir. PLC programı yüksek seviyeli programlama dillerinde While/Wend komutları arasında yazılmış program parçalarına benzer şekilde çalıştırılır [13]. Fakat PLC programının işlem tarzı itibariyle, biraz farkı vardır. PLC'de program aynı anda birkaç olayı gerçekleştirir. Dolayısıyla birbirinden bağımsız olayların ve dolayısıyla komutların aynı anda işletilmesi, yani bir olay

bitmeden diğere başlanması gerekir. Bu iş için en ideal işleyiş tarzı, bir döngü içine bütün komutları yazmak ve döngüyü de bütün olayların en iyi şekilde kontrolü için döngüyü mümkün olan en yüksek hızda çalıştırmaktır. PLC bir işlemi sürekli yapar. Bu işlemlerin döngüsel icrasına tarama adı verilir [13].

PLC'lerde, bilgisayarlarda olduğu gibi bir işlemi bitirip başka bir işleme geçmek mantıklı değildir. PLC sistemlerinde ise işlemin tamamlanması önemli değildir, program baştan sona saniyede binlerce kez iletilir. Programda komutlar, yapılması gerekiyorsa, yani önlerindeki mantıksal işlemin sonucu izin veriyorsa işletilir. Böylelikle aynı anda birbirinden bağımsız olarak hem A kapısı açılıyor hem de B vanası kapatılıyor ve bu sırada yazıcıya bilgi yollanıyor olabilir.

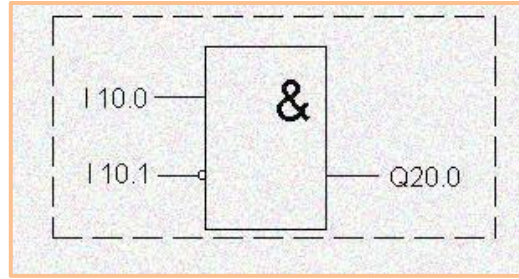
Bir makinanın, bir fabrikanın ya da her hangi bir prosesin gerçekleştirilmesi sırasında aynı anda birçok olay meydana gelir ve bunların bir sıra halinde olması gerekmez. Dolayısıyla normal bilgisayar programlarıyla bu gibi bir proses kontrol edilemez. Fakat bir PLC için aynı anda gerçekleşen birçok olayı kumanda etmek hiç sorun değildir. Kumanda işlemlerine yönelik birçok komutu da fazladan ihtiva etmesi sebebiyle, PLC ile bu tip programları yazmak ve çalıştırmak kolaydır. CPU'yu programlayabilmek için LAD (merdiven diyagramı) ve STL (program listesi) gibi çeşitli diller kullanılabilir.

SIMATIC CPU'ların programlanmasında STEP7 adlı programlama paketi kullanılır. Bu paket basit mantık kurma fonksiyonlardan, kullanıcı programı tarafından çağrılacak kompleks sistem fonksiyonlarına kadar birçok özelliği içerir. STEP7 ile programlama yapılırken, programlayıcı, mesleki kökenine göre sunulan imkanlardan birini seçerek kendine en uygun programlama ortamını yaratabilir. SIMATIC programı, merdiven mantığı (Ladder Diagram (LAD)), lojik kapı mantığı (Control System Flowchart (CSF)) veya komut listesi (Statement List (STL)) olarak hazırlanabilir. Bu gösterimler DIN 19239 standardına göre hazırlanmıştır.

Üç program gösterimi arasındaki farklar özellikle binary operasyonlarda göze çarpmaktadır. Yazılan program çok özel komutlar içermediği sürece bir gösterimden diğere kolaylıkla dönüştürülebilir. Ayrıca bu programlama imkanları içinde kapasite farklılığı vardır. Sözelimi lad ile gerçekleştirilemeyen bazı fonksiyonlar csf ile, csf ile gerçekleştirilemeyen bazı fonksiyonlar da stl ile gerçekleştirilebilir. STEP7 programlama dilinde lojik operasyona tabi tutulacak

sinyaller adreslenirken öncelikle adresin yer aldığı byte yazılır. Byte ve bit numarası nokta ile ayrılır. Örnek olarak 19. byte içinde ilk bit kastediliyor ise bu adres "19.0" olarak yazılmalıdır. Bu adresin giriş mi yoksa çıkış mı olduğu ise bu adresin önüne yazılan harf ile belirtilir. Yazılmak istenen adres çıkış ise, İngilizce versiyonda "Q19.0" olarak yazılır [13]. Misal olarak bir girişin olup diğerinin olmadığı (10.0 var, 10.1 yoksa, çıkış 20.0 verilsin) bir VE fonksiyonu gerçekleştirilmek isteniyor olsun. Bu fonksiyonu yerine getiren program 3 ayrı gösterimde şu şekilde gösterilir.

Yazılan programın csf ile gösteriminde kullanıcı programını kutucuklar olarak görmektedir. Bir lojik kilitleme en az bir kilitleme kutucuğu ve bir sonuç kutucuğundan oluşmaktadır. Her kilitleme başlı başına bir birimdir ve STEP7 yazılımında segment olarak tabir edilen bir birimi kapsar. Şekil 2.8'de kapı gösterimi verilmiştir.



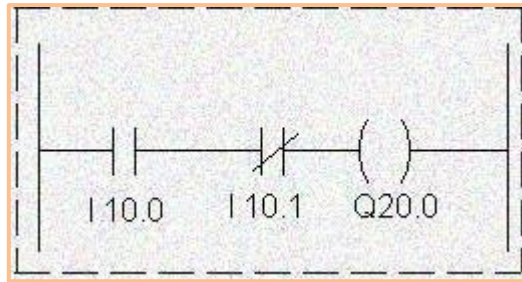
Şekil 2.8 PLC'de Mantık Kapı Gösterimi

Yapılacak olan lojik işlemin yerine getirilmesi gereken şartları, kilitleme kutucuğunun sol tarafında yer alırlar. Burada operasyona giren sinyal var olmasına göre sorgulanacak ise düz bir çizgi ile var olmamasına göre sorgulanacak ise, düz çizgi ve bir çember ile gösterilir. Kutucukların sağ tarafında yapılan lojik işlemin sonucu yer alır ve bu sonuç "=" işaretiyle gösterilir. Teorik olarak birçok "ve" ya da "veya" kapısı yazılabilir. Bunun sınırı kullanıcı hafızası ile ilgilidir. Bu program modunda yapılan lojik kilitlemeler her segment için sadece bir sonuca bağlanabilmektedir. Csf modunda STEP7 komutlarının tamamı gösterilmemektedir. Bu fonksiyonların gösterilebilmesi için STL moduna geçilmelidir. Eğer program grafik olarak gösterilemeyen komutlar içeriyorsa, ekrana getirilmesinde ilgili segment otomatik olarak STL modunda gösterilir.

Program lad modunda yazılacak ya da izlenecek ise, binary kilitlemeler kontak sembollerinin ard arda yada alt alta sıralanması şeklinde yapılır. Operasyona tabi

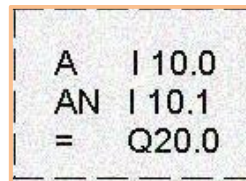


tutulacak sinyaller köşeli parantezler olarak resmedilirler. Sinyal lojik 1 seviyesine göre sorulacak ise köşeli parantez içerisi boş halde, lojik 0 seviyesine göre sorulacak ise köşeli parantez içerisine “/ “ şekli ile gösterilir. Sorgulama sonucu, bir akım yolu hattı gibi resmedilen lojik kilitlemenin sağ tarafına eklenen parantez ile gösterilen bobindir. Kilitlenme şartları sağlandığında bu bobinin enerjilendiği düşünülebilir. Kontaklar normalde açık ve normalde kapalı kontak olarak kilitleme şartları meydana getirilebilir. Grafik olarak gösterilemeyen komutlar csf’de olduğu gibi otomatik olarak stl’e geçilerek ekrana getirilir. Şekil 2.9’da kontak gösterim planı bulunmaktadır.



Şekil 2.9 Kontak Gösterim Planı

Bir diğer programlama cinsi olan stl modunda, yerine getirilmesi istenen lojik fonksiyonun şartları ve sonuçları ve hatırlatıcı komut listesi (mnemonic) olarak hazırlanmaktadır. Mnemonic komutlar iki kısımdan oluşur. Birinci kısım operasyon kısmıdır ve prosesörün bu komutla ne yapması gerektiğini belirler. İkinci kısım ise operand kısmıdır. Bu kısımda da operasyon kısmında ki işlemin hangi sinyale uygulanacağı belirlenir. Hatırlatıcı (Mnemonic) komutlar prosesör tarafından ekranda görüldüğü haliyle yukarıdan aşağıya doğru ilerlemekte ve her lojik şart sırası geldiğinde sorgulanmaktadır. Hatırlatıcı her bir komut program belleğinde var olan hazır komutlardır. Bu programlama / izleme modunda meydana getirilen her sonucun tek tek segmentlere yerleştirilmesine gerek yoktur. Bir segment içinde birden fazla lojik işlem gerçekleştirilebilir. Bu modda lojik 0 sorgulaması yapılacaksa komutun arkasına “N” not harfi eklenir. Şekil 2.10’da komut listesi gösterimi verilmiştir.

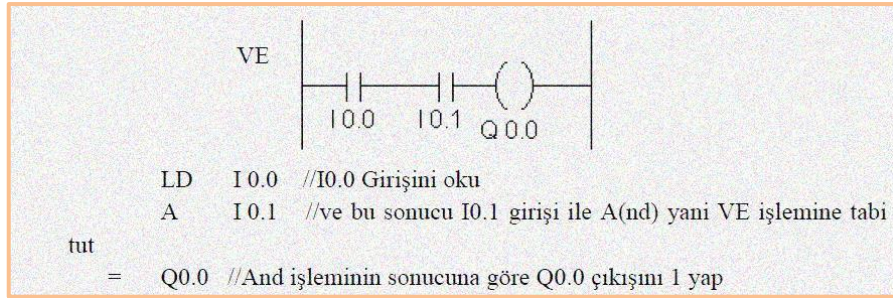


Şekil 2.10 Komut Listesi Gösterimi

Genel olarak, bir kumanda devresi tasarımı için temel lojik işlem komutları yeterlidir ve bu komutlara zamanlayıcı komutları da eklendiğinde bütün kontaklı kumanda devreleri gerçekleştirilebilir. Herhangi bir kontaklı kumanda devresi bir lojik fonksiyon ile ifade edilebilir.

- Seri bağlantı işlemi

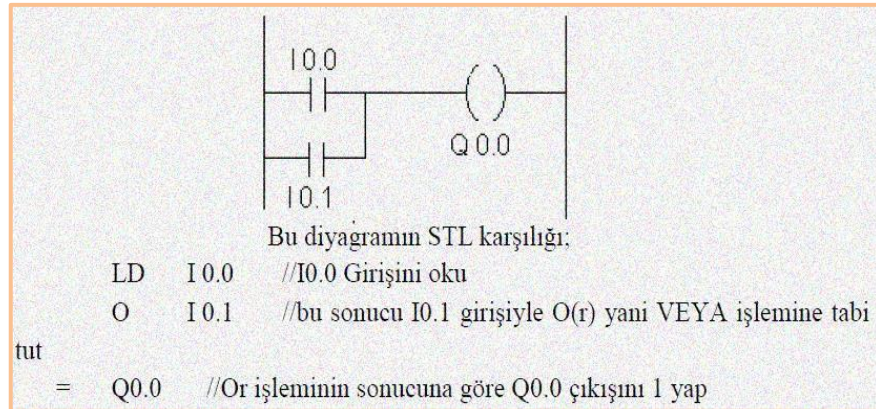
Bu örnekte yapılan iş, I0.0 olarak adlandırılan girişten gelen sinyalin değeri ile I0.1 girişinden gelen sinyalin değerinin mantıksal ve işleminden geçirilmesidir. Ayrıca normalde açık kontak için seri bağlantı komutudur. Şekil 2.11'de verilmiştir.



Şekil 2.11 Seri Bağlantı İşlemi

- Paralel bağlantı işlemi

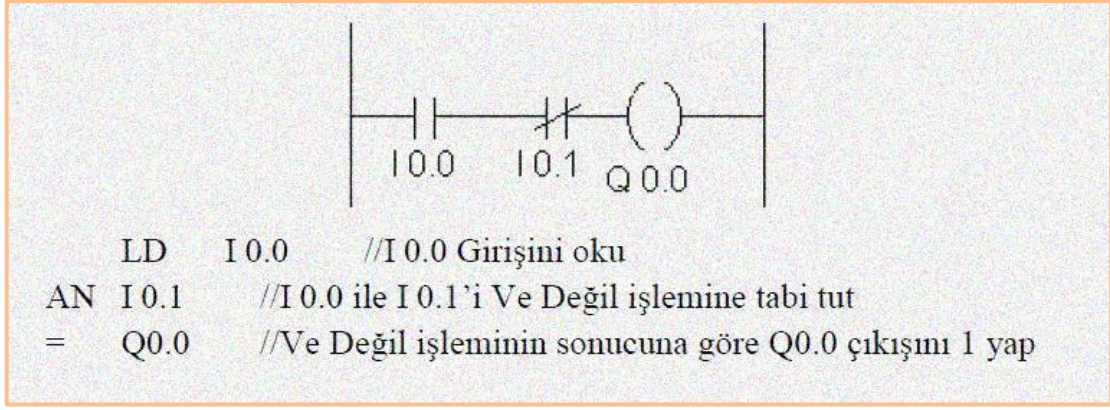
Bu örnekte I0.0 girişi ile I0.1 girişinin mantıksal veya işleminden geçirilmesidir. Normalde açık kontaklar için paralel bağlantı komutudur. Şekil 2.12'de verilmiştir.



Şekil 2.12 Paralel Bağlantı İşlemi

- Seri bağlantının tersi işlemi

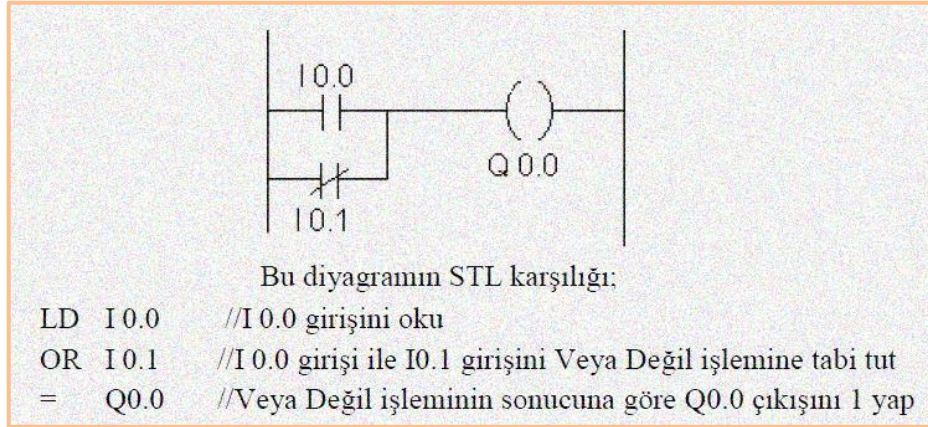
Normalde kapalı kontaklar için paralel bağlantı komutudur. Şekil 2.13'de verilmiştir.



Şekil 2.13 Seri Bağlantının Tersİ İşlemi

- Paralel bağlantının tersi işlemi

Normalde kapalı kontaklar için paralel bağlantı komutudur. Şekil 2.14'de verilmiştir.



Şekil 2.14 Paralel Bağlantının Tersİ İşlemi

Programlamada dikkat edilecek hususlar:

- PLC kumanda devresinde sinyal akışı soldan sağa doğrudur.
- Elemanların hiçbirisinin dağıtım hattına direkt olarak bağlantı yapılamaz. Herhangi bir röle bobininden sonra kontak bağlantısı yapılamaz. Eğer gerekli ise bu kontakın röle bobininden önceye alınması gerekir.
- İki veya daha fazla röle bobini paralel bağlanabilir.
- Kontak ve bobin numaraları PLC'ye ait kullanma kılavuzundan öğrenilmelidir.

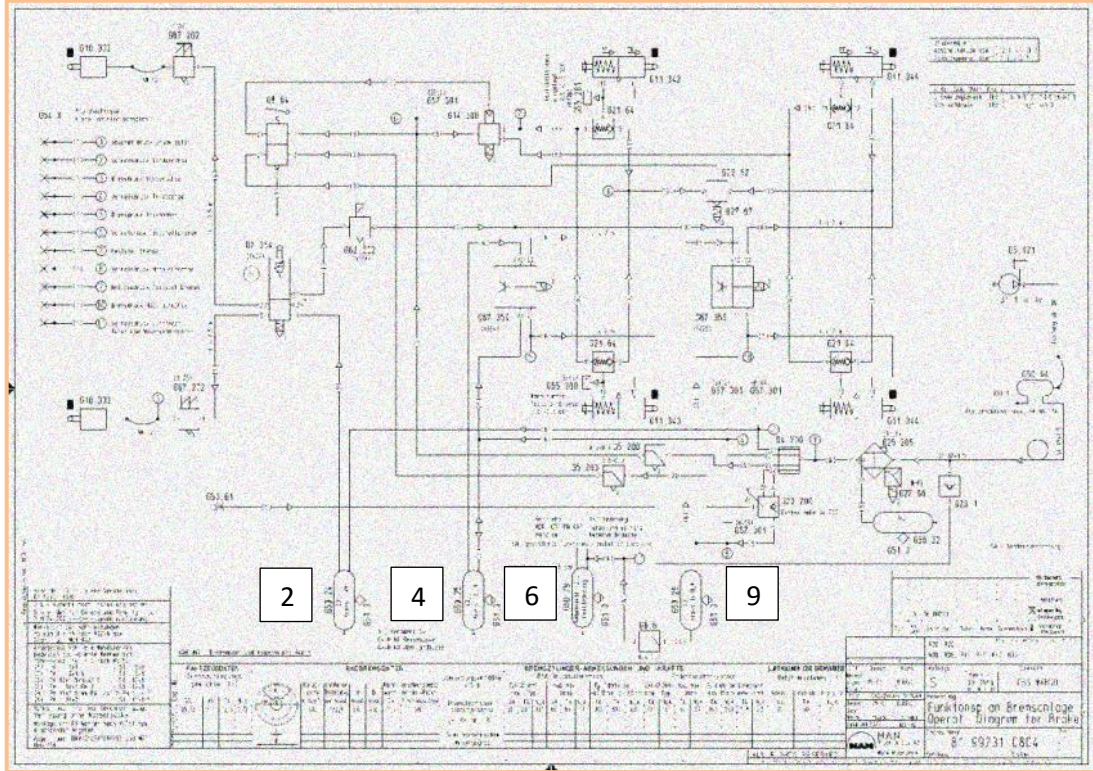


### 3 KALİTE KONTROL CİHAZI PARAMETRELERİ

#### 3.1 Referans Değerlerin Belirlenmesi

Bu bölüm kapsamında cihazın test aşamalarında gereken tüm parametrelerin belirlenmesi çalışmaları yapılmıştır. Parametreler arasında test sırasındaki basınç düşüşü, dengeleme süresinin belirlenmesi ve her araç tipinin test sonuçları ile karşılaştırılabilmesi için referans değerlerinin ölçümü bulunmaktadır.

Şekil 3.1'de 11 pnömatik hatta sahip uç akslı aracın pnömatik hat çizimi verilmiştir. Burada en önemli noktalar 2, 4, 6, 9 olarak belirlenmiştir. Bu noktalar araç fren devresine aittir ve gerektiğinde birlikte çalışmaktadırlar. Diğer tüm hatların çalışma biçimleri birbirinden bağımsızdır. Şekilde numaralandırılmış noktalarda bulunan hatların benzerliği vurgulanmak için verilmiştir.



Şekil 3.1 Araç Pnömatik Bağlantı Şeması

Her tip aracın kendi pnömatik sistemi içerisinde üretim şekline ve tasarımına göre belirli çalışma basınçları bulunmaktadır. Bu değerlerin üst ve alt sınırları bulunmakla birlikte, her bir nokta için değerler farklılık gösterebilmektedir. Üretilen ölçüm cihazı 14 adet noktaya kadar ölçüm yapabilmektedir. Üretim tesisi içerisinde bulunan tüm araçlarda en fazla 11 adet hat bulunmaktadır. Tüm araç tiplerinde kullanılan pnömatik hatlar benzerlik göstermekte ve iki ana araç tipine

ayrılmaktadır. Pnömatik hatlar iki veya üç akslı olarak ayrılan araç tiplerinde değiştiğinden, ölçümlerde araçlar iki veya üç aksı olarak ayrılmıştır. İki akslı tip araçlarda 9 adet hat bulunurken, üç akslı araçlarda 11 adet hat bulunmaktadır.

İlk dokuz hat tüm araçlar için aynı olmakla birlikte elde edilen referans değerlerinin de aynı olduğu gözlemlenmiştir. Cihaz ölçümü aşamasından önce alt ve üst sınırlarının belirlenebilmesi için, araç pnömatik hat çalışma basınçları tasarım biriminden elde edilmiştir. Tasarlanan hat basınçlarının doğru olup olmadığının el tipi ölçüm cihazları yardımı ile yapılan çalışmada belirlenmiştir. Burada üç akslı araç pnömatik sisteminin her noktası için olması gereken çalışma basınçları Çizelge 3.1'de verilmiştir. Bu değerler cihaz için referans değerleri olarak belirlenmiştir.

Çizelge 3.1 Üç Akslı Araç Referans Değerleri

Hat	Kontrol Özellikleri	Kontrol Şekli	Min [bar]	Max [bar]
01	Basınç Regülatörü Kapama Basıncı Kontrolü	Basınçlandırılmış iken	12,3	12,7
02	Fren Devresi I. Tüp Basınç Kontrolü	Basınçlandırılmış iken	12,3	12,7
03	Ön Aks Freni Kontrolü	Fren Basılı iken	10,0	12,5
04	Fren Devresi II. Tüp Basınç Kontrolü	Basınçlandırılmış iken	12,3	12,7
05	Arka Aks Freni Kontrolü	Fren Basılı iken	10,0	12,5
06	El Freni Basınç Kontrolü	Basınçlandırılmış iken	8,0	8,3
07	El Freni Kontrolü	El Freni Boşta iken	8,0	8,3
08	Ön aks ağırlık tüpü basıncı (Yardımcı Donanımlar)	Basınçlandırılmış iken	12,3	12,7
09	İmdat Çözme Basıncı Kontrolü	El Freni Boşta iken	7,0	7,3
10	Tahrikli aks fren devresi	Fren Basılı iken	10,0	12,7
11	Kapı ve yardımcı ihtiyaçlar basınç kontrolü	Basınçlandırılmış iken	12,3	12,7

İki akslı araçlar için ise verilmiş ilk dokuz hat çalışma basınçları aynıdır. Burada unutulmaması gereken nokta, her hattın çalışma basınçlarının bu sınırlar içerisinde bulunması gerekliliğidir. Eğer bu hatlardan her hangi biri istenen basınç değerinde çalışmıyor ise test sonucu başarısız olarak nitelendirilmelidir. Bu durumdan ayrılan tek koşul fren devre hattının verilmiş dört noktasıdır. Bu hatlarda her hangi bir arıza durumunda basınç değerleri hiçbir zaman 5 bar değerinin altında olmamalıdır. Güvenlik gerekçesiyle alınmış bu önlem Bölüm 4'de açıklanmış yönetmelik kapsamında belirlenmiştir. Araç içi referans değerlerinin belirlenmesi için el tipi manometreler ile yapılan ölçümler her nokta için beşer kez

tekrarlanmış ve tasarım değerleri ile karşılaştırılmıştır fakat bu tip ölçüm yapılması hassas olmadığından ölçüm cihazı geliştirilmiştir. Burada her noktadan tek tek ölçüm yapılması çok uzun sürmektedir. Cihaz bu durumundan dolayı doğacak sonuçların da önüne geçebilmektedir. Fren devre hattının referans değerleri belirlenmiş olsa da el tipi manometreler yardımı ile dört hattın birbiri ile nasıl değiştiğinin gözlemlenmesi yapılamamıştır. Cihazın her noktadan aynı anda değer okuyabilmesi, bu hatların birbirlerini nasıl etkilediğinin gözleminin de yapılabilmesini sağlamaktadır. Fren devri testi aşaması Bölüm 5'de anlatılmış olup birbirleri arasındaki etkileşim detaylandırılmıştır. Çizelge 3.2'de iki akslı araçların pnömatik hatlarının referans değerleri verilmiştir. Bu referans değerler yukarıda anlatılan şekilde yapılmıştır. Diğer tip araçlar için ise yazılım içerisine, o araca ait referans değerlerin eklenebilmesi için bir fonksiyon mevcuttur. Ekleme işlemi içerisinde araç içi üst ve alt limitler girildikten sonra test aşamaları bu değerlere göre yapılmaktadır. Burada değerlendirme sonuçları için yine eklenebilecek referans değerleri dikkate alınır. Bu, üretim tesisindeki araç pnömatik hatları ikiye ayrılrsa da başka tip araç üretimi ya da cihazın başka bir tesiste kullanılabilmesi için ileriye dönük bir çalışmadır.

Çizelge 3.2 İki Akslı Araç Referans Değerleri

Hat	Kontrol Özellikleri:	Kontrol Şekli:	Min [bar]	Max [bar]
01	Basınç Regülatörü Kapama Basıncı Kontrolü	Basınçlandırılmış iken	12,3	12,7
02	Fren Devresi I. Tüp Basınç Kontrolü	Basınçlandırılmış iken	12,3	12,7
03	Ön Aks Freni Kontrolü	Fren Basılı iken	10,0	12,5
04	Fren Devresi II. Tüp Basınç Kontrolü	Basınçlandırılmış iken	12,3	12,7
05	Arka Aks Freni Kontrolü	Fren Basılı iken	10,0	12,5
06	EI Freni Basınç Kontrolü	Basınçlandırılmış iken	8,0	8,3
07	EI Freni Kontrolü	EI Freni Boşta iken	8,0	8,3
08	Ön aks ağırlık tüpü basıncı (Yardımcı Donanımlar)	Basınçlandırılmış iken	12,3	12,7
09	İmdat Çözme Basıncı Kontrolü	EI Freni Boşta iken	7,0	7,3

### 3.2 Basınç Düşüşünün Belirlenmesi

Basınç düşüşünün belirlenmesi deneysel bir çalışmanın ürünüdür. Burada cihaz üretiminden önce el tipi cihazlar yardımı ile araç içi pnömatik hacmi en fazla olan tipte yapılan ölçümlerde 10 dakikalık değişimin en fazla 0,05 bar olduğu görülmüştür. Belirleme aşamasında aracın her hattına ayrı ayrı bağlanan ölçüm

cihazı, sanal bir basınç düşüşü yaratılırken nasıl davrandığı incelenmiştir. Yapılan ölçümler Çizelge 3.3'de verilmiştir. Her hat için yapılan ölçümlerin ortalama değerleri aşağıda gösterilmiş olup bu değerler ışığında yönetmeliğin araçlardan ne beklediği araştırılmıştır. Burada hatların ne işleve yaradığından bağımsız olarak her hat için aynı koşul sağlanmalıdır. Basınç düşüşünün 10 dakikada 0,1 bar'ı geçmemesi gerekmektedir. Bu kapsamda cihaz yazılımının yönetmeliğe uyması için 0,1 bar'lık değişimi ortaya koymalıdır. Cihaz üretiminden sonra yapılan çalışmalarda ise bu değer doğru olarak seçildiği ortaya konulmuştur. Cihaz her 0,05 bar'lık değişimi algılayabildiğinden 10 dakikalık teste 0,1 bar'lık değişimi gözlemleyebilir.

Çizelge 3.3 Basınç Düşüşü Karşılaştırması

Hat	Test Sayısı	El Tipi Cihaz Ortalaması [bar]	Otomasyon Cihazı Ortalaması [bar]
01	5	0	0,05
02	10	0,1	0,05
03	5	0,1	0,05
04	10	0,1	0,1
05	5	0,1	0,05
06	10	0	0,05
07	5	0	0,05
08	10	0,1	0,1
09	10	0	0,05
10	5	0	0,05
11	5	0	0,05

Burada görüldüğü gibi hassasiyeti daha fazla olan otomasyon cihazında yapılan ölçümler el tipi ile aynı değildir. Eski yöntemlerle yapılan test şekilleri bu düşüşlerin yanlış değerlendirilmesine yol açmaktadır. Örneğin 9. hatta değişim yönetmelik kapsamına sınır değerde uymaktadır. Daha önceki çalışmalarda bu değer 0 bar olduğu sanılmakta idi. Basınç düşüşü üretim şekline göre değişebileceğinden her tip araçta farklı gözlemlenebilmektedir. Burada gösterilmek istenen aradaki farkın yönetmelik kapsamında araç üretildiğine inanılmasına yol açabilecek olmasıdır. Aracı satın alan kurum bu tip bir ölçüm yaptığında bu değerlerin farklı olduğunu gördüğünden hukuki yaptırımlara başvurabilir. Cihaz ile birlikte bu değişimin sadece yönetmelik kapsamında olup olmadığının değerlendirilebilmesi için yazılım içi tüm işlemlerde bu değer 0,1 bar olarak alınmıştır. Değişim fonksiyonu 0,05 bar değişimini 10 dakikada iki kere tekrarlarsa test başarısız sayılır. El tipi ölçüm

cihazları ile bunun takibi mümkün değildir. Bazı hatlarda düşüşün olamaması durumu ise araç çalışma prensiplerine aykırıdır.

### 3.3 Basınç Dengeleme Süresinin Belirlenmesi

Ölçümlerin dinamik olarak alınabilmesine karşın, yapılan ölçümlerin test süresinin başındaki ve sonundaki değerlerin önemli olması otomasyon cihazının bu testleri statik olarak değerlendirmesi gerekmektedir. Yani her 3000 ms de bir ölçüm yapılması sadece cihazın basınç düşüşünün ne kadar değiştiğini anlamamız içindir. Test sonunda okunan değerlerin referans değerlerin arasında olup olmayacağı bizi ilgilendirmektedir. Bu kapsamda cihaz statik olarak ölçüm yapmaktadır. Araç içi pnömatik hat veya cihaz içi pnömatik hat basınçlandırılırken basınç değişimindeki ani değişimlerin test sonucunun etkilememesi için ölçümlerin basınç dengelenmiş halde başlayıp, bitirilmesi gerekir. Bu durumda basınç dengelemesini beklemek için geçecek süre yine deneysel yöntemle belirlenmiştir. Bunun için araç ve cihaz basınçlandırılmış ve hat bağlantı noktası serbest bırakılmıştır. Yapılan on adet gözlemsel deneyde bu hatların ortalama 10 saniyede boşaldığı görülmüştür. Fren devresi hatlarında ise bu süre 15 saniyedir. Bu sürelerin belirlenmesinde hassasiyet önemli olmadığından gözlemler kronometre ile yapılmıştır. Zaman üst sınırının 15 saniyede kalması tüm tip araçlar için aynıdır. Bu durumda cihazın yazılımının basınç ölçümlerine geçebilmesi için geçen sürenin 1 dakika olarak belirlenmesine yol açmıştır. Bu süre aracı statik olarak ani değişimlerden bağımsız bir biçimde ölçmek için yeterlidir. Çizelge 3.4'de elde edilen dengeleme süreleri gösterilmiştir.

Çizelge 3.4 Dengeleme Süresi Testi

Hat	Test Sayısı	Kronometre İle Ölçülen Süre Ortalaması [Saniye]
01	5	8
02	10	12
03	5	8
04	10	12
05	5	8
06	10	8
07	5	8
08	10	12
09	10	12
10	5	8
11	5	8



Hava sızdırmazlık testi aşamasında araç basınçlandırılmış olsun olmasın test aşamasına geçmek için 1 dakika beklenmektedir. Burada ani bir değişim gözlemlenirse test başarısız sayılır. Fren devresi test aşamasında ise seçilen bir hat valf yardımı ile boşaltıldığından burada bekleme süresine ihtiyaç yoktur. Zaten hat üzerindeki basıncın sıfırlanması istendiğinden, bu sürecin takibi önemsizdir. Önemli olan bu süre sonucu okunan diğer hat değerleridir. Araç içi pnömatik hattın 152 litreyi (Araç Pnömatik hattı ve Cihaz pnömatik hattı toplam hacmi) aşmadığı bilindiğinden 1 dakika olarak belirlenen dengeleme süresi, araç tipi değiştiğinde tekrar değerlendirilmeli ve yazılım ara yüzü yardımı ile cihaza bildirilmelidir. Diğer tip araçlar ölçülmek isterse seçeneklerde diğer tip seçildiğinde referans değerlere ek olarak yazılım kullanıcıdan dengeleme süresini belirlemesini istemektedir. Dengeleme süresini test 2 aşamasının her hangi bir adımı ile yapabilmek mümkündür. Burada bir hat üzerinde basınç değeri sıfırlanınca çıktı olarak kaydedilen dosyalarda test süresi yazmaktadır. Bu süre diğer tipler için kullanılabilir ve kronometre ile yapılan ölçümlerden daha hassastır. Dengeleme süresi belirlenmesi, cihazın basınç düşüş miktarlarını algılayabilmesi için kritik bir konudur. Bu parametreler kapsamında test ölçüm sonuçları Bölüm 6'da karşılaştırılmış ve değerlendirilmiştir. Bu bölümde yapılan test sonuçları araç, otomasyon cihazı ile ilk defa çalışacağı zaman için önemlidir. Bu değerler istenirse değiştirilebilir.

### **3.4 Valf Seçimi**

Cihaz için seçilen valflerin üzerlerindeki basınç yükünü taşıyabilmesi için oluşan basınç değerlerinde çalışabilecek sabit güç hiperbollerini bulunmaktadır. Burada bu hiperboller yardımı ile valfi üreten tesise özel valf karakteristik eğrilerinden işe uygun bir valf seçilmelidir. Piyasada bulunun her 2/2 valf aynı şekilde çalışmadığından, özellikle fren devre hattı test aşamasında bu valflerin seçimi büyük önem kazanmaktadır. Eğer yazılım elektro pnömatik valfe sinyal gönderdiğinde, valf açılırken valf dolayısı ile bir basınç kaybı meydana gelirse bu test aşamalarının hepsini olumsuz etkileyecektir.

Herhangi bir yükü sürmek için sistem seçerken öncelikle yükün özelliklerinin yeterince ayrıntılı olarak belirlenmesi gerekir. Sürücü seçimi yapılmadan önce yükün hangi hızda çalışacağı, bu hızlarda ne kadar kuvvet veya moment uygulanması gerekeceği bilinmelidir. Eğer valf seçimi bu bilgiler dikkate alınmadan

yapılırsa yükü istenen biçimde sürmekte yetersiz kalan sistemler ya da yükü sürebilen ancak gücü veya kapasitesi gerektiğinden daha büyük sistemler seçilebilir. Birinci durumda istenilen test yapılamaz, ikinci durumda ise maliyet artar.

Sürtünme yükleri, doğada karşılaşılan sürtünme özelliğinin meydana getirdiği yüklere verilen addır. Bunlar arasında kuru (Coulomb), sürtünme viskoz sürtünme, tutukluluk ve rüzgar sürtünmesi sayılabilir. Sistemlerin dinamik incelemelerinde sürtünme özellikleri sönümleyici elemanlarla modellenir.

Bu elemanların davranışları elemana uygulanan kuvvetle, kuvvetin uygulandığı noktanın hızı arasındaki fonksiyon ilişkisiyle yapısal ilişki olarak tanımlanır. Bunlar arasında sadece viskoz sürtünme lineer özellik gösterir. Diğerleri ise non-lineer dir.

### 3.4.1 Kontrol valfinden sağlanabilecek güç

Bir akışkan gücü kontrol sistemi tarafından yüke verilen güç,

$$P = P_L \cdot Q_L \quad (3.1)$$

olarak ifade edilir. Burada yük debisi  $Q_L$ 'nin pozitif yönü, yük basıncı  $P_L$ 'nin düştüğü yön olarak kabul edilmiştir.  $Q_L P_L$  düzleminde sabit bir  $P$  güç değerine karşılık gelen noktaların oluşturduğu eğri ise  $P = P_L \cdot Q_L$  ifadesiyle tanımlanan bir hiperboldür.  $P_1 < P_2 < P_3 \dots$  gibi değişik sabit güç düzeylerine ait eğriler bir hiperbol ailesi oluşturur. Güç düzeyleri büyüdükçe hiperboller de orijinden uzaklaşır. Kullanılan valflere ait eğriler sadece 2/2 valfleri içindir.

Pnömatik sistemin mekanik bir sistemi sürmesi bir tahrik pistonu aracılığıyla yapılır. Valf çıkışındaki yük debisi ve yük basıncı ile pistonun hız ve uygulandığı kuvvet arasında aşağıdaki ilişkiler vardır.

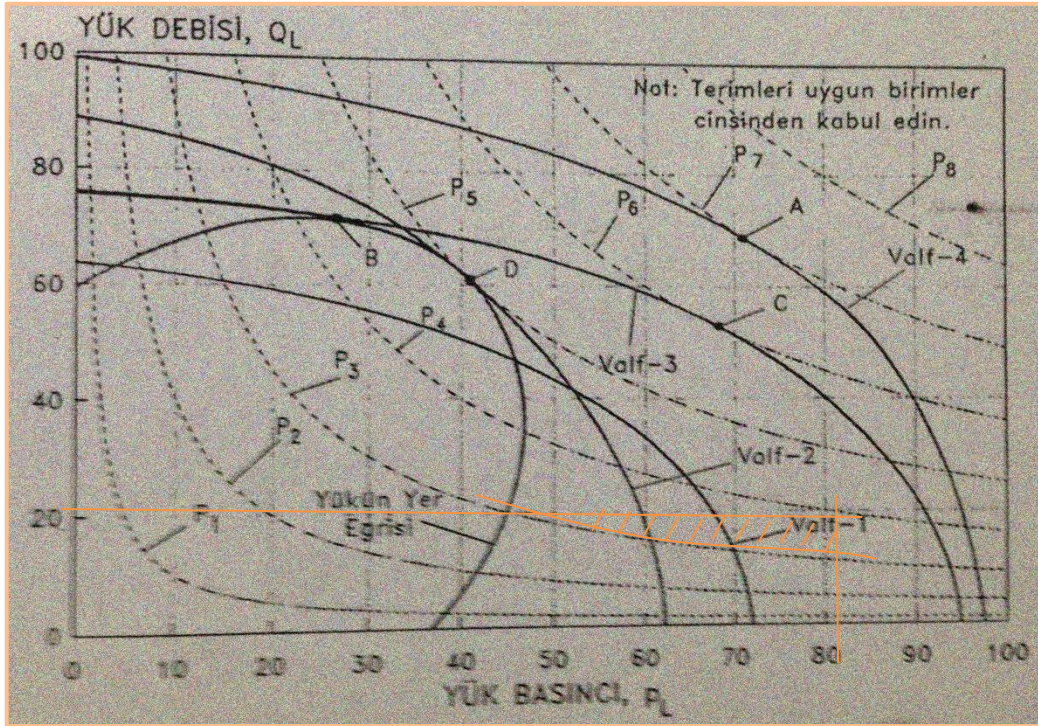
$$V = Q_L / A_a \quad (3.2)$$

Burada  $A_a$  piston alanıdır. Bu denklemler kullanılırsa valf karakteristik eğrisine göre düzgün seçim yapılmış olur.

### 3.4.2 Yüke uygun valf seçimi

Bir yükle valfin birbirine uygun olup olmadıklarının incelenmesi için veya yüke uygun olan valfin seçilebilmesi için yükün yer eğrisi, valfin karakteristik eğrisi ve sabit güç hiperbollerinin aynı düzlemde çizimi Şekil 3.2'de verilmiştir. Burada valfin

bağlanacağı hortum dış çapı dikkate alınarak ölçüldüğünde 8 mm olduğu bilindiğinden bulunan alan  $50,3 \text{ mm}^2$  dir. Hortum alanı ( $\pi.r^2$ ) kullanılacak 2/2 valfin çıkış alanı ile aynıdır. Ayrıca çalışma basıncının 16 bar'dan fazla olamayacağı kullanılan kompresör yüzünden bilinmektedir. Burada araç içi basınç sıfırlanma hızı firmanın daha önceden yaptığı çalışma ile  $0,4 \text{ mm/sn}$  olarak bulunmuştur. Hız değişimi yüksek basınçlarda daha fazla olacağı bir gerçektir fakat valf seçiminde çalışma basıncı önemli olduğundan ortalama hız alınmaktadır. Çalışma hızı bilindiğinden denklem (3.2) den yük debisi  $Q_L$ ,  $20,12 \text{ mm}^3/\text{s}$  olarak bulunur. Yük debisi bilindiğinden denklem (3.1) den yük basıncı belirlenirse,  $79,5 \text{ sn.kPa/mm}^3$  olarak bulunur.  $P_L$ , 79,5 bulunması ile Şekil 3.2'ye bakılacak olursa, burada iki değer ( $Q_L = 20,12$ ;  $P_L = 79,5$ ) kesişiminin  $P_3$  ve  $P_4$  sabit hiperbollerinin arasında olduğu görülmektedir.



Şekil 3.2 Yüke Uygun Valf Seçimi

Şekilde taranmış alan valf karakteristik eğrilerinin içerisinde kaldığı sürece valf oluşturulan yükte doğru çalışmaktadır. Burada valf karakteristik eğrilerinin altında kalan alanlarına bakılacak olursa, valf 3 ve valf 4 seçilmesi uygun olacaktır. Her hangi bir valfin yükü sürebilmesi için asgari şart, yükün yer eğrisinin tamamen valf karakteristiğinin içinde kalmasının sağlanmasıdır.

## **4 KALİTE KONTROL CİHAZI DONANIM ÇALIŞMALARI**

### **4.1 Donanım Bilgileri**

Basınç kayıplarının tespiti ve takibi için, otobüslerde kullanılan pnömatik sistemlerin ölçümü, kontrolü ve değerlendirmesi yapacak olan programlanabilir mantık denetleyici tabanlı otomasyon cihazının sistem tasarımı ve üretilmesi aşamalarında yapılan tüm donanımsal çalışmalar bu bölüm altında incelenmiştir. Bu çalışma kapsamı içerisinde donanım ürünlerinin seçimleri ve nedenleri, seçilen donanım ürünlerinin cihaza göre uyarılma, montaj, cihazın boyutlarının ve gerekli iç hacmin belirlenmesi, temini mümkün olmayan parçaların üretimi ve kullanımını kolaylaştırmak için yapılan çalışmalar yer almaktadır.

Cihaz tasarımı aşamasından önce, gereksinimler için yapılan çalışmada belirlenen kıstasları karşılayabilecek, yeni kıstaslar koymaya imkân tanıyacak ve proje kodu 01111.STZ.2011-2 olan San-Tez projesi kapsamında verilen destek miktarını aşmayacak şekilde en uygun cihaz parçaları seçilmiştir. Bu seçimler kapsamında cihaz pnömatik devre sistemi, veri okuma ve analiz düzenekleri, şasi ve yardımcı elemanlar için entegre edilen parçalar olarak üç grupta incelenmiştir. Bu gruplar içerisinde yer alan tüm parçaların açıklamaları, çalışma şekilleri ve tanıtımları Bölüm 2'de bulunmaktadır.

### **4.2 Pnömatik Devre Sistemi**

Kalite kontrol cihazı içerisindeki pnömatik devre sistemi içerisinde kompresör, hava şartlandırıcı ve yükseltme ünitesi, basınç transdüserleri, basınç soketleri, pnömatik hortumlar ve valfler yer almaktadır. Otobüs içerisindeki pnömatik devre sistemi ise literatür kısmında yer almaktadır. Cihaz içerisindeki sistemlere ait marka ve model bilgileri Çizelge 4.1a'da ve Çizelge 4.1b'de verilmiştir. Pnömatik devreyi, kendi içerisinde otobüse basınç sağlayan devre ve otobüs üzerinden değer okuyan devre olarak ikiye ayırmak mümkündür.

Bir sonraki bölümde anlatılan test biçimleri açısından, otobüse basınç sağlayan devre sadece ikinci test (Fren devresi testi) aşamasında gereklidir. Bunun nedeni, test 2 aşamasında üretimi tamamlanmış otobüslerin pnömatik fren sistemi hatlarını boşaltıp, tekrar doldurma gereksinimindedir. Üretimi tamamlanmamış fakat kalite kontrol testine tabi tutulmak istenen otobüslerin ise her test aşaması için basınçlandırılmaları gerekmektedir.

Pnömatik devre sistemi içerisinde yer alan tüm elemanlar için otobüslerin maksimum çalışma basınçları olan 13 bar değeri dikkate alınmış fakat otobüslerdeki pnömatik sistemlerin değişmesi durumu göz önünde bulundurularak, cihaz içerisindeki sistem elemanları maksimum 16 bar değerine kadar ulaşabilmektedir.

Diğer bir önemli konu olarak ise sıcaklık değerleri için tüm pnömatik sistem +5° ile +37° arasında çalışmalıdır. Cihaz içerisinde bilgisayar olduğundan, bilgisayar fanından gelen sıcak hava direk saç panel üzerinden tahliye edilirken, cihazı çatısına ayrıca iki adet fan yerleştirilmiştir.

Çizelge 4.1a Basınç Sağlayan Devre Elemanları

Devre Elemanı	Marka	Model
Kompresör	Falcon	FC200TA
Hava Şartlandırıcı	Falcon	FC
Yükselteci	Falcon	DW8-16

Çizelge 4.1b Veri Alan Devre Elemanları

Devre Elemanı	Marka	Model	Adet
Transdüserler	Huba	511	14
Soketler	MAN	Özel Üretim	16
Hortumlar	Festo	8 mm	15
Valfler	Festo	2/2, Emniyet	6
Rakorlar	Festo	T tip	4
Rakorlar	Festo	L tip	4
Makaralar	Zeca	9005	15

Kalite kontrol cihazı için yapılan pnömatik devre tasarımı, üretime eksiksiz olarak aktarılmıştır. Ayrıca cihazın doğru ölçüm yapıp yapmadığı yine kendi sistem hattında oluşturulan tek bir bağlantı noktası üzerinden denetlenebilmekte ve bu denetim her 10 otobüste bir zorunlu olarak tekrarlanmaktadır. Böylece cihaz içerisinde arızaya en açık kısım olan pnömatik devre sisteminde yaşanacak sorunlar önceden anlaşılabilir.

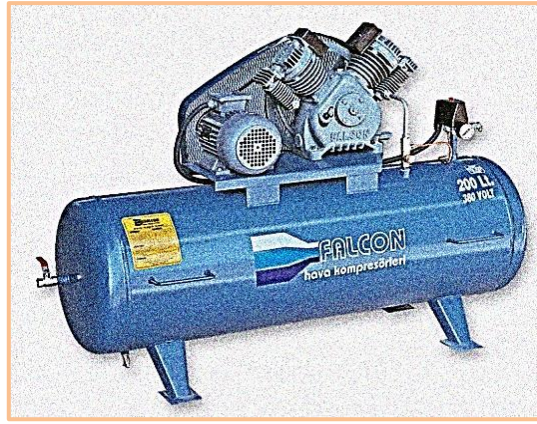
#### 4.2.1 Basınç sağlayan devre elemanları

Otobüslerdeki pnömatik sistemler için gerekli olan basınçlandırma maksimum 13 bar değerinde olduğundan, işletme basıncı 6-8 bar değeri arasında, 3 beygir gücünde, 450 lt/dk debiye sahip kompresör kullanılmıştır. Kompresör kalite kontrol cihazının basınçlandırma girişine gerekli olduğu durumlarda bağlanabilmesi için

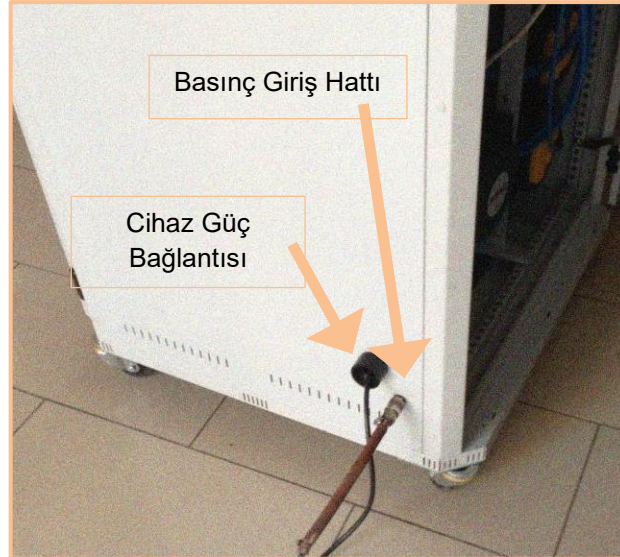


cihaz içerisine montajlanmamıştır. Örneğin Fabrika içi basınç hattından uzakta test yapılması durumunda gereklidir. Kompresör Şekil 4.1a'da, giriş hattı cihaz üzerinde Şekil 4.1b'de gösterilmiştir. Kompresörden veya fabrika içi basınç hattı üzerinden sağlanan basınç değeri aynı olduğundan, cihaz çalışmasına hiçbir etkisi yoktur.

Kompresör veya fabrika içi basınç hattı 8 bar değerine kadar desteklediğinden, test aşamaları arasında otobüs içerisindeki basıncı tekrar çalışma basıncına getirebilmek için hava yükseltme ekipmanı bulunmaktadır. Bu takım bünyesinde bir adet şartlandırıcı bulundurmakta ve bu sayede otobüs içerisine gönderilen havayı temizlemektedir.



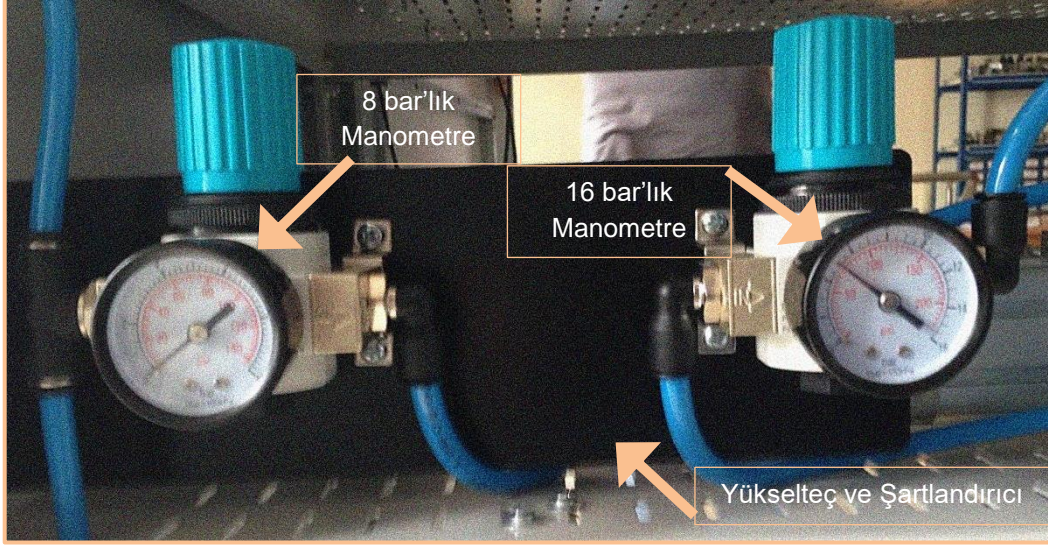
Şekil 4.1a Kompresör



Şekil 4.1b Kompresör Bağlantı Hattı

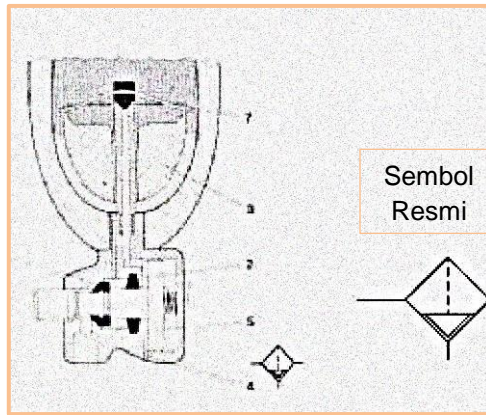
Yükseltici kısmında ise, biri 8 bar'lık diğeri 16 bar'lık iki adet analog basınç sensörü (manometre) bize doğru basınca ulaşıp ulaşılmadığı hakkında bilgi vermektedir. Şekil 4.2'de cihaza montajlanmış hali görünmektedir.

Kullanma yerine gelen hava filtre, basınç regülatörü ve yağlayıcıdan oluşan bir şartlandırıcı (hava hazırlayıcı) takımından geçerek nihai özelliklerini kazanır. Bir hava hazırlayıcı eleman kısaca FRY (Filtre, Regülatör, Yağlayıcının baş harfleri) olarak da isimlendirilmektedir. Otobüsler içerisindeki pnömatik sistem kendini yağladığından Cihazda kullanılan yağsız şartlandırıcıdır.



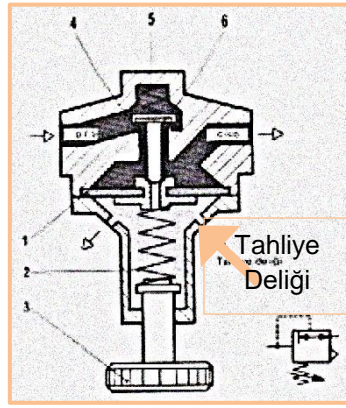
Şekil 4.2 Yükselteç ve Şartlandırıcı

Şartlandırıcının iki kısmından filtre, hava hazırlayıcının ilk elemanıdır. Basıncı hava içindeki yabancı maddeler ile suyun ayrılması amacıyla kullanılırlar. Filtreye giren hava girişteki oluktan geçerken bir dönme hareketi kazanır. Katı parçacıklar ve su, merkezkaç kuvvet yardımıyla kavanozun iç yüzeyinde birikir. Bu hava daha sonra sinter bronzundan yapılan filtre elemanından geçerek filtreden dışarı çıkar. Filtre Şekil 4.3'de şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.3 Otomatik Tahliyeli Filtresi

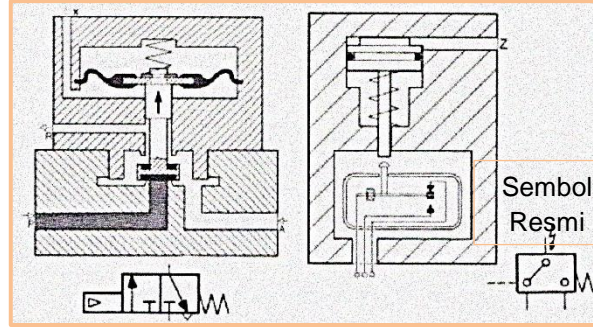
Her pnömatik devre için belirli bir optimum çalışma basıncı vardır. Cihaz içerisindeki pnömatik sistemin ise otobüslerdeki ile aynı olması gerekmektedir. Gereğinden yüksek bir basınç enerji kaybına ve çabuk aşınmalara, gereğinden düşük bir basınç ise fonksiyonun yerine getirilmemesine veya en azından verimin düşmesine neden olur. Kompresör deposundaki hava basıncı sürekli değiştiğinden bu dalgalanmayı sisteme aktarmamak için ise ikinci eleman olarak bir basınç düşürücüye (regülatör) ihtiyaç duyulur. Regülatöre giren havanın basıncı değişse bile çıkan havanın basıncı regülatör üzerindeki manometreden okunabilen ayarlanan sabit değerde kalacaktır. Regülatörler tahliyeli ve tahliyesiz olmak üzere ikiye ayrılır. Tahliyeli basınç regülatörü Şekil 4.4'de gösterilmiştir. Cihaz üzerinde tahliyeli regülatör kullanılmasının nedeni, her hangi bir tehlikede cihaz üzerine yerleştirilen panik tuşunun kullanılıp cihaz ve otobüs içerisindeki basınçlı havayı emniyet valfinden tahliye edebilmektir.



Şekil 4.4 Tahliyeli Regülatör

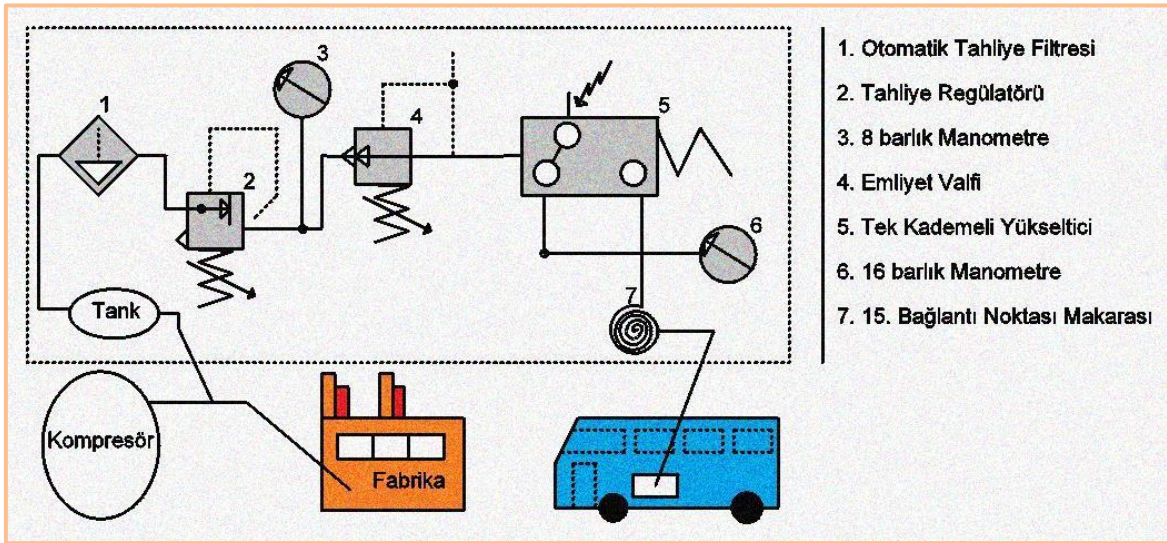
Yükselteç ise, duyargalardan alınan hava çıkış sinyalinin normal çalışma basıncına çevrilmesinde kullanılır. Normalde açık veya kapalı 3/2 yön denetim valfi ve hava uyarı hattında büyük yüzeyli bir diyaframdan oluşur. Bu diyafram sayesinde valf giriş hattından duyarga sinyali gönderilir. Gelen hava sinyalinin basınç olarak değeri 8 bar olduğundan, sinyalin etkime yüzeyi diyafram yüzeyi etkiler ve valfe konum değiştirmek ve değeri 13 bar'a yükseltmek için zaman tanımaktadır. Giriş hattında uyarı olduğu sürece valf konumunu muhafaza eder. Basınç kesildiğinde, 13 bar'lık manometre 0 bar değerine düşer. Temsili şeması Şekil 4.5'de gösterilmiştir. Yükselticinin tek kademeli seçilmesinin nedeni basıncın 8 bar'dan, 13 bar'a yükseltilmesi gerekliliğindedir.





Şekil 4.5 Tek Kademeli Yükseltici ve Basınç Anahtarı

Bu kısımda incelenen basınç sağlayan elemanlarına (Kompresör, Şartlandırıcı, Yükseltici) ait devre şeması Şekil 4.6'da verilmiştir. Burada görüldüğü gibi cihaz içerisindeki diğer pnömatrik devre ile ilişkisi yoktur. Sadece otobüsü basınçlandırmak için kullanılır. 2. noktadaki tahliye regülatörü manuel olarak kapatılabilmekte, cihaz içerisindeki panik tuşu ise 5. noktadaki yükselticiyi de tetiklemekte ve güvenli olarak hava tahliyesi yapılabilmektedir.



Şekil 4.6 Basınç Sağlayan Pnömatik Devre

Herhangi bir tıkanıklık ya da filtrenin bozulması durumunda ise 4. noktada basınç kontrol valflerinden olan iki yollu iki kademeli, normalde kapalı, elektronik emniyet valfi otomatik olarak açılarak otobüsler içerisindeki tüm pnömatrik sistemi ve cihaz içerisindeki basınç sağlayan pnömatrik devreyi korumaktadır.

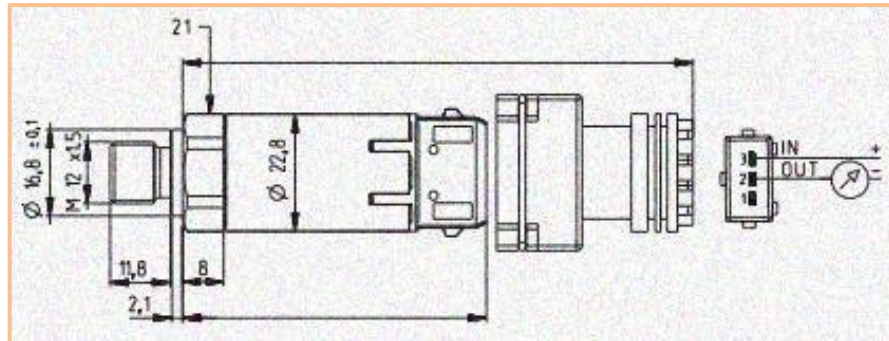
#### 4.2.2 Veri alan devre elemanları

Kalite kontrol cihazı içerisinde bulunan diğer pnömatrik devrede basınç transdüserleri, basınç soketleri, pnömatrik hortumlar ve valfler bulunmaktadır. Her bir eleman için Bölüm 3' de anlatılan gereklilikler göz önünde bulundurularak, otobüs

içerisindeki pnömatik devrenin bir uzantısı olacak şekilde tasarlanmış ve uygulanmıştır.

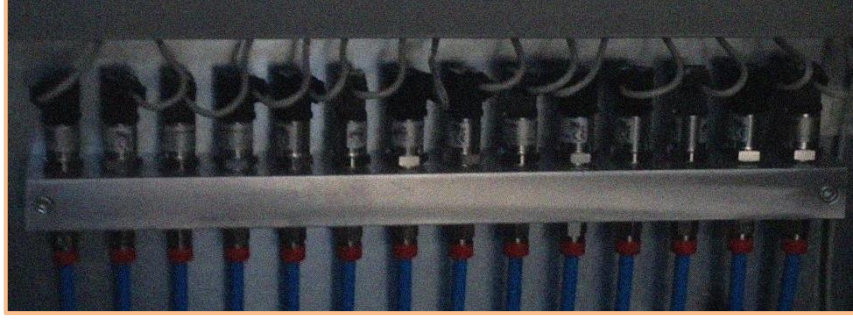
Aynı anda maksimum 14 adet ölçüm yapılacağından, 14 adet transdüser birbirleriyle ilişkisi olmayacak biçimde, veri üreten kısımları programlanabilir mantık denetleyicisi kısmına, veri alan kısmı ise pnömatik devreye bağlanmıştır. Transdüserler 0-30 bar arası bağıl olarak ölçüm yapabilmekte dolayısıyla atmosfer basıncı, aynı otobüslerde olduğu gibi hesaba katılmaktadır. Dijital veri için her biri 0-5 volt arası bir değer üretmektedir. Cihazın, 0.05 bar'lık değişimleri algılayabilmesi gerektiğinden ölçüm hassasiyeti %4 model uygun görülmüştür.

Analog transdüserlerin daha hassas ölçüm yapabilecek durumda olması, test aşamalarından önce hem basınç dengeleme süreci içerisinde hem de cihazın kalibrasyon süreci içerisinde hassasiyetin yitirilmesi sonucu, cihazın doğru ölçüm yapmadığını anlamak için kullanılan güvenlik önlemlerinden bir tanesidir. Bu durumu aşağıdaki gibi açıklamak mümkündür; Cihaz basınç ölçümü yaparken programlanabilir mantık denetleyicisi kodunda değerler 0-15 bar aralığına göre değerlendirilmiştir. PLC üzerinden alınan voltaj değerleri ekranda 0-15 arası bir değere dönüşebilmesi için bir çarpan ile çarpılarak gösterilmektedir. Fakat bu durum basınç dengeleme ve ölçümlene süreci içerisinde PLC kodu değerleri için herhangi bir aralık veya aynı kod içerisinde bir çarpan belirlenmemiştir. Bu da alınan değerlerin matematiksel olarak kayba uğratılmakta ve ileride gerekliliklerin değişmesi durumunda hassasiyetin PLC kodu üzerinden değiştirebilmeye olanak sağlamaktadır. Transdüserle ait teknik resim Şekil 4.7a'da, cihaz içi yerleşimine ait görsel Şekil 4.7b'de verilmiştir.



Şekil 4.7a Transdüser Teknik Resmi ve Pnömatik Bağlantısı



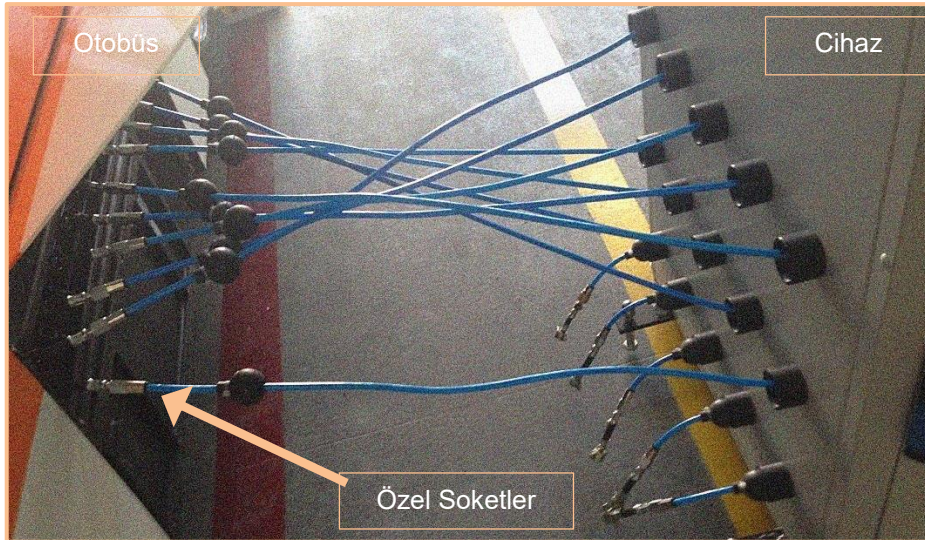


Şekil 4.7b Cihaz İçinde Transdüserler

Cihaz içerisinde kullanılan pnömatik hortumlar festo markasına ait dış çapları 8 mm, iç çapı 6.3 mm'lik, çalışma basıncı maksimum 15 bar'a kadar olan PUN-C modelidir [14]. Bölüm 3'de basınç dengelenme süresinin belirlenmesi için aşağıdaki işlem yapılmıştır. Cihaz için kullanılan hortumlar, makara iç uzunlukları dahil yaklaşık olarak 16.5 m yapmaktadır.

$$\pi \times r^2 \times h = V \quad (4.1)$$

Toplam iç hacim Denklem 4.1'den 514 cm<sup>3</sup>lük olarak belirlenmiştir. Bulunan değer valfler gibi diğer bağlantı elemanlarının iç hacimleri düşünülerek, 1 lt değerine yuvarlanmıştır. Hortum bağlantıları ise üç şekildedir. Bunlar transdüserine ait bağlantı soketleri, valflere ait rakorlar ve otobüs bağlantısı için kullanılan özel soketlerdir. Şekil 4.8'de üretilen özel soketler görülebilmektedir.

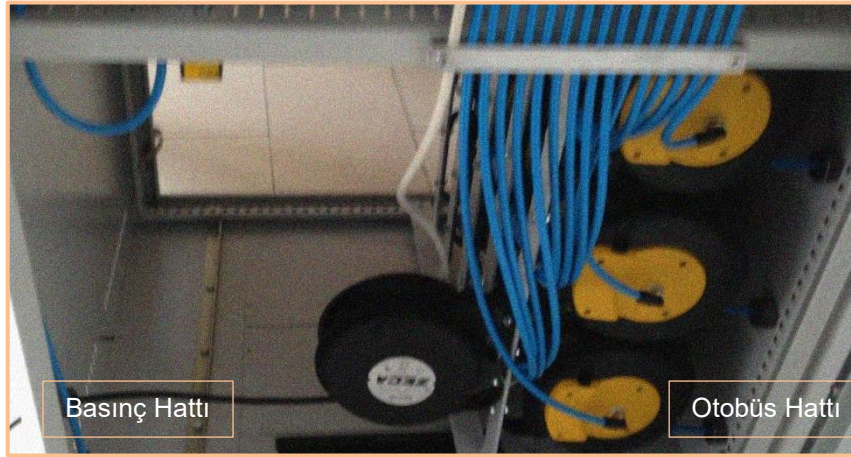


Şekil 4.8 Otobüs Bağlantısı İçin Üretilen Özel Soketler

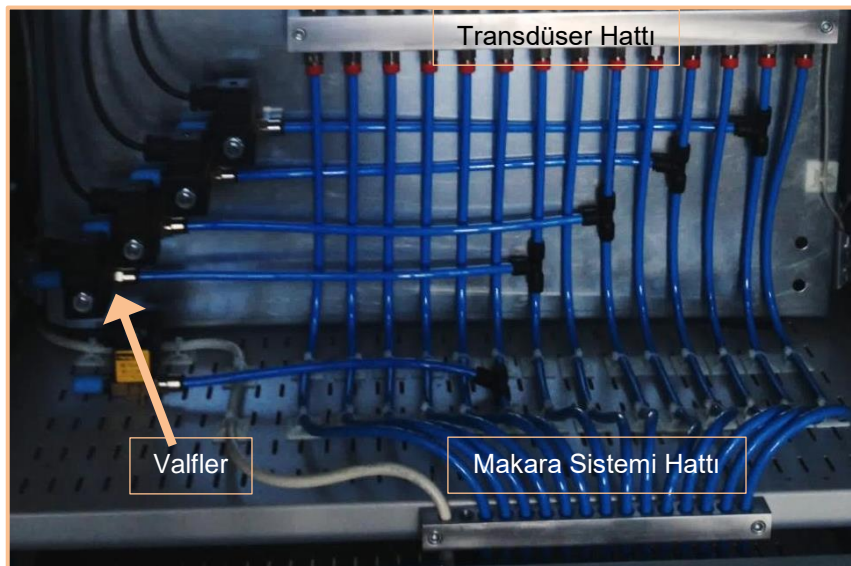
Transdüserine ait olan soketler standart tipte ve 0-20 mm dış çapta ayarlı olarak hortum bağlanabilmektedir. Valflere ait rakorlar festo'ya ait L tip rakorlardan oluşmaktadır. Diğer T tip rakorlar da transdüser ile makara arasına yerleştirilmiştir.

Otobüs bağlantısı için kullanılan soketler ise otobüslerin pnömatik bağlantı hatlarında standart olarak kullanılan tipte dişi bağlantı elemanlarıdır. Bu soketler otobüslere uyum sağlayabilmesi için özel olarak üretilmiştir. Her tip otobüs üzerinde kullanılabilmekte ve kolay takılıp çıkartılır şekilde bağlanabilmektedir. Bu sayede 14 ayrı soketin otobüse bağlanması sırasında zaman kaybı engellenmiştir.

Ayrıca hortumların cihaz dışında kalan parçalarının, test sonrasında zarar görmelerini engellemek (kirlenme, aşınma), kullanım kolaylığı sağlamak ve zaman tasarrufu yapabilmek için makara sistemi Şekil 4.9'da gösterildiği gibi cihaza eklenmiştir. Geriye kalan makara ise basınç sağlayan pnömatik devre hattında kullanılmıştır. Şekil 4.10'da cihaz içerisinde kullanılan hortum ve bağlantılarına ait görsel verilmiştir.

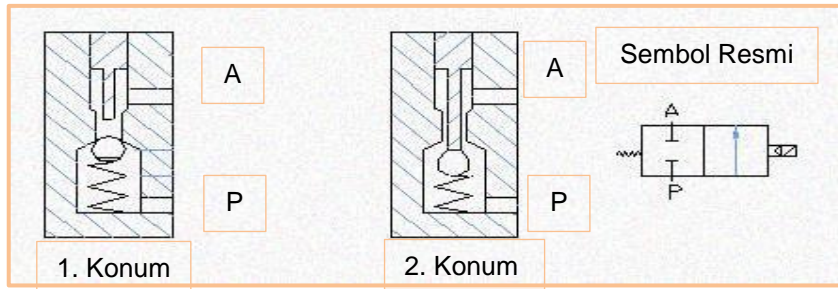


Şekil 4.9 Makara Sistemi



Şekil 4.10 Hortum ve Bağlantıları

Şekil 4.10'dan da görüleceği gibi cihaz içerisinde kullanılan valfler 2/2 normalde kapalı elektronik kontrollü yön kontrol valflerindedir. Bu valflere ait teknik resim Şekil 4.11'de verilmiştir. Buradan görüleceği gibi valfin iki ayrı konumu bulunmaktadır. Bunlar kapalı ve açık konumlarıdır. Normalde kapalı valf kullanılmasının nedeni bu valflere sadece ikinci test (Fren devresi testi) aşamasında ihtiyaç duyulmasındandır. Birinci test (Hava sızdırmazlık testi) aşamasında basınç tahliye etmeye gerek yoktur çünkü her devre için doğrudan değerlendirme yapılmaktadır.



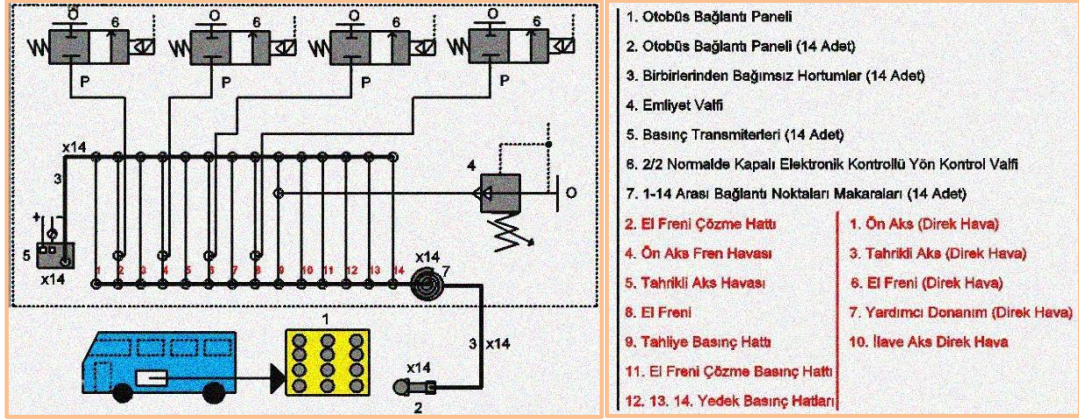
Şekil 4.11 2/2 Normalde Kapalı Elektronik Kontrollü Yön Kontrol Valfi

Normalde kapalı valflerde elektronik sinyal sağlandığı zaman valf açılır yani basınçlı havanın geçiş yolu açılır ve hava alıcıya gider. Normalde kapalı valflerde elektronik sinyal sağlanmadığı müddetçe basınçlı hava geçemez. Şekil 4.11'de kullanılan valfin teknik resmi verilen valf birinci konumda kapalı, ikinci konumda açık şekildedir. Sembol resminde gösterildiği gibi yaylı ve elektro pnömatrik kontrollü olan valf de P hattı basınç hattını, A hattı ise tahliye hattını göstermektedir.

Bu bölümde anlatılan pnömatrik hattın, otobüsü basınçlandırmak için kullanılan hattan farklı olduğu daha önce değinilmişti. Bu hat; veri alan pnömatrik hat olarak adlandırılmış ve cihazın ana işlevi olan basınç ölçümünü ve analizini yapmak için kullanılan pnömatrik devredir. Otobüs içerisindeki pnömatrik hatta doğrudan bağlanarak, alınan basıncı transdüserler yardımıyla PLC modüllerine taşımak için kullanılmaktadır. Bu devrede de aynı tip başka bir emniyet valfi kullanılmakta ve sinyali PLC den, diğer emniyet valfinin aldığı yerden almaktadır. Bu durumda otobüs basınçlandırılıyorken veya ölçüm yapılıyorken, testin hangi aşamasında olunursa olunsun, panik tuşuna basıldığında tüm işlemler kesilmekte ve basınç hem cihazdan hem de otobüs den cihaz üzerinden tahliye edilmektedir. Bu işlem gerçekleşirken otobüs üzerindeki basınç, cihaz üzerindeki 9. hattan tahliye



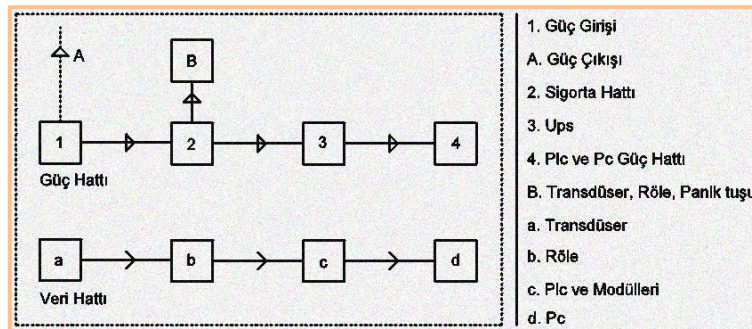
edilmektedir. Şekil 4.12’de veri alan pnömatrik devre (Basınç transdüseri, Hortumlar, Rakorlar ve Soketler, Valfler) şematik olarak gösterilmekte ve araç bağlantı hattı üzerinden valflere basıncın nasıl iletildiği anlaşılmaktadır.



Şekil 4.12 Veri Alan Pnömatik Devre

### 4.3 Veri Okuma ve Analiz Düzenekleri

Pnömatik sistemden gelen verileri okuyup, önceden belirlenen sistematik içerisinde analizini yapabilmek için; cihaz içerisinde veri okuma ve analiz ile operatöre gerekli ölçüm bilgilerini ileten iki bölüme ayrılmış bütünleşik bir sistem yerleştirilmiştir. Bu sistemlerden ilki programlanabilir mantık denetleyicisi transdüserlerden gelen elektronik sinyalleri okumaktadır. Programlanabilir mantık denetleyici sistemi, 0-5 volt arasında gelen değeri sayısal olarak 0-24 volt şeklinde düzenleyebilmek için 14 ayrı noktadan gelen veriyi sayısal bir sabit ile çarpmakta ve her değeri ayrı bir değişken üzerine anlık olarak atamaktadır. Bu değişkenlerin analizi için veriler ikinci sisteme, bilgisayara gönderilmekte ve burada önceden belirlenen testler uygulanmaktadır. Bilgisayar ve programlanabilir mantık denetleyicisi arasındaki bağlantı RS232 seri haberleşme ile sağlanmaktadır. Güç ve veri hattının hangi yolu izlediği Şekil 4.13’de verilmiştir.



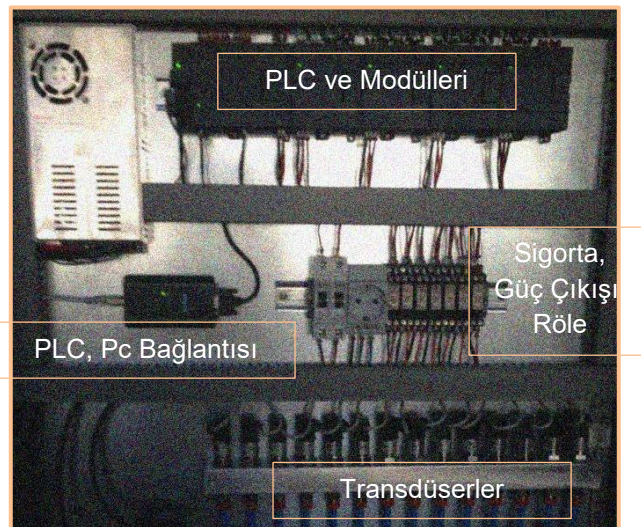
Şekil 4.13 Güç, Veri Hattı

Güç hattı sisteme fabrika hattı üzerinden beslenmekte ve sistemin sigorta hattına iletilmektedir. Buradan UPS daha sonrada PLC ve PC'ye gereken güç gönderilmektedir. Trandüserler, röleler ve panik tuşu için veri kaybı gibi bir problem ile karşılaşılmayacak olmasından dolayı direk sigorta hattı üzerinden güç sağlanmaktadır. Veri okuma düzenekleri Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.2 Veri Okuma Düzenekleri

Devre Elemanı	Marka	Model	Adet
S7-200	Samsung	222 CPU	1
PLC Modülleri	Samsung	Digital	4
Bilgisayar	Hp	i3	1
Röle	-	-	8
Haberleşme	Samsung	Pc/PPI	1
Barkod Yazıcı	Datamax	E4205	1
Lcd	Hp	21"	1
Ups	-	-	1

Fabrika dışı yada fabrika basınç hattından uzakta bir yerde çalışma durumunda, sisteme kompresör bağlanabilmesi için bir güç çıkışı bırakılmıştır. Veri hattı trandüserler üzerinden gelen değerleri bilgisayara kadar iletmektedir. Şekil 4.14'de alttan yukarıya trandüserler, sigorta, güç çıkışı, röleler ve PLC modülleri arasındaki bağlantı gösterilmiştir. Aynı zamanda PLC ve PC arası bağlantının RS232 seri haberleşme ile gerçekleştiği görülebilmektedir. Burada programlanabilir mantık denetleyicisinin tüm sistemle olan bağlantısı görülebilmektedir. Her bir bağlantı kablosu numaralandırılmıştır.



Şekil 4.14 Denetleyicinin Diğer Sistemlerle Bağlantıları

Bu sayede bağlantıların PLC ve modülleri üzerinde hangi bağlantı noktalarına gittiği rahatlıkla takip edilebilir. Cihaz içerisinde çalışan diğer tüm ekipmanlar (ekran v.b.) PC üzerinden güç almaktadır. Veri ve güç hattı için yapılan tüm kablolama işlemleri herhangi bir karışıklığa meyil vermemek ve arıza durumunda arızanın tespitinin kolay olabilmesi için numaralandırılmış ve düzenli bir şekilde yerleştirilmiştir.

#### **4.3.1 Programlanabilir mantık denetleyicisi veri okuma sistemi**

Cihaz içerisinde kullanılan küçük boyutları ve güçlü komut seti ile S7-200' ü, küçük otomasyon projelerinin her dalında uygulaması vardır. Bazı uygulama alanları bina otomasyonu, hidrolik presler, trafik lambaları, otomatik kapılar, asansörler, ısı kontrolü gereken fırınlar, paketleme makineleri, pompalar, hidrolik pnömatik kaldırma platformları gibi birçok dalda kullanılır.

Bu örnekleri daha ayrıntılı olarak incelenirse;

- Konveyör Sistemi: Motorları durdurabilmek, çalıştırabilmek ve gelen malzemeleri sayabilmek için kullanılır. Aynı ayrı taşınan malzemeleri sayabilmekte ve stokları daha rahat tutulabilmektedir.
- Kapı Kontrol Sistemi: Küçük boyutları ile en küçük makineler bile sığabilmektedir; mesela giriş, çıkışlarda kapıların kontrolünü yaptırabilmekte, araç geldiğinde kapıları otomatik olarak açıp kapayabilmektedir.
- Trafik Lambaları: Trafiğin durumuna ve hatta yoğunluğuna göre trafiği yönlendirmek için kullanılır.
- Fırınlar: Isı ve proses değerlerinin ölçülmesi, sıcaklığın ve prosesin istenilen şekilde yönlendirilmesi ve vanaların açılıp, kapatılması için bir program yazılarak, hem yer hem de maliyet olarak daha avantajlı ve daha güvenilir bir sistemle çalışmayı sağlar. Sistemde hata bulunması kolaylaşır, fırın ısını ve çalışma süresini kontrol edilebilmektedir.
- Hidrolik veya pnömatik sistemler: Ölçüm, kontrol, basınçlandırma ve benzeri konularda kullanılabilir. Geliştirilen cihazda olduğu gibi pnömatik hattın basınç ölçümleri ve analizi S7-200' ün kullanım alanlarındandır.

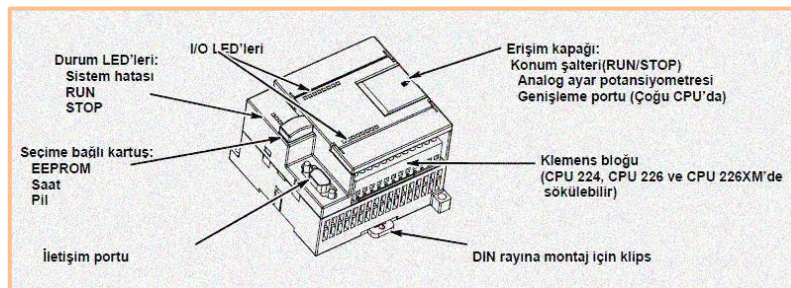
CPU (Merkezi İşlemci Birimi) adı verilen bölüm mantık denetleyicisinin ana beyni olarak işlev görür, bir bilgisayarın merkezi işlem birimi olarak da tanımlanabilir. Bu



bölümün iç yapısında mikroişlemcileri, mikrokontrolörleri ve Ram-EEPROM gibi hafıza birimlerini içerir. CPU mantık denetleyicisinin en önemli parçası olup, onun tüm fonksiyonlarını sağlayan beyndir. Önemli olan temel özellikleri ise hızı, işleyebildiği komutlarının sayısı ve bu komutların yeterince etkili olmasıdır. Cihaz için genellikle işlemcinin, programlanmasıyla, özel fonksiyonlarının ayarlanmasıyla ve dolayısıyla, istenilen özelliklerde çalışmasıyla ilgilenilmiştir. Bu yüzden giriş seviyesi kabul edilebilecek S7-200 modeli uygun görülmüştür. S7-200'ün 6 çeşit işlemcisi vardır. İşlemci seçerken önemli bir nokta da bunların hızıdır. S7-200'lerin işlemci hızları çok yüksektir. CPU 222, 1024 tane binary işlemi 1.3 ms ve CPU 214 ise 0.8 ms de tamamlar [15]. Ölçüm ve kontrol cihazının yaptığı ölçüm hızları milisaniyeler cinsinden, bu tez kapsamında önemli olmadığından 222 modeli uygun görülmüştür. Programlama ve birçok fonksiyon açısından birbirinin aynı olan bu iki tipten 222 seçilmesinin diğer nedenleri;

- 1 adet 7kHz lik hızlı sayıcı ve 1 tane PTO/PWM darbe genişliği modülasyonu çıkışlarını kullanmak yeterlidir.
- Step motorları veya DC motorları çalıştırma gereksinin olmaması.
- PWM çıkışlarla lamba ışık şiddetini arttırılabilmesi veya azaltılabilmesi, kare dalganın frekansını ve simetrisini değiştirilebilmesidir.
- PTO çıkışlar ile istenilen frekansta ve miktarda kare dalga çıkış verilmesini sağlar.

Bunların yanında S7-224'deki yüksek hızlı sayıca da gereksinimimizin olmaması sayılabilir. Şekil 4.15'de S7-200 e ait görsel verilmiştir.



Şekil 4.15 S7-200

PLC'lerin haberleşme yetenekleri, onların dış dünyaya uyum sağlama güçleriyle doğru orantılıdır. S7-222 görülebileceği gibi birçok modüle çok rahatlıkla bağlanabilmekte ve bilgi transferi gerçekleştirmektedir. CPU'nun kendi haberleşme portu RS-485 olup birçok cihazın aynı hat üzerinden haberleşmesini sağlamakta,

CPU'yu bilgisayara bağlamak için kullandığımız RS-232 seri haberleşme portuna takılan özel kabloyu, barkod yazıcı ile de uyumludur. Barkod yazıcı ile alınabilecek bilgiler stokta tutabilmekte veya bastırılabilir.

PLC'nin çalışma mantığı devre elemanları ile benzerlik göstermektedir. Fakat kullanılan fonksiyonlar, haberleşme, çevre birimleri ve dış devre bağlantıları farklıdır. Endüstride kullanılan PLC'lerin her bir marka ve model için yazılım gereksinimini değişmesinden dolayı bu alanda uzmanlaşmak zaman almaktadır. Tez kapsamında Siemens firmasının ürettiği S7-200 ailesine ait PLC kullanılmış ve ona uygun yazılım geliştirilmiştir. S7-200 ailesi kendi içerisinde değişik nesil ve model PLC'ler içermektedir. CPU 222 üzerinde gerçek zaman saati bulunmamaktadır. Bu zaman saatini kullanmak için aparatı temin edilip PLC üzerindeki yuvasına takılmıştır.

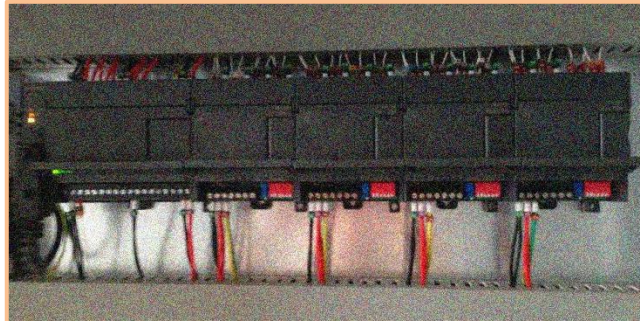
Immediate I/O adıyla anılan komutları kullanarak normalde her çevrimin başında gerçekleştirilen okuma ve yine her çevrimin sonunda gerçekleştirilen dışarıya yazma işlemini çevrimin ortasında o komutlar işlendiği anda gerçekleştirilmesini sağlar. S7-222'nin bildiğimiz 24 saatlik gerçek bir saati vardır. Aynı zamanda gün-yıl ayarlaması ve okuması yapabilen, bu saati kullanarak, zamana bağlı olan ölçüm değerlerini kumanda edebilmektedir. S7200'ün makine tasarımında ve daha sonra program geliştirilmesinde çok faydalı olacak, test ve hata bulmaya yönelik fonksiyonları vardır. Bu fonksiyonları değişken adı verilen: zamanlayıcı (timer), sayıcı (counter), hafıza bitleri (memory bits), özel hafıza bitleri (special memory bits) ve normal hafıza bölgesi (variable memory) gibi programlama sırasında kullanılan gereçleri daha iyi kontrol etmek için kullanılır. Bu fonksiyonlar sıralanırsa,

- Çok değişkeni takip etme fonksiyonu (taking snapshots): Programın çalışması esnasında CPU 222'de 1 defa olmak üzere 8 ayrı değişkeninin değerini önceden belirlenen komutlardan sonra kaydedilmesini sağlar. Böylece program hatalarını bulmak kolaylaşmaktadır. Bu sebepten dolayı her biri 3 ayrı değişkeni önceden belirlenen komutlara kaydetmek için 4 adet modül kullanılmıştır. Bu sayede toplamda 20 adet basınç değerini ayrı değişkenlere atanabilmektedir.
- Bir değişkeni takip etme fonksiyonu (tracing): Programın her çevrimi sonunda yani her işleyişinin sonunda önceden belirlenen bir değişkene

(zamanlayıcı, sayıcı, hafıza bölgesi) kaydedilmektedir. Kaydedilen bu değerler programdaki hataları bulma amacıyla kullanılır.

- Tek veya çok çevrim (single/multiple scan): Programın istenen çevrim sayısı süresince çalışmasını, sonrada durmasını sağlayıp, PLC'yi ara basamaklarda kontrol edebilir. Bu sayede sistem üzerinde çok daha kolay düzeltmeler yapılabilmektedir.
- Değişkenlerin değerlerini program dışında zorlama ile değiştirme (force) fonksiyonu: Bu fonksiyonu kullanarak girişleri, istenen değerler geliyormuş gibi çalışmaya zorlayabilir (yani girişlerin ve içeride bulunan değişkenlerin (zamanlayıcı-sayıcı-hafıza bitleri)).Bu değerler gerçekte olmayan bir değere getirip sabitleme yapabilir ve böylece programın işleyişinden etkilenmeyecek bir giriş simülatörü (input simulator) elde edebilmektedir.
- Hafıza kartuşu, S7222'de bulunan ek bir özelliktir. Bu kartuş özellikle yurt dışına veya uzak yerlere yollayabilecek makinalar için özellikle faydalı olmaktadır. Programda yapılacak değişiklikler uzaktan yapılabilecek ve daha sonra bunu S7-222'nin üzerinde bulunan kartuş takma bölümünü kullanarak hafıza kartuşuna yüklenebilmektedir. Yeni programı kendi içindeki EEPROM hafızaya yükleyecektir.
- S7-200 de bulunan şifre koruma sistemi, makinanın taklit edilemez olmasını ve yetkisiz kişilerce programın değiştirilememesini sağlamaktadır.

Şekil 4.16'da PLC ve buna ait modüllerin resmi verilmiştir. Burada gösterildiği gibi PLC üzerine 4 adet modül bağlanmış ve bu bağlantıları takip etmek mümkündür.



Şekil 4.16 PLC ve Modülleri

PLC üzerinde dijital girişler alt kısımda, çıkışlar üst kısımda bulunan terminallerden yapılır. Bu kullanılan modüller içinde geçerlidir. CPU 222 ve üzeri modellerde

gerçek zamanlı saat mevcut olup, genişleme yuvalarına yedekleme pili takılmıştır. Yedekleme pili sayesinde enerji kesilmesi durumunda veriler saklanacaktır.

PLC'lerin enerji bağlantıları iki farklı şekilde adlandırılır. Bunlardan ilki DC/DC/DC modeli kullanılmıştır. Terimdeki birinci DC ifadesi PLC'nin işlemcisinin besleme kısmını, ikinci DC terimi giriş terminallerinin çalışma gerilimini, üçüncü DC terimi ise çıkış terminalinin çalışma gerilimini göstermektedir. Bu terminaller 24 volt DC sinyal ile çalışır.

#### 4.3.2 Analiz düzenekleri

Sistem üzerinde kullanılan bilgisayar ve sistem çalışmasına yardımcı olan düzenekler şekil 4.17'de gösterilmiştir. Yardımcı ekipmanlar barkod yazıcı, klavye, fare, UPS, ekran ve fanlardan oluşmaktadır. PLC ve modülleri üzerinden alınan veriler bilgisayara iletilmektedir. Bilgisayar üzerinden verilen komutlar ise PLC iletilmektedir. Cihaz içerisinde diğer elemanlar bu iletişimde PLC tarafından yönetilmektedir. Bilgisayar yardımı ile operatör, oluşturulmuş görseller üzerinden yapılacak tüm testleri seçebilmekte ve eklenecek her tip araç için eklemeler yapabilmektedir.



4.17 Bilgisayar ve Yardımcı Ekipmanlar

Cihaz içerisinde kullanılan bilgisayar yazılan kodu uzun süre güncel kalabilecek şekilde giriş seviyesi seçilmiştir. Burada önemli olan PLC üzerindeki işlemci olduğundan bilgisayar içerisindeki işlemci performans gereksinimi önemsizdir. Bilgisayar üzerindeki işlemci operatör için bir ara yüz göstermekte, tüm verileri kaydetmekte ve gerektiğinde bu verileri barkodlayabilmektedir.

S7-200 CPU'ları çeşitli iletişim yeteneklerini destekler. Kullanılan PLC noktadan noktaya arabirim (PPI) olarak adlandırılan protokol ile çalışmaktadır. Diğer iletişim şekilleri ise;

- Çoklu nokta arabirim (MPI)
- İşlem alan yolu (Profibus)
- Free port moduyla kullanıcıya özel iletişim

Bu protokoller tüm PLC'ler için önceden hazırlanmış olup, açık sistem bağlantıları olan iletişim mimarisinin yedi tabakalı modeline dayanır. Bu protokoller eş zamanlı değildir. Bu karakterler, bir başlangıç byte'ı, sekiz data byte'ı, çift sayılı eşik byte'ı ve bitiş byte'ından oluşur. İletişim, doğruluk için üzerinde adreslerin olduğu bölümleri çevreler, bu adresler başlangıç, bitiş ve kaynak adresleridir. Protokoller ağ elemanlarının iki tipini belirler. Bunlar Master ve Slave tipleridir. Master olanlar ağ üzerinde öncelikli olan elemanlardır. Slave elemanları ise Master elemanlardan sonra gerekirse kullanılır ve kendi başlarına öncelikli olarak kullanılamazlar. Protokoller ağ üzerinden 0 ila 126 arası değişen 127 tane adresi destekler. Bunlardan 32 tanesi Master özelliğinde olabilir. Tüm elemanlar iletişim sırası olabilmesi için farklı adreslere sahip olmalıdırlar. Burada SIMATIC programlama ve STEP 7-Micro/Win 32 ile çalışan PC fabrika ayarı olan 0 adresine sahiptir. Bu adresler her bir değişken için değiştirilmiştir.

Cihaz içi haberleşme için kullanılan PPI protokolü bi master-slave protokolüdür. Master cihaz slave cihaza talep gönderir ve slave cihaz bunu yanıtlar. Burada PLC bir talep başlatamaz ve operatörün PC üzerinden iletişim başlatmasını beklemektedir. Fakat S7-200 CPU'ları eğer PPI konumu seçilip Run'da yani çalışmaya hazır biçimde ise master olarak davranır. Bu konum seçildikten sonra ağ yazıp ağ komutları kullanılarak, daha sonra eklenebilecek S7-200 cihazlarıyla iletişim kurulabilir. Kullanılan PLC burada bir master olarak davranırsa bile, diğer masterdan gelen talebi slavemiş gibi yanıtlar [15]. Çizelge 4.4'de kullanılan PLC ve modüllerine ait bilgiler verilmektedir.

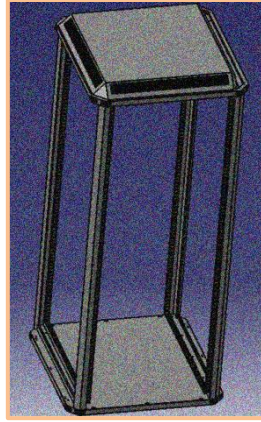
Çizelge 4.4 CPU Tarafından Desteklenen Bağlantılar

Modül	İletişim Hızı	Kullanılan Hız	Bağlantılar
S7-200 CPU	9.6 , 19.2 , 187.5 kbaund	9.6 kbaund	4
EM 277	9.6 kbaund , 12 Mbaund	9.6 kbaund	6

Bir sonraki bölümde anlatılmış test aşamalarından sonra bilgisayar tüm test verilerini kaydetmekte ve istenildiği durumda her bir test aşamasının sonucunu barkod yazıcı yardımı ile bastırabilmektedir. Cihaz içerisindeki bilgisayarın herhangi bir başka amaçla kullanılmasının önüne geçebilmek için bilgisayar açıldığı andan itibaren sadece test ara yüzünü göstermektedir.

#### 4.4 Şasi ve Yardımcı Elemanlar

Tasarım aşamasında kararlaştırılan tüm sistemlerin birbirini etkilemeyecek şekilde çalışabilmesi, herhangi bir arıza durumunda içerideki her ekipmana kolay müdahale edilebilmesi ve cihazın prototip aşamasından sonra doğabilecek gerekliliklere karşı güncel tutulabilmesi için gerekli iç hacmin yeterli olması ve sistemlerin üç ana bölüme ayrılmış şekilde yerleştirilebilmesi kriterleri düşünülerek cihaz 60x60x200 cm ebatlarında tasarlanmıştır. Bu bölümler yukarıdan aşağıya doğru bilgi işlem kısmı, pnömatik devre ve makara sistemidir. Bu tasarıma çok nadir örneklerde kullanılacağından ve cihazın taşınmasını kolaylaştırabilmek için, kompresör eklenmemiştir. Cihaza ait şasi teknik resmi Şekil 4.19'da gösterilmiştir.

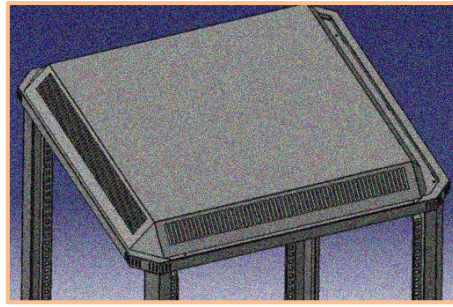


Şekil 4.19 Şasi Teknik Resmi

Şasi tasarımından sonra yukarıda belirtilen üç ana bölümü ayıran iki yüzey ve dış kaplama 5 mm kalınlığında çelik sac levha ile şaside açılan yuvalara civatalanmıştır. Cihazın tüm şasi bileşenleri S235JR çeliğinden imal edilmiş olup, doğabilecek korozyon etkilerine karşı her yüzey boyanmıştır. Burada kullanılan çelik tipi seçilirken ekipmanların güvenliği düşünülmüş olup, ağırlık ikinci planda bırakılmıştır. Dış yüzey sac levhalar yerleştirilirken kullanım kolaylığı oluşturması için dört adet ana yük kolonlarına doğru iki tarafından bükülmüştür. Taşıma kolaylığı açısından şasinin alt tarafına dört adet kilitlenebilir tekerlek yerleştirilmiş



ve bu sayede cihaz rahatlıkla hareket ettirilebilmektedir. Ayrıca tekerleklerin hemen arkalarında sabit ayaklarda bulunmaktadır. Şasinin üst tarafına ise Şekil 4.20’de daha rahat görülebileceği gibi hava tahliye kanalları açılmıştır. Bu kanallar cihazın içerisinde bulunan bilgisayarın oluşturduğu ısıyı iki adet 120 mm’lik fan yardımı ile tahliye etmektedir. Kanalların daha önemli işlevi ise test sırasında otobüs ile bağlantısı yapılmış halde oluşan yüksek basınç değerinin cihaz içerisinde herhangi bir sisteme veya operatöre zarar verebilecek durumun önüne geçilmesi için tüm hat basınçlarının panik tuşu ile buradan tahliye edecek olmasıdır.



Şekil 4.20 Şasi Hava Tahliye Kanalları

Tüm cihazın ağırlığı yaklaşık her bir makara (15 adet) için 1.5 kg, programlanabilir mantık denetleyicisi, bilgisayar ve elektronik aksam için 2.5 kg, pnömatrik devre hatları için 2.5 kg, şasi için 25 kg ve geri kalan tüm elemanlar için 2.5 kg düşünüldüğünden toplamda 55 kg olarak hesaplanmıştır. Bu değer önemlidir çünkü her bir tekerleğin taşıyabileceği toplam yük 20 kg dır. Taşıma alternatifi olarak cihazın bir fabrika içerisinde uzak iki hat arasında yada dışarı ortamına taşınabilmesi için şasinin üst tarafına bir halka kaynatılmıştır. Ağırlık değeri burada yine önem kazanmaktadır. Halka şasiye Elektrod ark kaynağı ile standartlar uygun olarak kaynaklanmıştır. Kaynak güvenilir olup, tüm parametreleri hesaplanmıştır. Fakat araştırma geliştirme projesinin konusu kapsamında olmadığından tez kapsamında da anlatılmamıştır. Cihazın görünüşü Şekil 4.21’de verilmiş olup, ön bölümünde üç ayrı kapak, arka bölümünde ise iki ayrı kapak kullanılmıştır. Ön kısım üst taraftaki kapak cihaz içerisine yerleştirilen ekran ve bilgisayara erişim sağlarken, alt taraftaki kısım ise makara sistemine erişim sağlamaktadır. Orta kapak ise cihazın kullanımı için klavye, fare, UPS, barkot yazıcı ile USB çıkışına erişimi sağlamakta, cihaz kullanılmadığı esnada kapanarak bu ekipmanlar koruma altına alınabilmektedir. Arka kısım üst kapak PLC ünitesine ve pnömatrik sistemine

erişim sağlarken, alt kısım yine makara sistemine erişim sağlamaktadır. Cihaza ait kapaklar bir kilit sistemi ile korunmaktadır. Cihazın sol ve sağ tarafına bu bölümde daha önce değinilmiş olup, sol kısmında panik butonu ve güvenlik ışığı yer almaktadır. Yine cihaz içerisinde yer alan bir hopörlör yardımı ile test sonuçlarının alındığı sesli olarak da bildirilebilmektedir.

Donanım çalışmaları bitirildikten sonra pnömomatik bağlantı noktalarına otobüsler üzerindeki bağlantı noktaları dikkate alınarak numaralandırılmış, kullanım kolaylığı sağlayacağı düşünülen çeşitli eklemeler yapılmış ve kozmetik açısından iyileştirilmiştir. Ayrıca cihaz üzerine SAN-TEZ projesi olduğu ve projede yer alan kurumların kimlikleri bir levha ile belirtilmiştir.



Şekil 4.21 Kalite Kontrol Cihazı

Cihazın çalışmasını etkileyecek tüm önemli bileşenlerin montajı ile birlikte, otobüslerin pnömomatik sistemleri için uygun kabul edilen çalışma basınçlarını ve kriterlerini sağlayıp sağlayamayacağını tespit edebilmek için, bu sistemlerin çalışma şeklini üretilen donanım ile test edebilecek bir yazılım ihtiyacı doğmuştur. Donanım çalışmalarının sonlandırılması ile birlikte, cihazın gerektiği gibi çalışabilmesi için bir sonraki bölümde anlatılan yazılım çalışmalarına geçilmiştir. Daha önceden yapılan bir ön çalışma ile kararlaştırılan çalışma biçimi bir algoritmaya sadık kalacak şekilde oluşturulmuş ve buna uygun ekipmanlar kullanılmıştır.



## 5 KALİTE KONTROL CİHAZI YAZILIM ÇALIŞMALARI

### 5.1 Algoritma ve Test Aşamaları

Basınç kayıplarının tespiti ve takibi için, otobüslerde kullanılan pnömatik sistemlerin ölçümü, kontrolü ve değerlendirmesi yapacak olan programlanabilir mantık denetleyici tabanlı otomasyon cihazının sistem tasarımı ve üretilmesi aşamalarında yapılan tüm yazılım çalışmaları bu bölüm altında incelenmiştir. Bu bölüm kapsamında cihaz, operatör ilişkisi, yazılım ara yüzü, bilgisayar ve programlanabilir mantık denetleyicisi yazılımları anlatılmıştır. Tüm kod satırlarına yer verilmemiş fakat önem teşkil eden kısımlar detaylı bir şekilde yer almaktadır. Cihaz için istenen tüm çalışma şekilleri, test aşamaları ve test sonucu, alınan tüm çıktılar yine bu bölümün konusudur.

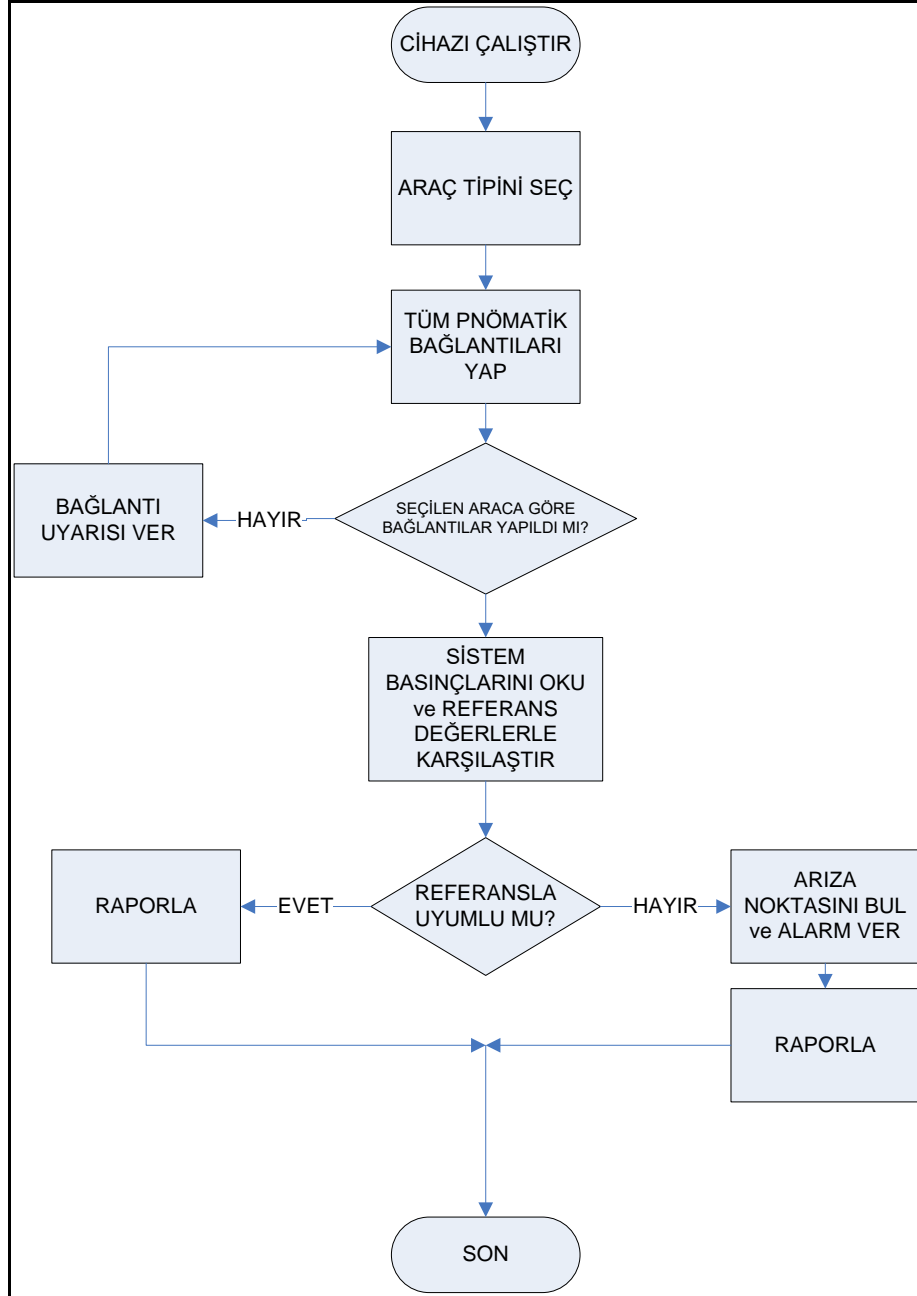
Test edilmesi istenen her türlü araç içerisinde yer alan pnömatik sistemler bölüm 2'de incelenmiştir. Bu incelemeler sonucu üretilen araç tipleri iki ayrı kategoriye ayrılmıştır. Bunlar pnömatik hatlarının değişiminden bağımsız olarak iki akslı ve üç akslı otobüsler olarak değerlendirilir. Bu tipler kendi içerisinde pnömatik sistem olarak ufak değişiklikler barındırorsa da, her hat için yine bölüm 3'de belirlenmiş maksimum ve minimum basınç değerlerine ve bu değerler ile oluşturulan referans değerlerine göre değişmektedir. Bu durumda ölçüm cihazı içerisinde bir standart yakalanabilmesi için test başlangıcı 3 ayrı bölüme ayrılmıştır.

- İki akslı otobüslerin pnömatik sistemi
- Üç akslı otobüslerin pnömatik sistemi
- Diğer tip otobüslerin pnömatik sistemi

İki akslı otobüsler üzerinde 9 adet basınç noktası bulunurken, Üç akslılar üzerinde 11 nokta bulunmaktadır. Diğer tip otobüsler içinse her herhangi bir standart bulunmamaktadır. Bu durumda ölçüm ve kontrol cihazının çalışabilmesi için 15 basınç noktasından az bağlantı olması koşulu ile cihaz ara yüzü yardımıyla her nokta için tasarlanmış basınç değerleri, teker teker kaydedilip, her bir test parametresi yeniden düzenlenerek diğer tip otobüslere eklenebilmektedir. Bu durumda standart olarak üretilen iki ve üç akslı otobüslerin testlerinin yanında, basınç hatları pnömatik olan tüm araçlar test edilebilecektir.

Her bir test aşamasından önce, ölçüm kontrol cihazının ortaya çıkabilecek problemleri tespit edebilmesi için oluşturulan algoritma Şekil 5.1'de verilmiştir.

Burada görülebileceği gibi her bir aşamadan önce ve sonra, hem operatörün hem de cihaz yazılımının nasıl çalıştığı açıklanmıştır. Operatör hatların bağlantılarını yaptıktan sonra, cihazın test sonuçlarını beklemekte ve çıktı şekline göre test raporlarını değerlendirmektedir. Bu değerlendirme sonucuna göre test tekrar edilebilir, başarısız olarak değerlendirilebilir veya basınç değerleri uygun bulunabilir.



Şekil 5.1 Çalışma Algoritması

Farklı tip araç test edileceği zaman, program içerisinde bulunan ekle özelliği ile aracın referans değerleri ve bağlantı noktaları tanımlanıp bir sonraki aşamaya

geçilir. Daha sonra aynı tip araç test edileceğinde, araç tanımlı olarak hazırdır. Araç tipi seçiminden sonra, programın verdiği uyarılar ve bağlantı noktaları üzerinde bulunan numaralar sayesinde, cihaz araca bağlanmalıdır. Burada yapılabilecek bir hata tüm testlerin başarısız olarak sonuçlanmasına neden olabileceğinden, bağlantılar iki kez kontrol edilmelidir. Ölçüm ve kontrol cihazı bağlantıların doğru olup olmadığını kontrol etmektedir fakat ilk test aşamasının başlangıcından hemen sonra bu kontrol mümkündür. Bu da zaman kaybına neden olabilmektedir. Bu aşamadan sonra cihaz test aşamaları için hazır durumdadır. Burada araçların basınç hatlarının performansı için istenen iki tip test şekli bulunmaktadır. Bunlardan ilki her bağlantı noktasının istenen çalışma basıncında çalışıp çalışmadığıdır. Araç içerisinde bulunan pnömatik sistemin her hattı için üretiminde belirlene teorik çalışma basınçları bulunmaktadır. Bu basınç değeri daha sonra yapılan testler ile belirlenmiş maksimum ve minimum toleranslara sahiptir. Bölüm 3'de yapılan çalışmalar ile el tipi manometreler yardımı ile bu değerler her tip araç için belirlenmiştir. Belirlenen değerler teorik çalışma basınçları olarak adlandırılmaktadır. Tüm test aşamaları için, araç içi pnömatik hatlarda basınç olabilmesi gerektiğinden araç çalışır vaziyette olmalıdır. Çalışmayan veya üretimi tamamlanmamış araçlar üzerinde yapılacak olan testlerde, araç içi pnömatik hatlar kompresör yardımı ile basınçlandırılabilir. Burada önemli olan araç içi pnömatik sistemin üretiminin tamamıyla bitmiş olması ve her test aşamasından önce her hattın çalışma basınçlarına kadar basınçlandırılmasıdır.

İlk test aşamasında (Hava sızdırmazlık testi) her bir hattın ayrı ayrı kendi teorik çalışma basınçlarında olup olmadığı kontrolü yapılmaktadır. Burada her hangi bir hatta olabilecek bir hata testi başarısız olarak adlandırmakta ve diğer test aşamasına geçmeyi gereksiz kılmaktadır. Çünkü burada yapılan değerlendirme sonucu diğer tüm test aşamalarını etkilemektedir. Bu durumda cihaz uyarı vermekte ve hangi hat yada hatların istenen basınçlarda çalışmadığını bildirmektedir. İlk test devam ederken alınan ilk hata uyarısından sonra, diğer hatlarda herhangi bir sorun olup olmadığını anlayabilmek için operatör teste devam edebilmektedir fakat isterse testi durdurabilir. Araç içerisinde bulunan pnömatik sistemin hatlarından bazıları birbirine bağlı olmasına rağmen, bunlar ya özel bir durumda (Frene basma) yada üretim aşamasında doğan bir hatadan

dolayı aynı hat gibi çalışmaktadır. İlk aşama test sonuçları için her hat ayrı ayrı değerlendirilmektedir. İlk test aşaması başlamadan önce basınç dengeleme süresi beklenmelidir. 3 Şubat 1993 tarihli gazetede yayınlanan Araçların İmal Tadil ve Montajı Hakkındaki Yönetmeliğin 37. sayfa 91. madde c bendinde belirtilen basınç düşüşü 10 dakikada 0,1 bar'ı geçmemesi gerekmektedir. Bu test aşamasında test süreleri belirlenebildiğinden test sonuçlarının yönetmelik kapsamında olup olmadığı da kontrol edilmektedir.

İkinci test aşamasında (Fren devre testi) ise ilk testten başarıyla geçmiş araçlar için uygulanmaktadır. Burada yapılan çalışma, araç basınç hatlarının arızalı olup olmadığını anlamaktan çok araç fren sisteminin yönetmelikte belirlenen standarda uyup uymadığının kontrolüdür. Araç içerisinde bulunan fren basınç hatları birbiri ile bağlantılı olduğundan her bir hat ayrı ayrı doğru çalışsa bile, bir hattın ani hasar sonucu çalışmaması durumunda diğer hatlarda basınç düşüşü sınırlandırılmalıdır. Bu yine aynı yönetmelikte tüm hatlar arızalansa dahi, araç fren sistemi en az 5 bar'lık basınçta olmalıdır. İncelenen araç tiplerinin tümünde basınç hatlarının dört adedi fren sistemi için ayrılmıştır. Buna göre test başlangıcında cihaz bu dört noktadan ilkinini seçerek bu hat içerisinde ki basıncı tamamıyla boşaltmaktadır. Hat sıfırlandığında cihaz anlık olarak diğer hatların basınçlarının 5 bar'ın altında olup olmadığına bakmaktadır. 5 bar'ın altında tek bir hat dahi bulunsa test başarısız olarak nitelendirilir. İlk seçilen nokta dışında kalan her hat içinde bu test tekrarlanmaktadır. Yani fren sistemi hattında bulunan dört basınç noktasından hangisinde arıza olursa olsun bunların birbiri içerisindeki basınç değişimlerinin 5 bar'ın altında olup olmadığı kontrol edilir. Bu test incelen araçlar için dört aşamalı olup, diğer araç tipleri için tekrardan değiştirilebilir. Bu test aşaması zorunlu kılınmamıştır. Kontrolü kullanıcıya bırakılmıştır fakat anlık olarak ölçüm yapıldığından bu aşamanın atlanmaması yararlıdır. Alınacak çıktılarda bu aşamanın da bulunması aracın yönetmeliğe tamamen uyduğunu gösterir. İkinci aşama test tipi üçüncü, dördüncü ve beşinci aşamalar için aynıdır. Yazılım aşamasında bu test tipleri ayrılmış ve herhangi bir karışıklığa meyil vermemek için ara yüz içerisinde her birine ait bir sayfa bulunmaktadır. Bu bölüm kapsamında diğer test tiplerinin hepsi ikinci aşama test olarak anlatılmıştır.

İleride yaşanacak değişimlere (araç içi pnömatik hatlarında, üretilen pnömatik sistemin çalışma basıncında, yönetmelikte) uyum sağlayabilmek için program

içerinde tanımlanmış her türlü bilgi tamamen değiştirilebilir veya yenileri eklenebilmektedir. Burada kod değişikliğini en aza indirebilmek için girilen tüm sayısal değerler varsayılan olarak belirlenmiştir. Örneğin yönetmelikte belirlenen 5 bar değerini her test aşamasından önce değiştirebilmek mümkündür. Yeni test tipleri için ise yazılımda değişiklik mecburidir.

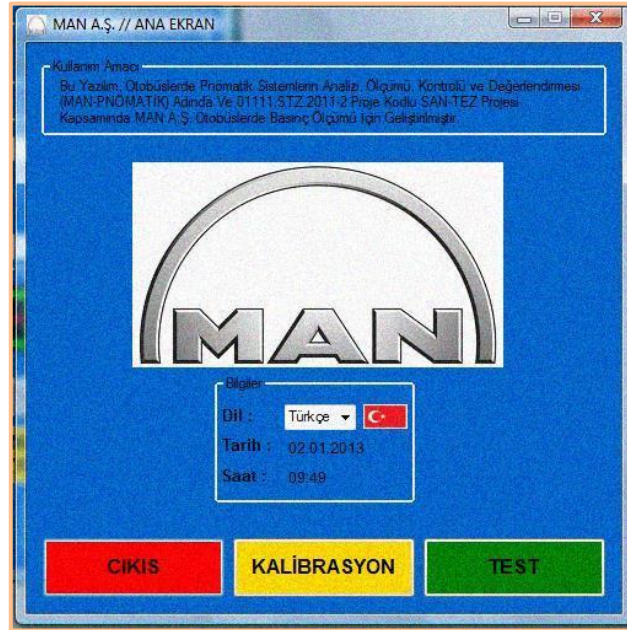
Test aşamaları tamamlandıktan sonra test aşamalarının tümü başarılı ise cihaz araçların kalite belgeleri için bir barkod üzerine yapılan testin tüm detaylarını özetleyecek şekilde çıktı vermektedir. Ayrıca detaylı sonuçlar için testlere ait tüm bilgileri dosyalayıp harddiske tarih ve saat bilgisini içerecek şekilde kaydetmektedir. İstenilmesi durumunda bu test sonuçlarına sadece ilgili departmanın ulaşabilmesi için şifrelenmiş şekilde, silinemez olarak koruma altına alınmaktadır. Cihaz iç kabinlerine ulaşım yine aynı departman kontrolüne bırakılmıştır. Kalite kontrol departmanı sonuçlara, istenirse USB bağlantı noktası üzerinden veya tanımlanmış ağ bağlantısı üzerinden ulaşabilir. Testin başarısız olması durumunda ise cihaz barkod basmamakta, uyarı ışığı ve sinyali vermektedir. Test başarısızlığı yine dosyalanmaktadır. Operatör için ise hata bulunan noktalar, ekran üzerinde başka bir işlem yapılmak istenene kadar gösterilmektedir. Bu sayede operatör arızalı noktaları işaretleyip aracı üretim hattına geri gönderebilir.

Çalışma şekli yukarıda anlatılan cihaz, kendi içerisinde doğabilecek herhangi bir problem durumunda testleri istenildiği şekilde yapamayacağından dolayı doğru ölçüm yapıp yapmadığı kontrol edilmelidir. Bu durumdan doğabilecek yanlışlıkların önüne geçebilmek için kompresör veya fabrika içi basınç hattı üzerinden cihaza tek noktadan alınan hava basıncını 8 bar okuyup okumadığının tespiti için her on testte bir cihaz, operatörü kontrole zorlamaktadır. Burada operatör cihazı basınç hattına bağladıktan sonra okunan değeri en son yapılan test süresi boyunca 8 bar olarak görmelidir. Göremiyorsa cihaz düzgün çalışmıyor demektir. Test sonuçları dikkate alınmaz. Okunan basınç değerlerinin her on teste bir kontrolü cihazın kendini kontrol şeklidir. Bu işlem kalibrasyon olarak adlandırılabilir olsa da daha sonra yapılabilecek geliştirmeler içerisinde cihazdan ayrı bir fonksiyon eklenerek test edilmelidir. Şu aşamada cihaz operatöre doğru ölçüm yaptığını bildirmektedir fakat basınç değerinin 8 bar olarak ölçülemediği durumlarda, tüm ekipmanlar teker teker kontrol edilmelidir. Örneğin el tipi manometre ile rasgele bir

hattan basınç değerinin anlık kontrolü ve bu kontrol sonucu okunan değer ile referans değerin arasındaki fark kadar yapılan her ölçümün otomatik olarak revize edilmesi cihaza eklenebilecek bir fonksiyondur. Cihazın kendi kendini kalibre edebilmesi geliştirmeye açık bırakılan konulardan biridir.

## 5.2 Ara Yüz Oluşumu ve Çıktılar

Test aşamalarının istenen şekilde olabilmesi, operatörün zorluk çekmemesi ve oluşturulan yazılımla görsel olarak iletişime geçilebilmesi için bir ara yüz oluşturulmuştur. Bu kısımda anlatılan bilgiler cihaz geliştirme aşamasında yapılan tüm çalışmayı kapsamaktadır. Ara yüz oluşturulurken sade, kullanımı kolay ve operatörü yönlendirebilir olması dikkate alınmıştır. C# kullanılarak oluşturulan ara yüz içerisinde bulunan tüm detaylar bu bölümde anlatılmıştır. Bu ara yüz tamamlandıktan sonra PLC'lerde kullanılan Scada paket programına uygun olacak şekilde düzenlenmiştir. şekil 5.2'de yazılımın ana ekranı verilmiştir.



şekil 5.2 Ana Ekran

İlk aşamada oluşturulan ara yüz üzerinden yapılan anlatımların tümü Scada da oluşturulan ara yüzde de mevcuttur. Ara yüz içerisinde var olan değişkenlerin tümü korunmuş ve aynı görevi yapmaktadır. Burada değişen tek husus ara yüz görünümüdür. C# ile oluşturulan ara yüz yardımı ile işlem yapabilmek mümkün olsa da piyasada kullanılan, PLC barındıran tüm cihazların ara yüzünün Scada ile yapılmış olması, bu konuda ihtisas yapmış elemanların bu paket programa alışık olmalarından dolayı bu değişiklik uygun görülmüştür.

Yazılımın ana ekranında cihazın üretilme amacı ve kullanacak kuruluşun logosu bulunmaktadır. Burada operatörün dil seçimi yapabilmesi için bir bölüm bulunmaktadır. Tarih ve saat bilgileri dışında operatör test aşamalarına başlayabilir, kalibrasyon yapabilir. Bir sonraki aşamaya geçmeden önce kalibrasyon tuşu her on teste bir cihazın doğru ölçüm yaptığını kontrol etmektedir.

Şekil 5.3'de test tuşuna basıldıktan sonra cihazın çalışmasını etkileyecek bazı bilgiler girilmelidir. Bu bilgiler test aşamalarında yazılım için gerekli olup operatörü yapacağı test tipini göre yönlendirmektedir. Burada daha sonra kayıt altında tutulacağından testi gerçekleştirecek kişiyi ismi, kalite belgelerine baskı alabilmek için araç şasi numarası, hangi tip araç test edileceği bilgisi ve istenen test süresi girilmelidir.

Şekil 5.3 Parametre Giriş Ekranı

Bölüm 3'de belirlenmiş parametrelerden bazıları için herhangi bir değişiklik yapılmasına ara yüz üzerinden izin verilmemesi için burada iki parametre gösterilmemiştir. Bu parametrelerden ilki basınç düşü kontrolüdür. Basınç düşü kontrolü her 0,05 bar'lık düşüşü kontrol etmektedir. Basınç düşümü anlık olarak bu değerden fazla olduğu durumda cihaz çalışmasında bir sorun olabileceği gibi, araç için pnömatik hatta da kaçak bulunabilir. Aynı zamanda basınç değişimlerini 0,05

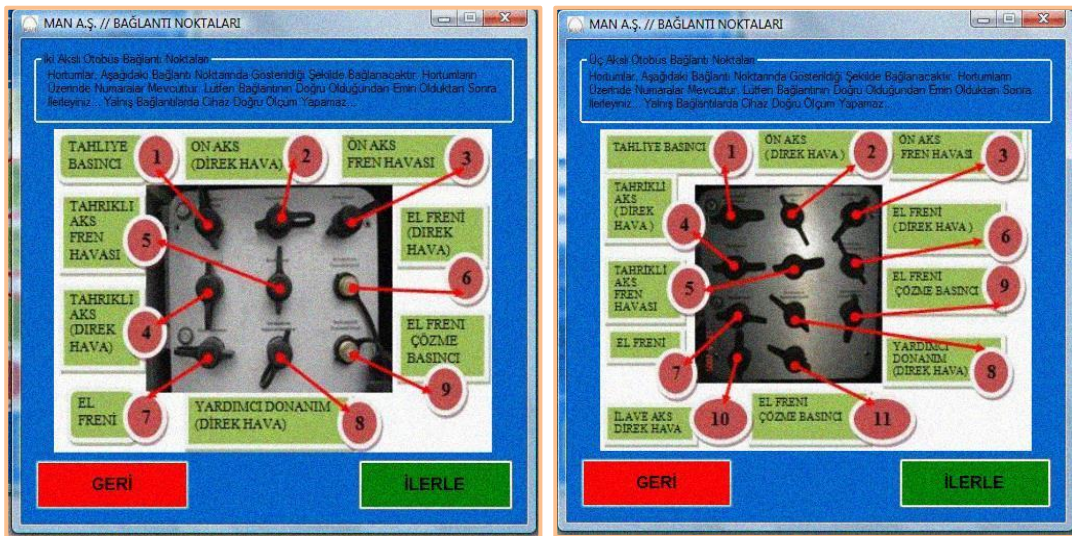


bar'da bir gözlemlenir. Yazılım çalışmaları sonlandırıldığında bu değer operatör tarafından belirlmesine gerek kalmamıştır.

İkinci önemli parametre ise basınç dengeleme süresidir. Yapılan deneysel çalışma sonucu bu değer 1 dakikadan az olduğu belirlenmiştir. Test süresinden bağımsız olarak araç içi pnömatik sistemde hava bulunmaması (üretim aşaması bitmemiş veya kontak kapalı) durumunda test yapabilmek için cihazın, aracı basınçlandırması gerekmektedir. Basınçlandırma araç içi pnömatik sistemin hacmiyle ilişkili olduğundan tüm araç tiplerinde basınçlandırma için geçen süre 1 dakikanın altındadır. Bu parametrede kod içerisinde sabitlenmiş olup daha sonraki değişikliklerde kod üzerinden değiştirilmelidir. Dengeleme süresinin operatör kontrolüne bırakılmamasının nedeni test süresiyle karışıklığın veya gereksiz zaman kaybının yaşanmasının önüne geçmektir.

Şekil 5.4'de iki ana araç tipine göre pnömatik hat bağlantılarının nasıl yapılması gerektiği gösterilmektedir. Özel tip araçlarda bu bağlantılar üzerinden kontrol edilebilir veya yeni bağlantı görseli cihaza eklenebilir. İki veya üç akslı araçlar üzerinden bağlantı şekilleri firmada üretilen tüm tipleri kapsamaktadır.

Burada belirtilen numaralandırma cihaz bağlantı noktaları üzerindeki ile birleştirilmelidir. Aksi durumlarda doğru test yapılması söz konusu değildir. Cihaz bu bağlantı noktalarının bazılarını test başlangıcında kontrol etmektedir fakat bazı hatlar aynı maksimum ve minimum referans değerlerine sahip olduğundan burada yaşanabilecek bir problemi önceden belirleyememektedir.



Şekil 5.4 Bağlantı Noktaları



Sonradan eklenebilecek araçlar için Şekil 5.5'de giriş ekranı bulunmaktadır. Bu sayfa sayesinde yeni araç sınıfı ve tipi ekleyebilmek mümkündür. Referans değerlerini teker teker ekleyebileceğimiz gibi, gerekli duyulması durumunda değişim yapılabilir. Tüm eklenmiş araç tipleri kayıt altına alınmakta ve kaydedilen her araç tipi ekranından seçilebilir. Burada araç tipleri numaralandırılmış olup bu numaralar yardımı ile ekleme tarihlerini barındıran bir kayıt dosyası oluşturulmuştur. Üretimi yapılan tüm araçlar burada firma kayıtlarına göre isimlendirilmiştir. Cihazı farklı bir araç üretim tesisi kullanabileceği düşünülerek, ara yüz ve kayıt dosyaları üzerindeki tüm simge, isim ve firma bilgilerini düzenlemek mümkündür. Bu sayede her bir araç tipi için verilen numaralar yardımı ile yapılacak test öncesi operatör hiçbir referans değeri bilmesi gerekmeksizin seçip yapabilir ve kalite birimleri araç tiplerine ait testleri incelerken arşivleme yapabilir. Bu sayfa üzerinde direkt test aşamalarına geçilmesi sağlanmaktadır.

Test Noktası	Değer
1. TEST NOKTASI ALT LIMIT	9.80
1. TEST NOKTASI ÜST LIMIT	10.20
2. TEST NOKTASI ALT LIMIT	9.80
2. TEST NOKTASI ÜST LIMIT	10.20
3. TEST NOKTASI ALT LIMIT	8.00
3. TEST NOKTASI ÜST LIMIT	10.20
4. TEST NOKTASI ALT LIMIT	9.80
4. TEST NOKTASI ÜST LIMIT	10.20
5. TEST NOKTASI ALT LIMIT	8.00
5. TEST NOKTASI ÜST LIMIT	10.20
6. TEST NOKTASI ALT LIMIT	8.10
6. TEST NOKTASI ÜST LIMIT	8.50
7. TEST NOKTASI ALT LIMIT	8.10
7. TEST NOKTASI ÜST LIMIT	8.50

Şekil 5.5 Araç Kayıt Ekranı

Gerekli bilgiler girildikten sonra ilk test adımı olan hava sızdırmazlık ekranı Şekil 5.6'da verilmiştir. Bu ekrana araç cinsi, tarih saat bilgisi, testi gerçekleştiren kişi bilgisi, araç şasi no, basınç dengeleme süresi ve test süresi otomatik olarak gelmektedir. Bu bilgiler ışığında test başlangıcı yapıldığında tüm noktaların başlangıç, anlık basınçları görüntülenebilir. Test sonucunda ortaya çıkan basınç değerleri kayıt altına alınarak test sonucuna göre otomatikmen bilgilendirme yapılır. Bunun yanında sonuçlar referans değerlerle ekran üzerinde karşılaştırılabilmektedir. San-Tez projesi kapsamında yapıldığı bilgisi için proje kodu bu ekran üzerinde bulunmaktadır.

İkinci test aşaması olan fren testi için Şekil 5.7’de verilen görselde testin ilk adımı gösterilmektedir. Geri kalan üç adım için test süreci aynı şekilde gerçekleştiğinden bu adımlara ait görseller aynı sayfada belirmektedir.

01111.STZ.2011-2														
ARAÇ CİNSİ	A37													
10/25/2013 3:29:44 PM														
OPERATÖR														
ŞASE NO														
MAN HAVA SIZDIRMAZLIK TESTİ														
1. TEST ADIMI TEST BAŞLA														
DENGELEME SÜRESİ (DK.)	1													
TEST SÜRESİ (DK.)	5													
	TR1	TR2	TR3	TR4	TR5	TR6	TR7	TR8	TR9	TR10	TR11	TR12	TR13	TR14
ANLIK BASINÇ	1.06	0.63	0.44	-1.83	5.04	7.04	7.03	6.60	7.65	6.45	0.00	0.00	0.00	0.00
BASLANGIÇ BASINCI	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SONUÇ BASINCI	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ÜST LİMİT BASINCI	10.20	10.20	10.20	10.20	10.20	8.50	8.50	6.80	8.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ALT LİMİT BASINCI	9.80	9.80	8.00	9.80	8.00	8.10	8.10	6.50	7.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
GERİ														

Şekil 5.6 Hava Sızdırmazlık Testi Ekranı

Burada TR2 ile gösterilen noktadaki ani basınç kaybı esnasında diğer hatların değişimi araştırılır. Fren devre testinin başarılı olması için her bir noktanın ani basınç düşüşü altında gösterdiği tepki ayrı ayrı incelenmektedir. Üç akslı A23 tipi araç için ilk pnömatrik ön aks fren hattının basınç değeri sıfıra düşmeden, tahrikli akstaki basınç 5 bar'ın altına düşmüştür. Bu da aracın ikinci aşama testi geçemediği anlamına gelmektedir. Belirli motorlu araç sınıflarının ve römorklarının frenleme düzenekleri ile ilgili tip onayı yönetmeliğine (7/320/AT) uygun değildir. Test aşamaları esnasında yaşanabilecek herhangi bir istenmeyen durumun önüne geçebilmek için bulunan fiziksel panik tuşunun dışında olağan durumlar için testi sonlandırma işlemi her aşamada çıkış butonu ile sağlanmaktadır.

01111.STZ.2011-2				
ARAÇ CİNSİ	A23			
10/25/2013 3:30:20 PM				
OPERATÖR				
ŞASE NO				
MAN FREN DEVRE KONTROL TESTİ				
1. TEST ADIMI TESTE BAŞLA				
TR2	TR4	TR6	TR9	
0.63	4.83	6.99	7.65	
<= 0 BAR	>= 5 BAR	>= 5 BAR	>= 5 BAR	
GERİ				

Şekil 5.7 Fren Devre Testi Ekranı

Bunun dışında test sonucu başarılı ise barkod otomatik olarak bastırılmakta ve test sonucundan bağımsız olarak kayıt dosyaları oluşturulmaktadır. Kayıt dosyaları, iki ayrı test için ayrı ayrı oluşturulmaktadır. Ayrıca kalibrasyon yapıldığına ait kayıtlarda dosyalanmaktadır. Yapılan ilk testin çıktı örnekleri hava sızdırmazlık testi ve Fren devresi testi Çizelge 5.1'de, kalibrasyon Çizelge 5.2'de verilmiştir.

Çizelge 5.1 Hat (Hava Sızdırmazlık, Fren Devre) Testi

HAVA SIZDIRMAZLIK TESTİ SONUÇLARI	FREN DEVRE HATTI TESTİ SONUÇLARI
Testi Gerçekleştiren Kişi : Bahadır KAYNAK	Testi Gerçekleştiren Kişi : Bahadır KAYNAK
Araç Şasi Numarası : A371403	Araç Şasi Numarası : A371403
Araç Tipi : Üç Akslı Otobüs - A23	Araç Tipi : Üç Akslı Otobüs - A23
Tarih : 02.01.2013	Tarih : 02.01.2013
Saat : 07:32	Saat : 07:45
Test Süresi : 5 dakika	Test Süresi : Anlık
TEST SONUCU : <b>BAŞARISIZ</b>	TEST SONUCU : <b>BAŞARISIZ</b>
1. Test Noktası Başlangıç : 12,50bar	2. ADIM TEST SONUÇLARI
2. Test Noktası Başlangıç : 11,40bar	2. BASINÇ NOKTASI 0 bar DEĞERİNDE İKEN;
3. Test Noktası Başlangıç : 7,50bar	4. BASINÇ NOKTASI = 6.00 bar Değerine Düştü
4. Test Noktası Başlangıç : 11,20bar	6. BASINÇ NOKTASI = 7.00 bar Değerine Düştü
5. Test Noktası Başlangıç : 10,50bar	8. BASINÇ NOKTASI = 6.00 bar Değerine Düştü
6. Test Noktası Başlangıç : 11,50bar	TEST SONUCU = <b>GEÇTİ</b>
7. Test Noktası Başlangıç : 13,50bar	
8. Test Noktası Başlangıç : 13,50bar	3. ADIM TEST SONUÇLARI
9. Test Noktası Başlangıç : 8,60bar	4. BASINÇ NOKTASI 0 bar DEĞERİNDE İKEN;
10. Test Noktası Başlangıç : 12.10bar	2. BASINÇ NOKTASI = 6.00 bar Değerine Düştü
11. Test Noktası Başlangıç : 12.70bar	6. BASINÇ NOKTASI = 7.00 bar Değerine Düştü
	8. BASINÇ NOKTASI = 6.00 bar Değerine Düştü
1. Test Noktası Bitiş : 12.35bar	TEST SONUCU = <b>GEÇTİ</b>
2. Test Noktası Bitiş : 12.30bar	
3. Test Noktası Bitiş : 11.10bar	4. ADIM TEST SONUÇLARI
4. Test Noktası Bitiş : 12.50bar	6. BASINÇ NOKTASI 0 bar DEĞERİNDE İKEN;
5. Test Noktası Bitiş : 11.30bar	4. BASINÇ NOKTASI = 4.50 bar Değerine Düştü
6. Test Noktası Bitiş : 8.10bar	2. BASINÇ NOKTASI = 7.00 bar Değerine Düştü
7. Test Noktası Bitiş : 8.20bar	8. BASINÇ NOKTASI = 7.00 bar Değerine Düştü
8. Test Noktası Bitiş : 12.60bar	TEST SONUCU = <b>KALDI</b>
9. Test Noktası Bitiş : 3.65bar	SORUN : 4. BASINÇ NOKTASI
10. Test Noktası Bitiş : 12.10bar	
11. Test Noktası Bitiş : 12.70bar	5. ADIM TEST SONUÇLARI
	8. BASINÇ NOKTASI 0 bar DEĞERİNDE İKEN;
<b>BASARISIZLIK NEDENLERİ</b>	4. BASINÇ NOKTASI = 6.00 bar Değerine Düştü
1)1. Bağlantı Noktasında, 5 dakikalık testin	6. BASINÇ NOKTASI = 7.00 bar Değerine Düştü
2.7 dakikasında basınç değeri 0,05 bar düştü	
2)9. Bağlantı Noktasında, 5 dakikalık testin	2. BASINÇ NOKTASI = 7.50 bar Değerine Düştü
3.5 dakikasında basınç değeri 0,05 bar düştü	
3)9. Bağlantı Noktası, 3,65 bar düştü...	TEST SONUCU = <b>GEÇTİ</b>

Hava sızdırmazlık testi sonuçlarına bakıldığında her noktanın başlangıç ve bitiş değerleri bulunmakta ve her bir nokta için başarısızlık nedenleri açıklanmaktadır. Örneğin 9. Bağlantı noktası 8.6 bar'dan 3.65 değerine kadar düşmüştür. Yapılan test süresinin kısalığı göz önüne alınırsa aracı el freni çözme hattı referans değerlerden hızlıca uzaklaşmaktadır. Fren devre hattı sonuçlarına bakıldığında ise araç diğer adımlarda başarılı olsa bile testin dört adımından biri olan 4. Adım tahrikli aks fren noktasında araç testen geçemediğinden test başarısız olarak

değerlendirilir. Cihazın kayıt dosyalarında oluşturduğu detaylar gösterilmek istendiğinden test el freni çekilmeden (boşta) iken yapılmıştır.

### Çizelge 5.2 Kalibrasyon

KALİBRASYON SONUCU
Gerçekleştiren Kişi : Bahadır KAYNAK
Tarihi : 02.01.2013
Saati : 07:30
Kalibrasyon Süresi : 5 dakika
Kalibrasyon Sonucu : 13.00 <b>BAŞARILI</b>

Arşivleme için 0017\_HAVASIZDIRMAZLIKTESTISONUCLARI.doc formatında ve her bir test için ayrı, kayıt tarihi esaslı dosyalar oluşturulmaktadır. Barkod yazıcıdan alınan çıktı örneği Şekil 5.8'de verilmiştir.

İstenilmesi durumunda etiket üzerinde bulunan test no yardımı ile testin kayıt dosyasına ulaşılabilir. Bu kayıt dosyası testin tüm detaylarını içermektedir. Bölüm 3' de cihaz kontrol sürecinde yapılan tüm testlerin çıktıları değerlendirilmiş ve üretim hattında bulunan araçlar içerisindeki sorunlar tespit edilmiştir. Bu tespit ileriki aşamalarda cihazın kullanılacağı ortamların kalite kontrol birimleri için örnek teşkil etmektedir. Yapılan detaylı çalışmalar sonucu çıktılar firmada bulunan önceki test sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sonucu sorun olmadığı düşünülen bazı araç tiplerinde arızalar keşfedilmiş, bazı araç tiplerinde ise daha önce el tipi basınç ölçüm cihazlarıyla yapılan ölçüm sonuçlarına yakın değerler elde edilmiştir.



### ARAÇ PNÖMATİK SİSTEM TEST ETİKETİ

---

Test Operatörü : Bahadır KAYNAK  
Araç Şase No : A371403  
Araç Cinsi : A23  
Test Zamanı : 16.01.2013 – 16:44  
Test No: 0017  
Test Sonucu : Başarılı

---

Belirli motorlu araç sınıflarının ve römorklarının frenleme düzenekleri ile ilgili tip onayı yönetmeliğine (7/320/AT) (3 Şubat 1993 tarihli gazetede yayınlanan Araçların İmal Tadil ve Montajı Hakkındaki Yönetmeliğin 37. sayfa 91. madde c bendinde) uygun olarak ölçüm yapılmıştır.

Bu araç 01111.STZ.2011-2 Kodlu San-Tez Projesi kapsamında üretilen ölçüm, kontrol ve değerlendirme yapan otomasyon cihazı ile test edilmiştir.

Şekil 5.8 Araç Pnömatik Sistem Test Etiketi

Test süresi operatör kontrolüne bırakılmış olmakla birlikte yönetmelik kapsamında yapılacak test süresinin tüm test aşamaları için ortalama 20 dakikayı geçmiyor olması araç kontrolü sırasında harcanan vakti kısaltmaktadır.

### 5.3 Yazılım Bilgileri

Cihazın istenen test aşamalarını gerçekleştirebilmek için cihaz içerisinde bulunan bilgisayar ve PLC'nin programlanması bu bölüm kapsamında anlatılmıştır. Tez süresi boyunca oluşturulan algoritmaya uyan ve Bölüm 3'de oluşturulmuş referans değerleri kontrol edebilen iki ayrı yazılım geliştirilmiştir. Bu yazılımlardan ilki tüm analitik işlemleri yapıp, PLC'ye testin aşamaları için sinyal gönderen ve sonuçları değerlendiren C# programıdır. Haberleşme yine burada yazılan kod satırları ile sağlanmaktadır. İkinci bölümü olan PLC programı, transdüserlerden aldığı voltaj değerlerini bilgisayara iletmekte ve bilgisayardan gelecek komutları beklemektedir. Örneğin operatör fren devresi testi aşamasında testi başlat komutuna bastığında bool bir değişken bilgisayardaki bir adrese atanmakta bu adres ile PLC üzerindeki adres eşleşmekte ve PLC belirli transdüserlerden veri alımını başlatmaktadır. Bir sonradaki aşamada bilgisayardan gelen başka bir bool değişken PLC ye ulaşmakta ve PLC programı gerekli valfi açmakta yada kapatmaktadır. Açılan valf yardımıyla o hat üzerindeki basınç sıfırlanıp PLC null değer okuyunca kadar bilgisayar diğer noktalardaki basınç değerlerini okumaktadır. PLC ve bilgisayar zamanlaması aynı olduğundan test bitiminde PLC veri alımını kesmekte ve bilgisayar alınan son veri değerine göre analiz gerçekleştirmektedir. Burada PLC üzerinde tanımlanan integer değer yine aynı adresleme şeklinde bilgisayara aktarılmaktadır. Aktarılan veri C# programı içerisinde analiz edilmekte ve buna uygun rapor üretmektedir. Veri alımı okunan basınç değerleri için anlık olarak gerçekleşmekte ve programlar arasında paylaşılmaktadır. Geri kalan tanımlanmış her değişken integer olsun, bool olsun anlık olarak paylaşılmakta ve görevini bitirdiğinde yaptığı işlem sonlanmaktadır. Bu duruma aykırı olarak zaman değişkenleri işletim sisteminden bilgisayara oradan da PLC ye aktarılmaktadır.

C# programı görevleri;

- PLC'nin veri alımını başlatmak, bitirmek
- PLC'ye gerekli test aşamalarını bildirmek
- PLC'den gelen verilerin analizi yapmak



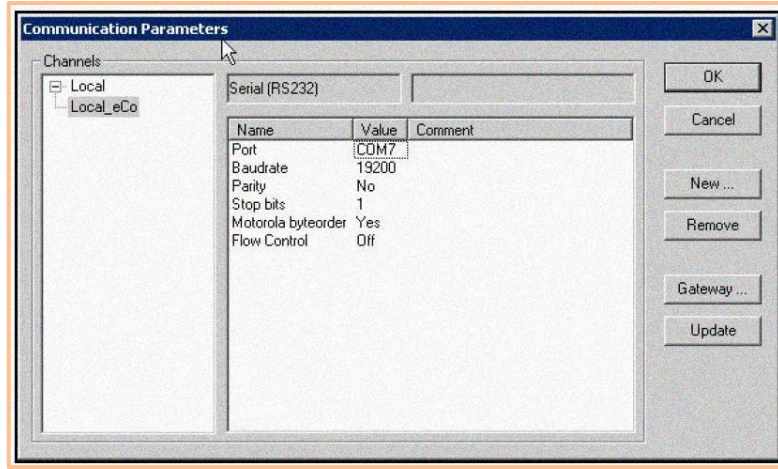
- Raporlamak

PLC programının görevleri ;

- Transdüserlerden gelen veriyi okumak ve 0-16 bar aralığına göre düzenlemek
- Test iki aşamasında gerekli valfleri açmak veya kapatmak
- Referans değerler ile verileri karşılaştırmak
- Araç içi pnömatik hattı basınçlandırmak

olarak özetlenebilir.

Haberleşme için Şekil 5.9'da verilen parametreler kullanılmıştır. Haberleşme PLC ile PC arasında veri transferini sağlayan yapıdır. Bu yapı iki yönlü olarak işlemektedir. Burada bilgisayarın kullanmadığı Com7 portu üzerinden PLC'nin izin verdiği 19200 kbaund luk hız kullanılmıştır. Adreslemelerin eşitlenebilmesi için ise Tcp/Ip üzerinden PLC'de varsayılan olarak gelen 192.168.0.10 adresi kullanılmıştır.



Şekil 5.9 Haberleşme Parametreleri

PLC'nin modülleride hesaba katıldığında alınan lisan 64 adet değişkene izin vermektedir. Bu sebepten örneğin test 2 aşamasının her bir adımında aynı değişkenler kullanılmıştır. Bool değişkenler eğer aynı işlevi yapıyorsa işlem sonucunu sıfırlayarak tekrardan kullanılabilir hale getirilmiştir.

Bunun dışında bilgisayar fabrika için ağa işletim sistemi üzerinden bağlıdır ve çıktıların kalite birimi tarafından kolaylıkla almasını sağlamaktadır. Bu bölüm kapsamında ikiye ayrılmış olan yazılım çalışmaları için tüm kod satırlarını

anlatmak mümkün olmadığından önemli görülen ve çalışma şeklini etkileyen satırlara yer verilmiştir. Ayrıca kullanılan her bir özellik içinde bir örnek verilmiştir.

### **5.3.1 C# programı ve seri port terminali**

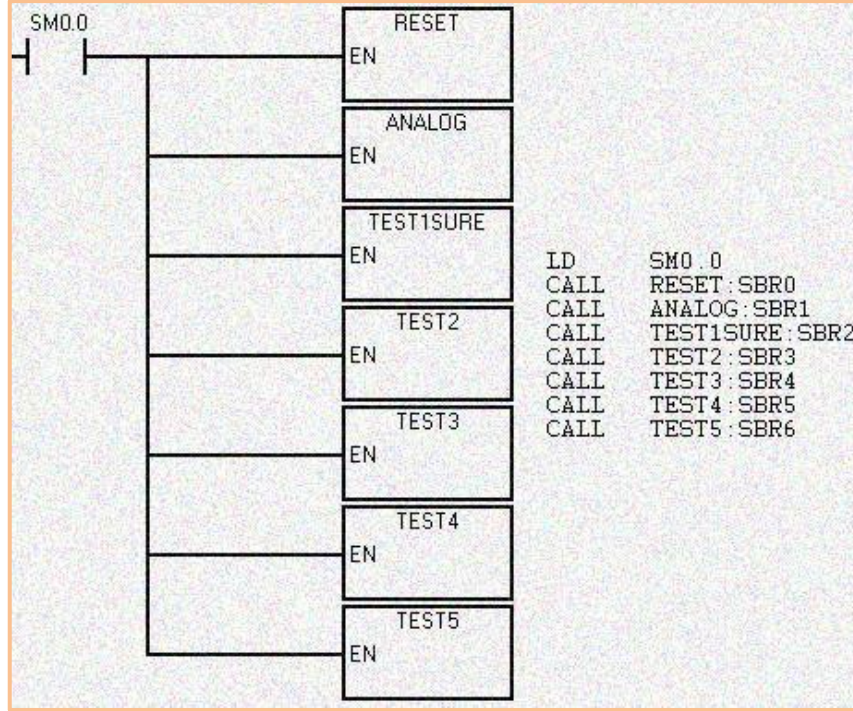
Program toplamda on bir adet formdan oluşmaktadır. Her bir form içerisinde ona ait ara yüz çalışması ve o sayfada kodun ne yapması gerektiğine göre özel (private) değişkenler bulunmaktadır. Kullanılan her bir değişken eğer bir sonraki formda kullanılacaksa genel (public), kullanılmayacaksa özel (private) olarak tanımlanmıştır. Analizler için gerekli değişkenlerin tümü tek bir formda toplanmış ve bu sayfa üzerinden PLC'den alınmaktadır. İlk dokuz form programın çalışması ile ilgili olup kod satırları çalışma biçimleri ile ilgilidir. Geri kalan bir form seri port terminalini, diğer form ise sevensegmentarry'ın görselini temsil etmektedir. Her bir form içerisinden alınan kodların bir kısmı açıklanmış olup, aynı tip çalışan satırlara yer verilmemiştir. Her bir işlemde bir kez bahsedilmiş olup her form içerisinde bu işlemlerden birden fazla bulunmaktadır. Test aşamaları ayrıca açıklanmıştır. Bu bölüm kapsamında yazılan kod satırları ve bu kısımlara ait açıklamalar Ek 1'de verilmiştir.

### **5.3.2 Programlanabilir mantık denetleyicisi programı**

Ölçüm değerlerini transdüserler üzerinden okumak ve belirli aşamalarda gerekli görülen valfleri açıp bu noktalardaki basıncı sıfırlamak için PLC kodu Step 7 Micro/Win üzerinde oluşturulmuştur. Oluşturulan kod ladder diagramı şeklinde yazılmış ve sekiz ana sayfaya ayrılmıştır. Bunların içerisinde beş adedi test aşamalarındaki kontrol mekanizmasını çalıştırmaktadır. PLC aldığı her bir veriyi 3000 ms aralıklarla belirli sabitler ile çarparak bize gerekli basınç değerlerini vermektedir. Burada zaman parametresi test aşamasına bağlıdır. İlk test aşamasında değer ölçümlerinin anlık olmamasından dolayı 3000 ms de bir data okuması sağlanır.

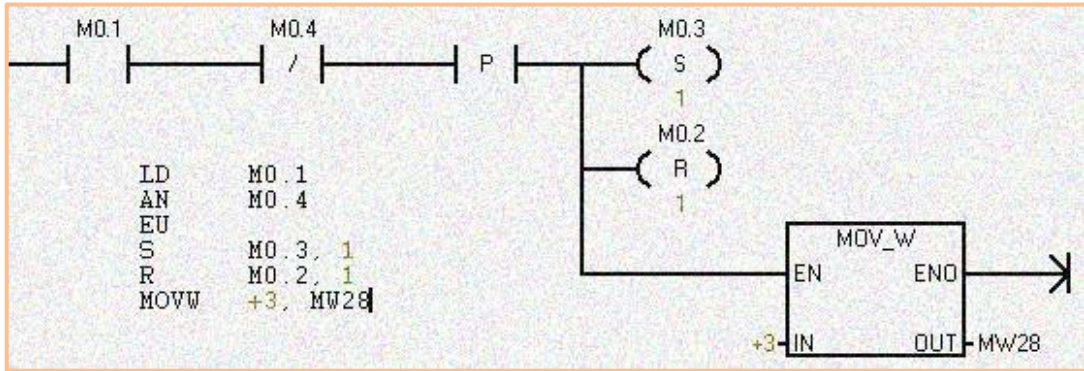
PLC kodun main sayfası üzerinde toplamda on sekiz network bulunmaktadır. Bu networklerden ilki Şekil 5.10'da verilmiş olup, bu network yardımı ile ekrana gelecek ara yüz sayfaları belirlemektedir. Burada SM0.0 giriş komutu her zaman veri alımını yapıp EN üzerinden gerekli sayfayı açmayı sağlamaktadır. Port üzerinden bağlantı yapıldığı anda operatörün ekran üzerinde herhangi bir sayfaya basması ile ilgili sayfa ekranda belirlemektedir.





Şekil 5.10 Main Network 1 Ladder ve Stl Komutu

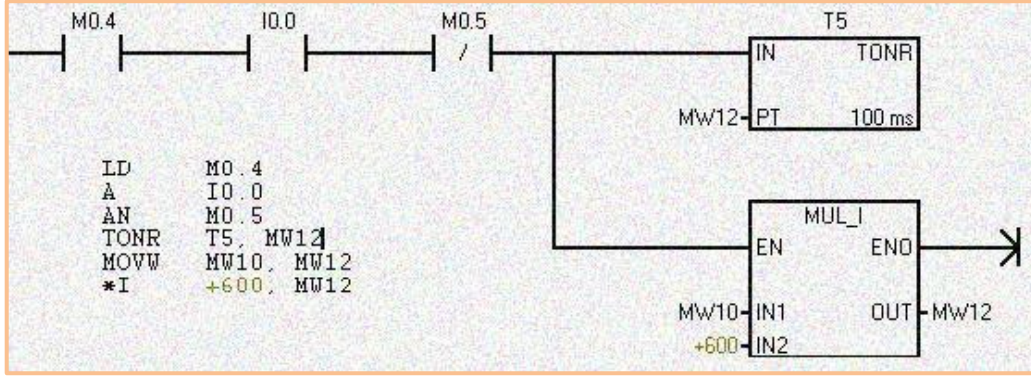
Sürekli veri alımı açık olan SM0.0 üzerinden LD yani değişken load edilecek, yüklenecek ve SBR olarak tanımlanmış ekranlar çağırılacaktır. Network 3'e bakılacak olursa burada röleler üzerinden alınan değerler, M0.1 ve M0.4' ün tersi pozitif yapılarak M0.3 çıkışını bire setler ve M0.2 çıkışını bire resetler. Daha sonra bu değerler MOV\_W komutu ile MW28 çıkışına gönderilir. Şekil 5.11'de network 3'e ait ladder ve stl verilmiştir.



Şekil 5.11 Main Network 3 Ladder ve Stl Komutu

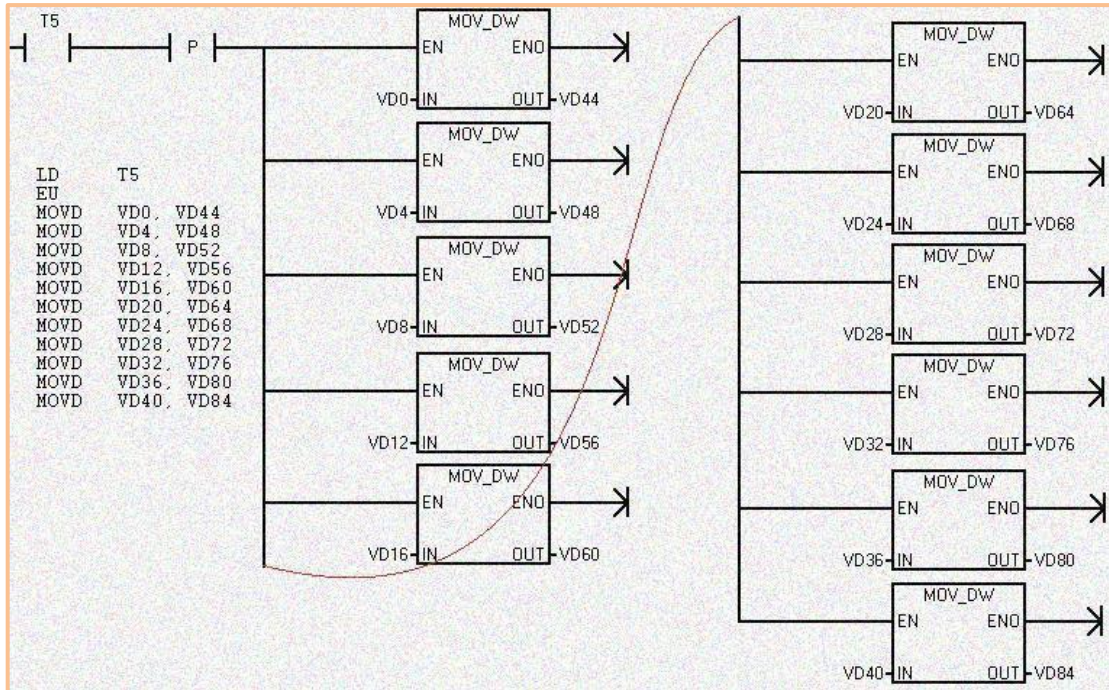
Test edilecek cihazın kaç bağlantı noktasının olduğu (dokuz veya on bir) buradan seçilebilmektedir. Şekil 5.12'de verilmiş network de ise transdüserden gelen voltaj değeri 600 değeri ile çarpılarak basınç değerine dönüştürülmüş olur. Burada bir zaman rölesi bulunmakta ve 100ms ile çalışmaktadır. Gelen veri girişi MV10 ile

tanımlanmış olup, MV12 çıkışına atanmaktadır. MUL\_I komutu girişlerin çarpımını, T5 beş dakikalık testi ifade etmektedir. Stl koduna bakıldığında M0.4 yüklendiğinde giriş I0.0 ve (and) olarak M0.5 ve değil (and not) olarak işleme alınmaktadır. Burada yapılan işlemlerden sonra MW değerleri VD ilk görsel değerlerine atanmış ve bu girişler VD son değerlerinin çıkışına taşınmıştır.



Şekil 5.12 Main Network 6 Ladder ve Stl Komutu

Örneğin üç akslı araçların hava sızdırmazlık testi için belirlenmiş 5 dakikalık zaman içerisinde pozitif değer olacak şekilde 1. Basınç noktasından ölçülen değer VD0 taşıma komutu üzerinden VD44 çıkışına taşınır. Bu işlem Şekil 5.13'den görülebilmektedir.



Şekil 5.13 Main Network 7 Ladder ve Stl Komutu

İlk sayfa çalışma şekli için 5 dakikalık hava sızdırmazlık testinde alınan referans değerlerinin ilk aşama test sonuçları ile karşılaştıran network 12 içerisinde atanmış olan değerlerden büyük veya küçük olduğuna bakan ladder bulunmaktadır. Bu ladderın her satırında o hat için geçerli olan referans değer okunan değer ile karşılaştırılması mevcuttur.

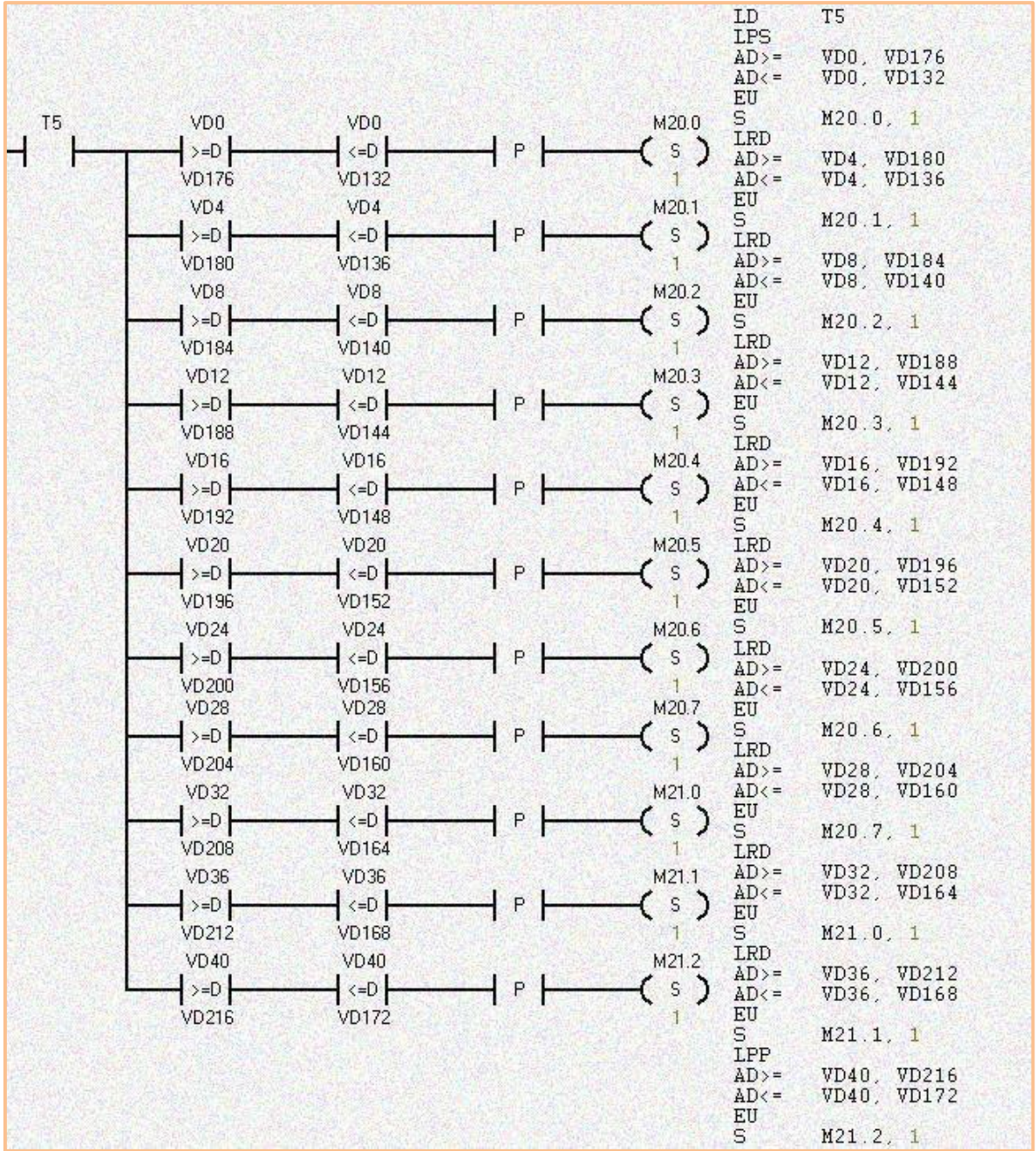
Değerler pozitif olarak ilgili M komutunu bire setler ve bu değerleri saklar. Şekil 5.14'de network 12 ye ait ladder ve stl komutu verilmiştir.

Burada stl komutunda bulunan LPS (Logic Push), hat üzerinden ara kol oluşturulmasını sağlayan komuttur. Aşağıdaki şekle bakacak olursak pozitif geçiş çıkışındaki nokta bu türden bir noktadır.

LRD (Logic Read) ise ara çıkış terminalini ifade eder. Daha açık bir ifade ile; LPS komutu ile hat üzerinden ayrılan kolda birden fazla çıkış varsa, son çıkışa kadar her bir ara çıkış ayırım noktası olarak da ifade edilir.

Pozitif geçiş (yükselen kenar) komutu (EU), her sıfırdan bire dönüşümde sadece bir tarama süresince enerji akışına izin vermektedir [13].





Şekil 5.14 Main Network 12 Ladder ve Stl Komutu

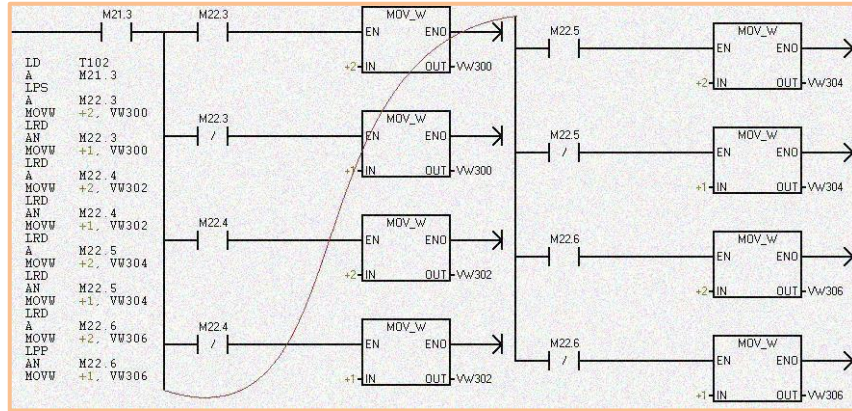
Test 1 ekranına geçildikten sonra PLC burada basınç düşüşünün her 100 ms de bir 1 bar'ın altına düşüp düşmediğini kontrol edebilmek için VD88 de giriş olarak tanımlanan değeri VD44 yani 100 ms ye sonra okunan ikinci değerden, SUB\_DI komutu ile çıkarma işlemini yapmakta ve sonucu VD ile tanımlanmış diğer değişkenlere atamaktadır. Çıkış olarak verilen bu değerler on bir adettir. Bu değerler direkt PLC ladder satırları üzerinden test bir sayfasına alınmaktadır. Test 1 network 1'e ait Şekil 5.15'de IN2 – IN1 işlemi gösterilmiştir.





setlemektedir. Bu setlenen komutlar on bir hatta giriş olarak verilerek değer istenen gibiyse bir hattan, değilse diğer hattan VW çıkış noktalarına atanmaktadır. Test süresi boyunca aynı işlem her 100 ms'de bir tekrarlanmakta ve test bitimine kadar bu şekilde basınç düşüşü kontrol edilmektedir.

Şekil 5.17'de fren devresi testine ait 2, 4, 6 ve 8 inci noktalar için yapılan kontrol verilmiştir. Geri kalan hatlar ise başka bir networkde aynı cins kontrole tabi tutulmaktadır. Örneğin Fren devri testinin ilk adımına bakacak olursak VD246 değerini çıkış yapmak için bu noktanın 100 ms'ye farkla yapılan iki ölçümü VD88 ve VD44, çıkarma işlemiyle atanıp, bu çıkarma işleminin pozitif değeri M21.5 i bire setlemektedir. Eğer çıkarma işlemindeki fark 1 bar'ın altında veya eşit ise, bire setleme gerçekleştiğinden değer VW288 çıkışında atanır. Bu değer bize ani basınç kaybı yaşanmadığını belirtmektedir.

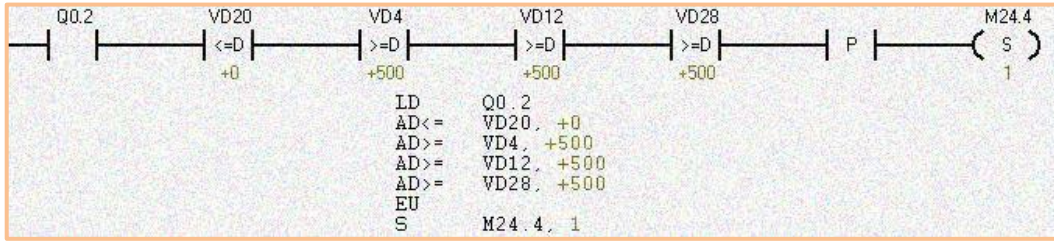


Şekil 5.17 Test 1 Network 4 Ladder ve Stl Komutu

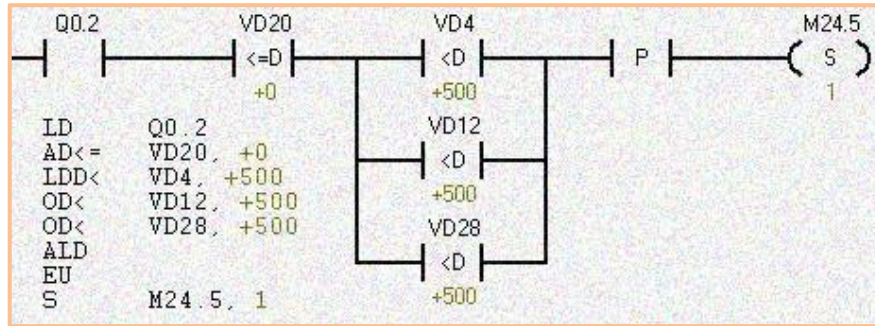
Test 2 aşaması yani fren devre hattı testi için cihaz burada da dört adımlı çalışmaktadır. Yine bu dört adımdan her biri aynı işlemi farklı noktalar için gerçekleştirmektedir. Burada her bir test aşaması için beşer adet, toplamda 20 network bulunmaktadır. Burada iki ayrı kontrol yapılmaktadır. İlki bir noktanın basıncını sıfıra indikten sonra diğer üç noktanın her birinin 5 bar'ın üzerinde olup olmadığıdır. İkincisi ise her noktanın aynı anda değişimlerinin 5 bar'ın altında olmadığı kontrolüdür. Şekil 5.18'de ve Şekil 5.19'da bu işlemlere ait 3. Test aşaması ladderı verilmiştir. Burada yapılmak istenen şey cihazın uyarı sinyali vermemesi için her bir noktanın hem ayrı ayrı hem de aynı anda belirlenen basınç değerini kontrol edebilmektir. Oluşturulan iki ayrı çıkış yardımı ile valf açımından sorumlu olan network için iki ayrı parametre belirlenmiş olur. Bunlardan ilki valf



açımından, diğeri ise valfin kapanmasından sorumludur. Dört adet valf için toplamda dört çıkış, sekiz parametre belirenmiş olur.

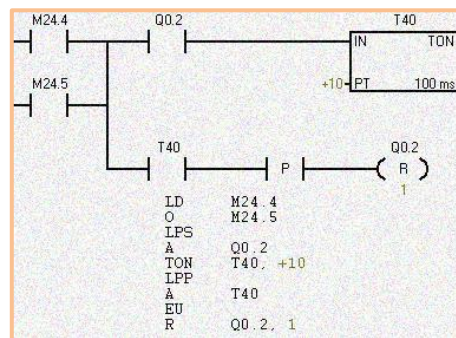


Şekil 5.18 Test 2 Network 3 Ladder ve Stl Komutu



Şekil 5.19 Test 2 Network 4 Ladder ve Stl Komutu

Valf açıldığı anda basınç sıfırlanması için geçen süre önemsizdir çünkü bize açılan hat sıfır olduğu anda diğer noktadaki basınç değerleri ilgilendirmektedir. Test edilen araçlar için bu sürenin 10 sn'nin altında olduğu belirlenmiştir. Yaklaşık olarak fren devre hattı testi aracı her adımdan önce tekrar basınçlandırmamız gerektiğinden 5 dakikanın altındadır. Bu da araç üretim tesisine ciddi bir süre kazandırmakta ve ölçümlerini standartlara uygun bir şekilde yapmasını sağlamaktadır. Bu işlemlerden sorumlu olan network 5 Şekil 5.20'de verilmiştir. Burada valfin bağlı olduğu konum Q0.2 üzerinden voltaj değeri üretmektedir. Normalde kapalı valf olduğundan test süresi boyunca açık kalması gerektiğinden valfin çalışması bir zaman rölesine bağlanmıştır.



Şekil 5.20 Test 2 Network 5 Ladder ve Stl Komutu

## 6 SONUÇLAR

### 6.1 İrdelemeler

Tez çalışması boyunca T.C. Sanayi Bakanlığı tarafından desteklenen bütçe miktarı dikkate alınarak, uygun cihaz ve ekipman seçimleri için proje çalışanlarının fikirleri harmanlanmış ve basınç ölçümlerinde yaşanan sorunlara en etkin şekilde cevap verecek şekilde üretim yapılmıştır. Test cihazı; birbirine paralel bağlı 14 adet pnömatik ve elektriksel devreden oluşan hattı kontrol edebilecek, ayarlayabilecek ve sistem performansını ortaya koyabilecek bir cihaz olarak tamamlanmıştır. Tasarlanan hassas test cihazı ile kaçaklar, araçlar montaj istasyonlarındayken ve pnömatik elemanların üzeri henüz kapanmadığı durumda tespit edilecekleri için tamir işçilikleri minimize edilmiş, tamir işçiliklerinin azalmasıyla araç teslimat zamanlarında iyileşme sağlanmıştır. Tez ile birlikte aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

- Daha önce var olan sistemden daha hassas ölçüm yapmak (0.05 bar değişimleri tespit edebilmek).
- Kaçakların olduğu hatları test sırasında belirleyebilmek.
- Fren devre hatları gibi birbirleri ile bağlantılı hatların değişimlerini izleyebilmek.
- Yönetmelik kapsamında ölçüm yapabilmek.
- Test sürelerinin toplamını 20 dakikaya kadar düşürmek.
- Basınç kaçaklarının nedenlerini detaylı inceleyebilmek.
- Kalite departmanı için arşivleme yapabilmek.

Firma kalite maliyetleri, karlılığı ciddi seviyede etkilemektedir. Geliştirilen test cihazı sayesinde üretim tesisinin garanti maliyetlerinin azaltılması hem şirketin karlılığını doğrudan arttıracak hem de şirketin müşteri memnuniyetini iyileştirecek ve pazardaki rekabet gücünü korumasını sağlayacaktır.

Yazılım çalışmalarının için iki ayrı ortamda oluşturulmuş kod birbiri ile bağlantılı olarak çalışmaktadır. PLC kodu gelen verileri değerlendirmesini yaparken bilgisayar kodu detaylı inceleme yapmaktadır. Burada iki kod birbiri ile bağlantıda kalarak cihazın aynı işlemi yaparken kontrol edebilmesi sağlanmıştır. PLC yardımı ile veriler transdüserlerden alınır ve valflere gerekli komutlar gönderilir. Aynı zamanda referans değerler ile karşılaştırma işlemi yapılmaktadır. Bilgisayar

PLC'den aldığı değişkenler yardımı ile aynı karşılaştırmaları yapmaktadır. Ek olarak bu karşılaştırmaların ve test aşamasındaki problemlerin kaydını tutmaktadır. Ayrıca çıktı alınabilmesini ve ağ üzerinden kalite birimlerine bağlanması işlemlerinden sorumludur. Yazılım çalışmaları bitiminden sonra farklı tip araçların testi söz konusu olabileceği düşünöldüğünden araç ekleme özelliği eklenmiştir. Eklenecek araç hattı pnömatik olmalıdır. Bunun dışında her parametre veya kod satırı araca göre düzenlenebilir.

Araç üretim tesisinde, ürün ailesindeki her ürünün birden çok alt modelleri, çeşitli opsiyonları ile yaklaşık yirmi çeşit otobüs üretimini gerçekleştirmektedir. Otobüslerin kritik sistemlerinin bazıları pnömatik olarak tasarlanmıştır. Üretilen tüm araçların fren, süspansiyon ve kapılarında pnömatik sistemler kullanılmaktadır. Bu sistemlerin güvenli ve verimli çalışabilmesi için hava basıncının yönetmeliklerde (Belirli Motorlu Araç Sınıflarının Ve Römorklarının Frenleme Düzenekleri İle İlgili Tip Onayı Yönetmeliği (71/320/AT)) izin verilen değerin altına düşmemesi gerekmektedir. Basınç düşmesinin sebebi hava tesisatlarındaki kaçaqlardır. Tesiste daha önceden kullanılan sistem hassas bir ölçüm yapmaya imkan vermemektedir. Bu yüzden kaçaqlar yerinde tespit edilememekte ve problemler kalitesizlik olarak müşteriden geri dönmekteydi.

Proje kapsamında kaçaqların hassas tespiti için bir test, ölçüm ve değerlendirme cihazının geliştirilmiştir. Üretim hatlarına uygulanarak otobüslerdeki pnömatik sistemlerde ki kaçaqlar belirlenmiş ve raporlanmıştır. Geliştirilen kontrol cihazı, bir otobüste belli bir sıraya göre dizilmiş, ayarlanabilen pnömatik ve buna bağlı elektriksel devreleri kontrol ederek sorunları ve bunların yerlerini kalite kontrol elemanına bildirmektedir. Yeni cihazla birlikte ölçüm prosesi yeniden incelenmiş, hatalara en hızlı müdahale etmenin yolları aranmıştır. Ayrıca tespit edilen hataların istatistiği tutulup ilgili bölümlere hatayla ilgili geri bildirimler sunulmuştur.

Üretilen araçlarda aks sayısına bağlı olarak birbirine paralel bağlı farklı sayıda pnömatik devre bulunmaktadır. İki akslı otobüslerde 9, üç akslı otobüslerde ise 11 adet pnömatik devre bulunmaktadır. Ana merkezden gelen 13 bar değerindeki basınç, dört yollu vanalar ve ayar valfleri yardımıyla pnömatik devrelere dağılmaktadır. Sistem bu performans kriterlerine göre değerlendirme yapmaktadır. Pnömatik devrelerdeki basınç değerleri basınç transdüserleri yardımıyla, veri okuma frekansları belirlenerek çok kanallı kaydedicide depo edilmiş, her pnömatik

devreden gelen ve kayıt edilen basınç değerleri bir bilgisayar yazılımı ile analiz edilerek bir ara yüz üzerinden gösterilmekte ve sistem performas sonuçları sonuç raporu olarak yazıcıdan çıkartmaktadır. Cihazın donanımsal gereklilikleri karşılandıktan sonra firmada bulunan tüm otobüsleri kapsayacak şekilde belirlenen pnömatik devreler ile ilgili analizleri yapılacağı bir yazılım geliştirilmiştir. Cihaz içerisinde 14 kanallı bir kaydedici (PLC) bulunmakta ve bilgisayar kontrollü olarak sonuçları değerlendirebilmektedir. Üretilen prototip çeşitli testlere tabii tutulmuş, hem cihazın hem de test edilen otobüslerin performans analizi ortaya konulmuş ve firma isteklerine uygun hale getirilmiştir.

Cihazın yazılımı otobüsleri iki ana başlık altında test etmektedir. İlk aşamadan önce kod operatöre testi kimin yaptığı, test edilecek otobüs tipi, kaçak kontrol basıncı gibi bilgileri sormaktadır ayrıca dil seçeneği ve tarih-saat göstergesi bulunmaktadır. İlk aşamada kod girilen bilgiler ışığında testin ne kadar süre için yapılacağı bilgisini sormakta ve basınç dengeleme işlemi bittikten sonra teste başlamaktadır. Bu kısımda yukarıda adı geçen 9 veya 11 noktada basınç değerlerini kontrol ederek ve bu değerlerin değişimi belirlenen sınırlar içerisinde değilse sinyal vererek, kaçak noktasını göstermektedir. Testin ilk aşaması başarılı olursa aynı tarih-saat için bir kayıt oluşturulup, ikinci aşamaya geçiş sağlamaktadır. İkinci aşamada ise 2, 4, 6 ve 8 fren noktaları birbirlerine bağlı olduğundan herhangi bir noktadaki basınç değeri sıfırlanmakta (tahliye edilerek) ve anlık olarak diğer üç noktanın basıncının 5 bar'ın altında olup olmadığına bakılmaktadır. Her nokta için bu tekrarlanmakta ve her araç için bu işlem gerçekleştirilebilmektedir. İleride üretilebilecek araçlar için test kriterleri farklı olacağından yazılıma müdahale edilerek veya otobüs kriterleri test yapan cihaza eklenerek cihaz sürekli güncel tutulabilecektir.

Cihazın üretim tesisine kattığı yararlar;

- Daha önceden yapılan test sonuçlarından daha hassas ölçüm yapılması
- Okuma hataları gibi hatalardan bağımsız olarak ölçüm yapılması
- Araç içi pnömatik hatların üzerinde yeni test biçimlerinin yapılabilmesi
- Yönetmelikler ve Avrupa birliği standartlarında pnömatik hat üretiminin sağlanması
- Yine bunlara uygun ölçüm kriterlerine uyulması
- Tek bir araç için test süresinin kısaltılması

- Hangi noktada kaçak tespiti yapıldığının detaylı bir şekilde bildirilmesi
- Üretim hattında tespit yapıldığından bu hattın tamirinin daha kısa zamanda yapılması
- Test sonuçlarına ait bir arşiv oluşturulması
- Test sonuçlarının araç diğer kalite belgelerine eklenebilmesi
- Fren devresi hattındaki değişimlerin birbirlerine etkilerinin incelenebilmesi
- Pnömatik hat tasarımından kaynaklı hataların tespiti
- Operatörün test için harcadığı zamanın kısaltılması

olarak sıralanabilir. Prototip olarak üretilen cihaz tamamlanıp ilk testler yapıldığında üretim tesisi için başka bir gereklilik söz konusu olmamıştır. Bundan sonraki cihaz geliştirme çalışmalarının yapılması durumunda göz önüne alınması gereken bazı kriterler mevcuttur. Bu kriterler cihazın başka tesislerde çalışabilmesi için önemlidir.

Cihaz üretim aşamasında düşünülmeıen hususlar;

- Fren devre hattının dört adet olarak, az kurgulanması
- Yazılımın iki yönlü çalışmasında, her hangi bir yönde oluşabilecek yanlış kararlama
- Yedek hat sisteminin bir adet olması
- Kompresörün cihaza eklenmesi ile cihazın ağırlaşması ve taşıma güçlüğü
- Yazılımın başka bir kişi tarafından anlamadaki zorluğunun önüne geçebilmek için düzenlenmesi
- Transdüserlerdeki hataların PLC tarafından tespit edilebilmesi olarak sıralanabilir.

Bunlara ek olarak araç bağlantı noktalarının değişmesi veya araç pnömatik hattında yapılacak değişiklikler, cihaz içerisinde bağlantı noktalarının değiştirilmesi veya bağlantı şeklinin değiştirilmesi ile çözülebilir. Yine ölçüm noktalarının artması veya test edilme şekillerinin değişmesi durumunda, cihaz içerisinde yer alan PLC'ye modül eklenmesi ve yazılan kodda yapılacak ufak değişikliklerle doğacak sorunlar giderilebilir. Fakat ölçüm yapılacak aracın fren sisteminin hidrolik bir sistemle değişmesi gibi durumlarda cihaz için yapılan donanım çalışmaları gözden geçirilmeli ve kullanılan ekipmanlar değiştirilmelidir.

## 6.2 Bulgular ve Değerlendirilmesi

Yapılan çalışmalar sonucunda üç akslı otobüslerde hava sızdırmazlık testi aşamasında her noktadan alınan 5 adet ölçümde, 5 minimum ve 5 maksimum değer, fren devresi testi aşamasında her noktadan 10 adet ölçümde, 10 minimum ve 10 maksimum değer saplanmıştır. Bunların ayrı ayrı ortalamaları alınarak, en düşük ve en yüksek görülen basınç değeri saplanmıştır. Bundan sonra yapılan çalışmada bu yöntem izlenmiş ve her otobüsün değerleri ortalamaya aynı şekilde katılmıştır. Bu bölüm kapsamında ortalama değerlerden önce yapılan testlerden hava sızdırmazlık testine ait bir başarılı bir başarısız ve fren devre hattı testine ait yine bir başarılı ve bir başarısız sonuç incelenmiştir. 30 dakikalık teste aracın tüm hatlarındaki basınç değerlerinin istenen referans değer aralığında olduğu Çizelge 6.1’de görülebilmektedir.

Çizelge 6.1 Hava Sızdırmazlık Testi Başarılı Test Sonuçları

Hat	Başarılı Test Sonucu	Min [bar]	Max [bar]
01	12,6	12,3	12,7
02	12,6	12,3	12,7
03	12,4	10,0	12,5
04	12,3	12,3	12,7
05	12,4	10,0	12,5
06	8,0	8,0	8,3
07	8,2	8,0	8,3
08	12,6	12,3	12,7
09	7,2	7,0	7,3
10	12,6	10,0	12,7
11	12,6	12,3	12,7

Ayrıca 10 dakikada bir 0,1 bar’lık düşüşün sadece 4. ve 6. noktalarda sınırda kaldığı tespit edilmiştir. Bu test sonucu araç için herhangi bir sorun bulunmamakta denilebilir. Üretim aşaması tamamlanıp ikinci test aşamasına geçilebilir. Başka bir araç üzerinde yapılan test ise başarısız olarak sonuçlanmıştır. Burada test yine 30 dakikalık olarak belirlenmiş ve aynı kriterler eşliğinde test sonuçlanmıştır. Başarısızlığın üç ayrı noktada belirlenmiş olduğu Çizelge 6.2’de gösterilmiştir. Burada 2. hat 10 dakikada 0,1 bar’lık değişimin altına düşmüştür ve yönetmelik kapsamında yeterli sayılmamaktadır. Çalışma basınçları arasında olsa bile cihaz sonrası test sonuçları bu sonucu başarısız kılmaya yetmektedir.



Çizelge 6.2 Hava Sızdırmazlık Testi Başarısız Test Sonuçları

Hat	Başarısız Test Sonucu	Min [bar]	Max [bar]
01	12,6	12,3	12,7
02	12,3	12,3	12,7
03	12,4	10,0	12,5
04	12,2	12,3	12,7
05	12,4	10,0	12,5
06	7,5	8,0	8,3
07	8,2	8,0	8,3
08	12,6	12,3	12,7
09	7,2	7,0	7,3
10	12,6	10,0	12,7
11	12,6	12,3	12,7

4. ve 6. noktalardaki değişim hem yönetmelik kapsamında değil hem de minumun referans değerlerinin altındadır. Ortalama değerler Çizelge 6.3'de verilmiştir. Bu araç da yapılan teste aracın 2. , 4. ve 6. noktalarında kaçak olduğu görülmüştür. Bu durumda aynı tip iki farklı araç için yapılan ölçümlerin, araç üretim hattında kaynaklanan problemlerin sonuçlarından dolayı olduğu söylenebilir. Aynı zamanda araç pnömomatik hat tasarımında 4. ve 6. noktaların değişmesi gerekebilir.

Çizelge 6.3 Hava Sızdırmazlık Testi Ortalamaları

Hat	Test Sonucu Ortalamaları	Min [bar]	Max [bar]
01	12,5	12,3	12,7
02	12,4	12,3	12,7
03	11,5	10,0	12,5
04	12,3	12,3	12,7
05	11,4	10,0	12,5
06	8,0	8,0	8,3
7	8,2	8,0	8,3
08	12,5	12,3	12,7
09	7,0	7,0	7,3
10	10,6	10,0	12,7
11	12,6	12,3	12,7

Aynı tip farklı araçların testlerinde yapılan çalışmada araç ortalamalarının gerekli değerleri karşıladığı görülmekle birlikte, başarısız olarak sonuçlanan test sonuçlarında bulunan A23 tipi aracın üretiminden ya da montajından kaynaklı bir problem olduğunu göstermiştir. Fren devresi testinde bulunan başarısız sonuç

Çizelge 6.4'de verilmiş olup burada 6. noktanın basıncının 4.65 bar'a düştüğü gözlemlenmiştir.

Çizelge 6.4 Fren Devre Testi Başarısız Test Sonuçları

Hat	İlk Değer [bar]	Son Okunan Değer [bar]	Olması Gereken Değer [bar]
02	12,7	0	0
04	12,7	9,3	>5
06	8,3	4,65	>5
09	7,3	6,7	>5

Bu başarısızlık sonucu testin ilk adımında görüldüğü gibi son adımda da tespit edilmiştir. Başka bir tip araca ait başarılı test sonuçları Çizelge 6.5'de verilmiş olup, cihazın yönetmelik kapsamında çalıştığı doğrulanmaktadır.

Çizelge 6.5 Fren Devre Testi Başarılı Test Sonuçları

Hat	İlk Değer [bar]	Son Okunan Değer [bar]	Olması Gereken Değer [bar]
02	12,7	10,2	>5
04	12,7	0	0
06	8,3	7,4	>5
09	7,3	6,7	>5

Fren devresi testinde ortalama değerler alınamaz. Test aşamasında bir noktadaki basınç sıfıra indirilmektedir. Hava sızdırmazlık testinde ortalama değer alınmasının tek sebebi aynı tip farklı araçlarda üretimden kaynaklı bir hatanın olup olmadığının tespiti içindir.

Yapılan testler sonucunda aynı tip araçların 6. noktasında tasarımsal bir hatta olduğu düşünüldüğünden, kalite birimi uyarılmıştır. Kalite biriminin yaptığı detaylı inceleme sonucu fren devresine ait bu hatta kullanılan valf üzerinden kaçak tespit edilmiştir. Valf değişimi söz konusudur. 2. ve 4. Noktada bulunan hatalar ise üretim hattı kaynaklıdır. Bağlantı uzunlukları dikkate alındığında otobüs içerisinde pnömatik sistemler yerleştirildikten sonra yapılan punta ve nokta kaynaklarının yapıldığı yerlerin, bu sistemler arasındaki yakınlıkları nedeni ile (Yüksek ısı girdisi, Manyetikleşme) zarar gördüğü tespit edilmiştir. Bu zararın önüne geçebilmek için montaj birimleri uyarılmıştır. Bunun dışında yapılan testlerde her aracın üretiminden doğan bir problem tespit edilmemiştir.

Hava sızdırmazlık için yapılan 5 adet test ve fren devresi için yapılan 10 adet test sonrası aşağıdaki bulgular elde edilmiştir.

- Hava sızdırmazlık testi sonucunda araç içi 4. ve 6. noktalardaki basınç değerleri, referans değerlerin altındadır.
- 2. noktadaki basınç değerleri genel itibarı ile sınırdan tamamlanmıştır.
- Fren devresi hattı testi sonucunda 6. hat tüm test sonuçlarında referans değerlerin altındadır.
- Diğer tüm noktalarda herhangi bir sorunla karşılaşmamıştır.
- Yapılan inceleme sonucu fren devresi 6. hattında tasarımsal hata bulunmaktadır.
- 2. ve 4. noktalarda test sonuçlarına göre kaçak tespit edilmiştir.

### 6.3 Öneriler

Bu testler sonucu pnömatik hatlar ile çalışan araç üreticileri için aşağıdaki öneriler getirilmiştir.

- Otobüslerdeki her bir pnömatik sistemin sayısal analizi yapılmalı, problem yaratan noktalar bu raporla doğrulanmalıdır.
- Birinci maddedeki kapsam içerisinde kullanılan valflerin basınç çıktı değerleri valf üreticisinin analizlerindeki değerlere güvenmeden firma tarafından ANSYS Fluent ortamında yapılmalıdır.
- Bağlantı uzunlukları dikkate alındığında otobüs içerisinde pnömatik sistemler yerleştirildikten sonra yapılan punta ve nokta kaynaklarının yapıldığı yerlerin, bu sistemler arasındaki yakınlıkları nedeni ile (Yüksek ısı girdisi, Manyetikleşme) bir zarar görüp görmediği araştırılmalıdır.
- Sistemin tasarımından dolayı kaynaklanmış olabilecek basınç düşüşleri incelenmeli, eğer böyle bir durum söz konusu ise tasarım optimum koşullarda iyileştirilmelidir.
- Yapılan ölçümlerdeki hassasiyet, pnömatik hatların çalışma basınçları içinde bulunmalıdır.

## KAYNAKLAR LİSTESİ

- [1] GÜZELBEY, M. Sinan, Computer Aided Desing of Pnömatik Control Circuts, Gaziantep Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, 2005
- [2] GÜZELBEY, M. Sinan, Pnömatik Kontrol Devrelerinin Bilgisayar Destekli Tasarımı, Ulusal Pnömatik Kongresi, s. 5-6, 2007
- [3] MAN-PNÖMATİK, San-Tez Proje Başvuru Metni, Başkent Üniversitesi, 2011
- [4] FUTURA, Pneumatics System WorkShop Manuel, 2003
- [5] GÜZELBEY, M. Sinan, Pnömatik Kontrol Devrelerinin Bilgisayar Destekli Tasarımı, Ulusal Pnömatik Kongresi, s. 7-11, 2007
- [6] MEGEP, Pnömatik Devre Modülü, Gazi Üniversitesi, Kod:543PLS012, 2005
- [7] CROSER, Peter, Pneumatics Basic Level, 1999
- [8] MEGEP, Endüstriyel Otomasyon Teknolojileri, Gazi Üniversitesi, Temel Pnömatik, 2007
- [9] T.C. MEB, Sensörler ve Transdüserler, Kod:523EO0002, 2012
- [10] KAYNAK, M. Okay, Programlanan Denetleyiciler, Telecanique, s. 20-32, 2009
- [11] COŞKUN, İsmail ve DURSUN, Mahit, Kumanda Teknikleri ve PLC, s.40-70, 2008
- [12] KAYNAK, M. Okay, Programlanan Denetleyiciler, Telecanique, s. 41-45, 2009
- [13] COŞKUN, İsmail ve DURSUN, Mahit, Kumanda Teknikleri ve PLC, s.75-79, 2008
- [14] FESTO, Pneumatics Workbook Basic, Automation and Technology, 2002
- [15] SIMENS, S7-200 POC Kullanım Kılavuzu, Sürüm 1, 2002
- [16] FESTO, Pneumatics Workbook Basic, Automation and Technology, 2002
- [17] SANGEETHA, A. Lakshmi, Experimantal Validation of PID Based Cascade Control System Through SCADA-PLC, Elsevier Measurement, 2012
- [18] KHARUDİN, Ali, Advances Control of Hybrid-PLC System, Elsevier Procedia Engineering, 2012
- [19] GODENA, Giovanni, Conceptual Model for Process Control Software Specification, Elsevier Microprocessor and Microsystem, 1997
- [20] SWIDER, Jozef, Programmable Controller Desined for Elecro-pneumatic System, Elsevier Journal of Material Processing Technology, 2005
- [21] GODENA, Giovanni, Exeptional Handling for PLC-based Process Control Software, Elsevier Microprocessor and Microsystem, 2000
- [22] YILMAZ, Erdal, Designing PLC Experiment Set With İnternal Experiment Block, Elsevier Procedia Social and Behavioral Science, 2011

## EKLER LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Ek 1 C# Programı.....	85

## Ek 1 C# Programı

```
partial class Form1
```

Ana ekranında yapılan işlemler çeşitli kod satırları ile açıklanacak olursa,

```
protected override void Dispose(bool disposing)
    if (disposing && (components != null))
        components.Dispose();
    base.Dispose(disposing);
    this.Tarih.Enabled = true;
    this.Tarih.Tick += new System.EventHandler(this.Tarih_Tick);
    this.Saat.Enabled = true;
    this.Saat.Tick += new System.EventHandler(this.Saat_Tick);
```

Satırları sırasıyla işletim sistemi üzerinden program çalıştığı ilk andan itibaren tüm sistemin zamanını belirlemektedir. Bu bilgi PLC ile paylaşılmaktadır.

```
        this.components = new System.ComponentModel.Container();
System.ComponentModel.ComponentResourceManager resources = new
System.ComponentModel.ComponentResourceManager(typeof(Form1));
        this.button1 = new System.Windows.Forms.Button();
        this.button2 = new System.Windows.Forms.Button();
        this.button3 = new System.Windows.Forms.Button();
        this.label1 = new System.Windows.Forms.Label();
        this.groupBox1 = new System.Windows.Forms.GroupBox();
        this.pictureBox1 = new System.Windows.Forms.PictureBox();
        this.Tarih = new System.Windows.Forms.Timer(this.components);
        this.Saat = new System.Windows.Forms.Timer(this.components);
        this.groupBox2 = new System.Windows.Forms.GroupBox();
        this.label6 = new System.Windows.Forms.Label();
        this.label5 = new System.Windows.Forms.Label();
        this.comboBox1 = new System.Windows.Forms.ComboBox();
        this.label4 = new System.Windows.Forms.Label();
        this.label3 = new System.Windows.Forms.Label();
        this.label2 = new System.Windows.Forms.Label();
        this.pictureBox2 = new System.Windows.Forms.PictureBox();
        this.pictureBox3 = new System.Windows.Forms.PictureBox();
        this.pictureBox4 = new System.Windows.Forms.PictureBox();
        this.groupBox1.SuspendLayout();
```

Bu satırlarda oluşturulan ana ekran üzerinde tanımlanmış tüm biçimlerin tanımlamaları gösterilmektedir. Örneğin buton 1 (Çıkış) tuşu;

```
        this.button1.BackColor = System.Drawing.Color.Gray;
        this.button1.Font = new System.Drawing.Font("Arial", 12F,
System.Drawing.FontStyle.Bold, System.Drawing.GraphicsUnit.Point,
((byte)(162)));
        this.button1.Location = new System.Drawing.Point(12, 402);
        this.button1.Name = "button1";
        this.button1.Size = new System.Drawing.Size(150, 50);
        this.button1.TabIndex = 0;
        this.button1.Text = "ÇIKIŞ";
        this.button1.UseVisualStyleBackColor = false;
        this.button1.Click += new System.EventHandler(this.button1_Click);
```



Gri olarak tanımlanmış, yazı tipi ve büyüklüğü ayarlanmış, konumu ve ismi tanımlanmış, false olarak atanmış ve her kullanıldığında değeri false geri dönecek şekilde belirlenmiştir. Örneğin groupBox 2 (Test bilgileri) özelliği;

```
this.groupBox2.Controls.Add(this.pictureBox4);
this.groupBox2.Controls.Add(this.label6);
this.groupBox2.Controls.Add(this.label5);
this.groupBox2.Controls.Add(this.comboBox1);
this.groupBox2.Controls.Add(this.label4);
this.groupBox2.Controls.Add(this.pictureBox2);
this.groupBox2.Controls.Add(this.label3);
this.groupBox2.Controls.Add(this.label2);
this.groupBox2.Controls.Add(this.pictureBox3);
this.groupBox2.Location = new System.Drawing.Point(153, 270);
this.groupBox2.Name = "groupBox2";
this.groupBox2.Size = new System.Drawing.Size(163, 104);
this.groupBox2.TabIndex = 6;
this.groupBox2.TabStop = false;
this.groupBox2.Text = "Bilgiler";
```

Kullanılan diğer araçlar ile bağlantısı sağlanmış, yeri ve isme belirlenmiş, toplam alabileceği veri satırları 6 olarak tanımlanmıştır. İsmi, bilgiler olarak görünmekle birlikte dil seçimi ile değişmektedir.

```
this.Controls.Add(this.groupBox2);
this.Controls.Add(this.pictureBox1);
this.Controls.Add(this.groupBox1);
this.Controls.Add(this.button3);
this.Controls.Add(this.button2);
this.Controls.Add(this.button1);
```

Form 1 içerisinde kontrolü sağlanan tüm araçlar yukarıda verilmiştir. Burada form 1 sadece ana ekran içerisinde bulunan üç butonu ve bir groupBoxu etkiler. Saat ve tarih bilgisi de yine bu form içerisinde alınmaktadır. Üç butona ait birer bool değişken mevcuttur. Basıldığında bu değer faldedan anlık olarak true dönmekte ve bir sonraki forma geçmektedir. Geçim işleminden sonra tekrar false olmaktadır. Groupbox içerisinde Türkçe, İngilizce ve almanca dil seçimleri bulunmaktadır.

```
private void Form1_Load(object sender, EventArgs e)
    DilDegistir();
    pictureBox4.Visible = false;
```

Yukarıda dil değiştirme fonksiyonu yer almaktadır. Bu fonsiyon 2 ayrı dil için ayrılmıştır. Eğer değeri combobox4indez değeri 1 ise Türkçe, 2 ise İngilizce ve 3 ise Almanca olarak ara yüz düzenlenmektedir.

```
private void comboBox1_SelectedIndexChanged(object sender, EventArgs e)
    if (comboBox1.SelectedIndex == 0)
        pictureBox2.Visible = true;
        pictureBox3.Visible = false;
        pictureBox4.Visible = false;
        Dil = true;
        DilDegistir();
```

```

if (comboBox1.SelectedIndex == 1)
    pictureBox2.Visible = false;
    pictureBox3.Visible = true;
    pictureBox4.Visible = false;
    Dil = false;
    DilDegistir();
if (comboBox1.SelectedIndex == 2)
    pictureBox4.Visible = true;
    pictureBox2.Visible = false;
    pictureBox3.Visible = false;
    DilDegistir();

```

- **partial class Form2**

Kalibrasyon ekranında yapılan işlemler çeşitli kod satırları ile açıklanacak olursa,

```

this.components = new System.ComponentModel.Container();
System.ComponentModel.ComponentResourceManager resources = new
System.ComponentModel.ComponentResourceManager(typeof(Form2));
this.button1 = new System.Windows.Forms.Button();
this.button2 = new System.Windows.Forms.Button();
this.groupBox1 = new System.Windows.Forms.GroupBox();
this.label1 = new System.Windows.Forms.Label();
this.label2 = new System.Windows.Forms.Label();
this.button3 = new System.Windows.Forms.Button();
this.button4 = new System.Windows.Forms.Button();
this.saveFileDialog1 = new System.Windows.Forms.SaveFileDialog();
this.groupBox2 = new System.Windows.Forms.GroupBox();
this.comboBox1 = new System.Windows.Forms.ComboBox();
this.label8 = new System.Windows.Forms.Label();
this.textBox1 = new System.Windows.Forms.TextBox();
this.label6 = new System.Windows.Forms.Label();
this.label5 = new System.Windows.Forms.Label();
this.label4 = new System.Windows.Forms.Label();
this.label3 = new System.Windows.Forms.Label();
this.label7 = new System.Windows.Forms.Label();
this.Tarih = new System.Windows.Forms.Timer(this.components);
this.Saat = new System.Windows.Forms.Timer(this.components);
this.richTextBox1 = new System.Windows.Forms.RichTextBox();
this.label9 = new System.Windows.Forms.Label();
this.progressBar1 = new System.Windows.Forms.ProgressBar();
this.ProgressBar_Kalibrasyon = new
System.Windows.Forms.Timer(this.components);
this.label10 = new System.Windows.Forms.Label();
this.sevenSegmentArray1 = new
DmitryBrant.CustomControls.SevenSegmentArray();
this.groupBox1.SuspendLayout();
this.groupBox2.SuspendLayout();
this.SuspendLayout();

```

Bu satırlar yardımı ile kalibrasyon sürecinde kullanılan tüm biçimler gösterilmiştir. Bu satırlarda sırasıyla bir kayıt dosyası oluşturmak için kullanılan savefiledialog1, kalibrasyonu gerçekleştirenin kimliği için label4 ve kalibrasyon sonucunun kayıt altına alınabilmesi için richtextbox1 bulunmaktadır. Kalibrasyon sürecinde 14. cihaz pnömomatik hattından direk olarak ölçüm yapıldığından PLC'ye testi başlatması için tek bool değer yeterlidir. Süreç takibinin yapılabilmesi için yüzde cinsinde süreç bar'ı (progressbar kalibrasyon) tanımlanmıştır. Ayrıca operatörün değeri

rahat okuyabilmesi için ekran üzerinde kod satırları içerisine eklenmiş hazır yedi segment led (sevensegmentarray1) görünümü eklenmiştir.

```
this.progressBar1.Location = new System.Drawing.Point(32, 308);
this.progressBar1.Name = "progressBar1";
this.progressBar1.Size = new System.Drawing.Size(420, 32);
this.progressBar1.TabIndex = new z;
this.label12.Text = "%" new tersz;
this.ProgressBar_Kalibrasyon.Tick += new
System.EventHandler(this.ProgressBar_Kalibrasyon_Tick);
private void ProgressBar_Kalibrasyon_Tick(object sender, EventArgs e)
if (j < 101)
    progressBar1.Value = j;
    j++;
    label10.Text = "% " + (j - 1).ToString();
if (j == 100)
    if (Form1.Dil == false)
        label9.Text = "CALIBRATION WAS SUCCESSFUL. PLEASE SAVE...";
    if (Form1.Dil == true)
        label9.Text = "KALİBRASYON BAŞARIYLA SONUÇLANDI. LÜTFEN
KAYDEDİNİZ...";
```

Süreç barının çalışma şekli seçilen test süresini z değişkenine atayıp, bu değişkenin alınan saat bilgisi karşılaştırılması ile yapılmaktadır. Eğer 5 dakikalık test 16:45 de başlayacaksa 16:49 da kalibrasyonun %80'ninin yapılmış olduğunu göstermektedir. Burada yapılan işlem son saat zamanından ilk saat zamanı çıkarılarak, kalibrasyon süresine bölünmesi ile belirlenmektedir.

```
this.richTextBox1.Font = new System.Drawing.Font("Arial", 12F,
System.Drawing.FontStyle.Bold, System.Drawing.GraphicsUnit.Point,
((byte)(162)));
this.richTextBox1.Location = new System.Drawing.Point(12, 213);
this.richTextBox1.Name = "richTextBox1";
this.richTextBox1.Size = new System.Drawing.Size(77, 74);
this.richTextBox1.TabIndex = new int k;
this.richTextBox1.Text = "Kalibrasyon Sonucu";
this.richTextBox1.Visible = false;
```

Cihazın sonucu kaydetmesi için oluşturulan richtextbox1 de integer k değişkeni alınan diğer bilgilerle birlikte bir textboxa bilgileri atmaktadır.

```
private void button4_Click(object sender, EventArgs e)
    richTextBox1.Text = "KALİBRASYON SONUCU" + Environment.NewLine
+ Environment.NewLine + "Kalibrasyonu Gerçekleştiren Kişi : " + textBox1.Text +
Environment.NewLine + "Kalibrasyon Tarihi : " + label5.Text +
Environment.NewLine + "Kalibrasyon Saati : " + label6.Text +
Environment.NewLine + "Kalibrasyon Süresi : " +
comboBox1.SelectedItem.ToString() + Environment.NewLine + "Kalibrasyon Sonucu :
" + sevenSegmentArray1.Value + "BAŞARILI" + Environment.NewLine;
saveFileDialog1.FileName = "KALİBRASYON SONUÇLARI" + "_" +
DateTime.Now.ToShortDateString() + "_" + DateTime.Now.ToShortTimeString();
saveFileDialog1.Filter = "Microsoft Word|.doc|Metin
Dosyaları|.txt|Tüm Dosyalar|. *";
if (saveFileDialog1.ShowDialog() == DialogResult.OK)
```

```

        StreamWriter yaz = new
StreamWriter(saveFileDialog1.FileName.ToString());
        yaz.Write(richTextBox1.Text);
        yaz.Close();

```

Burada k değeri kalibrasyon sonucu bulunan basınç değeridir. Ekranda görüntülenmesini sağlamak için ilk yedi segmentli led aşağıdaki gibidir.

```

        this.sevenSegmentArray1.ArrayCount = 4;
        this.sevenSegmentArray1.ColorBackground =
System.Drawing.Color.Black;
        this.sevenSegmentArray1.ColorDark = System.Drawing.Color.DarkRed;
        this.sevenSegmentArray1.ColorLight = System.Drawing.Color.Lime;
        this.sevenSegmentArray1.DecimalShow = true;
        this.sevenSegmentArray1.ElementPadding = new
System.Windows.Forms.Padding(4);
        this.sevenSegmentArray1.ElementWidth = 10;
        this.sevenSegmentArray1.ItalicFactor = 0F;
        this.sevenSegmentArray1.Location = new System.Drawing.Point(144,
233);
        this.sevenSegmentArray1.Name = "sevenSegmentArray1";
        this.sevenSegmentArray1.Size = new System.Drawing.Size(194, 54);
        this.sevenSegmentArray1.TabIndex = int k;
        this.sevenSegmentArray1.TabStop = false;
        this.sevenSegmentArray1.Value = null;

```

Burada süreç barı sonlandığında ledlerde gösterilen değer bir sonraki kontrole kadar gösterilmektedir. Yedi segmentli led daha önceden hazırlanan başka bir program içerisinden alınmıştır. Diğer satırlara ait bir label örneği verilecek olursa,

```

        this.label4.AutoSize = true;
        this.label4.Font = new System.Drawing.Font("Arial", 9.75F,
System.Drawing.FontStyle.Bold, System.Drawing.GraphicsUnit.Point, ((byte)(0)));
        this.label4.Location = new System.Drawing.Point(19, 21);
        this.label4.Name = "label4";
        this.label4.Size = new System.Drawing.Size(115, 16);
        this.label4.TabIndex = 2;
        this.label4.Text = "Testi Yapan Kişi :";

```

testin yapan kişinin bilgilerinin alındığı label4 gösterilebilir. Bu satırlarda yazı tipi ve büyüklüğü, boş haldeyken labelde ne yazdığı gibi bilgiler bulunmaktadır. Burada yapılan işlem k değişkeni eğer 10 bar'ın üzerinde ise cihaz kompresör yardımıyla çalışıyor olacağından okunacak basınç değerinin 12,7 bar'dan yüksek olup olmadığına , eğer 10 bar'ın altında ise cihaz fabrika hattı yardımı ile çalıştığından okunacak değer 8 bar'ın altında olup olmadığına bakmaktır.

```

if (k < 10)
    label19.Value = t;
    if (k == 8)
        j == true
        label10.Text = "% " + (k).ToString();
        j == false
if ( > 10)
    label19.Value = t;

```

```
if (k > 12.7)
j == true
    label10.Text = "% " + (k).ToString();
j == false
```

- `partial class Form3`

Bilgilerin girildiği ekran çeşitli kod satırları ile açıklanacak olursa,

```
public static string Sure = "";
public static string isim = "";
public static string sasi = "";
```

gibi tanımlanmış ve girilmesi istenen bilgilerin dışında, test süresinin seçilmesi gerekmektedir. Test süresinin belirlenebilmesi için combobox yardımı ile seçilen otobüs tipi iki akslı, üç akslı seçilmelidir. Bu seçimin yapılabilmesini anlatan kod satırları aşağıdaki gibidir.

```
private void button2_Click(object sender, EventArgs e)
    if (comboBox2_3.SelectedIndex == 1)
        Sure = "10 Dakika";
    if (comboBox2_3.SelectedIndex == 2)
        Sure = "20 Dakika";
    if (comboBox2_3.SelectedIndex == 3)
        Sure = "30 Dakika";
    if (comboBox2_3.SelectedIndex == 4)
        Sure = "Giriniz";
```

Girilen ve seçilen bilgilere göre operatöre bağlantıların nasıl yapılması gerektiğini gösteren görsel aşağıda gösterilen iki adet fonksiyon yardımı ile yapılmaktadır. Bu fonksiyonlar bünyesinde kendi görsellerini bulundurmaktadır. İki akslı otobüsler için bağlantı noktaları 2 , üç akslılar için bağlantı noktaları 3 kullanılmıştır.

```
BILGILERIGIRINIZ.Close();
Form4 BAGLANTINOKTALARI2 = new Form4();
Form5 BAGLANTINOKTALARI3 = new Form5();
BAGLANTINOKTALARI2.Show();
BAGLANTINOKTALARI3.Show();
this.Hide();
```

Ayrıca bu bölümde bilgilerin girilmemesi durumunun önüne geçebilmek için atanan bir değişken satırların dolu olup olmadığına bakmaktadır.

```
if (checkBox1.Checked == true)
    ChB = true;
```

Tüm formlarda kullanılacak bilgiler tamamlanmış olmakta ve geri kalan tüm formlara bu değerler atanmaktadır. Basınç dengeleme süresine ait değer ise burada bir değişkene atılarak Form 6 da kullanılmak üzere sabitlenmiştir.

- `partial class Form4 ve Form5`

Operatörün bağlantı yapabilmek için karşısına çıkarılacak görsellere ait örnek pictureboxlardan bir tanesine aşağıda verilmiştir.

```

        this.pictureBox1.Image =
((System.Drawing.Image)(resources.GetObject("pictureBox1.Image")));
        this.pictureBox1.Location = new System.Drawing.Point(31, 86);
        this.pictureBox1.Name = "pictureBox1";
        this.pictureBox1.Size = new System.Drawing.Size(420, 310);
        this.pictureBox1.SizeMode =
System.Windows.Forms.PictureBoxSizeMode.StretchImage;
        this.pictureBox1.TabIndex = 0;
        this.pictureBox1.TabStop = false;
System.Drawing.Image img = System.Drawing.Image.FromFile("Dosya Konumu")
Point loc = new Point(100, 100);
        e.Graphics.DrawImage(img, loc);
        e.Graphics.DrawString(richTextBox2.Text, font1, Brushes.Black, 100,
100);

```

Burada resim bilgisayar içerisinde kayıtlı bir dosyadan alınmaktadır. İleride yeni tip araçlara eklenmesi durumunda bu dosya içerisine yeni resimler eklemek mümkündür. İki adet fonksiyon yardımı ile resimler pictureboxa atılıp oradan da ara yüzde gösterildiğinden bu fonksiyonlardaki diğer tip araç sekmesi resmi bu şekilde eklenebilir.

- `partial class From6`

Bu from hava sızdırmazlık test aşamasında yapılan işlemlere ait kod satırlarını içermektedir.

```

bool y = true;
bool z = true;
private void button4_Click(object sender, EventArgs e)
{
    t = 0;
    y = false;
    z = false;
    ProgressBar_Test1.Interval = int s;
    ProgressBar_Test1.Start();
}

```

Tanımlanmış olan bu iki bool değişken yardımı ile test başlangıcı ve bitişi değerleri okunmakta ve PLC'ye testi başlat komutu gönderilmektedir. Test başlangıcı test1.start fonksiyonu ile yapılmaktadır.

```

Test1.Interval = int s;

```

Bu fonksiyon ilk olarak girilen süre bilgisini göre testin süresini bildirmektedir. İnt s diye bahsedilen burada süredir.

```

Test1.Start();
sevenSegmentArray1.Value = int ss1;
sevenSegmentArray2.Value = int ss2;
sevenSegmentArray3.Value = int ss3;
sevenSegmentArray4.Value = int ss4;
sevenSegmentArray5.Value = int ss5;
sevenSegmentArray6.Value = int ss6;
sevenSegmentArray7.Value = int ss7;
sevenSegmentArray8.Value = int ss8;

```



```
sevenSegmentArray9.Value = int ss9;  
sevenSegmentArray10.Value = int ss10;  
sevenSegmentArray11.Value = int ss11;  
sevenSegmentArray12.Value = int ss12;
```

Atama işlemi yapıldıktan sonra referans değerler ile kontrol edileceğinden aşağıdaki kod satırlarına ihtiyaç duyulmuştur.

```
if (sevenSegmentArray1.Value < int ssb1 & sevenSegmentArray1.Value  
> int ssk1)  
    t1 = true;  
if (sevenSegmentArray2.Value < int ssb2 && sevenSegmentArray3.Value  
> int ssk2)  
    t2 = true;  
if (sevenSegmentArray3.Value < int ssb3 && sevenSegmentArray3.Value  
> int ssk3)  
    t3 = true;  
:  
:
```

Burada yazılım ssb1 ile gösterilen değişkene seçilen araç tipine karşılık gelen maksimum referans değeri atamakta ve anlık olarak okunan değer bundan küçük olup olmadığına bakmaktadır. Aynı şekilde ssk1 değeri içinde minimum değer ile karşılaştırma yapmaktadır. Her bir bağlantı noktası için bu işlemi gerçekleştirdikten sonra her bir noktanın son değerini başka bir değişkene atarak, o noktaya ait testi true yapmaktadır. Eğer tüm noktalar için t değerleri true dönerse test başarılı olmuş olur. Bu kontrolün dışında basınç düşüşü 0.05 bar'ın altında olup olmadığının kontrolünü aşağıda dusu.start fonksiyonu ile sağlanmaktadır. Bu fonksiyonun yaptığı işlem aşağıda verilmiştir. Burada her saniye ssi1 değeri ile sss1 değeri tekrardan atanmaktadır.

```
if (int ssi1 == int sss1 - 0.05)  
    t1 = true;  
if (int ssi2 == int sss2 - 0.05)  
    t2 = true;  
if (int ssi3 == int sss3 - 0.05)  
    t3 = true;  
:  
:
```

Yani okunan değer sürekli değiştiğinden test sürekli kılınmıştır. Anlık olarak son okunan değer ilk okunan değerden aşağıda olup olmadığına bakılır. Unutulmaması gereken nokta ise bu değerlerin basınç kaybında giderek düşmesidir. Düşme işleminin anlık olarak 0.05 bar'ı geçip geçmediği kontrol edilmektedir.

Bu form içinde yapılan diğer çalışmalar, testin başarısız olması durumunda verilecek uyarı sinyali,

```

SoundPlayer player = new SoundPlayer();
    string path = "Dosya Konumu";
    player.SoundLocation = path;
    player.Play();

```

test sonuçlarını kaydedebilmek için kullanılan yaz fonksiyonu,

```

saveFileDialog1.FileName = "Hava Sızdırmazlık TEST SONUÇLARI" +
"_" + DateTime.Now.ToShortDateString() + "_" +
DateTime.Now.ToShortTimeString();
saveFileDialog1.Filter = "Microsoft Word|.doc|Metin
Dosyaları|.txt|Tüm Dosyalar|. *";
    if (saveFileDialog1.ShowDialog() == DialogResult.OK)
        StreamWriter yaz = new
StreamWriter(saveFileDialog1.FileName.ToString());
        yaz.Write(richTextBox1.Text);
        yaz.Close();

```

çıkı almak için kullanılabilecek printdialog işlemi,

```

DialogResult yazdirmaIslemi;
yazdirmaIslemi = printDialog1.ShowDialog();
    if (yazdirmaIslemi == DialogResult.OK)
        printDocument1.Print();

```

olarak sıralanabilir. Ek olarak aşağıda yazıcıdan alınacak bilgilerin neler olduğunu belirleyen richtextbox verilmiştir.

```

richTextBox2.Text =
"CİHAZ ÇIKTISI" + Environment.NewLine +
"-" + Environment.NewLine +
"Testi Gerçekleştiren Kişi : " + Form3.isim + Environment.NewLine +
"Araç Şasi Numarası : " + Form3.sasi + Environment.NewLine +
"Araç Tipi : " + Ttip + Environment.NewLine +
"Tarih : " + DateTime.Now.ToShortDateString() + Environment.NewLine
"Saat : " + DateTime.Now.ToShortTimeString() + Environment.NewLine +
"Test Süresi : " + Form3.Sure + Environment.NewLine +
"TEST SONUCU : Form6.Sure " + Environment.NewLine +

```

- `partial class From7, From8, From9 ve Form10`

Bu formda ise son test aşaması olan fren devre testi aşamalarına ait kod satırları bulunmaktadır. Her bir aşama aynı süreçten geçerek test edildiğinden, tek bir başlık altında gösterilmiştir. Burada diğer formlardan alınan girdiler ve ilk test aşamasının başarı durumuna göre işlem yapılmaktadır. Yapılan işlem test aşamalarında anlatılmış olup, işleme ait kod satırları aşağıdaki gibidir.

```

sevenSegmentArray2.Value = int ss2 ;
sevenSegmentArray4.Value = int ss4 ;
sevenSegmentArray6.Value = int ss6 ;
sevenSegmentArray9.Value = int ss9 ;

```

Değerler PLC'den gelen veriler ile eşitlendikten sonra ilk adım da ikinci noktadaki basınç sıfır iken diğer değerlerin son halini tekrar segmentlere atılmaktadır.

```

if (int ss2 == 0)
    t1 = true;

```

```

if (Kontrol.start() == Null)
    label14.Text = "BİR SONRAKİ AŞAMAYA GEÇİN...";
checkBox4.Checked = true;
checkBox6.Checked = true;
checkBox9.Checked = true;
sevenSegmentArray4.Value = int sss4 ;
sevenSegmentArray6.Value = int sss6 ;
sevenSegmentArray9.Value = int sss9 ;

```

Bu işlem sonucu yeni değerlerin 5 bar'ın altında olup olmadığı kontrolü yapıp, test adımı başarılı olduysa diğer adımlara geçilmektedir. Yukarıda yer alan kontrol.start komutu içerisinde yer alan kod satırları aşağıdaki gibidir.

```

private void Kontrol.start()(object sender, EventArgs e)
    int bb = 5;
    if (sevenSegmentArray2.Value >= int bb )
        bt2 = true;
    if (sevenSegmentArray4.Value >= int bb )
        bt4 = true;
    if (sevenSegmentArray9.Value >= int bb )
        bt9 = true;

```

Karşılaştırma yapıldıktan sonra bir sonraki adıma geçilir. Bu geri kalan üç aşama içinde aynı şekilde yapıldıktan sonra, her aşama sonucu test başarılı olursa fren devresi testi başarılı olmaktadır.

- `partial class Terminal`

Yazılımın çalışma şekli, istenen test biçimlerindeki gibi kodlandıktan sonra yapılan haberleşme için hazır olarak bulunabilen, bilgisayar ve PLC arasındaki haberleşmeyi yapan C# kodu kullanılmıştır. PLC'den ayarlanan com port ve baud rate bu yazılımı tek sefer girilmiş ve her bağlantıda aynı ağı kullanması sağlanmıştır. Bilgisayarın kullanmadığı bir port olmasına ve PLC çalışma hızına dikkat edilerek gerekli veriler girildikten sonra bu terminal üzerinden veri alış verişi yapılmaktadır. Burada bilgisayar ilk açıldığında comport.open fonksiyonu ile bağlantı otomatik olarak yapılır. Daha sonra settings.Reload fonksiyonu ile belirlediğimiz parametreler verilmektedir.

```

settings.BaudRate = int.Parse(cmbBaudRate.Text);
settings.DataBits = int.Parse(cmbDataBits.Text);
settings.DataMode = CurrentDataMode;
settings.Parity = (Parity)Enum.Parse(typeof(Parity),
cmbParity.Text);
settings.StopBits = (StopBits)Enum.Parse(typeof(StopBits),
cmbStopBits.Text);
settings.PortName = cmbPortName.Text;
settings.ClearOnOpen = chkClearOnOpen.Checked;
settings.ClearWithDTR = chkClearWithDTR.Checked;
settings.Save();

```

Veri gelmeye başladığında ise aşağıdaki kod satırları çalışmakta ve veriyi her an yenilemektedir. Bu değişkenler diğer formlarla paylaşılarak gerekli testler yapılır.

```
private SerialPort comport = new SerialPort();
int bytes = comport.BytesToRead;

        comport.DataReceived += new
SerialDataReceivedEventHandler(port_DataReceived);
        comport.PinChanged += new
SerialPinChangedEventHandler(comport_PinChanged);
        s = s.Replace(" ", "");
        byte[] buffer = new byte[s.Length / 2];
        for (int i = 0; i < s.Length; i += 2)
            buffer[i / 2] = (byte)Convert.ToByte(s.Substring(i, 2), 16);
        return buffer;
```

Buradan on altı adet veri alımı için PLC'den gelen her data için bir değişken tanımlanmış olup, bu değişkenler ile işlem yapılır. PLC'ye ise C# da tanımlanmış bool değişkenler yardımı ile komut verilmekte ve bunun için port\_datasend kullanılmaktadır. Bu değişkenler ikiye ayrılır. PLC'den gelenler integerlar yine, kodda integar olarak görünmekte ve gelen bytelar bool değişkenlere çevrilmektedir. Örneğin panik tuşuna basıldığında PLC'den gelen byte değeri C# içerisinde bool olarak tanımlanmış ve sinyalizasyonu başlatmaktadır. Bilgisayardan PLC'ye sadece bool değişkenler gönderilmektedir. Bu gönderim öncesi bu değerler byte çevrilir ve sıfır veya bir olarak tanımlanır. Örneğin teste başla komutunun PLC'ye gönderilmesi.