



T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



PNÖMATİK SİSTEMLERDE UÇTA
HESAPLAMA İLE KESTRİMCİ BAKIM

Ceren Sevin KELESLİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Şubat-2023
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Ceren Sevin KELESLİ tarafından hazırlanan “PNÖMATİK SİSTEMLERDE UÇTA HESAPLAMA İLE KESTRİMCİ BAKIM” adlı tez çalışması 10/02/2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Dr. Öğr. Üyesi Sedat KORKMAZ

.....

Danışman

Doç. Dr. Mehmet Akif ŞAHMAN

.....

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Ali YAŞAR

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Sait GEZGİN
FBE Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

İmza

Ceren Sevin KELESLİ

Tarih:

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

PNÖMATİK SİSTEMLERDE UÇTA HESAPLAMA İLE KESTİRİMCİ BAKIM

Ceren Sevin KELESLİ

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç.Dr. Mehmet Akif ŞAHMAN

2023, 50 Sayfa

Jüri

Danışmanın Doç.Dr. Mehmet Akif ŞAHMAN
Dr. Öğr. Üyesi Sedat KORKMAZ
Dr. Öğr. Üyesi Ali YAŞAR

Pnömatik sistemler, havanın sıkıştırılarak basınç kazanmasıyla hareket sağlayan eyleyicilerdir. Bu hareket doğrusal, açısal veya dairesel olabilmektedir. Atmosferde bolca bulunması, kolay elde edilebilir ve temiz olması sebepleri ile endüstride birçok alanda pnömatik sistemler kullanılmaktadır. Pnömatik sistemlerin endüstride kullanımının yaygınlaşması 1950'li yıllarda başlar ve bugün yeni fabrikalar inşa edilirken elektrik, su tesisatının yanı sıra pnömatik tesisatı da yapılmaktadır. Yani pnömatik sistemler sanayide genellikle üretimle ilgili çalışmalar yapan neredeyse tüm işletmelerde kullanılmaktadır.

Pnömatik sistemler ile Endüstri 4.0 kavramlarını birlikte analiz ettiğimizde, sistem verimliliğinin artırılması için sahadan toplanıp, analiz için depolanacak birçok veri olduğunu görmekteyiz. Bu noktada Bulut Bilişim ile sahadan toplanan verilerin bulutta analizi mümkün iken, Uç Bilişim yaklaşımı ile sahadan toplanan verilerin, kaynağına en yakın yerde işlenmesi de bir diğer çözüm yönetimidir. Bu şekilde, üretimden elde edilen veriler daha hızlı analiz edilip, daha hızlı reaksiyon alınmasıyla üretim verimliliğinin artacağı öngörülmektedir. Bulut bilişim ise sadece anlamlı verilerin taşınmasıyla işletim maliyetlerinin de düşeceği varsayılmaktadır.

Bu çalışmada, pnömatik sistemlerin genel kavramları açıklanmış, uç bilişim ile kestirimci bakım yaklaşımı gerçek hayat problemi olarak ele alınmıştır. Uygulama için Konya'da faaliyet gösteren ve fırın makinaları üreten Brotmas firmasına ait tam otomatik ekmek işleme ve dizme hattı seçilmiştir. Sistemde, hava tesisatındaki kaçakların tespiti, kompresör yağ seviyesi kontrolü, manometre basınç değer kontrolü, kompresör kayış gerginliği kontrolü ve invertörle kompresör motor sağlığı kontrolü gibi önemli noktalardan veri toplanmıştır. Üretim hattındaki toplanan veriler, yeni elde edilen veriler ile kıyaslanarak sistemde oluşabilecek arızaların önüne geçilmeye çalışılmıştır.

Tez çalışması sonucunda, kompresörün kapalı olması, kompresör basıncının düşmesi, bakımsız kompresör ve pnömatik piston arızalarındaki bildirimler %67 oranında düşürüldüğü görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Basınçlı Hava, Kestirimci Bakım, Kompresör, Pnömatik Sistemler, Uçta Hesaplama, Verimlilik

ABSTRACT

MS THESIS

PREDICTIVE MAINTENANCE IN PNEUMATIC SYSTEMS WITH EDGE COMPUTING APPROACH

Ceren Sevin KELESLİ

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF
SELÇUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
IN MECHATRONIC ENGINEERING**

Advisor: Assoc.Prof.Dr. Mehmet Akif ŞAHMAN

2023, 50 Pages

Jury

Assoc.Prof. Dr. Mehmet Akif ŞAHMAN

Assist.Prof.Dr. Sedat KORKMAZ

Assist.Prof.Dr. Ali YAŞAR

Pneumatic systems are actuators that provide movement by compressing the air and gaining pressure. This movement can be linear, angular or circular. Pneumatic systems are used in many areas in the industry due to its abundance in the atmosphere, easy to obtain and clean. The widespread use of pneumatic systems in the industry began in the 1950s, and today, while new factories are being built, electricity and water installations as well as pneumatic installations are made. In other words, pneumatic systems are generally used in almost all businesses that work on production in the industry.

When we analyze the concepts of pneumatic systems and Industry 4.0 together, we see that there is a lot of data to be collected from the field and stored for analysis in order to increase system efficiency. At this point, while it is possible to analyze the data collected from the field with Cloud Computing in the cloud, processing the data collected from the field with the Edge Computing approach in the closest place to the source is another solution management. In this way, it is predicted that the data obtained from the production will be analyzed faster and the production efficiency will increase by getting a faster reaction. On the other hand, it is assumed that the operating costs will decrease by transferring only meaningful data to the Cloud.

In this study, the general concepts of pneumatic systems are explained, and predictive maintenance approach with edge computing are handled as a real-life problem. The Fully Automatic Bread Processing and Arranging Line of Brotmas company operating in Konya and producing bakery machines was selected for the application. In the system, data has been collected for important issues such as Detection of Leaks in the Air Installation, Compressor Oil Level Control, Manometer Pressure Value Control, Compressor Belt Tension Control and Inverter Compressor Motor Health Control. By comparing the data collected on the production line with the newly obtained data, it was tried to prevent malfunctions that may occur in the system.

As a result of the thesis study, it has been seen that the notifications of compressor off, compressor pressure drop, maintenance-free compressor and pneumatic piston failures are reduced by 67%.

Keywords: Compressed Air, Predictive Maintenance, Compressor, Pneumatic Systems, Edge Computing, Efficiency

ÖNSÖZ

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde, kendisine her danıştığım da bana kıymetli zamanını ayırıp sabırla ve büyük bir ilgiyle bana faydalı olabilmek için elinden gelenden fazlasını sunan, her sorun yaşadığımda yanına çekinmeden gidebildiğim, güler yüzünü ve samimiyetini benden esirgemeyen ve gelecekteki mesleki hayatımda da bana verdiği değerli bilgilerden faydalanacağımı düşündüğüm kıymetli ve değerli danışmanım Doç.Dr. MEHMET AKİF ŞAHMAN' a teşekkür eder, saygılarımı sunarım.

Tez çalışmamı gerçekleştirebilmek için makinalarını ve imkanlarını kullanmama izin veren Brotmas Fırın Makinaları yönetiminden Osman İMAMOĞLU ve Oğuz MEMİŞ'e destekleri ve güvenleri için sonsuz teşekkür ederim.

Tez çalışmam sürecinde bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan eski şirketim Mitsubishi Electric Turkey A.Ş. ailesine ve tezimi bitirmem için destek veren çalışmakta olduğum Omron Electronics Ltd. ailesine şükranlarımı sunarım.

Son olarak tez çalışmamda olduğu gibi, hayatım boyunca gösterdiği destek ve motivasyon için ablam Dilek SİVRİKAYALI ve ağabeyim Onur KAYNAKLI'ya, bu noktaya gelmemi sağlayan en değerlilerim, annem Fatma KELESLİ ve babam Mehmet KELESLİ'ye teşekkür eder, şükranlarımı sunarım.

Ceren Sevin KELESLİ
KONYA-2023

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
İÇİNDEKİLER	vii
KISALTMALAR	ix
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	4
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	7
3.1 Materyaller.....	8
3.1.1. Sistem algılayıcıları	8
3.1.2. İnverter.....	10
3.1.3. Kompresör	10
3.1.4. Programlanabilir mantıksal denetleyici	12
3.1.5. İnsan makine arayüzü	12
3.1.6. Haberleşme sistemleri.....	13
3.2 Yöntemler	14
3.2.1. Endüstri 4.0 ve endüstriyel otomasyon ekipmanları.....	14
3.2.2. Uçta Bilişim	15
3.2.3. Makine Bakım.....	16
4. PNÖMATİK SİSTEMLERDE KESTİRİMCİ BAKIM UYGULAMASI	18
4.1. Çalışma Durumu	21
4.1.1. Kompresör devrede.....	22
4.1.2. Kompresör hava filtresi	22
4.1.3. Soğutma sıvısı.....	23
4.1.4. Subap sistemi	25
4.1.5. Motor akımı	26
4.1.6. Kayış sistemi.....	27
4.1.7. Yağ seviyesi.....	28
4.1.8. Günlük nominal çalışma aşımı	29
4.2. Kompresör	30
4.2.1. Kompresör hava filtresi kontrolü.....	31
4.2.2. Soğutma sıvısı saati	31
4.2.3. Subap çalışma saati	32
4.2.4. Kayış gerginlik sensörü	32
4.2.5. Yağ seviyesi sensörü.....	33
4.2.6. Motor akım nominal değerinde.....	33
4.3. Piston	34
4.3.1. Piston ölçüm	35
4.3.2. Piston aşım oranı.....	38
4.4. Manometre	39

4.5. Ayarlar	40
4.5.1. Soğutma sıvısı değişim limiti	41
4.5.2. Subap kontrol limiti	41
4.5.3. Günlük çalışma limiti.....	41
4.5.4. Çalışma aşım oranı.....	44
4.5.5. Motor akım limiti.....	44
4.5.6. Manometre maksimum basınç	44
4.5.7. Manometre minumum basınç	44
5. UYGULAMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA	45
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	47
KAYNAKLAR	49



KISALTMALAR

T.C. : Türkiye Cumhuriyeti

IoT : Nesnelerin interneti (Internet of Things)

CETOP : Akışkan gücü komitesi (Comité Européen des Transmissions Oléohydrauliques et Pneumatiques)

IDC : International Data Corporation

PLC : Programlanabilir mantıksal denetleyici (Programmable Logic Controller)

PAC : Kuzey köprüsü (PCI/AGP Controller)

MEC : Mobil uçta bilişimi (Mobile Edge Computing)

OPC UA : Endüstriyel ortamda bilgi değişimini içeren açık standart (Open Platform Communications Unified Architecture)

IEC : Uluslararası Elektroteknik Komisyonu (The International Electrotechnical Commission)

LD : Merdiven diyagram (Ladder Diagram)

SFC : Sıralı fonksiyon dizisi (Sequentiol Function Chart)

FBD : Fonksiyon blok diyagram (Function Block Diagram)

ST : Yapısal metin (Stuctured Text)

IL : Komut listesi (Instruction List)

HMI : Operatör paneli (Human-Machine Interface)

UŞV_SAĞSOL2_PİS : Uzun şekil verme Sağ sol 2. piston

UŞV_SAĞSOL1_PİS : Uzun şekil verme Sağ sol 1. piston

UŞV_BEKLE_2_PİS : Uzun şekil verme bekleme 2. piston

UŞV_BEKLE_1_PİS : Uzun şekil verme bekleme 1. piston

UŞV_KLAPE_PİS : Uzun şekil verme klape piston

YRD_ITC_PİST : Yardımcı itici piston

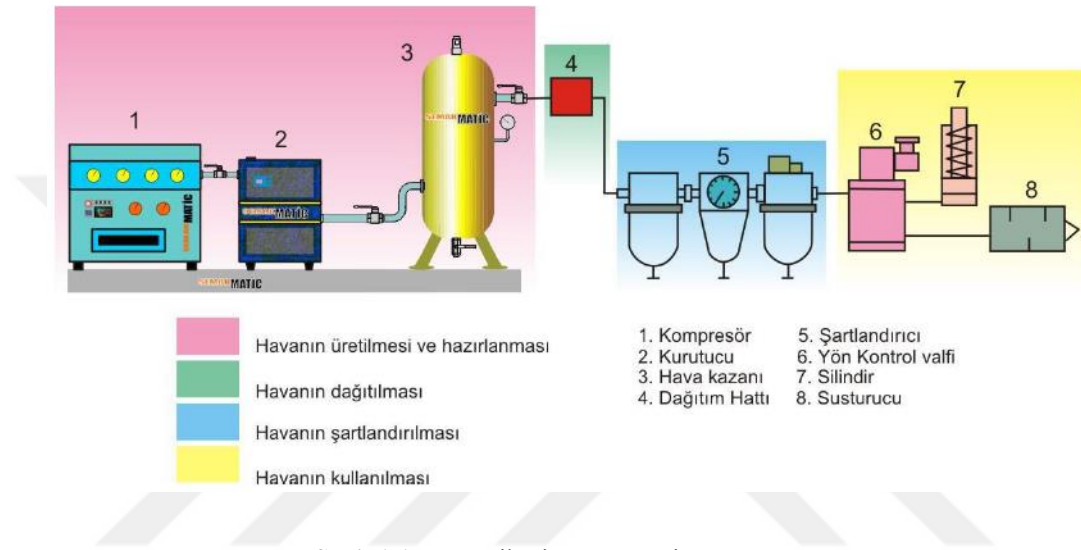
ARABA_GRŞ_PİST : Araba giriş piston

ARABA_KLT_PİST : Araba kilit piston

ASANSÖR_PİST : Asansör piston

1. GİRİŞ

Pnömatik sistemler, havanın sıkıştırılarak basınç kazanmasıyla hareket sağlayan eyleyicilerdir. Bu hareket doğrusal, açısız veya dairesel olabilmektedir. Pneuma yunanca hava ve rüzgar anlamlarına gelmektedir. Pnömatik kelimesi pneuma'dan türetilmiştir. Atmosferde bolca bulunması, kolay elde edilebilir ve temiz olması sebepleri ile endüstride birçok alanda pnömatik sistemler kullanılmaktadır.



Şekil 1.1 Pnömatik Sistem Organizasyon Şeması

Pnömatik sistem çalışmasını dört ayrı bölümde inceleyebiliriz. Şekil 1.1'de görüldüğü üzere kompresör, kurutucu ve hava kazanı aracılığıyla basınçlı hava üretilir ve hazırlanır. Pnömatik sistemin çalışması için ihtiyaç duyulan hava atmosferden kompresörler ile emilir ve elektrik enerjisi ile sıkıştırılarak basınçlı hale getirilir. Birçok kompresör tipi vardır fakat ilk yatırım maliyetlerinin düşük olması ve üretim sahasında kapladığı alanın küçük olması sebepleri ile endüstride daha çok vidalı kompresörler tercih edilmektedir. Kurutucu bölümünde atmosferden emilen havanın nemden arındırılması gerçekleştirilir ve hava kazanında depolanır. Dağıtım hattı ile de basınçlı havanın dağıtımı gerçekleştirilir. Havanın dağıtılması, pnömatik sistemde en çok yer kaplar ve küçük işletmelerde küçük dağıtım hatları yer alırken, büyük işletmelerde metrelerce uzunlukta olabilirler. Şartlandırıcı birimi, basınçlı havanın sistemde kullanılmasından önce filtre, yağlayıcı ve basınç ayarlayıcı gibi sistem elemanlarıyla havayı sistemde kullanıma hazırlar. Pnömatik devrenin özelliğine şartlandırıcı biriminde

kullanılan sistem elemanı sayısı değişebilir. Son olarak yön kontrol valfi, silindir ve susturucu ekipmanları üretilen basınçlı havanın kullanılmasına imkân sağlar.

Pnömatik sistemlerin endüstride kullanımının yaygınlaşması 1950’li yıllarda başlar ve bugün yeni fabrikalar inşa edilirken elektrik, su tesisatının yanı sıra pnömatik tesisatı da yapılmaktadır. Enerji, enerji üretim kaynağından, kullanım kaynağına iletilerek endüstride iş üretmek için kullanılmaktadır. Bu kapsamda enerji iletimi için mekanik, elektrik ve akışkan olmak üzere üç ana kontrol yöntemi kullanılmaktadır. Pnömatik sistemler, ucuz, hızlı, temiz, kolay elde edilebilir, laboratuvar ortamında kullanılabilir ve hasar almadan durabilir sistemler olduğu için endüstride sıkça tercih edilmektedir.

2016 YILI RAKAMLARIYLA HİDROLİK PNÖMATİK SEKTÖRÜNDE KÜRESEL GÖRÜNÜM (BİN DOLAR)						
HİDROLİK	CETOP	ÇİN	JAPONYA	TAYVAN	ABD	TOPLAM
VALFLER	1.947.037	1.190.563	517.195	75.443	1.597.541	5.327.778
POMPALAR	1.281.790	1.515.262	350.801	45.937	2.285.201	5.478.990
PİSTONLU TIPLER	855.634	456.125	246.106	15.319	1.384.752	2.957.935
DÖNER TIPLER (DIŞLI, PALETLİ, ORBİTAL, VİDALI VE DİĞERLERİ)	426.157	1.059.137	104.695	30.617	900.449	2.521.055
AKTÜATÖRLER	1.992.420	3.164.268	770.612	34.941	3.215.016	9.177.257
SİLİNDİRLER	1.452.253	2.200.623	304.499	20.225	2.347.184	6.404.784
MOTORLAR	533.526	663.313	440.626	12.080	754.499	2.412.052
DİĞER AKTÜATÖRLER	6.641	220.331	17.480	2.620	113.333	360.422
FİLTRELER (AYRI SATILAN ELEMANLAR DAHİL)	451.615	149.207	52.131	4.710	834.954	1.492.617
BAĞLANTI ELEMANLARI, HORTUM VE KOMPLELERİ (BAĞLANTI ELEMANI MONTE EDİLMİŞ)	1.784.323	463.856	120.967	16.775	1.637.112	4.023.032
AKÜMÜLATÖRLER	112.904	57.209	23.952	2.970	97.381	294.416
DİĞER HİDROLİK ÜRÜNLER *	979.607	425.201	60.484	26.558	1.297.075	2.788.924
TOPLAM HİDROLİK PARÇALAR *	8.549.696	7.094.480	1.775.175	207.334	10.495.942	28.922.626
KOMPLELER	1.142.321	765.362	230.626	15.851		2.154.159
HİDROLİKTE KULLANILAN ELEKTRONİK ÜRÜNLER	97.407			10.025		107.432
TOPLAM HİDROLİK	9.789.424	8.659.842	2.005.800	233.210	10.495.942	31.184.217
* BUNLAR ARASINDA ELEKTRO-HİDROLİK PARÇALAR	4.428		63.117			67.545
PNÖMATİK						
VALFLER	1.286.218	1.043.336	389.506	56.232	797.741	3.573.033
AKTÜATÖRLER	1.191.024	1.288.362	598.848	64.048	813.652	3.955.934
SİLİNDİRLER	1.136.706	1.190.256	575.646	55.567	766.394	3.732.650
MOTORLAR	54.238	90.106			-27.356	116.988
DİĞER AKTÜATÖRLER			23.202	8.480	74.614	106.296
FRL FİLTRE-REGÜLATÖR-YAĞLAYICI, AYRI SATILANLAR VE HAVA KURUTUCULAR DAHİL	334.284	374.653	137.822	33.481	621.341	1.501.580
BAĞLANTI ELEMANLARI, BAĞLANTI HORTUMLARI VE KOMPLELERİ (BAĞLANTI ELEMANI MONTE EDİLMİŞ HORTUMLAR)	580.016	230.799	69.678	48.914	536.408	1.465.814
DİĞER PNÖMATİK ÜRÜNLER A	644.216	142.273	643.002	19.354	350.215	1.799.060
TOPLAM PNÖMATİK PARÇALAR *	4.035.757	3.333.858	1.838.855	222.029	2.982.380	12.412.880
KOMPLELER	129.507	82.202		17.105		228.815
PNÖMATİKTE KULLANILAN ELEKTRONİK KONTROL ÜRÜNLERİ	15.497			7.659		23.156
TOPLAM PNÖMATİK	4.180.761	3.416.061	1.838.855	246.794	2.982.380	12.664.851
* BUNLAR ARASINDA ELEKTRO-PNÖMATİK PARÇALAR	1.107					1.107
TOPLAM AKIŞKAN GÜCÜ	13.970.185	12.075.902	3.844.656	480.003	13.478.322	43.849.068

Şekil 1.2. 2016 Yılı Uluslararası akışkan gücü istatistikleri (ISC) (Momento, 2023)

Türkiye’de 1960’lı yıllara kadar yedek parça tamiri ve tedariği olarak ilerleyen sektör 1970’li yılların sonunda hidrolik ve pnömatik ekipmanların üretilmesi olarak da gelişmeye başlamıştır. 2016 yılı verileri ile oluşturulup, 2017 yılında yayınlanan

Uluslararası Akışkan Gücü İstatistiklerine göre Dünya hidrolik ve pnömatik pazarının büyüklüğü 43.8 milyar dolardır. Aralarında Türkiye'nin de yer aldığı Avrupa Akışkan Gücü Komitesi (CETOP) bu pazarın bir kısmında yer alırken, Türkiye küresel pazardan sadece %1.14'lik pay almaktadır. Türkiye'de gelişen sanayi yapısı ile bu payın yıllar içerisinde artacağı öngörülmektedir (Şekil 1.2).

Endüstride başta robotik uygulama ve otomasyon çözümlerinde olmak üzere, gıda ürünlerinin hijyenik şekilde üretimi ve taşınmasında, tekstil, temizlik, boya, otomotiv, montaj makineleri, katı- sıvı dolum üniteleri, ambalajlama gibi sektörlerin tamamında pnömatik sistemler yer almaktadır.

Sürdürülebilir dünya hedefi ve küresel rekabet koşulları endüstride 4. Sanayi Devriminin gerçekleşmesine sebep olmuştur. Endüstri 4.0 olarak isimlendirilen sistemlerin minimum duruş ve insan gücüyle maksimum çalışması hedeflenmektedir. Bu da üretim sahasından edinilecek doğru bilgilerin eş zamanlı toplanıp, analiz edilmesi ile mümkündür. Verilerin toplanıp, internet ortamında analizi Bulut Hesaplama (cloud computing) ve Nesnelerin İnterneti (Internet of Things) ile mümkün iken, üretim sahasına en yakın noktada hesaplama, Uçta Hesaplama (Edge Computing) ile analizi ve sahaya geri bildirim alınması mümkündür.

Pnömatik sistemler yukarıda anlatıldığı gibi sanayide birçok alanda etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Pnömatik sistemde oluşabilecek hatalar genellikle tüm sistemin durmasına neden olmaktadır. Bu sistemlerin istenilen seviyede çalışabilmesi ve sürdürülebilirliğin korunabilmesi için periyodik olarak bakımlarının yapılması ve hata oluşabilecek parçaların da sürekli kontrol edilmesi gerekmektedir. Dolayısıyla bu sistemlerde kestirimci bakım önemli bir konu olarak görünmektedir.

Bu tez çalışmasında, sistem sürekliliğinin sağlanması ve sistemde olası ya da muhtemel arızaların önüne geçilmesi için uçta hesaplama yönetimi ile işlenen veriler doğrultusunda iyileştirmeler yapılabilmesini mümkün kılarak (kestirimci bakım) sistemdeki duruş kayıplarının azaltılması hedeflenmiştir. Uçta hesaplama ile kestirimci bakım adımlarının uygulandığı bir sistem önerilerek, sistemdeki hata verme oranları azaltılmıştır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Bu bölümde pnömatik sistemlerde Endüstri 4.0 ve uçta hesaplama yaklaşımı ile kestirimci bakım ile ilgili literatürdeki çalışmalar incelenmiştir. Pnömatik sistemlerde Endüstri 4.0 yaklaşımı ile ilgili literatürde çok fazla çalışma olmamasına rağmen pnömatik sistem verimliliği özelinde ise yapılan birçok çalışma bulunmaktadır.

(Demetgül, 2002) tez çalışmasında “Pnömatik Sistem Arızalarının Giderilmesinde Uzman Sistem Uygulaması” üzerine çalışma gerçekleştirmiştir. Visual Basic ve Microsoft Access veritabanı yazılımları ile oluşturduğu programda, operatörden gelen cevaplara göre sistem yeni sorular sorarak arızanın hızlı tespitini sağlayıp, operasyon duruş sürelerini azaltmayı hedeflemiştir.

(Cheng ve ark., 2019), gerçekleştirdikleri çalışmada kestirimci bakımı yaklaşımıyla rulman üretim hattındaki hataların tespiti için nesnelere interneti, yapay zekâ ve uçta bilişim teknolojilerinden faydalanılmıştır. Aygıtlardaki hataların tespiti için sisteme algılayıcılar konulmuş ve bu algılayıcılardan anlık veriler elde edilmiştir. Elde edilen veriler uçta bilişim ile değerlendirilmiş, aygıtlardaki kalan ömrün hesaplanması için bulut bilişimdeki makine öğrenmesi algoritmalarından faydalanılmıştır. Bu uygulama ile düşük maliyetli hata tespiti gerçekleştirilmiştir. Buradan elde edilen bilgilere göre firmalar kendi rutin bakımlarını ve aygıtlardaki bozulmaları tahmin ederek mevcut üretim hattının duraksamasını en aza indirebileceklerini göstermiştir.

(Kanoğlu, 2010), çalışmasında pnömatik sistemlerde meydana gelen enerji kayıplarının birincil sebebi olarak hava kaçaklarını göstermiştir. Sistemdeki hava kaçaklarından kaynaklı basınç düşmesini karşılamak için kompresör daha çok çalışmakta ve daha fazla enerji tüketmektedir.

(Terrell, 1999), çalışmasına göre basınçlandırılan havada, sızıntılar sebebi ile yaklaşık %25 kayıp oluştuğunu bildirmiştir. Bu kaybı sıfırlamak mümkün değilken, %10 mertebelerine çekmek mümkün olduğu çalışmalarında gösterilmiştir.

(Arda ve Haydar, 2020), gerçekleştirdikleri çalışmada pnömatik sistemlerdeki ekipman verimliliği özelinde çalışmada yapmışlardır. Çalışma sonucuna göre pnömatik sistemlerdeki hava kaçakları ciddi maliyetler oluşturduğu saptanmıştır. 6 bar basınçta çalışan bir sistemde 1 mm’lik delikten dakikada 54 lt hava geçebildiği tespit edilmiştir.

(Küçüköz, 2017), VIII. Ulusal Hidrolik Pnömatik Kongresi’nde yer alan ‘Endüstri 4.0: Hidrolik, Pnömatik Uygulamalardaki Kullanım Alanları’ bildirisinde, Endüstri 4.0 ile pnömatik sistemlerde iyileştirme üzerine sahadan veri alınarak bulut

hesaplama yöntemi ile bakım yapılmasına değinmektedir. Çalışmada şok emici aşınma kontrolü, kaçak algılama, valf ömür kontrolü ve hava tüketimi optimizasyonu için sahadan toplanılan verileri bulut yapısında işlenmesi üzerine durulmuştur.

(Rydning ve ark., 2018), Nesnelerin interneti yaklaşımının günden güne gelişmesiyle birlikte sensörlerin, akıllı platformların ve çevrim içi sosyal platformların sayısının arttığını ifade etmiştir. Buna bağlı olarak, ortaya çıkan küresel verilerin sayısı her geçen gün artmaktadır. Aynı çalışmada International Data Corporation'ın (IDC) tahminlerine yer vermiş, küresel verilerin 2025 yılına kadar 175 zeta bayta (ZB) çıkacağı öngörüsünü paylaşmışlardır.

(Stankovski ve ark., 2020b), gerçekleştirdikleri çalışmada endüstride sıklıkla kullanılan Mikro/mini PLC'ler/PAC'lerin silindir bozulmasını önlemede uçta bilişim teknolojisi olarak kullanılabileceğini göstermişlerdir. Modern mikro/mini PLC'ler/PAC'lerin uçta bilişim için yeterli performans göstererek bulut bilişimin performansını arttırmada katkı sunacağı belirtilmiştir.

(Stankovski ve ark., 2020a), gerçekleştirdikleri çalışmalarda uçta bilişimin Endüstri 4.0 için öneminden ve birçok sanayi kolunun bu alandaki ilgisinden bahsetmiştir. Ayrıca bu çalışmada büyük verinin işlenmesi için uçta bilişim aygıtlarındaki hafıza miktarının nasıl seçilebileceğine dair bilgiler verilmiştir.

Uçta bilişim pnömatik sistemlerin dışında farklı birçok alanda kendisine yer bulabilmiştir. Bu çalışmalarla ilgili bilgiler aşağıda verilmiştir.

(Wu ve ark., 2020), gerçekleştirdikleri çalışmada insansız hava araçlarındaki işlemleri 5G alt yapısı kullanmadan Mobil Uçta Bilişim (MEC-Mobile edge computing) yardımıyla gerçekleştirmişlerdir. İnsansız hava araçlarının gereksiz olarak iletişime geçmesi onları bir hedef haline getirmesi ve kısıtlı kapasitelerini iletişim için kullanmamaları gerektiği için uçta bilişimin kullanılması gerektiğini bildirmişlerdir.

(Barthélemy ve ark., 2019), çalışmalarında Avustralya'nın Liverpool şehrinde (NSW) trafik yönetimi için bir pilot uygulama gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada uçta bilişim kullanılarak, şehir merkezi veriseti kullanılarak birden fazla sensörden bilgi toplanılmış, işlenerek depolanmıştır.

(Torres ve ark., 2020), gerçekleştirdikleri çalışmada hidrolik sistemlerin kontrolü için bir Endüstri 4.0 uygulaması gerçekleştirmişlerdir. Bu uygulamada hidrolik sistemler internete bağlanılabilen herhangi bir yerden Raspberry pi yardımıyla gerçekleştirilen web tabanlı bir uygulama ile kontrol edilebilmektedir. Bu uygulamadaki

Raspberry Pi maliyeti düşürmek ve bulut bilişime yardımcı olma amacıyla sistemde uçta bilişim aracı olarak kullanılmıştır.

(Vita ve Munaro, 2021), çalışmalarında Endüstri 4.0'da yaygın olarak kullanılan OPC UA haberleşme standardı ile iki farklı saha uygulaması gerçekleştirmişlerdir. İlk uygulamalarında bir fabrikanın uzaktan izlenmesi gerçekleştirilirken, ikinci uygulamalarında üç performans ölçümünü değerlendirmek için sisteme ek düğümler eklemiştir. Buradaki karmaşık hesaplamalar için uçta bilişimden faydalanarak, sistemlerin performansları değerlendirilmiştir.

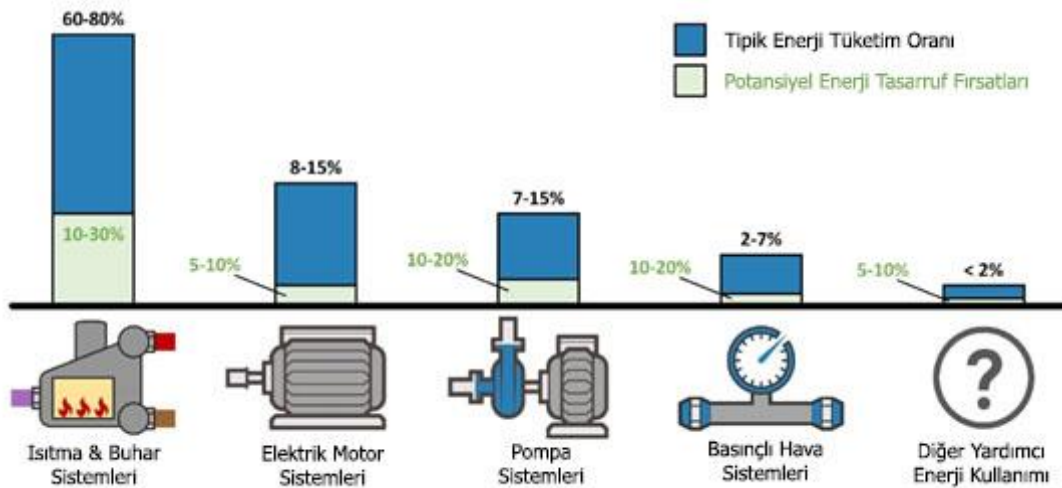
Bu çalışmada, Endüstri 4.0 ile bütünleşmiş teknolojilerden biri olan uçta bilişim yaklaşımı, tam otomatik ekmek işleme ve dizme hattı için uygulanmıştır. Bu uygulama için hattın önemli noktalarına algılayıcılar yerleştirilmiş, elde edilen anlık veriler PLC tabanlı bir sistemde değerlendirilerek kullanıcıya hata bildirimleri hakkında bilgiler sunulmuştur. Bu sistem ile hata bildirimlerinde anlamlı bir azaltma sağlanmıştır. Böylece firmanın mevcut hattında bozulmaların önüne geçerek, üretim sürekliliği sağlanmıştır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Enerji tasarrufu, enerjinin üretim ve kullanım aşamalarının hiçbirinde israf edilmemesidir. Bir diğer deyişle enerjinin verimli kullanılmasına enerji tasarrufu denmektedir. Küresel ısınma ve sürdürülebilirlik endişeleri ile tüm dünyada enerji tasarrufunun önemi her geçen gün artmaktadır. Üretim yapan firmaların üretim maliyetlerini azaltmak ve sürdürülebilir hedeflerine ulaşmak için enerji verimliliği firma gündemlerindedir. Teknolojinin ilerlemesi ile birlikte, üretim ve tüketim faaliyetlerinin neredeyse tamamında enerji kullanımı bulunmaktadır. Enerjinin verimli kullanılması maddi olarak avantaj sağlayacağı gibi, daha temiz ve yeşil dünya hedefine katkı sağlayarak iklim krizinin de önüne geçmektedir.

Buna ek olarak ülkeler de enerji kayıplarını azaltarak enerji verimliliklerini artırma amacını gütmektedirler. Türkiye’de de gelecek nesillere temiz ve yeşil bir dünya bırakmak için enerji verimliliğinin artırılmasına yönelik güçlü adımlar atılmaktadır. Ülkemizde de enerji verimliliği 2023 yılı için 2021 yılına göre %20 oranında bir artış hedeflenmiştir (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2023).

Meadobrien (2022) şirketi dünya genelinde elektrik enerjisi tüketim dağılımına yönelik bir çalışma yapmıştır. Şekil 3.1’de Basınçlı havanın harcadığı elektrik, elektrik tüketimi sıralamasında dördüncü sıradadır. Yine aynı çalışmada pnömötik sistem elektrik enerjisi tüketiminde %10 ile %20 arası tasarruf yapılabileceğini vurgulanmıştır.



Şekil 3.1. Dünya’da Elektrik Enerjisi Tüketim Dağılımı (Meadobrien-2022)

Bu sebeple sistem verimliliği oldukça önemlidir fakat her işletmenin verimlik tanımını birbirinden farklıdır. İşletmenin optimum basınçlı hava kullanımının ihtiyaç duyduğu minimum devre elemanı ve minimum elektrik enerjisi ile sağlandığı sisteme verimli pnömatik sistem denmektedir.

Bu tez çalışmasında uçta hesaplama yaklaşımı ile kestirimci bakım yapılacak bir sistem önerilmiştir. Bu sistem ile pnömatik sistemleri kullanan bir otomasyonda duruş kayıplarının azaltılmasının yanı sıra, kayıp kaçak tespitinin de yapılabilmesi ve veriminin artırılması amaçlanmıştır. Önerilen sistemdeki bileşenler aşağıdaki materyal bölümünde detaylı olarak açıklanmıştır.

3.1 Materyaller

Bu bölümde, tez çalışmasına konu olan kestirimci bakım sisteminde kullanılan temel bileşenler alt başlıklar halinde detaylı olarak verilmiştir.

3.1.1. Sistem algılayıcıları

Pnömatik sistemlerin verimliliğini doğru tasarım ile arttırmak mümkün iken, işletme esnasında bakım ve hızlı kaçak tespiti yöntemleri ile de sistem verimliliğini arttırmak mümkündür. Doğru verileri anlık olarak almak ise hataların tespitindeki en önemli noktalardan birisidir. Önerilen sistemde verilerin sahadan anlık olarak alınması için aşağıdaki algılayıcılardan (sensörlerden) faydalanılmıştır.

- **Dijital manometre:** Kompresörün ürettiği basınç ile sistem basıncı arasında farklar oluşabilmektedir. Oluşabilecek farklılıklar sistemde kayıp veya kaçak olabileceğini göstermektedir. Bu kayıp ve kaçakların kontrolü için dijital manometreler kullanılmaktadır. Önerilen sistemde dijital manometre olarak SMC marka ISE30A-01-P-L(0) tercih edilmiştir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Dijital manometre

- **Dil kontaklı algılayıcı (Reed Sensor):** Proses üzerindeki tüm piston ve silindirlere dil kontaklı sensörler takılmıştır. Dil kontaklı sensörler piston strok üst ve alt limitlerine veya mekanik çalışma üst alt limitlerine takılmaktadır. Sensör, piston stroğu tamamladığında dijital çıkış vermektedir. Bu sürenin sabit olması beklenmektedir. Süredeki uzama veya kısalma pistondaki mekanik problemleri işaret etmektedir. Önerilen sistemde dil kontaklı algılayıcı olarak D-M9PZ tercih edilmiştir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Dil kontaklı algılayıcı

- **Arka plan bastırılmalı algılayıcı:** Kompresör kayış gerginliğinin sıklığı veya gevşekliği sistemde geri dönülmez sonuçlara sebep olabilmektedir. Kayış gergin olduğunda kompresör motoru daha fazla akım çekecek, gevşek olduğunda ise daha az akım çekecektir. Bunu inverter üzerinden aldığımız akım verilerinde görmemiz mümkündür. Fakat malzemenin fiziksel durumundan etkilenmeyen arka plan bastırılmalı algılayıcı kullanılarak kompresördeki kayışın gevşekliği dijital olarak tespit edilmiştir. Önerilen sistemde arka plan bastırılmalı algılayıcı olarak LEUZE-HT15 tercih edilmiştir (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Arka plan bastırılmalı algılayıcı

- **Seviye algılayıcı yağ tankı:** Kompresörlerdeki yağ seviyelerini takip etmek ve gerektiğinde hızlı bir şekilde müdahale etmek hem kompresör hem de kompresöre bağımlı olan pnömatik sistem için hayati bir konudur. Dolayısıyla

kompresördeki yağ seviyesi dijital olarak çıktı veren bir algılayıcı ile kontrol edilmektedir. Önerilen sistemde seviye algılayıcı yağ tankı olarak IST tercih edilmiştir (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Seviye algılayıcı yağ tankı

3.1.2. İnverter

İnverterler bir sistemde güç dönüşümü yapmak için kullanılan dijital ekipmanlardır. Bu çalışmada inverter kompresörlerdeki motor akım değeri ölçülmektedir. İlerleyen aşamalarda pnömatis sistemin optimum çalışma frekansı belirlenip, daha düşük frekanslarda çalıştırılarak enerji verimliliği artırılabilir.

Bu çalışmada Mitsubishi Electric FR-F840-00170-E2-60 model inverter kullanılmıştır (Şekil 3.6).

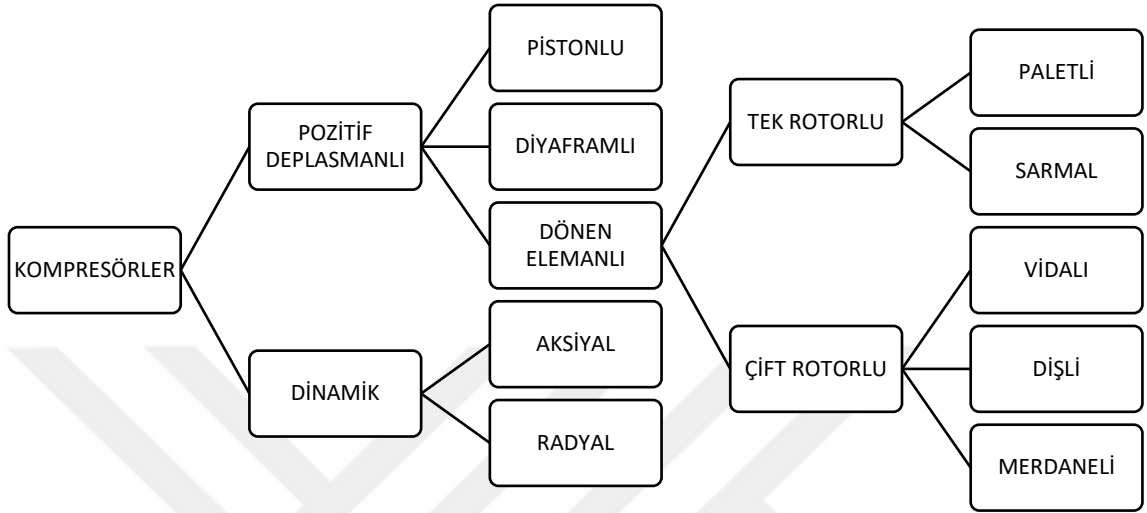


Şekil 3.6. İnverter

3.1.3. Kompresör

Kompresörler, dışardan aldıkları havayı basınçlandırır ve basınçlı havayı kontrollü bir şekilde kullanmamıza imkân veren makinalardır. Pnömatik sistemlerdeki en önemli parçalardan birisi kompresörlerdir. Kompresörlerdeki arızalar sistemin yeterli düzeyde basınç alamamasına ve sistemin istenen düzeyde verimli çalışmamasına neden

olmaktadır. Piyasada çok farklı yapıda Elektrik Kompresörü bulunmaktadır. Bu kompresörler aşağıdaki Şekil 3.7’de kategorik olarak verilmiştir.



Şekil 3.7. Kompresör çeşitleri (Wikipedia, 2023)

Bu tez çalışmasında verim ve maliyet unsurları göz önüne alındığında, küçük ve orta seviyede basınç ihtiyaçları için endüstride sıklıkla tercih edilen vidalı kompresör EKOMAK marka, DMD 250 C serisi kompresör test boyunca 8 bar olarak kullanılmıştır (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. DMD 250 C serisi kompresör

3.1.4. Programlanabilir mantıksal denetleyici

Programlanabilir lojik kontrolcüler (PLC) endüstride 1969 yılından bu yana kullanılmaktadır. Röleli kumanda devrelerinin yerine kullanım ve bakım kolaylığı sağlanması amacıyla üretilmiştir. İlk etapta temel mantık fonksiyonlarını yerine getirebilen PLC'ler günümüzde tüm matematiksel işlemleri gerçekleyebilmektedir.

Dijital ve analog olarak aldığı verileri işleyerek dijital veya analog çıktıya dönüştüren sistemler olduğunu söyleyebiliriz.

IEC (Uluslararası Standardizasyon) 61131-3 standardına göre beş adet standartlaştırılmış PLC program dili mevcuttur. Merdiven diyagramı (Ladder Diyagram-LD), sıralı fonksiyon dizisi (Sequential Function Charts-SFC), fonksiyon blok diyagramı (Function block diyagram-FBD), yapısal metin (structured text-ST) ve komut listesi (IL) şeklindedir (Ramanathan, 2014).

Sık kullanılan ve en kolay dil olması sebebi ile bu tez çalışmasında fonksiyon blok diyagramı (FBD) ile yazılım oluşturulmuştur. Bunun yanı sıra PLC çok sık tercih edilen bir kontrol yöntemi olduğu için, kullanıcılar çok kullandıkları yazılım parçalarını fonksiyon blok diyagramı (FBD) haline getirip, kütüphanelerine eklemektedir. Bu tez çalışmasında hazır kütüphanelerden de yararlanılmıştır.

Çalışmada sahadan veri toplanması ve işlenmesi için Mitsubishi Electric FX5U-32MT/DSS (Şekil 3.9) programlanabilir lojik kontrolcü (PLC) kullanılmış olup, PLC yazılım program parçacıkları için Mitsubishi Electric GX Works 3 yazılımı kullanılmıştır.



Şekil 3.9. PLC'nin Makine Panosu İçerisindeki Görüntüsü

3.1.5. İnsan makine arayüzü

İnsan-makine arayüzü (Human-Machine Interface-HMI) operatörün PLC aracılığıyla sisteme müdahalesi için kullanılan yapıdır. Endüstride daha çok operatör

paneli tabiri kullanılmaktadır. Kullanıcının HMI ile sisteme müdahalesi kısıtlıdır. HMI'lar Windows ve Linux tabanlı olabildiği gibi, kendi arayüzüne sahip olanları da mevcuttur.

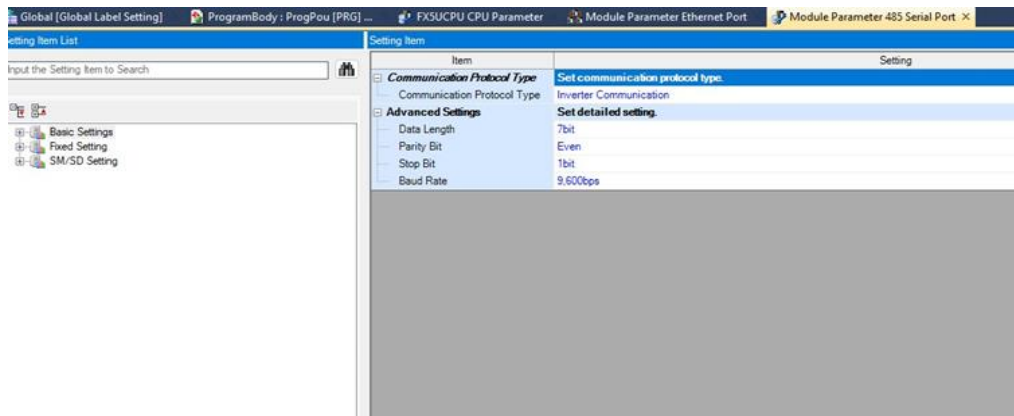


Şekil 3.10. PLC'nin Makine Panosu İçerisindeki Görüntüsü

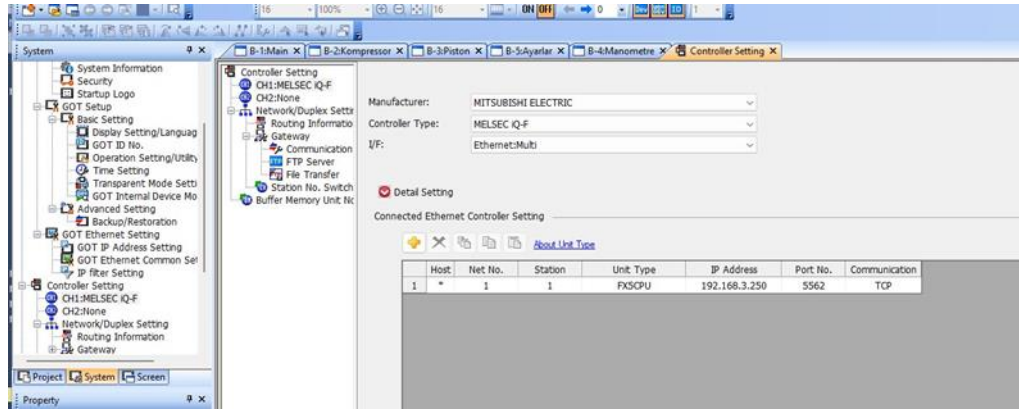
Tez çalışmasında kullanılan Mitsubishi Electric GS-2107-WTBD-N HMI (Şekil 3.10), GT Designer arayüzü ile programlanmıştır.

3.1.6. Haberleşme sistemleri

PLC, HMI ve inverter kendi iç döngülerini kendi içlerinde tamamlamaları sebebi ile haberleşme yapısı ile birbirine bağlanmıştır. Mitsubishi Electric ürünler birbirleri ile direkt haberleşmektedir. PLC-Inverter arasında Mitsubishi Electric'in 'Inverter Communication' protokolü seçilmiştir (Şekil 3.11). Protokol RS45 temelli olup, Mitsubishi Electric markasına özeldir.



Şekil 3.11. PLC inverter haberleşme iletişim protokolü



Şekil 3.12. PLC'nin HMI iletişim protokolü

PLC-HMI arasında ise CC-LINK IE haberleşme protokolü tercih edilmiştir. Bu protokol de Ethernet haberleşme temellidir (Şekil 3.12).

3.2 Yöntemler

Bu bölümde tez çalışması kapsamına giren yöntemler hakkında temel bilgiler verilmiştir. Bu tez çalışmasında kullanılan yöntemler Endüstri 4.0 kapsamında ele alınabileceği için öncelikle bu konsept hakkında temel bilgiler verilmiştir. Hızlı hesaplama ve hızlı cevap alma ihtiyaçlarından dolayı bulut bilişim yerine bu tez çalışmasında uçta bilişimden faydalanılmıştır. Dolayısıyla uçta bilişim hakkında da bilgi verilmiştir. Ayrıca temel makine bakımları hakkında bilgi verilmiştir.

3.2.1. Endüstri 4.0 ve endüstriyel otomasyon ekipmanları

Dördüncü sanayi devrimi kavramsal olarak Klaus Schwab tarafından ortaya atılmış bir konsept olarak karşımıza çıkmıştır. Bu konseptte temel son teknoloji yaklaşımlar bir arada kullanılarak hatanın azaltılması ve üretimdeki verimin artırılması hedeflenmiştir (Xu ve ark., 2018).

Birinci endüstriyel devrim 1760 yılında buharlı makinaların icadı ile başlamıştır. Bu endüstriyel devrimi içten yanmalı motorların 1900'lü yıllardaki icadı takip etmiştir. Böylece farklı alanlarda içten yanmalı motorların kullanılması ikinci sanayi devrimini ortaya çıkarmıştır. 1960 yıllarındaki elektronik ve bilgi teknolojilerindeki gelişmeler ise üçüncü devrimin ortaya çıkışını sağlamıştır (Şekil 3.13). Dördüncü sanayi devrimi ise nesnelerin interneti, eklemeli üretim, yapay zeka gibi son teknoloji yaklaşımların bir bütün halinde kullanılmasıyla ortaya çıkmıştır (Philbeck ve Davis, 2018).



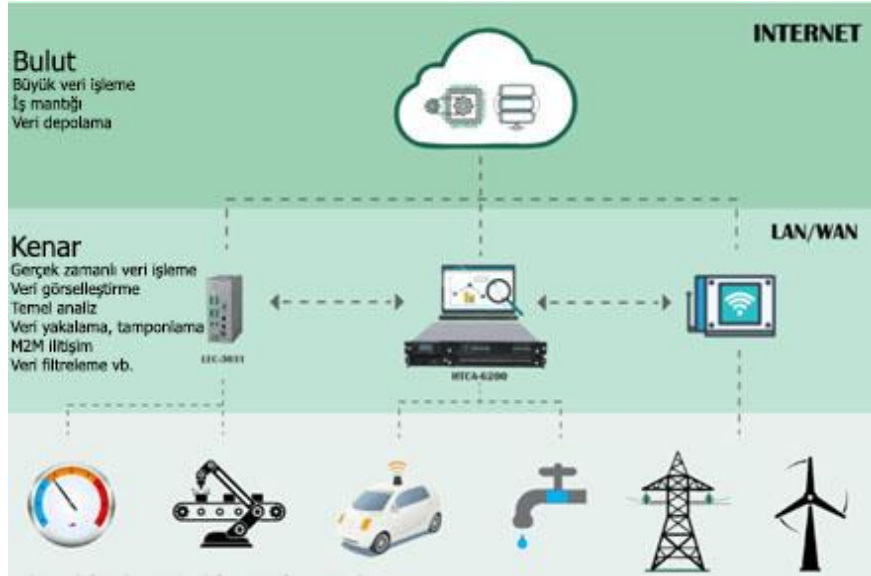
Şekil 3.13. Endüstri Evrimleri (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2023)

Endüstri 4.0 uyumlu bu sistemde, sensörlerden gelen birçok veri ağ teknolojileri yardımı ile PLC’de toplanılmaktadır. Bu zaman duyarlı veriler uça bilişim yaklaşımına uygun olarak PLC’de işlenilmekte ve elde edilen veriler bir sunucuya aktarılmaktadır. Kurgulanan bu sistem ile verimlilik artırılarak, sistem hataları azaltılmak istenmektedir.

3.2.2. Uçta Bilişim

Dağıtık bir bilgi teknolojisi olan uçta bilişim, bulut bilgisayar mimarisinde yer alan bazı sorunları ele almaktadır. Uçta bilişimde zamana bağımlı olan işlemler yerel bir akıllı cihazda işlenir ve çoğu verinin kullanıcının kaynağında depolanması sağlanır. Böylece bulut bilişimin yükü dağıtılarak performansın artırılır (Stankovski ve ark., 2020b). Uçta bilişimin temel faydaları aşağıdaki gibi verilir (Şekil 3.14):

- Sistem gecikmeleri azaltılır,
- Veri güvenliği ve gizliliği artırılır,
- Sistem performansı artırılır,
- Kaynaklar verimli olarak kullanılır,
- Maliyetler düşürülür.



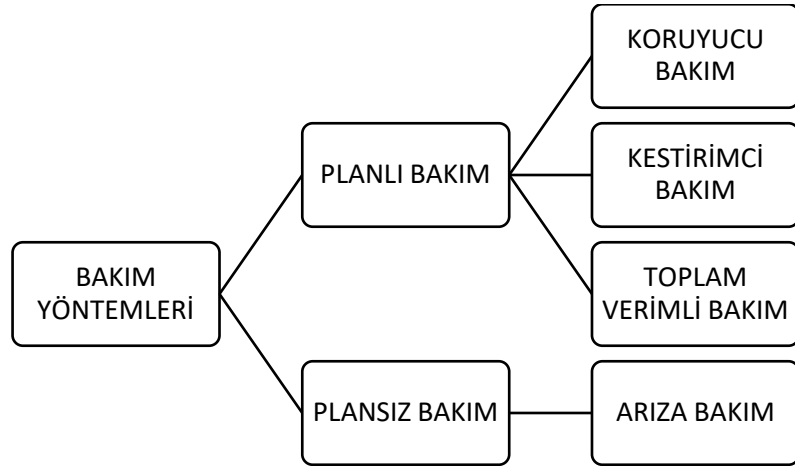
Şekil 3.14. Endüstri Evrimleri (Heavy.Ai, 2023)

Bu tez çalışmasında pnömatik sistem verimliliğinin artırılması için sahadan toplanıp, analiz için depolanacak birçok veri olduğunu görmekteyiz. Bu noktada işletim sahasında toplanan verileri internet ile bulutta hesaplama yöntemi kullanarak analizi mümkün iken, uçta hesaplama yaklaşımı ile sahadan toplanan verilerin, kaynağına en yakın yerde işlenmesi çözüm üretilmek istenmiştir. Bu şekilde, üretimden elde edilen veriler daha hızlı analiz edilip, daha hızlı reaksiyon alınmasıyla üretim verimliliğinin artacağı düşünülmektedir. Buluta ise sadece anlamlı veri taşınması hedeflenmiştir.

3.2.3. Makine Bakım

Makine bakım yöntemi, planlı ve plansız bakım olarak Şekil 3.15'teki gibi ikiye ayrılmaktadır. Arıza olduğunda mecburi olarak gerçekleştirilen bakım plansız bakım olmakla birlikte işletmelerde ciddi mali kayıplara neden olabilmektedir. Arızalanan bir ürünün diğer ürünlere zarar verdiği durumlar da mevcuttur.

Kaliteli ürün üretimi, duruş kayıp ve maliyetlerinin azaltılması, makinelerin verimli çalışması ve enerji tüketiminin minimuma indirilmesi amacıyla planlı bakımın önemi tartışılmazdır.



Şekil 3.15. İşletmelerde uygulanan bakım yöntemleri (Koçer ve Biroğul, 2017)

Planlı bakım ise korucu bakım, kestirimci bakım, toplam verimli bakım olarak üç ayrı grupta incelenmektedir. Koruyucu bakım, makine imalatçılarının günlük, haftalık, aylık, 6 aylık ve yıllık periyotlarda önerdiği belirli bir rutini içeren bakım türüdür.

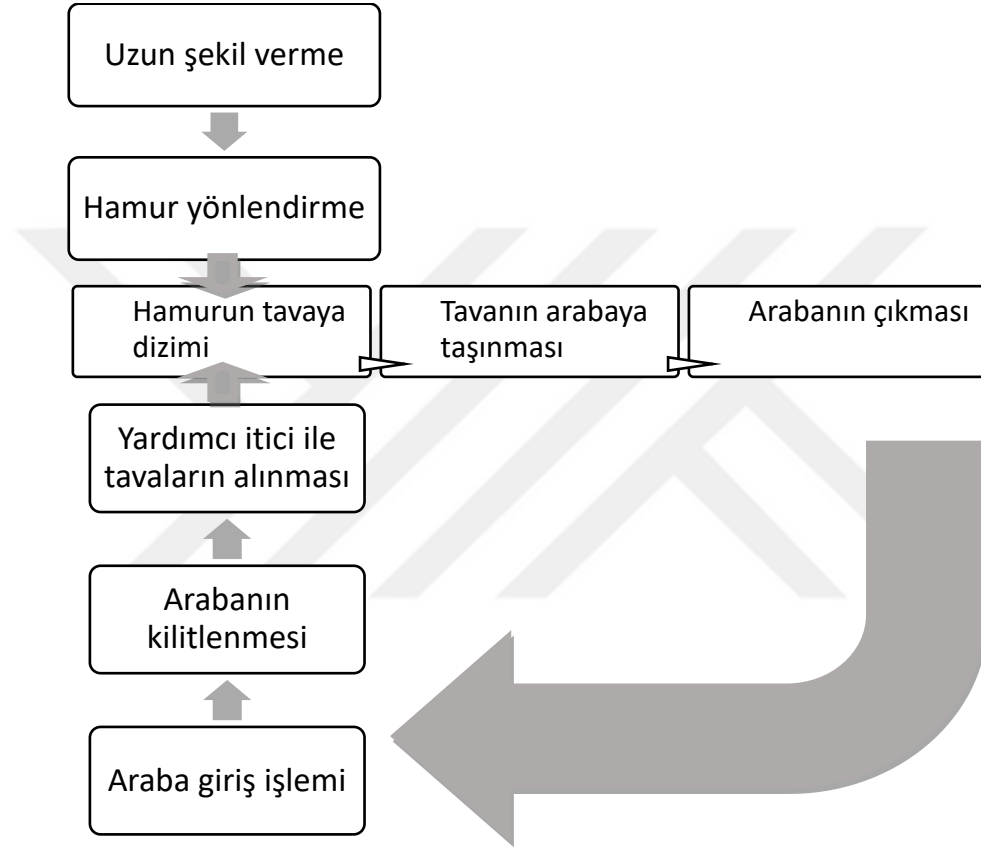
Kestirimci bakım, koruyucu bakımı da kapsamakla birlikte, sensör ve benzeri çevre ekipmanlarla, makine üzerindeki elemanların arızalanma ihtimalini içeren bakım türüdür.

Toplam verimli bakım ise, tüm ekibin sürece dahil olduğu, sürekli iyileştirmeyi barındıran bir bakım felsefesi yaklaşımıdır.

Bu tez çalışmasında kestirimci bakım yaklaşımı ile çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

4. PNÖMATİK SİSTEMLERDE KESTİRİMCİ BAKIM UYGULAMASI

Hamur işleme ve dizme hatları gıda sektöründe, fırın ve büyük pastanelerde sıklıkla kullanılmaktadır. Hijyenik ortamda üretim hedefleri olması ve basınçlı havanın eyleyici olarak kullanılmasının ekonomik olması sebebi ile ilgili hatlarda pnömatik sistemler yer almaktadır.



Şekil 4.1. Hamur işleme ve şekil verme hattı çalışma prensibi

Hamur, Şekil 4.1'deki gibi, şekil verme ünitesine gelir, hamurun yönlendirilmesi yapılır. Bu sırada sisteme araba dediğimiz, tava taşıyıcı sistem girişi olmaktadır. Hamurun şekillendirilme ve yönlendirilme işlemi sürerken, araba giriş işlemi, arabanın kilitlemesi, tavanın yardımcı itici aracılığıyla araba üzerine alınması sağlanır. Yönlendirilen hamur, tavaya dizilir. Tava, arabayla taşınır ve son olarak arabanın çıkışı gerçekleşir. Tava, arabadan alınarak, araba giriş işlemine geri döner.

Bu tez çalışmasında kullanılan otomatik hamur işleme ve dizme hattında ilk olarak hamurlar sırayla uzun şekil verme makinasına girmektedir. Uzun şekil verme makinasının giriş bölümünde 4 adet pnömatik piston ve bunları kontrol eden 4 adet valf

yer almaktadır. Uzun şekil verme makinasında hamurlar 3 farklı kanala alınmaktadır. İlk pnömatik piston gelen hamuru en sağ kanala yönlendirmektedir. Buradaki bekletme klapesini kontrol eden pnömatik piston yolu kapatarak hamuru bu kanalda tutmaktadır. Bir sonraki gelen hamur ilk sağ sol pistonun yön değiştirmesi ile ikinci kanala alınmaktadır. Buradaki ikinci sağ sol pistonu hamurun ikinci kanalda devam etmesini sağlamaktadır. Burada yer alan ikinci bekletme klapesini kontrol eden pnömatik piston kapanarak hamurun ikinci kanalda kalması sağlanır. Üçüncü gelen hamur ise sırasıyla 1. sağ sol pistonundan daha sonra 2. sağ sol pistonundan geçerek son kanala yönlendirilir. Bu hamurun 3. kanaldan geçişi ile birlikte diğer bekletme klapelelerini yöneten pnömatik pistonlar açılarak üç hamurunda eş zamanlı kanallardan çıkarak şekil verme sistemine girmesi sağlanır. Burada ekmek şeklini alan hamurlar uzun şekil verme makinasının önündeki dizme klapesine gelir. Bu bölümdeki klape bir pnömatik piston yardımı ile açılıp kapanmaktadır. Ekmek şeklini alan üç hamurunda bu ön klapeye gelmesi ile piston açılarak bu hamurların pişirme tavasına koyulmasını sağlamaktadır.

Sistem üzerindeki tavaların uzun şekil verme makinasına getirilmesi ise otomatik olarak gerçekleştirilmektedir. Bunun için tavaların raflarda takılı olduğu tava taşıma arabası makinanın araba alma bölümüne operatör tarafından getirilmektedir. Araba giriş kısmına gelen arabanın sisteme alınması için araba giriş valfi buradaki pistonu yön vererek arabayı giriş kısmına almaktadır. Daha sonraki adımda araba kilit pistonu arabayı kilitleyerek arabanın sabit kalmasını sağlamaktadır. Bu aşamadan sonra yardımcı itici pistonu tavaları en üstten alta doğru teker teker iteleyerek otomatik dizme hattı üzerine almaktadır.

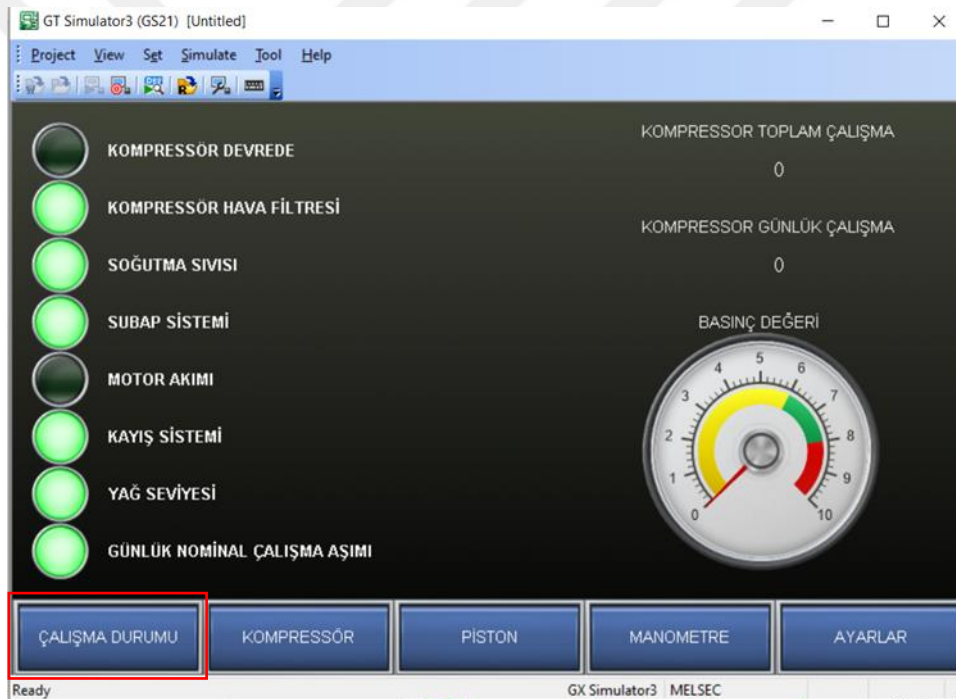
Sistem üzerinden gelen tavalar sırasıyla uzun şekil verme makinasındaki dizme klapesinin altına getirilmek üzere asansör pistonuna bağlı bir mekanizma ile yukarı kaldırılmakta işlemi biten tava sonrası asansör aşağı hareket edip boş yeni bir tava almaktadır.

Bu tez çalışmasında kullanılan pnömatik sistemler otomatik şekil verme ve dizme hattı üzerinde araba alma ve kilitleme bölümünde, tavaların arabalardan boşaltılmasında kullanılan pnömatik bölümde, boşaltılan tavaların uzun şekil verme makinasına getirilmesinde ve son olarak uzun şekil verme makinasındaki hamur yönlendirme sistemlerinde kullanılmıştır.

bobinli yön kontrol valfine gelir. Valfin 4 konumuna sinyal gelmesi halinde piston ileri, 2 konumuna gelmesi ile piston geri hareket etmektedir.

4.1. Çalışma Durumu

‘ÇALIŞMA DURUMU’ sekmesinde pnömatrik sistemin verimliliğinde ve bakımında yer alan kilit sistem elemanlarının çalışma durumu kontrolünün sürekli takibi hedeflenmiştir. Sistem ilk çalıştırma kontrollerinin operatör tarafından kolay takibi için bu tez çalışmasında, sistem ana HMI Şekil 4.3’teki gibi ‘ÇALIŞMA DURUMU’ olarak ayarlanmıştır. Alternatif olarak, makinenin kendi operatör paneline ‘PNÖMATİK SİSTEM VERİMLİLİĞİ’ sekmesi altında da sistem çalışma kurgusu planlanabilir ve ekstra HMI ihtiyacının önüne geçilebilir (Şekil 4.3).



Şekil 4.3. Operatör paneli ana ekran görüntüsü

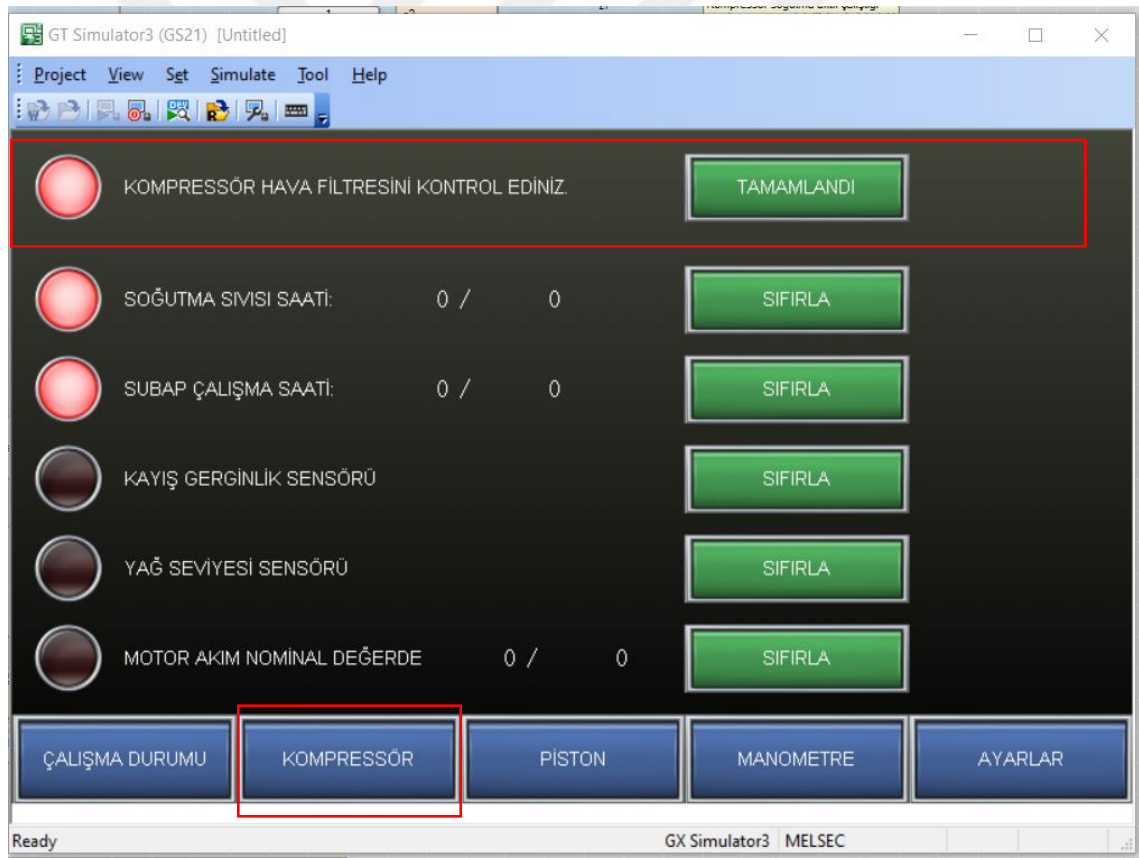
İnsan-makine ara yüzü tasarlanırken, karmaşık olmamasına, sadece sürekli erişim ihtiyacı olan parametrelerin temel şekilde HMI’da görünür olmasına dikkat edilmiştir. HMI’da yer alan butonun, yeşil olarak yanması problemsiz çalışmayı, siyah olarak yanması sistemin çalışmadığını, kırmızı olarak yanması ise ilgili sistemde bir problem olduğunu işaret etmektedir.

4.1.1. Kompresör devrede

Şekil 4.3’de yer alan ‘KOMPRESÖR DEVREDE’ butonu, makine pnömatik sistem kompresörünün, devrede olup olmadığını gösteren kısımdır. Kompresörün çalışma bilgisi sisteme X0 dijital girişi ‘DI_KompressorON’ etiketi ile takip edilmektedir. Kompresör çalışmaya başladığında ilgili buton yeşil olarak gözükmetedir.

4.1.2. Kompresör hava filtresi

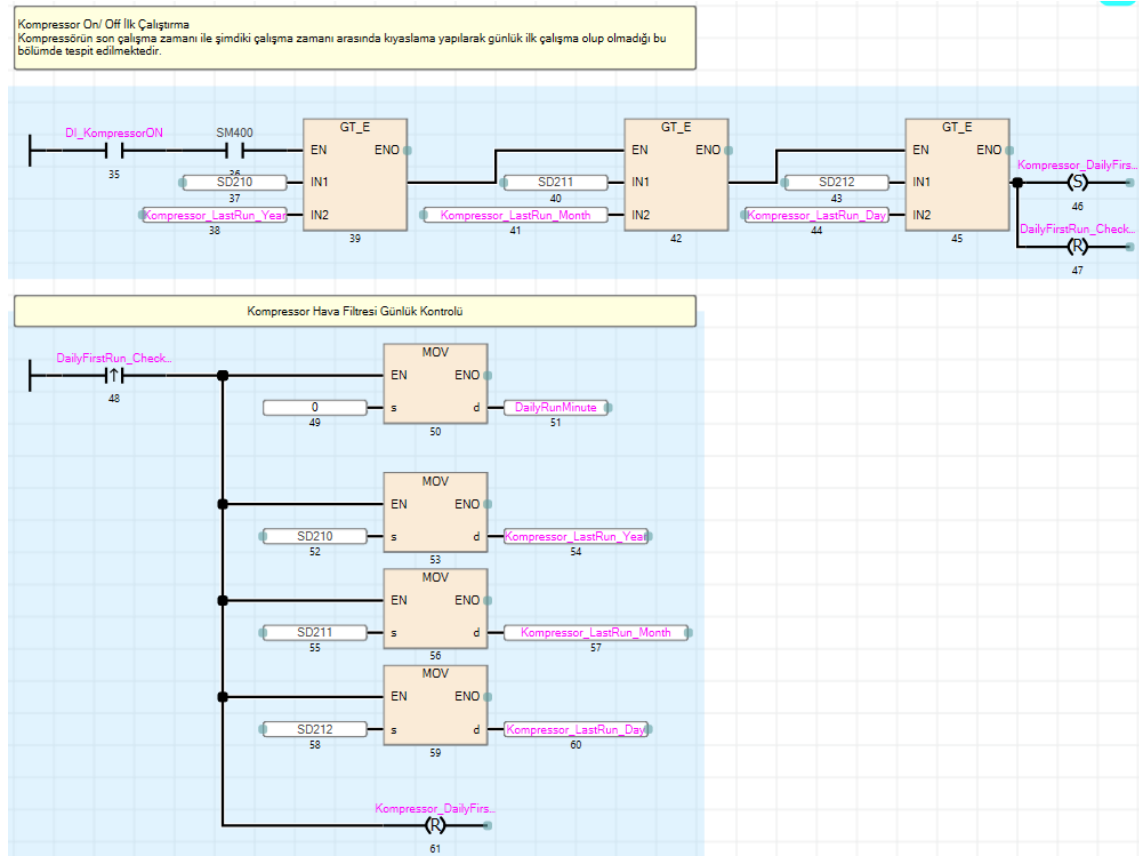
Kompresör hava filtresinin günlük temizlenmesi ve kontrolü sistem verimliliği için önem arz etmektedir. Sistemin günlük ilk çalıştırılmasında Operatör 4.3’ yer alan ana ekranda ‘KOMPRESÖR’ sekmesine gelip, Şekil 4.4’te yer aldığı gibi kompresör hava filtresi kontrolünü tamamladığını bildirmelidir.



Şekil 4.4. Pnömatik sistem kompresör hava filtresi kontrol onay ekranı

Aksi halde Şekil 4.3 ‘ÇALIŞMA DURUMU’ ekranı ve ‘KOMPRESÖR’ ekranında ilgili buton kırmızı olarak gözükcektir. PLC program parçacığında ise

kompresörün son çalışma zamanı ile şimdiki çalışma zamanı arasında kıyaslama yapılarak günlük ilk çalışma olup olmadığı Şekil 4.5'teki gibi tespit edilmektedir.



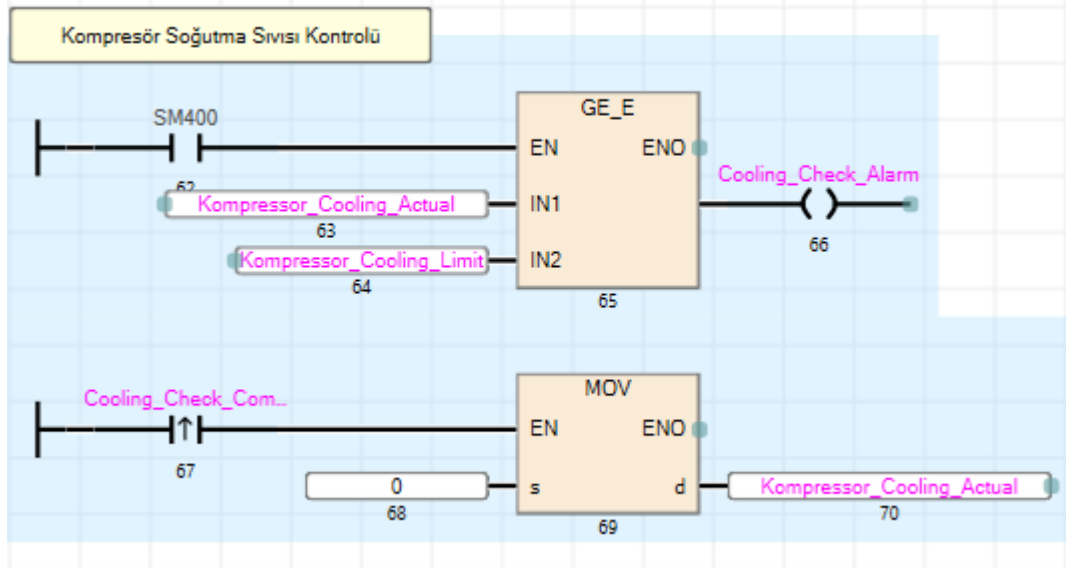
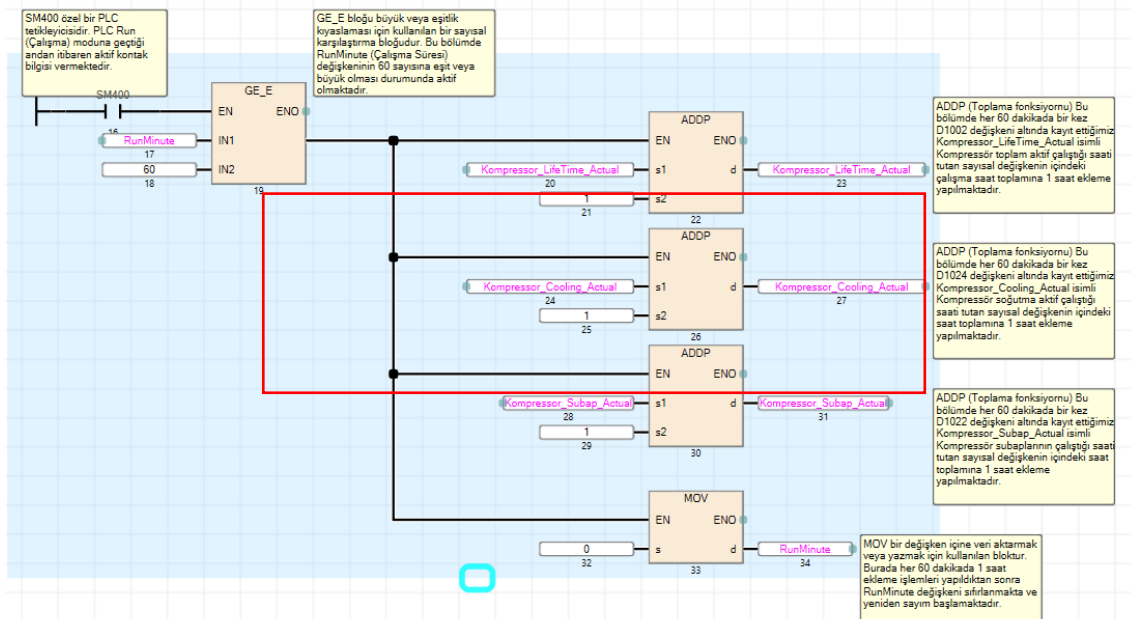
Şekil 4.5. Pnömatik sistem kompresör hava filtresi kontrol PLC yazılım parçasığı

4.1.3. Soğutma sıvısı

Kompresörlerde çalışmaya bağlı, enerji kaybı olarak ısı meydana gelir. Bu ısı, sistemin verimliliğini olumsuz etkilemektedir. Bu sebeple kompresörlerde soğutma sistemleri bulunmaktadır. Bunların aylık periyodlarla boşaltılıp temizlenmesi gerekmektedir. Sistem ilk çalıştırılırken Şekil 4.3.'teki ana ekrandan 'AYARLAR' sekmesine soğutma sıvısı sistem ömrü girişi yapılmalıdır.

Şekil 4.3 'ÇALIŞMA DURUMU' ekranında soğutma sıvısı durumu buton ile gözlemlenmektedir. Buton kırmızı olduğunda soğutma sıvısı değişimi yapılması gerekmektedir.

Kompresör soğutma sıvısı değişim zamanı kontrolü Şekil 4.6'teki PLC program parçasığı ile yapılmıştır.



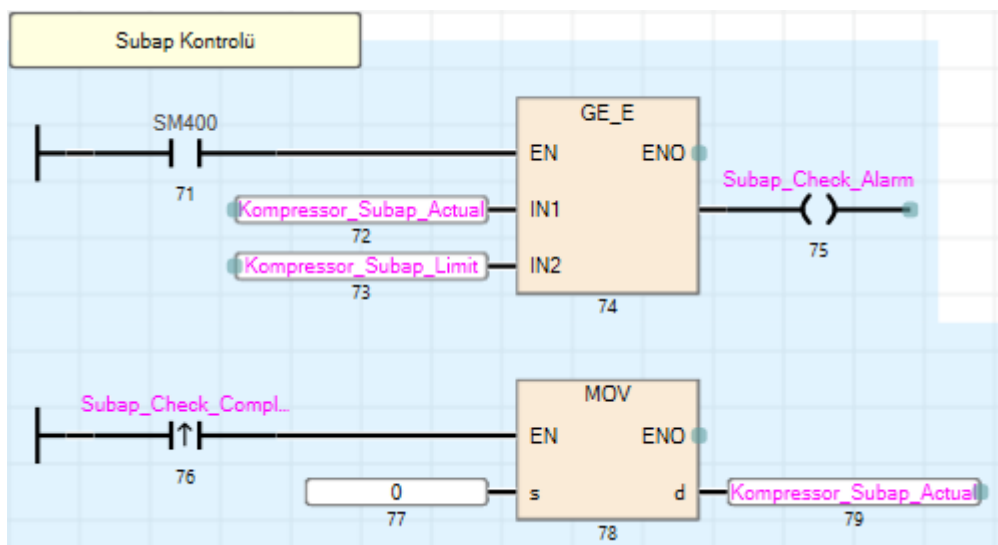
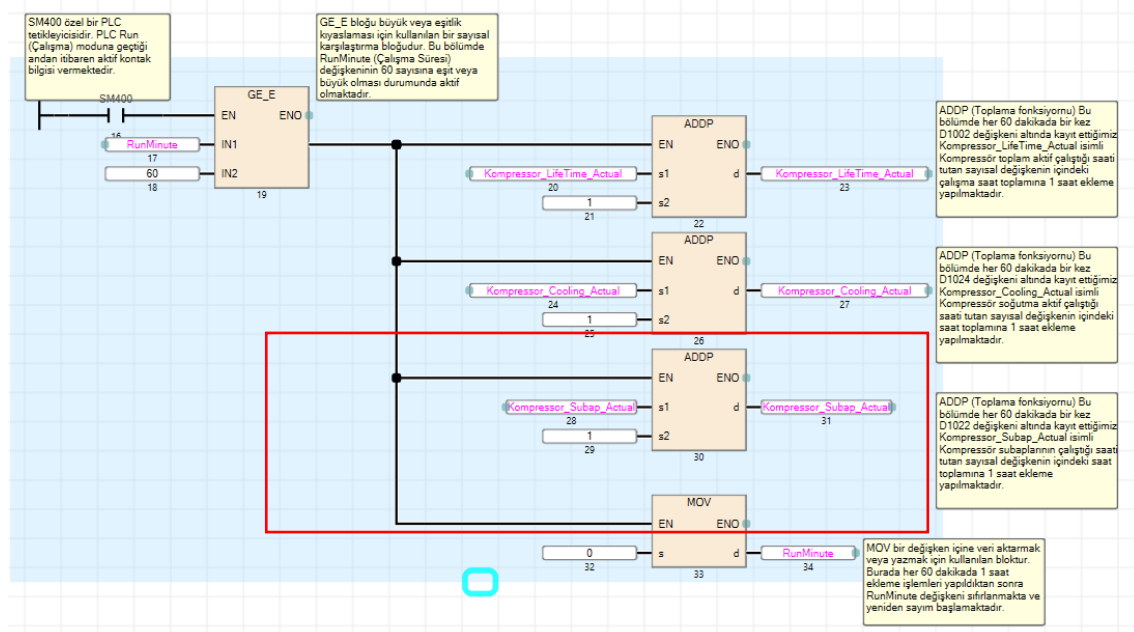
Şekil 4.6. Pnömatik sistem kompresör soğutma sıvısı kontrol PLC yazılım parçası

Aktif kullanım süresinin limit süresinin 'AYARLAR' sekmesine girilen değere eşit veya yüksek olması durumunda soğutma kontrol alarm çıkışı aktif edilmektedir. Bu durumda kompresör soğutma sıvısı değişimi yapıлып, Şekil 4.3'te yer alan ana çalışma ekranında 'KOMPRESÖR' sekmesine gelip, ilgili aktif kullanım süresi sıfırlanmalıdır.

4.1.4. Subap sistemi

Pnömatik sistemlerde subaplar, yağ sızıntılarının önüne geçmek için kullanılmaktadır. Her üretici firmanın subaplar için tanımladığı bir optimum kullanım ömrü bulunmaktadır. Sistem ilk çalıştırılırken Şekil 4.3. 'AYARLAR' sekmesine subap kullanım ömrü girişi yapılmalıdır.

Şekil 4.3 'ÇALIŞMA DURUMU' ekranında subap sistemi durumu buton ile gözlemlenmektedir. Buton kırmızı olduğunda subapların değişimi yapılması gerekmektedir. Subap değişim periyodu kontrolü Şekil 4.7'teki PLC program parçasığı ile yapılmıştır.



Şekil 4.7. Pnömatik sistem kompresör subap değişim periyodu kontrol PLC yazılım parçasığı

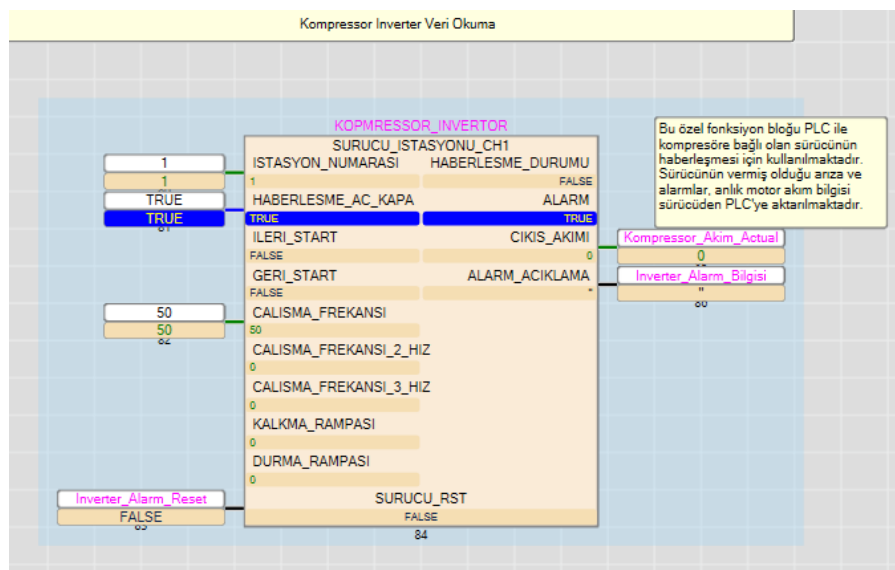
Aktif kullanım süresinin limit süresinin 'AYARLAR' sekmesine girilen değere eşit veya yüksek olması durumunda 'SUBAP SİSTEMİ' alarm çıkışı aktif edilmektedir. Bu durumda subap değişimi yapıлып, Şekil 4.3'te yer alan ana çalışma ekranının 'KOMPRESÖR' sekmesine geçilip, ilgili aktif kullanım süresi sıfırlanmalıdır.

4.1.5. Motor akımı

Pnömatik sistemlerdeki kompresörün elektrik motor akım değeri bize birçok problemi işaret edebilmektedir. Motorun normalden fazla akım çekmesi bizlere sistemde kaçak olabileceğini veya kompresör kayışının normalden gergin olduğunu gösterebilir. Düşük olması ise, motor kayışlarındaki gevşemeyi (Bu tez çalışmasında kayış gevşekliliği takibi fiziksel sensör ile yapılmıştır.) gösteriyor olabilir. Bu sebeple motor akım takibi önemlidir. Şekil 4.3 'ÇALIŞMA DURUMU' ekranında 'MOTOR AKIMI' durumu buton ile gözlemlenmektedir. Buton kırmızı olduğunda gerekli kontrollerin yapılması gerekmektedir.

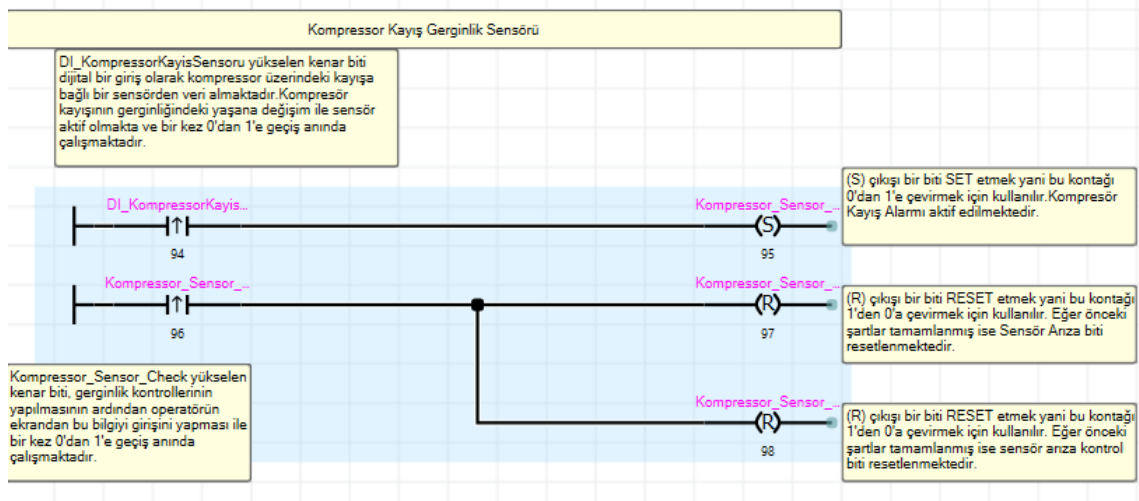
Nominal 'MOTOR AKIMI' değeri Şekil 4.3'te bulunan ana sayfa ekranından, 'AYARLAR' sekmesinde girilerek oluşturulmaktadır.

Günümüzde enerji verimliliği için birçok kompresörde bulunan motoru sürmek için inverterler tercih edilmektedir. Kompresör üzerinde bulunan motorun kontrolünde mevcut ise bulunan inverter ile haberleşme yapılarak anlık akım değişimleri takip edilebilmektedir. Bu tez çalışmasında kompresöre harici inverter bağlanarak akım takibi sağlanmıştır.



Şekil 4.8. PLC-inverter haberleşme ve akım değeri okuma fonksiyon bloğu

İlk olarak, Şekil 4.10'daki PLC program parçacığı ile kompresör kayışında esneme olması durumunda, Şekil 4.3'te yer alan ana ekranda 'KAYIŞ DURUMU' butonu kırmızı olacaktır.



Şekil 4.10. Kompresör kayış gerginlik kontrol PLC yazılım parçacığı

Bir diğer yöntem ise, bir önceki bölümde anlattığımız gibi, kayışın aşırı gergin olması durumu motora normalden fazla bir yük oluşturacağından akımda artış gözlemlenecektir. Normal çalışma ve yükteki çalışma aralığından daha yukarıda bir akıma çıkan bu değer sayesinde motorun yüklenmesi tespit edilerek operatör inverter aracılığı ile bu veriyi alıp izleyebilmektedir.

Alarm gelmesi durumunda, Şekil 4.3'te yer alan ana sayfa, 'KOMPRESÖR' sekmesinden ilgili bölüm sıfırlanmalıdır.

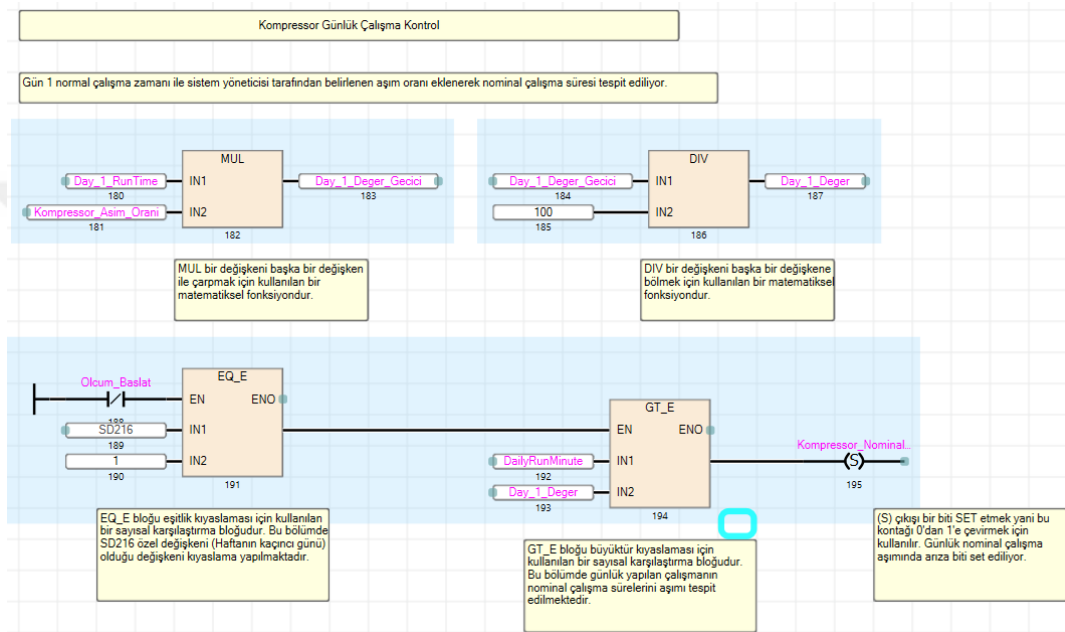
4.1.7. Yağ seviyesi

Çok hızlı çalışan veya büyük çaplı silindirler kullanılan pnömatik sistemlerde, hava, sisteme gönderilmeden önce sürtünmeleri azaltmak için havanın, şartlandırıcı bölümünde filtrelenmesi ve yağlanması gerekmektedir. Yağ seviyesinin düşük olması silindirin kullanım ömrünü kısaltıp, erken aşınmalara sebebiyet verebilmektedir.

Kompresörler üzerinde bulunan yağ seviyesi, kompresör üzerinde yer alan ölçüm sistemiyle kontrol edilebilir. Bu tez çalışmasında buna ek olarak, bileşik kaplar prensibi ile çalışan harici sensörlü bir yağ tankı kullanılmıştır. Şekil 4.11'de yer alan program parçacığı ile yağ seviyesi, tanktaki kritik seviyenin altına düştüğünde, Şekil 4.3'teki ana ekranda 'YAĞ SEVİYESİ' butonu kırmızı olacaktır.

‘AYARLAR’ bölümünde günlere ait kompresör nominal çalışma süreleri yedi gün boyunca Şekil 4.12’de program parçacığı ile tespit edildikten sonra, operatör tarafından ‘AYARLAR’ bölümünde başlatılan ölçüm, otomatik olarak durmaktadır.

Kaydedilen veriler Şekil 4.13’deki gibi PLC programı aracılığıyla ilgili gün nominal çalışma değeriyle karşılaştırılmıştır. Bu sayede haftanın bir günü standart olarak çalışmayan işletmelerde de veri takibi yapılabilmesi amaçlanmıştır.

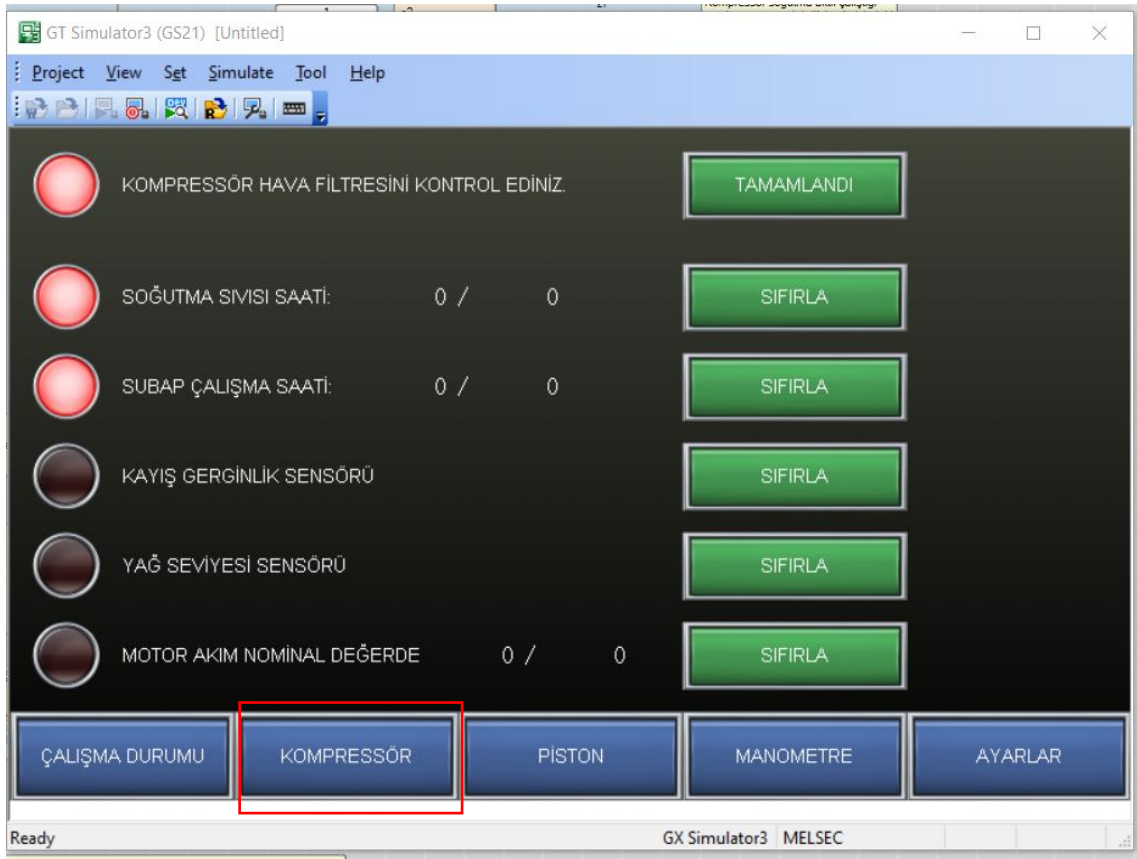


Şekil 4.13. Kompresör günlük nominal çalışma birinci gün karşılaştırma PLC programcığı

Diğer yedi gün için de Şekil 4.13’deki gibi ayrı ayrı karşılaştırılmalıdır. Sistemde kayıp-kaçak olması durumunda Şekil 4.3’teki ana ekranın ‘GÜNLÜK NOMİNAL ÇALIŞMA AŞIMI’ butonu kırmızıya dönecektir.

4.2. Kompresör

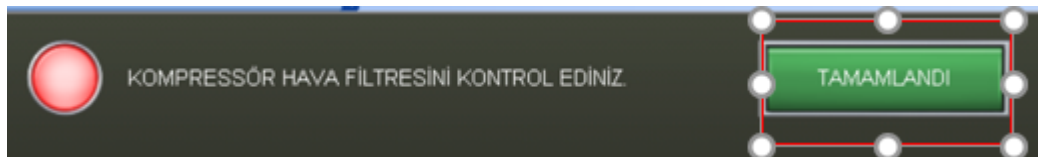
Kompresör sekmesi, pnömatis sistemin kompresör parçalarının durum takibi ve durum sıfırlamalarının yapılabilmesi amacıyla Şekil 4.14’deki gibi tasarlanmıştır.



Şekil 4.14. Pnömatik sistem kompresör sekmesi kontrol ekranı

4.2.1. Kompresör hava filtresi kontrolü

Kompresör hava filtresinin kontrol ve bakımının günlük olarak yapılması gerekmektedir. Bu sebeple sistem ilk çalışmada operatörün bunu yapmasını beklemektedir. Operatör, filtre bakımını yaptıktan sonra Şekil 4.14'deki 'KOMPRESÖR' ekranda Şekil 4.15'deki gibi 'TAMAMLANDI' butonuna basmalıdır.



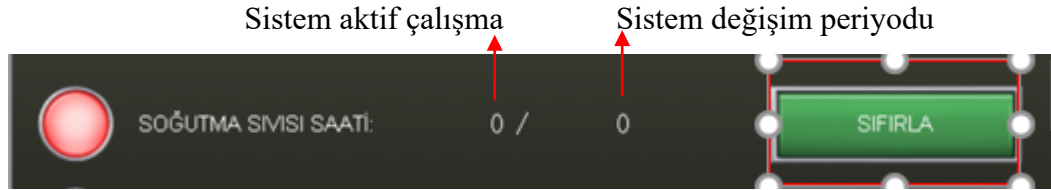
Şekil 4.15. Pnömatik sistem kompresör sekmesi, kompresör hava filtresi kontrolü tamamlanması

Bu sayede ilgili buton, tüm sayfalarda yeşil rengine dönüşecektir.

4.2.2. Soğutma sıvısı saati

Kompresör'deki soğutma sıvısının belirli periyotlarda değiştirilmesi gerekmektedir. Bu periyod 'AYARLAR' bölümünden belirlenmektedir. Kompresör

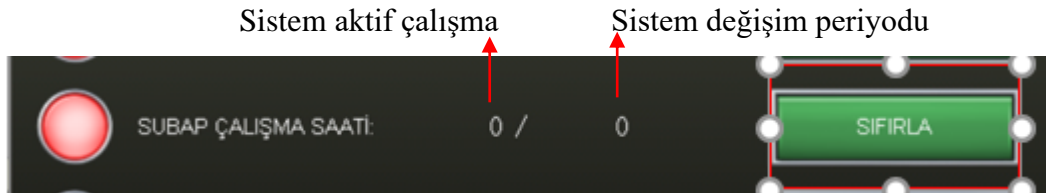
soğutma sıvısı butonu kırmızıya dönüştüğünde, soğutma sıvısı değiştirilmelidir. Operatör değişikliği yaptıktan sonra Şekil 4.16'daki şekilde 'SIFIRLA' butonuna basmalıdır. Bu sayede sistem soğutma sıvısı alarmı sıfırlanacaktır. Ayrıca sistemin değişim periyodu ve aktif çalışma süresi de ilgili bölümde takip edilebilmektedir.



Şekil 4.16. Pnömatik sistem kompresör sekmesi, soğutma sıvısı değişimi

4.2.3. Subap çalışma saati

Kompresör'deki subap yapısının belirli periyotlarda değiştirilmesi gerekmektedir. Bu periyod 'AYARLAR' bölümünden sisteme tanıtılmaktadır. Subap çalışma saati butonu kırmızıya dönüştüğünde, subap değiştirilmelidir. Operatör değişikliği yaptıktan sonra Şekil 4.17'deki şekilde 'SIFIRLA' butonuna basmalıdır. Bu sayede sistem subap çalışma sistemi alarmı sıfırlanacaktır. Ayrıca sistemin değişim periyodu ve aktif çalışma süresi de ilgili bölümde takip edilebilmektedir.



Şekil 4.17. Pnömatik sistem kompresör sekmesi, subap değişimi

4.2.4. Kayış gerginlik sensörü

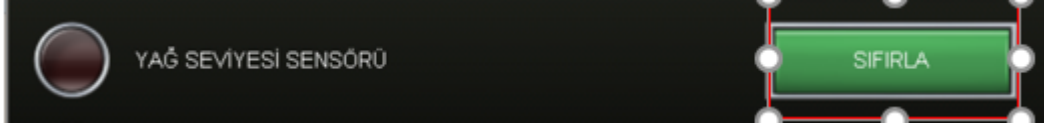
Kompresör kayışında gevşeme olduğunda 'KAYIŞ GERGINLİK SENSÖRÜ' butonu kırmızı yanarak alarm vermektedir. Bu arıza meydana geldiğinde operatörün kayış bağlantısını düzeltmesi beklenmektedir. İlgili düzeltme tamamlandıktan sonra 'KOMPRESÖR' sekmesinde Şekil 4.18'deki şekilde sıfırlama yapılmalıdır.



Şekil 4.18. Pnömatik sistem kompresör sekmesi, kayış gerginlik sensörü sıfırlama

4.2.5. Yağ seviyesi sensörü

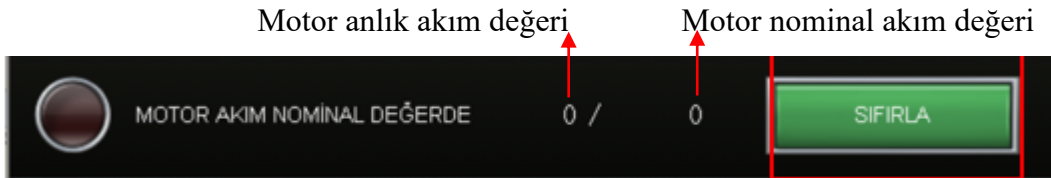
Kompresör yağ seviyesi, sensörlü yağ deposu ile ölçülmektedir. Yağ seviyesi, kritik seviyenin altına düştüğünde operatörün yağ değişimi yapması beklenmektedir. Operatör ilgili değişikliği yaptıktan sonra Şekil 4.19'daki şekilde hatayı sıfırlamalıdır. Bu sayede, sistem düzelti ise, ilgili buton yeşile dönmektedir.



Şekil 4.19. Pnömatik sistem kompresör sekmesi, kayış gerginlik sensörü sıfırlama

4.2.6. Motor akım nominal değerinde

Motor akımını sistemde inverter vasıtasıyla okuyup PLC yazılımı ile 'AYARLAR' bölümüne girdiğimiz limit akım değeriyle karşılaştırmaktayız. Kompresör motor akımı arıza durumu 'ÇALIŞMA DURUMU' sayfasında ve 'KOMPRESÖR' ekranında gözükmez. 'KOMPRESÖR' ekranında ise ekstra olarak, inverterden okunan akım değeri ve motor nominal değeri karşılaştırması Şekil 4.20'deki gibi gözlemlenebilmektedir.

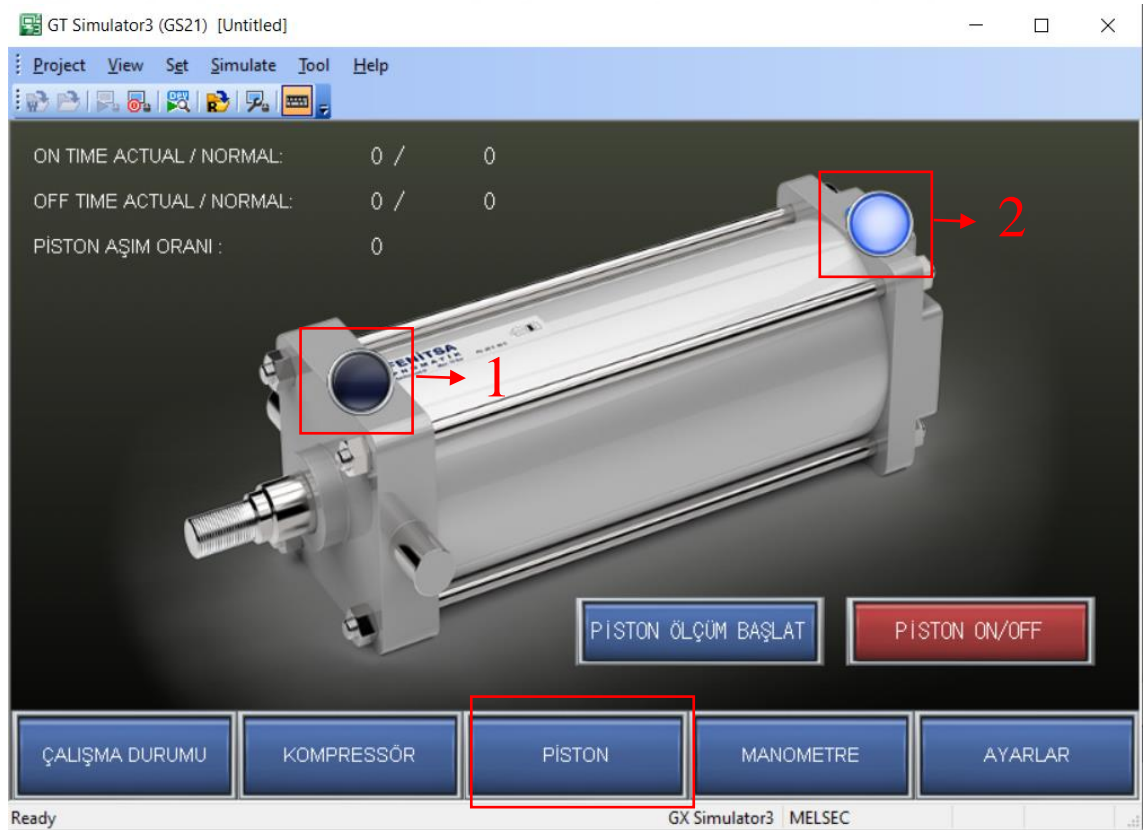


Şekil 4.20. Pnömatik sistem kompresör sekmesi, aşırı akım sıfırlama

Sistemde arıza meydana geldiğinde operatörün sistemde kayıp-kaçak kontrolü ve kompresör kayış gerginliğini kontrol edip, arızayı gidermesi beklenmektedir. Arıza giderildikten sonra Şekil 4.20'deki gibi arıza sıfırlanmalıdır.

4.3. Piston

Pistonlardaki dejenerasyon tespiti için proses üzerindeki tüm piston ve silindirlerin reed sensörler takılmaktadır. Bu reed sensörler piston strok üst ve alt limitlerine veya mekanik çalışma üst alt limitlerine Şekil 4.21’de 1 ve 2 numaralı kutularda görüldüğü gibi takılmıştır. Valften gelen hava yönüne göre pozisyon değiştiren piston, mıknatıslanma özelliği sayesinde reed sensör seviyesine ulaştığında bu sensörün kontak çıkışına elektrik iletimi yapmaktadır. Piston kapalı durumda iken Şekil 4.21’deki 2 butonu mavi olarak gözükürken diğer 1 butonu siyah olarak gözükmektedir.

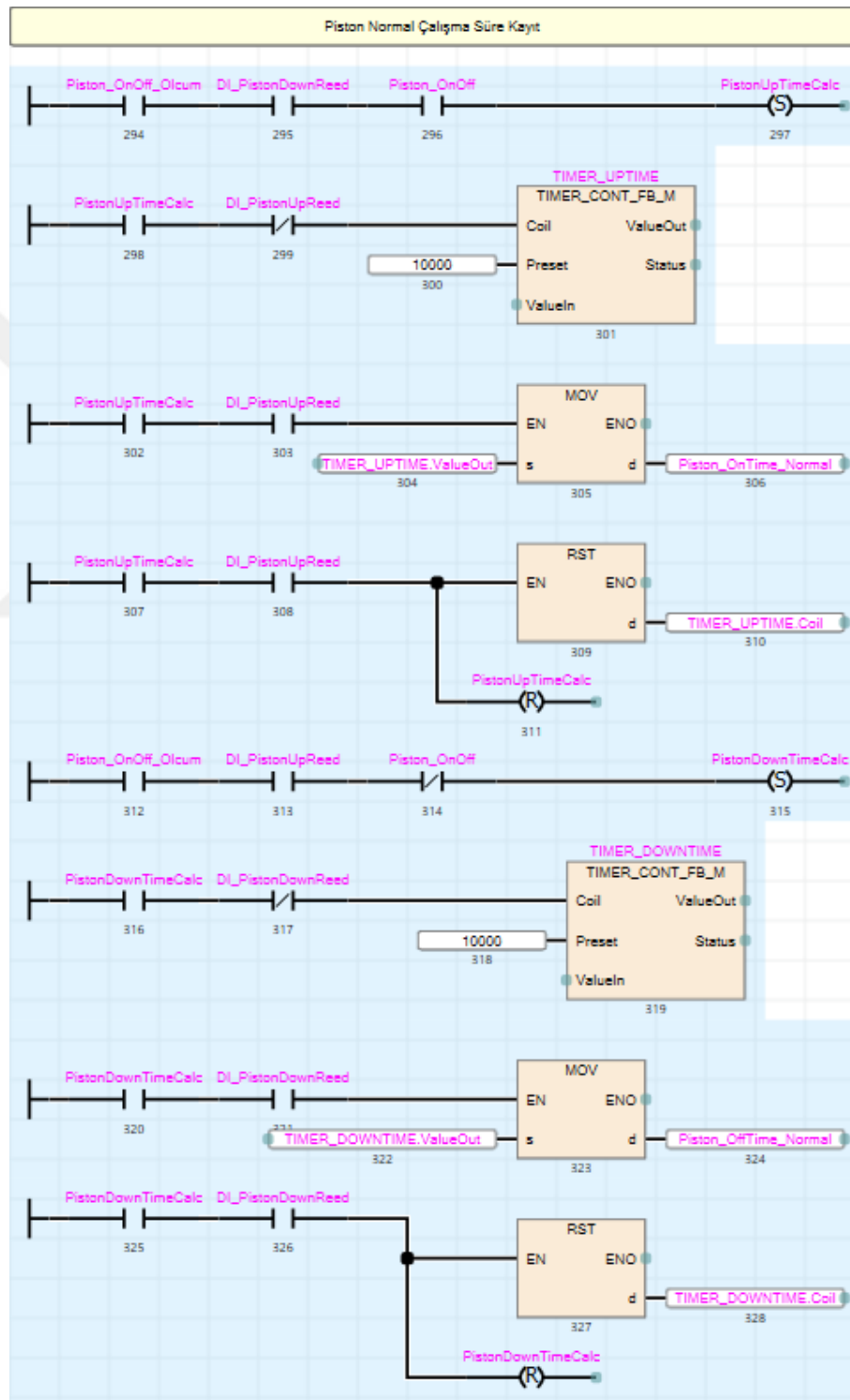


Şekil 4.21. Pnömatik sistem kompresör sekmesi, piston sekmesi

Pnömatik sistem silindirinin optimum koşullardaki açılıp, kapanma süresi ufak bir sapma oranı ile sabittir. Bu süredeki sapma, bizlere silindir veya pistondaki mekanik dejenerasyonu işaret etmektedir. Bunlar; mekanik sıkışmalar, piston bağlantı noktalarındaki sorunlar, piston sızdırmazlık elemanlarındaki yıpranma dolayısıyla oluşan hava kaçağı gibi problemler olabilmektedir. Bir arıza durumunda bunların kontrolü sağlanıp, alarm sıfırlanmalıdır.

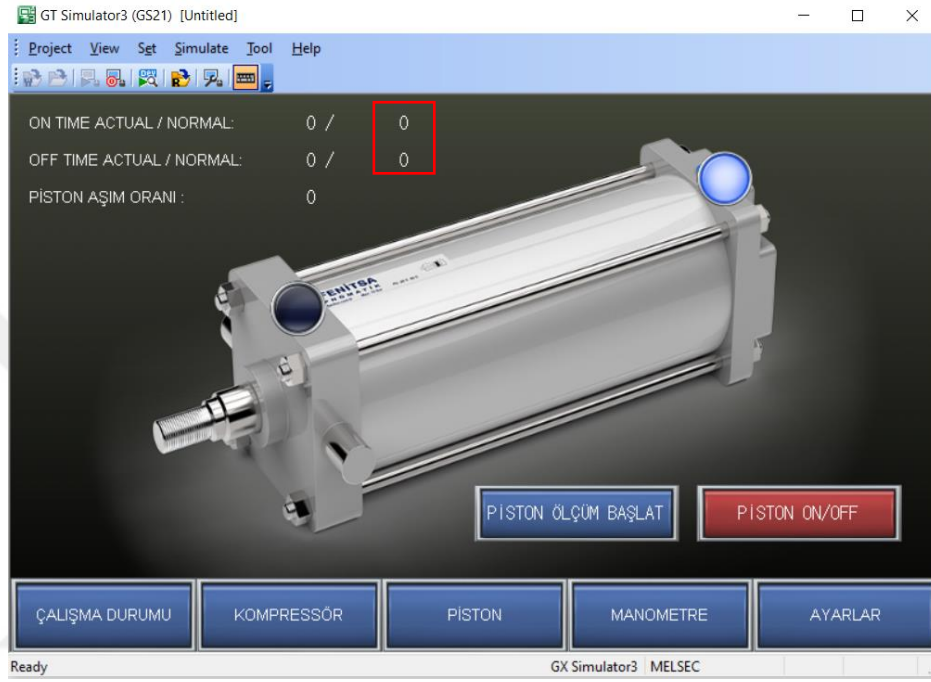
4.3.1. Piston ölçüm

Sistem optimum koşullarda iken Şekil 4.21'deki 'PİSTON' sekmesinde 'PİSTON ÖLÇÜM BAŞLA' tuşuna basılarak optimum piston çalışma süresi Şekilde 4.22'te yer alan PLC program parçasıyla tespit edilmektedir.

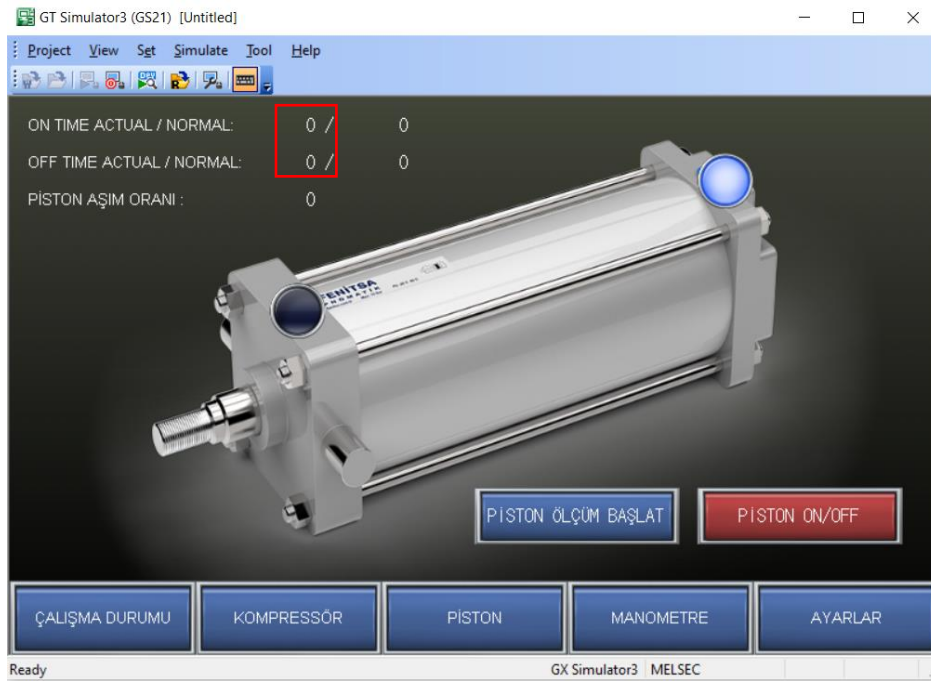


Şekil 4.22. Pnömatik sistem piston sekmesi, standart çalışma süresi kaydı PLC yazılım parçası

Şekil 4.22’teki program parçası ile Şekil 4.23’te yer alan ‘ON TIME ACTUAL / NORMAL’ değeri yani, piston ileri konuma ulaşma normal süresi ve OFF TIME ACTUAL / NORMAL’ değeri yani, piston geri konuma ulaşma normal süresi sisteme atanmış olur. Kalibrasyon işleminin sistem optimum çalışma koşullarındayken gerçekleştirilmesi, sağlı veri üzerinden analiz gerçekleştirebilmemiz için gereklidir.

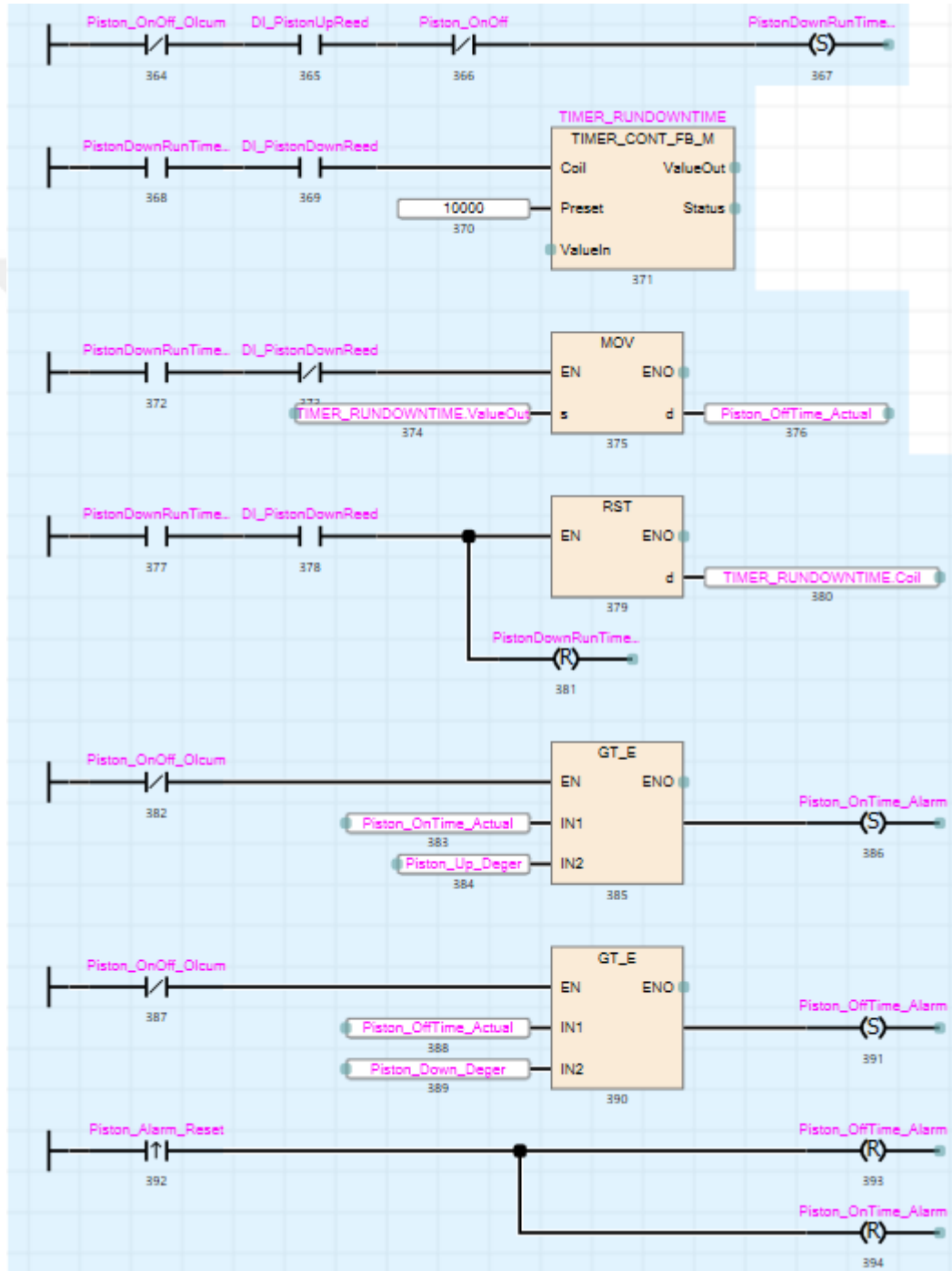


Şekil 4.23. Pnömatik sistem piston sekmesi, nominal piston hareket süresi



Şekil 4.24. Pnömatik sistem piston sekmesi, anlık piston hareket süresi

Şekil 4.22’teki program parçasığı ile şekil 4.23’teki gibi kalibre edilen sistemde, Şekil 4.25’te yer alan PLC programında, sistem anlık piston çalışma süreleri (Şekil 4.24) ile karşılaştırılır ve bu sürelerde bir anormallik olması durumunda piston alarm vermektedir.

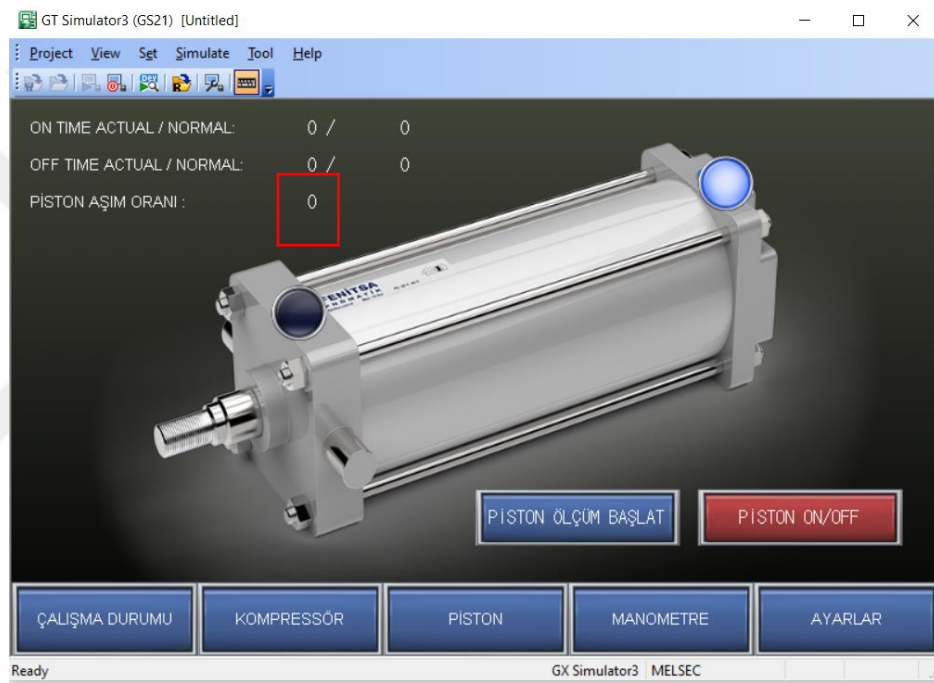


Şekil 4.25. Pnömatik sistem piston sekmesi, piston anlık hareket sürelerinin nominal hareket süreleri ile karşılaştırılması ve alarm set reset program parçasığı

Bu tez çalışmasında detaylı anlatım için tek piston üzerine yazılım gerçekleştirilmiştir. Sistemdeki tüm pistonların hareket süreleri bu şekilde analiz edilmelidir.

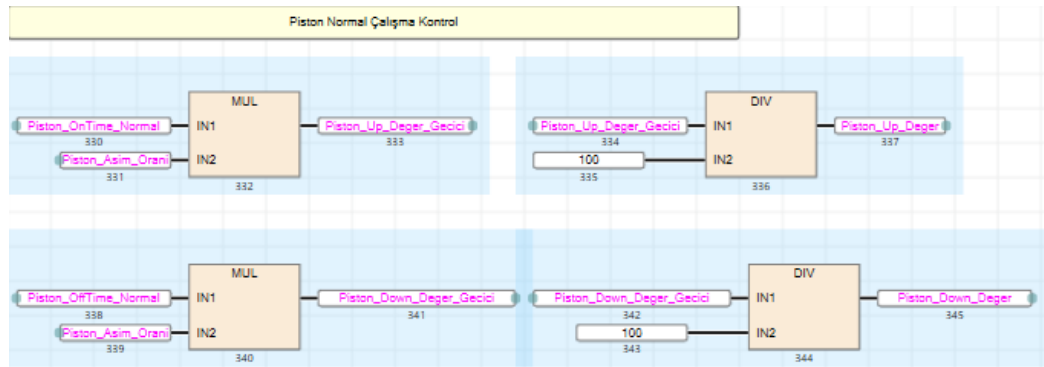
4.3.2. Piston aşım oranı

Piston çalışma sürelerinin, gerçek ortamda, sürekli sabit olamayacağı açıktır. Bu sebeple Şekil 4.26'da gösterilen alana yüzde sapma değeri, operatör tarafından girilmektedir.



Şekil 4.26. Pnömatik sistem piston sekmesi, piston hareket aşım oranı belirlenmesi

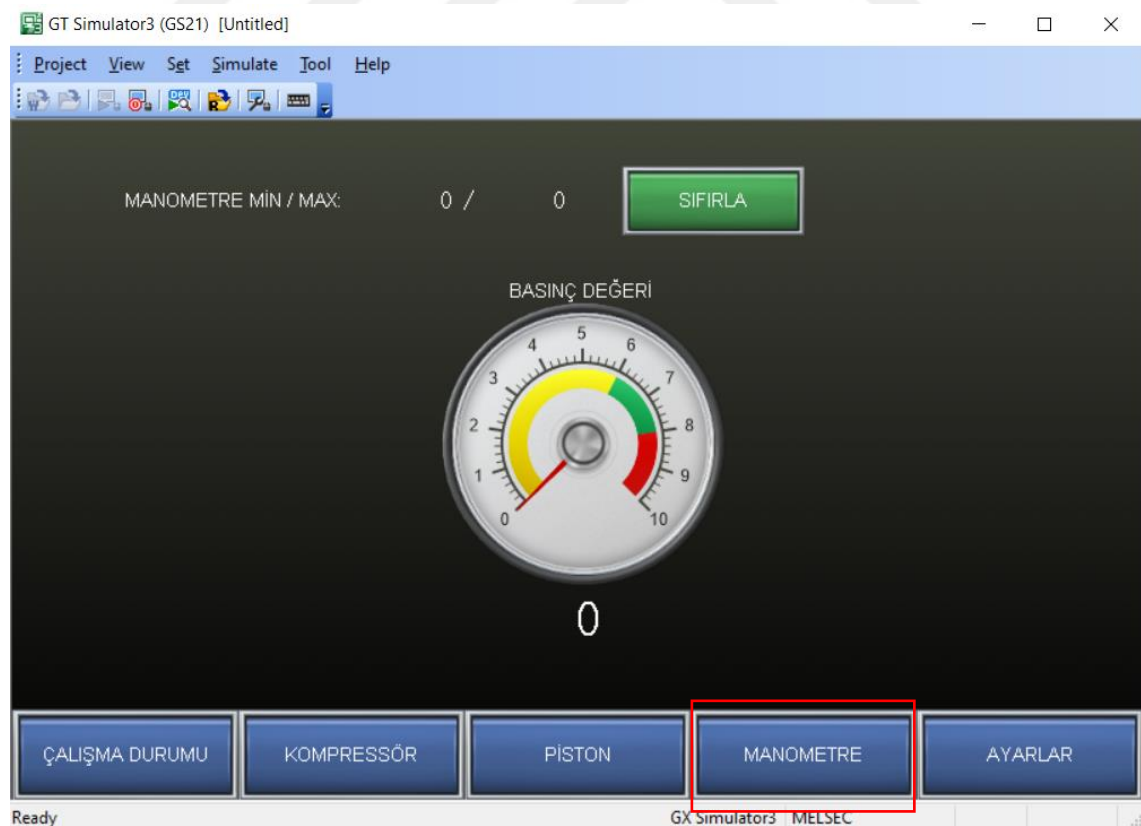
Piston süreleri karşılaştırılırken bu sapma oranı da düşünülerek, yazılımda Şekil 4.27'deki gibi karşılaştırma yapılmaktadır.



Şekil 4.27. Pnömatik sistem piston sekmesi, piston hareket aşım oranının PLC yazılımına eklenmesi

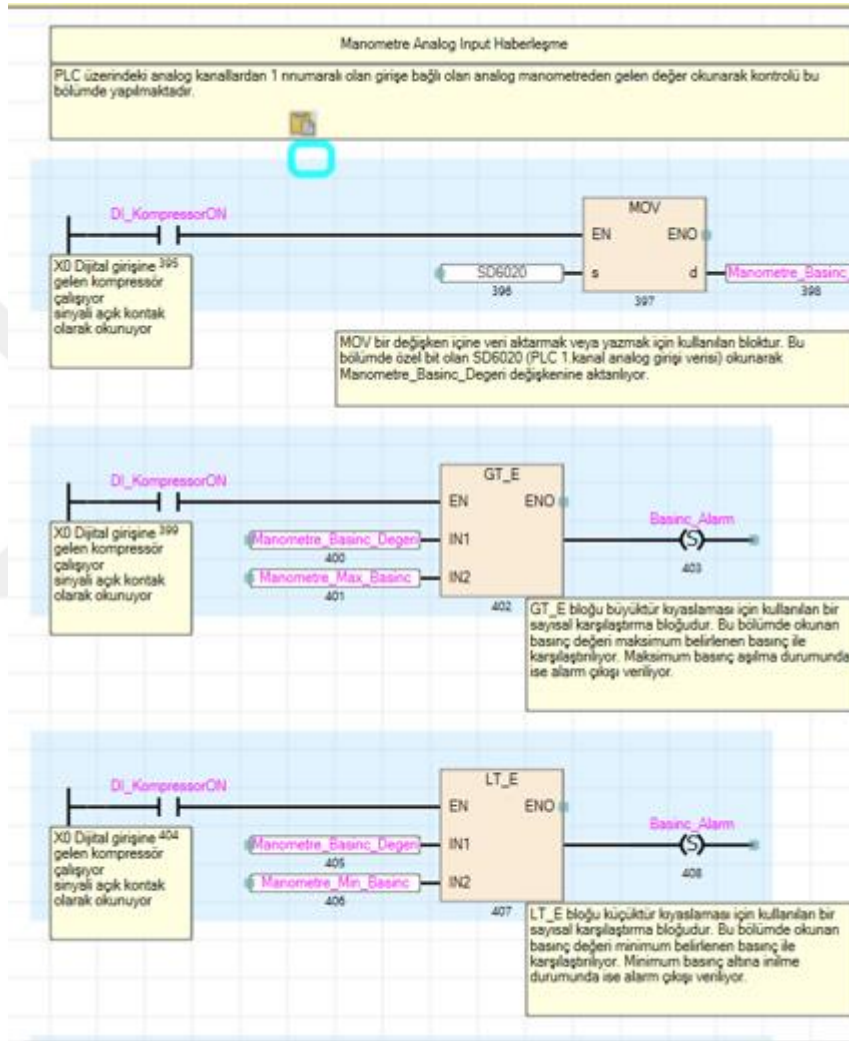
4.4. Manometre

Dijital manometreler günümüz otomasyon projelerinde aktif olarak kullanılmaktadır. Bu sistemde üzerindeki hava dağıtım hattının birçok noktasında yer alan manometreler 'den analog veri PLC ile alınarak valf ve pistonlara ulaşan havanın basıncı net bir şekilde takip edilmektedir.



Şekil 4.28. Pnömatik sistem manometre sekmesi

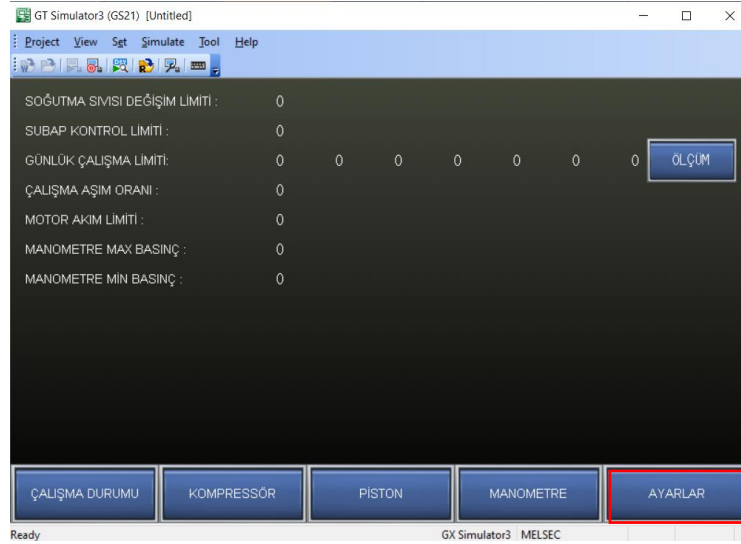
Operatör ana ekran olan ‘ÇALIŞMA DURUMU’ sekmesinde basınç değerini takip edebilirken, manometre sekmesi (Şekil 4.28) altında minimum ve maksimum değerlerinin sisteme operatör tarafından girişi yapıлып, ölçülen basınç doğru aralıkta olup olmadığının kontrolü Şekil 4.29’daki PLC program parçası ile sağlanmaktadır. Basınç dalgalanmaları, ayarlanan aralık dışında okunan eksi veya artı yönlü basınç değişimleri tespit edilerek HMI vasıtasıyla operatöre bilgi verilmektedir.



Şekil 4.29. Pnömatik sistem nominal-anlık basınç karşılaştırma PLC programı

4.5. Ayarlar

Her sistemin ihtiyaçları, nominal değerleri, kullanım ömürleri birbirinden farklılık göstermektedir. Bu sebeple operatörün Şekil 4.30’daki gibi ‘AYARLAR’ sekmesinde sistem nominal değerlerini tanımlaması beklenmektedir.



Şekil 4.30. Pnömatik sistem nominal-anlık basınç karşılaştırma PLC programı

4.5.1. Soğutma sıvısı değişim limiti

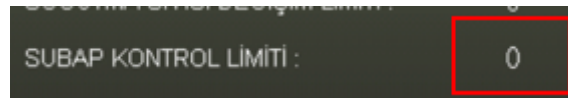
Operatörün 'AYARLAR' sekmesindeki Şekil 4.31'deki bölüme soğutma sıvısı değişim süresi hedefini girmesi beklenmektedir.



Şekil 4.31. Pnömatik sistem soğutma sıvısı değişim limiti girilmesi

4.5.2. Subap kontrol limiti

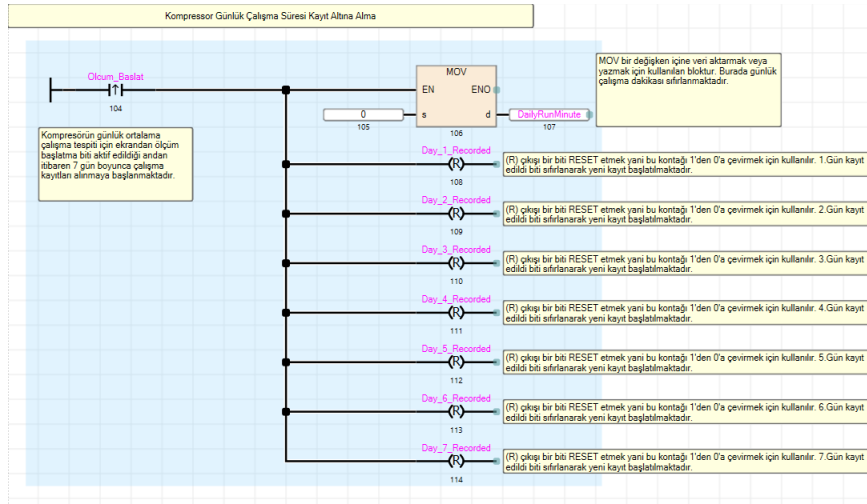
Operatörün 'AYARLAR' sekmesindeki Şekil 4.32'deki bölüme subap değişim süresi hedefini girmesi beklenmektedir.



Şekil 4.32. Pnömatik sistem subap kontrol limiti girilmesi

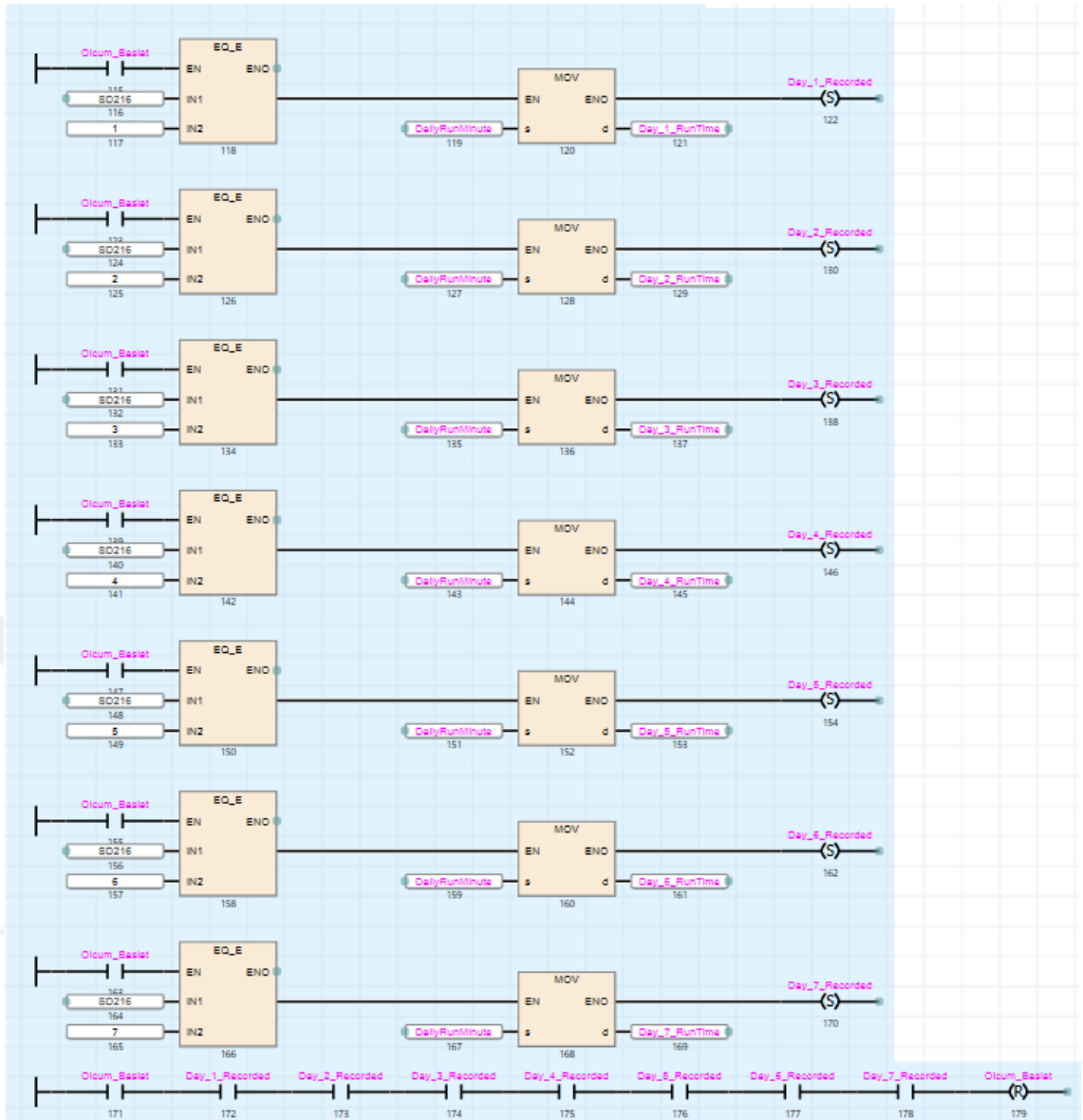
4.5.3. Günlük çalışma limiti

Günlük çalışma sürelerini, sistemdeki kaçağın erken tespiti için analiz etmekteyiz.



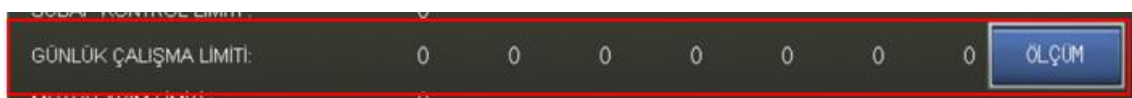
Şekil 4.33. Pnömatik sistem kompresör günlük çalışma süresi ölçüm başlatma PLC programcığı

Şekil 4.33'deki program parçacığı ile kompresörün çalışma süreleri için yeni kayıt başlatmaktadır. Operatör panelinden verilen ölçüm başlat komutu kompresör ve hava tesisatının tüm bakımları yapılmış, sorunsuz çalıştığından emin olunan zamanda başlatılır. Her bir gün için otomatik olarak Şekil 4.33'de gösterilen şekilde kayıt alınmaktadır.



Şekil 4.34. Pnömatik sistem kompresör günlük çalışma süresi kayıta alma PLC programcısı

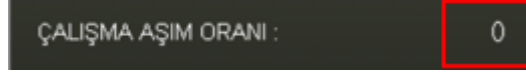
Bu veriler sağlıklı çalışmanın ve tüm kontrollerin yapıldıktan sonraki belirlenen ilk çalışma aralığında yapılmaktadır. Böylece sistemin sağlıklı durumda ihtiyaç olunan hava basıncının oluşması için gerekli çalışma zamanları Şekil 4.34'teki şekilde sistemde bulunacaktır.



Şekil 4.35. Pnömatik sistem kompresör optimum günlük çalışma süresinin ölçüm ile sisteme eklenmesi

4.5.4. Çalışma aşım oranı

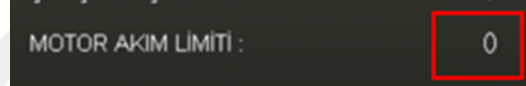
Operatörün ‘AYARLAR’ sekmesindeki Şekil 4.36’teki bölüme piston çalışma süresi kabul edilebilir sapma oranını girmesi beklenmektedir.



Şekil 4.36. Pnömatik sistem piston hareketi aşım oranının operatör tarafından belirlenmesi

4.5.5. Motor akım limiti

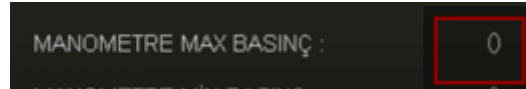
Operatörün ‘AYARLAR’ sekmesindeki Şekil 4.37’deki bölüme kompresör imalatçısından edinilen kompresör motoru çalışma akım limit değerinin girmesi beklenmektedir.



Şekil 4.37. Pnömatik sistem kompresör akım limitinin sisteme operatör tarafından tanıtılması

4.5.6. Manometre maksimum basınç

Operatörün ‘AYARLAR’ sekmesindeki Şekil 4.38’deki bölüme sistemin maksimum basınç değeri girişi yapması beklenmektedir.



Şekil 4.38. Pnömatik sistem maksimum basınç sisteme operatör tarafından tanıtılması

4.5.7. Manometre minimum basınç

Operatörün ‘AYARLAR’ sekmesindeki Şekil 4.39’deki bölüme sistemin minimum basınç değeri girişi yapması beklenmektedir.



Şekil 4.39. Pnömatik sistem minimum basınç sisteme operatör tarafından tanıtılması

5. UYGULAMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Bu tez çalışmasında, pnömatik sistemlerde hata oranlarının azaltılmasına için uçta bilişimden faydalanılmıştır. Önerilen sistemde farklı algılayıcılardan anlık olarak sürekli durum bilgileri alınmaktadır. Alınan bilgiler PLC’de işlenerek kullanıcıya sistem hakkında anlık bilgi verilmektedir. Önerilen sistem bir gerçek hayat problemi olarak ele alındığından sahada uygulanarak gerçek veriler elde edilmek istenmiştir.

Sistemin uygulanması için Konya’da faaliyet gösteren ve fırın makinaları üreten Brotmas firmasına ait tam otomatik ekmek işleme ve dizme hattı seçilmiştir. Sistemde, hava tesisatındaki kaçakların tespiti, kompresör yağ seviyesi kontrolü, manometre basınç değer kontrolü, kompresör kayış gerginliği kontrolü ve invertörle kompresör motor sağlığı kontrolü gibi önemli noktalardan veri toplanılmıştır.

Sistemin mevcutta satılan tam otomatik ekmek işleme ve dizme hattı için uygulanabilirliği ve verimliliği bir aylık bir süreçte denenmiştir. Denemeler yapılırken öncelikle bu çalışmada önerilen kestirimci bakım hatta uygulanmadan hata bildirimleri toplanmıştır. Daha sonra önerilen sistem mevcut otomasyona uygulanmış ve hata bildirimleri toplanmıştır. Elde edilen sonuçlar firmanın da onayı ile aşağıdaki gibi bulunmuştur (Çizelge 5.1).

Çizelge 5.1. Tam otomatik ekmek işleme ve dizme hattı arıza kayıtları

Arıza Kayıtları	Mevcut Sistem	Önerilen Sistem
Kompresörün kapalı olması sebebiyle yaşanan arıza bildirimleri	8	1
Kompresördeki basıncın düşmesi ile yaşanan arızaların bildirimleri	13	4
Bakımsız kompresör kaynaklı arızalar	9	2
Pnömatik pistonlara giden su kaynaklı arıza bildirimleri	14	6
Pnömatik pistonlarda conta eskimesi sebebiyle yavaşlama kaynaklı arızalar	3	1
Pnömatik piston sensörleri kaynaklı arızalar	2	2
TOPLAM	49	16

Gerçekleştirilen tez çalışması ile birlikte uygulamanın gerçekleştirildiği firmanın tam otomatik ekmek işleme ve dizme hattında arıza bildirim kayıtlarında yaklaşık %67 oranında bir azalma olduğu gözlemlenmiştir. Hata bildirim oranlarındaki azalma satış sonrası hizmetlerde çalışan personelin iş yükünü azaltmış bunun yanı sıra müşteri

memnuniyetini arttırmıştır. Ayrıca arızaların nerelerden kaynaklandığına dair tespitler yerinde ve zamanında yapılabildiği için hem hata oluşabilecek noktalara müdahale edilme imkânı bulunmuş hem de o alanlarda firma sonraki ürünler için önleyici geliştirmeler yapma imkânı bulmuştur.



6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Endüstri 4.0, üretim süreçlerini geliştirmek isteyen firmaların bundan sonraki süreçte ilerlemesine ve beklentilerine ışık tutacak kavramsal bir yaklaşımdır. Bu yaklaşım sayesinde, bilişim teknolojileri ve endüstri faaliyetleri bir araya getirilmeye çalışılmaktadır. Ayrıca nesnelerin interneti (internet of things) gibi teknolojik altyapıların kullanılabilmesine olanak sağlayarak birçok sensör ile donatılmış cihazların ortaya çıkmasını ve cihazlar kendi aralarında veri/bilgi alışverişinde bulunarak süreç gelişimini yapmasına imkân vermiştir. Bilişim teknolojilerinin bu cihazlara aktarılmasıyla zeki sistemler ortaya çıkmıştır. Bu sistemler ile daha az enerji harcanmakta, düşük maliyetli üretim yapılabilen, üretim için daha az yere ihtiyaç duyulmakta, daha fazla miktarda ve daha az hatalı üretim yapılabilir.

Endüstri 4.0 teknolojileri ile bütünleşmiş yöntemlerden birisi de Uçta Bilişim yaklaşımıdır. Bu yaklaşım ile Bulut Bilişim'deki bazı süreçlerin değiştirilmesi ve efektif hale getirilmesi hedeflenmiştir. Bulut bilişim temelinde çalışan sistemler, uzakta bulunan bir sunucuya verileri aktarmada zaman kaybetmekte ve gereksiz depolama alanı ve iş gücü kullanılmaktadır. Uçta bilişim ile bulut bilişimin altında uç birimler oluşturularak, veriler anlık işlenmekte ve hızlı bir şekilde cevap verilmektedir. Fakat operasyonel olarak zaman problemi olmayan ve güçlü bir donanım ihtiyacı duyan işlemler (makine öğrenmesi algoritmaları gibi) bulutta bulunan sunucularda yürütülmektedir. Zaman içerisinde farklı uç birim cihazlarındaki gelişim bu teknolojinin artık daha yaygın olarak kullanılacağını göstermektedir.

Pnömatik sistemlerde kullanılan havanın ücretsiz elde edilmesi ve atmosferde sınırsız bulunması, çevre için çok fazla yan etkisinin bulunmaması, hız ve kuvvetinin ayarlanabilir olması, uzaklara taşınabilmesi, kontrol elemanlarının ucuz olması ve güvenli olması, bu sistemlerin avantajlarından bir kaçıdır. Dolayısıyla pnömatik sistemler, ülkemizde faaliyet gösteren birçok firma için vazgeçilmez sistemlerden birisidir. Üretim süreçlerinde sıklıkla kullanılan pnömatik sistemler, üretimin kesintisiz devam etmesi için büyük önem arz etmektedir. Bu nedenle pnömatik sistemlerin çalışmasını kesintiye uğratabilecek hatalara karşı önlem almak gerekmektedir.

Bu tez çalışmasında, Endüstri 4.0 konseptine uygun şekilde çalışan uçta bilişim yaklaşımı ile kurgulanmış ve sensörlerle desteklenmiş bir hata takip sistemi önerilmiştir. Önerilen sistemde pnömatik alt yapısı kullanılan bir cihaz seçilmiştir. Böylece önerilen sistem bir gerçek hayat problemi olarak ele alınabilmiştir.

Önerilen kestirimci bakım sistemi, Konya'da faaliyet gösteren ve fırın makinaları üreten Brotmas firmasına ait tam otomatik ekmek işleme ve dizme hattına uygulanmıştır. Önerilen sistemin mevcut otomasyona uygulanmadan öncesi ve uygulandıktan sonrası için hata bildirimleri toplanmıştır. Önerilen sistem uygulandıktan sonra, hata bildirimlerinde % 67 oranında azalma görülmüştür.

Bundan sonra yapılacak çalışmalarda, hata bildirimleri uçta bilişim için kullanılan cihazlarda toplanarak, bulut bilişim cihazlarında makine öğrenmesi algoritmaları ile işlenerek, sistemin içinde bulunan temel ve önemli araçların kalan ömürleri tahmin edilebilir.



KAYNAKLAR

- Arda, Z. ve Haydar, A., 2020, Pnömatik Sistemlerde Enerji Verimliliği, *Mühendis ve Makina*, 61 (698), 31-45.
- Barthélemy, J., Verstaevel, N., Forehead, H. ve Perez, P., 2019, Edge-computing video analytics for real-time traffic monitoring in a smart city, *Sensors*, 19 (9), 2048.
- Cheng, C., Zhang, B.-k. ve Gao, D., 2019, A predictive maintenance solution for bearing production line based on edge-cloud cooperation, *2019 Chinese Automation Congress (CAC)*, 5885-5889.
- Demetgül, M., 2002, Pnömatik Sistem Arızalarının Giderilmesinde Uzman Sistem Uygulaması, *Marmara Üniversitesi (Turkey)*.
- Heavy.Ai, 2023, Edge Network Definition, <https://www.heavy.ai/technical-glossary/edge-network>: [18.01.2023].
- Kanoğlu, M., 2010, Enerji verimliliği örnek projeleri, *Gaziantep Üniversitesi, Makina Mühendisliği Bölümü, Gaziantep*, 31.
- Koçer, K. ve Biroğul, S., 2017, Development of a Mobile and Web Based System for Maintenance & Repair and Asset Management, *American Journal of Software Engineering*, 5 (1), 1-15.
- Küçüköz, E., 2017, Endüstri 4.0: Hidrolik, pnömatik uygulamalardaki kullanım alanları. VIII.Ulusal hidrolik pnömatik kongre. 03.
- Momento, 2023, 2016 Yılı Uluslararası akışkan gücü istatistikleri, <https://www.moment-expo.com/tr/dergiler/121/kapak/makinelerin-guc-kaynagi-hidrolik-ve-pnomatik>: [01.28.2023].
- Philbeck, T. ve Davis, N., 2018, The fourth industrial revolution, *Journal of International Affairs*, 72 (1), 17-22.
- Ramanathan, R., 2014, The IEC 61131-3 programming languages features for industrial control systems, *2014 world automation congress (wac)*, 598-603.
- Rydning, D. R.-J. G.-J., Reinsel, J. ve Gantz, J., 2018, The digitization of the world from edge to core, *Framingham: International Data Corporation*, 16.
- Stankovski, S., Ostojić, G., Nićin, M., Baranovski, I. ve Tarjan, L., 2020a, Edge Computing for Fault Detection in Smart Systems, *ICIST 2020 Proceedings*, 1, 22-26.
- Stankovski, S., Ostojić, G., Šaponjić, M., Stanojević, M. ve Babić, M., 2020b, Using micro/mini PLC/PAC in the Edge Computing Architecture, *2020 19th International Symposium Infoteh-Jahorina (Infoteh)*, 1-4.
- T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2023, Enerji Verimliliği, <https://enerji.gov.tr/enerji-verimliliği>: [20.01.2023].
- Tarım ve Orman Bakanlığı, 2023, Tarım 4.0, <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/koyunculuk/Menu/76/Tarim-4-0>: [18.01.2023].
- Terrell, R. E., 1999, Improving compressed air system efficiency—know what you really need, *Energy Engineering*, 96 (1), 7-15.
- Torres, F. J., López, F., Núñez, D. A., Balvantín, A. J., Ramos, O. J. ve Aguirre, F. A., 2020, An alternative of low-cost automation based on a minicomputer for edge computing, *Microsystem Technologies*, 26 (9), 2913-2920.
- Vita, W. R. S. ve Munaro, C. J., 2021, A scalable edge computing platform for industrial applications, *Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente-SBAI*.
- Wikipedia, 2023, Kompresör Çeşitleri, <https://en.wikipedia.org/wiki/Compressor>: [18.01.2023].

- Wu, G., Miao, Y., Zhang, Y. ve Barnawi, A., 2020, Energy efficient for UAV-enabled mobile edge computing networks: Intelligent task prediction and offloading, *Computer Communications*, 150, 556-562.
- Xu, M., David, J. M. ve Kim, S. H., 2018, The fourth industrial revolution: Opportunities and challenges, *International journal of financial research*, 9 (2), 90-95.

