MARMARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BUZDOLAPLARINDA KULLANILAN ELEKTROMEKANİK KOMPONENTLERİN OTOMATİK ARIZA TESPİTİ VE VERİMLİLİK ANALİZİ

SEFA BOYACI
523116018

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Elektrik & Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

DANIŞMAN
Dr.Öğr.Üyesi Nazmi EKREN

EŞ DANIŞMAN
Dr.Öğr.Üyesi Sertaç GÖRGÜLÜ

İSTANBUL, 2019

MARMARA UNIVERSITY
INSTITUTE FOR GRADUATE STUDIES
IN PURE AND APPLIED SCIENCES

AUTOMATICALY FAULT DETECTION AND EFFICIENCY ANALYSIS FOR ELECTROMEHANICAL PARTS OF REFRIGERATOR

SEFA BOYACI
523116018

MASTER THESIS
Department of Electric & Electronic Engineering

Thesis Supervisor
Dr.Öğr.Üyesi Nazmi EKREN

Thesis Co-Supervisor
Dr.Öğr.Üyesi Sertaç GÖRGÜLÜ

İSTANBUL, 2019

MARMARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Öğrencisi Sefa BOYACI'nın **"Buzdolaplarında Kullanılan Elektromekanik Komponentlerin Otomatik Arıza Tespiti ve Verimlilik Analizi"** başlıklı tez çalışması; ....18.06.2019....tarihinde savunulmuş ve jüri üyeleri tarafından başarılı bulunmuştur.

Jüri Üyeleri

Dr. Öğr. Üyesi Nazmi EKREN (Danışman)
Marmara Üniversitesi

Doç.Dr. Şafak SAĞLAM (Üye)
Marmara Üniversitesi

Dr.Öğr. Üyesi Süreyya KOCABEY (Üye)
Sağlık Bilimleri Üniversitesi

ONAY

Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun..19.07.2019. tarih ve 2019/11-92.. sayılı kararı ile Sefa BOYACI'nın Elektrik Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Elektrik Elektronik Mühendisliği Programında Yüksek Lisans derecesi alması onanmıştır.

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Prof. Dr. Bülent EKİCİ

T.C. MARMARA ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÖNSÖZ

Öncelikle tez konusunu belirlememde yardımcı ve yol göstericim olan, değerli zamanını ayırıp tecrübelerini aktaran sayın hocam Dr.Öğr.Üyesi Nazmi EKREN'e; yapılan deneysel çalışmalar, analizler ve üretim alanındaki uygulamalar boyunca maddi ve manevi desteğini esirgemeyen, çalışma arkadaşlarım Eray BAŞARAN ve Kadir TETİK'e, literatür taramasında ve elektronik uygulamalarında değerli katkılarından dolayı sınıf arkadaşlarım Burak KAMBER ve Ahmet HACINECİPOĞLU'na sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Yine bu uzun ve meşakkatli yolculukta beni her zaman sabır ve anlayışla destekleyen, sevgili ailem; Tenzile ve Merve BOYACI'ya teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ ii
ÖZET v
ABSTRACT vi
SEMBOL LİSTESİ vii
KISALTMA LİSTESİ viii
ŞEKİL LİSTESİ ix
TABLO LİSTESİ x
EK LİSTESİ xi
1. BÖLÜM: GİRİŞ 1
1.1 Çalışmanın Amacı 2
1.2 Literatür Araştırması 3
1.2.1 Buzdolabı ve Üretimi Alanında Yapılan Çalışmalar 3
1.2.2 Otomasyonel Kontrol Sistemleri Alanında Yapılan Çalışmalar 5
1.2.3 PC Tabanlı Veri Toplama Alanında Yapılan Çalışmalar 7
2. BÖLÜM: BUZDOLABI TARİHİ VE ÇALIŞMA PRENSİBİ 9
2.1 Soğutucu Tarihçesi 9
2.2 Buzdolabı Çalışma Prensibi 14
2.3 Genel Yapı ve Temel Bileşenler 15
2.3.1 Statik Soğutucu 16
2.3.2 No-Frost Soğutucu 17
3. BÖLÜM: ENERJİ TÜKETİMİ VE VERİMLİLİK 18
3.1 Türkiye'de Beyaz Eşya Kullanımı ve Enerji Tüketimi 18
3.2 Enerji Sınıfı Belirlenmesi 20
3.2.1 Cornet İlkeleri 21
3.2.2 Veri Aktarımı ve NI LabVIEW 21
3.2.3 Enerji Sınıfı Belirleme Deneyi 23
4. BÖLÜM: MATERYAL VE YÖNTEM 27
4.1 6 Sigma Analiz Metodolojisi 27
4.2 Komponentler ve Görevleri 30
4.2.1 Fan 30
4.2.2 Motorize Flap 30
4.2.3 Kompresör 31

4.3 Ölçüm Sistemi 31
4.3.1 Kullanılan Sensörler 31
4.3.1.1 “IR” ve “US” Sensör 32
4.3.1.2 “Hall Effect” Sensör 32
4.3.1.3 İvmeölçer Sensör 32
4.3.2 Fan Kontrol Makinesi Çalışma Prensipleri 33
4.3.2.1 Risk Değerlendirilmesi 37
4.3.3 Motorize Flap Kontrol Makinesi Çalışma Prensipleri 38
5. BÖLÜM: BULGULAR VE TARTIŞMA 43
5.1 Üretim Denemesi ve Deneysel Çıktılar 43
5.1.1 Motorize Flap 43
5.1.2 Buharlaştırıcı Fanı 46
5.2 Verimlilik Deneyi 52
5.2.1 Buzdolabı Üzerindeki Etkisi 52
6. SONUÇLAR 56
KAYNAKLAR 59
EKLER 64
ÖZGEÇMİŞ

ÖZET

BUZDOLAPLARINDA KULLANILAN ELEKTROMEKANİK KOMPONENTLERİN OTOMATİK ARIZA TESPİTİ VE VERİMLİLİK ANALİZİ

Yüzyılın getirdiği gereklilikler, teknolojik gelişmeler ışığında paralel olarak artış gösteren enerji tüketimi, küresel ısınma gibi etkenler sürekli kullanım ihtiyacı duyulan elektrikli ev aletlerinde ve beyaz eşyalarda verimlilik artışını zorunlu kılmıştır. Uluslararası şirketler, enerji verimliliği ve kalite maliyetleri konularında iyileştirme sağlanması amacıyla; araştırma, geliştirmeye ve kaliteye verdikleri önem ve değeri giderek arttırmaktadır. Beyaz eşya grubunda en önemli elektrikli ev aleti olan buzdolapları, buhar sıkıştırma yöntemiyle iç kısmında ki muhafaza alanını soğutarak gıdaların uzun süre bozulmadan korunmasını sağlar. Çalışmanın amacı buzdolabı soğutma çevriminde bulunan elektromekanik komponentlerin en uygun değer limit değerlerinde otomatik kontrol ünitelerinde ayrıştırılmasını sağlayarak soğutucunun enerji verimliliğini arttırmak ve buna paralel kalitesizlik maliyetlerini düşürmektir.

Çalışmada buharlaştırıcı fanı ve motorize flap gibi elektromekanik komponentlerin teknik davranışları incelenerek geçmişe yönelik müşteri şikâyetleri analiz edilmiştir. Enerji verimliliğine etki eden davranışlar karakteristik olarak belirlenerek üretim alanına eklenecek kontrol ünitelerinin tasarımlarında ve bu ünitelerdeki limitlerle ilgili tavsiyelerde bulunmuştur. Bu tez çalışmasındaki deneysel çalışmalar için bir soğutucu fabrikasındaki laboratuvarlardan yararlanılmıştır. Tüm nümerik analizler ve deneysel çıktılar “6 Sigma” problem çözme mantalitesi ile tamamlanmıştır.

Mayıs, 2019

Sefa BOYACI
Elektrik Elektronik Mühendisi

ABSTRACT

AUTOMATICALY FAULT DETECTION AND EFFICIENCY ANALYSIS FOR ELECTROMEHANICAL PARTS OF REFRIGERATOR

The obligations of this century increased energy consumption in parallel with technological developments, and global warming makes mandatory to have increased productivity in household appliances especially for working continuously. International companies target to improve their appliances' energy efficiency, decrease quality cost and have larger investment capacity for research-development in this way. Refrigerators which are the most important electrical appliances in the household group, provide protection of foods for long periods of time by cooling the storage area inside by steam compression method. The aim of the study is to increase the energy efficiency of the refrigerant by separating electromechanical components which are placed in cooling cycle, in automatic controlling units at the optimum limit values and thus reducing the costs of poor quality.

In this thesis, the technical behaviors of electromechanical components such as evaporator fan and motorized flap were analyzed and customer complaints as well. Behaviors affecting to the energy consumption have been determined as characteristic, and they have been advised on the design of the control units to be added to the production area and the limits to be determined for these units. Experimental studies performed at Solo Refrigerant factory. All numerical analyzes and experimental outcomes were completed with 6 Sigma problem-solving method.

May, 2019 Sefa BOYACI

Electric Electronic Engineer

SEMBOL LİSTESİ

E: Elektrik Alan Şiddeti (V/m)

db(A): Ses Şiddeti

F: Kuvvet (N/m)

Hz: Hertz

T: Sıcaklık (^{O}C)

T_c: İzotermal Büzüşme

T_h: İzotermal Genleşme

L: Litre

v: Hız (m/sn^2)

W: Watt (J/s)

Q_h: Transfer Edilen Isı (cal)

Q_c: Absorbe Edilen Isı (cal)

η: Verimlilik

q: Yük (c)

σ: Sigma

KISALTMA LİSTESİ

AC: Alternative Current (Altarnatif Akım)

COP: Coefficient of Performance (Verimlilik Katsayısı)

DC: Direct Current (Doğru Akım)

FPGA: Field Programmable Gate Array (Alanda Programlanabilir Kapı Dizisi)

I/O: Input/Output (Giriş/Çıkış)

LED: Light Emitting Diode (Işık Yayan Diyot)

LabVIEW: Lab Virtual Instrument Engineering Workbench (Mühendislik Çalışmaları için Sanal Enstrüman Laboratuvarı)

NI: National Instrument (Ulusal Enstrüman)

PLC: Programmable Logic Controller (Programlanabilir Mantık Denetleyici)

PWM: Pulse Width Modulation (Darbe Genişliği Modülasyonu)

RPM: Revolutions Per Minute (Dakikada Devir)

RH: Relative Humidity (Bağıl Nem)

RFID: Radio Frequency Identification (Radyo Frekansı Tanımlama)

USB: Universal Serial Bus (Evrensel Seri Yolu)

VI: Virtual Instrument (Sanal Enstrüman)

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 3. 1 Beyaz Eşya Yıllık Enerji Tüketim Karşılaştırılması Grafiği 20
Şekil 3.2 Enerji Etiketi Örneği 20
Şekil 3. 3 LabView Programı Örnek Blok Diyagram ve Ön Panel Ekranı 22
Şekil 3. 4.Performans Testine Alınan Buzdolabı 23
Şekil 3. 5 Sıcaklık Sensörü Konumları 23
Şekil 3. 6 A Cihazı Test Grafikleri 25
Şekil 3. 7 B Cihazı Test Grafikleri 26

Şekil 4. 1 6 Sigma Normal Dağılım Eğrisi 27
Şekil 4. 2 Minitab Ana Ekranı Ekran Görüntüsü Örneği 29
Şekil 4. 3 Minitab Analiz Ekranı Ekran Görüntüsü Örneği 29
Şekil 4. 4 Fan Kontrol Makinesi İç Kısım Tasarım Aşaması 33
Şekil 4. 5 Fan Kontrol Makinesi İç Görünüm 34
Şekil 4. 6 Fan Kontrol Makinesi Dış Görünüm 35
Şekil 4. 7 EN ISO 13849-1 Performans Seviyesi Skalası 37
Şekil 4. 8. Motorize Flap Kontrol Makinesi Hava Kanalı Eşleştirmesi 38
Şekil 4. 9 Motorize Flap Kontrol Makinesi Sensör Konumları 39
Şekil 4. 10 Motorize Flap Kontrol Makinesi Sensör Tezgâhı 42
Şekil 4. 11 Motorize Flap Kontrol Makinesi HMI Panel Test Sonucu Olumlu 42

Şekil 5. 1 Motorize Flap Kontrol Makinesi HMI Panel Test Sonucu Olumsuz 43
Şekil 5. 2 Hava Kanalı – Tezgah Kontrol Montajı 44
Şekil 5. 3 Motorize Flap Deneyi X Durumu: 44
Şekil 5. 4 Motorize Flap Deneyi Y Durumu: 45
Şekil 5. 5 Motorize Flap Deneyi Z Durumu: 45
Şekil 5. 6 Üretim Denemesi ve Ölçüm 46
Şekil 5. 7 Fan Pervane ve Sensör Arası Boşluk (Gezinme Mesafesi) 46
Şekil 5. 8 Kütle Dağılım Analiz Grafiği 47
Şekil 5. 9 Müşterinin Sesi Çalışması 48
Şekil 5. 10 Karar Matrisi 50
Şekil 5. 11 Hatalı Fan Kontrol Sonucu ve Kök Neden 51
Şekil 5. 12 Lab Cihaz Yerleşimi 52
Şekil 5. 13 Verimlilik Deneyi 2 Numaralı İstasyon 54
Şekil 5. 14 Verimlilik Deneyi 3 Numaralı İstasyon 55

Şekil 6. 1 Kontrol Edilen ve Ayıklanan Malzeme 58
Şekil 6. 2 2017,2018 Yılı ve 2018 Yılı Çeyrek Bazlı Saha İncelemesi 58

TABLO LİSTESİ

Tablo 3. 1 Buzdolabı Enerji Etiketi Sınıflandırılması 19

Tablo 4. 1 6 Sigma Örneği Verim Hesabı Tablosu.....28
Tablo 4. 2 Fan Kontrol Makinesi Malzeme Listesi 36
Tablo 4. 3 İç Kısım Değerlendirmesi.....37
Tablo 4. 4 Dış Kısım Değerlendirmesi 37
Tablo 4. 5 Sensör Adresleme Tablosu 40
Tablo 4. 6 Motorize Flap Kontrol Makinesi Malzeme Listesi 41

Tablo 5. 1 Pwm ve Rpm Değerleri İlişkilendirilmesi.....51

Tablo 6. 1 Fan PWM ve Cihaz Enerji Tüketim İlişkisi 57

EK LİSTESİ

EK 4. 1 Fan Kontrol Makinesi Besleme Katmanı 64
EK 4. 2 Fan Kontrol Makinesi Emniyet Rölesi 64
EK 4. 3 Fan Kontrol Makinesi Kontrol Devresi 1 65
EK 4. 4 Fan Kontrol Makinesi Kontrol Devresi 2 65
EK 4. 5 Fan Kontrol Makinesi.Sayaç Bağlantı Şeması 66
EK 4. 6 Motorize Flap Kontrol Makinesi 24-12v DC Güç Kaynağı 66
EK 4. 7 Motorize Flap Kontrol Makinesi Kullanıcı Arayüz ve Panel 67
EK 4. 8 Motorize Flap Kontrol Makinesi CPU 67
EK 4. 9 Motorize Flap Kontrol Makinesi PLC Diziliş 68
EK 4. 10 Motorize Flap Kontrol Makinesi PLC 68
EK 4. 11 Motorize Flap Kontrol Makinesi PLC 2 69
EK 4. 12 Motorize Flap Kontrol Makinesi PLC 3 69
EK 4. 13 Motorize Flap Kontrol Makinesi PLC 4 70
EK 4. 14 Motorize Flap Kontrol Makinesi Güç Kaynağı 70
EK 4. 15 Motorize Flap Kontrol Makinesi PLC Çıkış 71
EK 4. 16 Motorize Flap Kontrol Makinesi PLC Çıkış 2 71
EK 4. 17 Motorize Flap Kontrol Makinesi PLC Algoritma 72

1. BÖLÜM: GİRİŞ

Buzdolabı neredeyse iki yüzyıl boyunca insanoğluna soğutmanın en büyük amacı olarak bizler için; yiyecekleri, ilaçları, bozulmaması gereken yararlı diğer maddeleri ve onları taze tüketmemizi sağlayarak kendimizi korumanın yollarını sundu. İklim ve mevsimlerin oluşturduğu bariyerleri yıktı ve endüstriyel süreçlerin revize edilmesine sebep olurken, kendisi ise başlı başına bir endüstri halini aldı. Görevi iç ortamında sıcaklığı düşürerek soğuk ve izole bir ortam sağlayan, böylelikle içerisindeki yiyeceklerin bozulmadan ve bakteri üretmeden uzun süre sağlıklı olarak muhafaza etmeyi sağlayan bir ev aletidir. En büyük amacı, gıda ve diğer soğuk ortamda saklanması gereken maddelerin (ilaç, eşya vb.) bozulmasını ve hastalıkların yayılmasını önlemektir. [1]

Soğutma işlemi bir alan veya maddenin çevre sıcaklığının altında tutulmasından ibarettir. Bunu başarmak için ilk olarak 1800'lerin başlarında buharlaştırma yolu ile ısı uzaklaştırılmış ve daha sonraları 1850'lerde çeşitli gaz karışımları kullanımı yaygınlaşmış, hemen ardından soğutucu madde olarak amonyak kullanılarak ısı sıkıştırılmış ve uzaklaştırılmıştır. [2]

Mekanik soğutma kavramı, İskoç bir doktor olan William Cullen, tarafından 1720'lerde buharlaşmanın bir soğutma etkisi olduğunu gözlemlediğinde başladı. Saskatoon, Saskatchewan merkezli bir tesisat ve ısıtma şirketi olan 'Peak Mechanical Partnership'e göre, 1748'de fikirlerini etil vakumda vakumla buharlaştırarak gösterdi. William Cullen 1755 yılında küçük bir soğutma makinesi tasarladı. Dietil eter kabı üzerinde kısmi bir vakum oluşturmak için pompa kullandı. Bu az miktarda buzla sonuçlandı ancak makine pratik sayılmazdı.

Amerika'lı bir mucit olan Oliver Evans, 1805'te sıvı yerine buhar kullanılan bir soğutucu tasarladı fakat bunun aksine 1820'de Michael Faraday, soğutma için sıvılaştırılmış amonyak kullandı.

Daha önce Oliver Evans ile çalışma fırsatı bulmuş olan Jacob Perkins, soğutma tarihine göre 1835 yılında sıvı amonyak kullanarak buhar sıkıştırma döngüsü için bir patent aldı. Jacob Perkins birçoğu tarafından da "Buzdolabının Babası" olarak bilinir. Bir Amerikan doktoru olan John Gorrie, 1842'de Evans'ın tasarımına çok benzer bir makine üretti. [1]

Gorrie Florida'da bir hastanede 'Sarı Humma' olarak bilinen bir hastalığın tedavisinde ki hastalar için özel soğutmalı bir oda tasarladı. Gorrie ile birlikte soğutma makineleri ilk kez Tıp Dünyası yardımıyla tanındı.

1920'lerde ev tipi buzdolabı mutfak için temel bir parçaydı. Amerika Birleşik Devletlerinde 1930'larda ilk milyon üretim rakamına ulaşılsa da bu rakam 1940'larda altı katına çıkmıştı. Modern buzdolaplarının seri üretimi, İkinci Dünya Savaşı'ndan sonra ciddi bir şekilde revaçtaydı. 1950 yılına gelindiğinde, Amerikan çiftliklerinin %80'inden fazlasında ve evlerin %90'ından fazlasında buzdolabı mutfaktaki yerini sağlamlaştırmıştır. [3] Günümüzde Türk beyaz eşya sektöründe tüketim malları imalat sanayisi verileri 25 milyon adetlik yıllık üretim kapasitesiyle Avrupa'da ilk sıralardadır. Bu rakamın %75 oranı 150'yi aşkın ülkeye ihraç edilmektedir. [4]

1.1 Çalışmanın Amacı

Bu çalışmada bir beyaz eşya fabrikasında üretilen ve buzdolabı üretim alanına eklenecek olan kalite kontrol noktaları için tasarlanan makineler ele alınmıştır. Buzdolabı üzerinde kullanılan elektromekanik komponentlerin, operatör inisiyatifinden bağımsız olarak kontrol edilerek, tez çalışmasında tasarlanacak makineler ile ayrıştırılması hedeflenmiştir. Komponetlerin enerji tüketimi ayrıştırma için baz alınarak; buzdolabının enerji verimliliğinin arttırılması amaçlanmıştır.

Artan maliyet, marka ve ürün yelpaze genişliliği, ürünlerin kolay erişilebilirliği ve son zamanlarda marketteki rekabetçiliği tetiklemiştir. Üretim alanlarında küresel olarak yaygınlaşmaya başlayan endüstri 4.0 uygulamaları tez konusunu oluşturan makine tasarımlarına örnek teşkil etmiştir. Üreticilerin tüketiciye artık tek seferde doğru, kaliteli ve olabildiğince performansı yüksek fakat bunu yaparken bir o kadarda maliyeti düşük ürünü üretme kapasitesi olması gerekmektedir. [5]

Çalışma; üretim sahasında mevcut durumun analiz edilerek, elektromekanik komponentlerin saha üzerindeki performansıyla karşılaştırılmasıyla başlamaktadır. Akabinde; tasarlanacak olan makineler için, kontrol edilecek malzemenin temin sürecinden buzdolabının ürün haline dönüşene kadar ki işlemi kapsamaktadır.

Ürün ömründe servis, kalite, değişim maliyeti oluşturabilecek noktaları belirleyerek kontrol ve önleme istasyonları kurulması bunu yaparken de, tasarlanacak makinelerin, operatörün karar mekanizmasından bağımsız olması hedeflenmektedir. Proje çıktısı olarak belirlenen bu noktalara özel engelleyici test sistemleri yani, yeni kontrol üniteleri tasarlanmış ve bir süre doğrulama için veri biriktirilmiştir. Sonraki süreç için veriler SAP üzerinden tüm fabrika çalışanları için erişilebilir olacaktır. Bu süre zarfında üretimi yapılacak olan cihazların performansı fabrika içerisinde uzun ve kısa dönem performans testlerine tabii tutulacak sonuçlar saha iadesi alınan ve incelemeleri tamamlanmış olan muadil modeller ile karşılaştırılacaktır. Enerji verimliliği sınıflandırılması ise tüm komponentlerin sırayla belirtilen sekans aralığında çalıştırılarak ölçülen güç tüketimleri kayıt altına alınmasıyla hesaplanacaktır. Bu tüketimler analizi tamamlanmış cihazlar üzerinden oluşturulan veri bankası sayesinde karakteristiği çıkartılmasını sağlayacaktır. Böylece sistem yeniden belirtilen değerlere göre hareket edilerek daha etkin noktalarda ayrıştırılma yapılmasına olanak sağlayacaktır.

1.2 Literatür Araştırması

Tezin konusu esas alınarak üretim alanlarında, fabrikalarda sahada oluşabilecek veya önceden belirlenmiş hataların önlenmesinde kullanılacak otomasyonel kontrol uygulamaları, uygun olmayan parçaların ayrıştırılması için kullanılacak test methodları, bu testlere uygun sensör uygulamaları, toplanan verilerin gerçek zamanlı sistem analizi ve bilgi paylaşımı gibi konuları ele alan çalışmalar incelenmiştir.

Aşağıda belirtilen konular ile ilgili araştırmalardan bahsedilmektedir.

1.2.1 Buzdolabı ve Üretimi Alanında Yapılan Çalışmalar

Ağakay, yaptığı çalışmada buzdolabı güç tüketimi üzerindeki komponent olarak kompresörün etkisi ve farklı tarzda çalışma prensibi olan kompresörlerin oluşturduğu tüketim deviasyonunu incelemiştir. Soğutma çevriminin, ortam koşullarının ve kullanılan kompresörün birbiriyle olan etkileşiminden doğan sonuçları inceleyerek cihazı hangi yönde etkilediği ortaya konulmuştur. [6]

Odabaşı, tarafından gerçekleştirilen projede kütle, momentum ve enerji korunum denklemlerini “Boussinesq” yaklaşımı ile çözümlenmesi incelenmiştir. Yapılan çalışmada ısıl sınır tabakanın “Rayleigh” sayısının değişkenliğini baz aldığı ortaya konulmuştur. Yapılan nümerik analizler sonucunda buzdolabı içerisindeki bölmelerin enerji tüketim dalgalanmasını doğurduğu yapılan performans testleriyle ortaya çıkartılmıştır. Sonucunda soğutucu içerisindeki raf ve bölme sayısı, başlangıç sıcaklıkları arttıkça enerji kayıpları gözlemlenmiştir. [7]

Karagöz, çalışmasında buzdolabı kullanım ömrünün en uzun süreye dayanabilmesi için gereken tasarım parametrelerinin en uygun düzey veya değerlerini incelenmesini ele almıştır. Yapılan nümerik analizlerin üç boyutlu ve deneysel çıktılarıyla doğrulayarak iç tasarım parametrelerinin karar matrisi oluşturulmuştur. [8]

Çelikkan, projesinde buzdolabı içerisinde bulunan hava kanalı ve çalışma seslerinin akustik incelenmesini sunmuştur. Ses oluşumunda etkili olan komponentler ve görevleri detaylı olarak sunulmuştur. Çalışmada buzdolabı dondurucu bölmesi ile kavite arasındaki titreşim akustiği etkileşimi ve bu etkileşimin müşteri hassasiyetine neden olan gürültü ile arasındaki ilişki incelenmiştir. [9]

Müminoğlu, “Indesit” laboratuvarlarında yaptığı çalışmasında vakum izolasyon paneli (VİP) ile üretilmiş buzdolaplarının termo fiziksel özelliklerini deneysel olarak inceleyerek, enerji tüketiminde oluşan değişimleri ortaya çıkartmıştır. [10]

Şahin, çalışmasında geleneksel ve modern soğutma yöntemlerinin harmanlanarak, buhar sıkıştırmalı soğutmayı termoelektrik teknolojisiyle birleştirip hibrit bir soğutucu ortaya çıkarmıştır. Bu projede ayrıca, soğutucunun performans verileri ortam koşullarına istinaden oluşan sıcaklık dalgalanmaları da ortaya konulmuştur. [11]

Uslu, projesinde buzdolabına adapte edilebilen katmanlı donma yöntemini kullanan buz makinesi sayesinde müşteri algısında kaliteli buz olarak betimlenen şeffaf veya saydam buz üreten bir makinenin konstrüksiyonu oluşturmuştur. [12]

Öztürk, akustik alanında yaptığı çalışmasında, sahada ki müşteri şikâyetinden ötürü oluşabilecek kalitesizlik maliyetini önleyebilmek adına, kabin kavitesinin akustik davranışlarının nümerik olarak analizini yaparak deneysel sonuçlarını projesinde sunmuştur. [13]

Çırpan, yenilebilir enerji kaynaklarının doğaya ve çevreye olan olumlu etkilerinden, yenilenebilir enerjinin gündelik hayatımıza ve ülke ekonomisine olabilecek potansiyel katkılarına yer verdiği çalışmasında, PV panelden enerji ihtiyacını karşılayabilen bir buzdolabının kontrol kartı tasarımını ele almıştır. [14]

Aytekin, projesinde 3.3 V gerilim ile beslenen ve beyaz eşyalarda kullanılmak üzere tasarlayarak mevcut, muadil 5V gerilim ile beslenen kartlarla karşılaştırarak, maliyet, tüketim ve donanım olarak incelenmiştir. Projede fırınlarda kullanılmak üzere prototip bir kontrol kartı dizayn edilmiştir. [15]

1.2.2 Otomasyonel Kontrol Sistemleri Alanında Yapılan Çalışmalar

Karahan, üretim alanında kullanılmak üzere, malzeme taşımada kullanılan bir sistem modellediği bulunan çalışmasında endüstriyel alanlarda PLC kullanımı, veri analizi ve makine kullanımına etkilerini sunmuştur. [16]

Çilek, çalışmasında ASKİ İvedik Su Arıtma tesislerinde sıvı klor tanlarının otomatik değiştirilme işleminde kullanılmak üzere sistem modellemesi, PLC otomasyonu ve SCADA kontrol sistemi ele alınmıştır. Tasarlanan sistemde, arıza durumları, tank basınçları gibi parametrelerin anlık izlenebilirliği sağlanmış olup tankların sırayla devreye alınmasına imkân verilmiştir. [17]

Pişmişoğlu, projesinde PLC ile çelik tel üretim fabrikasında soğutma sistemi tasarımını ve modellenmesini ortaya koymuştur. Çalışmada, su sıcaklığı, kule basınçları gibi parametreleri denetleyen bir yazılım sayesinde sistem kontrol operatöründen bağımsız hale gelerek %20 ile %25 arasında enerji verimliliği sağlamıştır. Buna ek olarak, sıvı akışını kontrol ederek kullanılan donanım ve motor için eş yaşlandırılması sağlanarak maliyet azatlımı planlanmıştır. [18]

Mirzaoğlu, çalışmasında makarna üretimi yapılan fabrikada, değirmen kısmında hayata geçirilecek olan kapasite artışının, maliyeti düşürerek yüksek kalitedeki üretimin en uygun değer enerji tüketimi için tasarlanmış PLC-SCADA kontrol otomasyon sistemini gerçekleştirmiştir. [19]

Doğan, baraj kapaklarında operatör inisiyatifini ortadan kaldırmak, sistemin kontrol edilebilirliğini ve hidroelektrik enerji santrallerinin verimliliğini artırmaya yönelik bir çalışma sunmuştur. Projesinde cebri boru giriş kapağı kontrolü sağlanması için sistem modellenmesi, PLC devre şeması ve kontrol programları paylaşılmıştır. Çalışma, hidroelektrik santraller için kontrol sistem sistemi örneği niteliğini taşımaktadır. [20]

Amasya, çalışmasında kumaş boyama üretiminde kullanılmak üzere sıcaklık ve boya hammadde dozajlama kontrollerinin tek merkezden bulanık algoritma ile sağlayan bir PLC kontrol sistemi gerçekleştirmiştir. [21]

Dias ve Perreira, makalesinde yer verdiği ve " IEEE Sensor Journal" 18.sayısında yayımlanan bir sincap kafesli endüksiyon motorun hava boşluğu bozukluklarının spektral analizi ve kırılmış rotor çubuklarının teşhisi için makine öğrenme yaklaşımları işlenmiştir. Bazı harmonik özellikleri tanımlanması ve "Hall" sensöründen gelen verilerin hızlı bir şekilde Fourier dönüşümü yapılarak rotor arızası tespitini önceden bilmeye imkân sağlamıştır. [22]

Savran, çalışmasında 6 eksenli ABB IRB 140 model robot kullanarak RAPID programlama dili ve RoboStudio programı vasıtasıyla gaz kaçak test kontrol sistemi modellemiştir. Robota TCP-IP bağlantı protokolüyle bağlanan PC üzerinden kontrol imkânı tanırken, PLC ve PC modülü kontrol edilen kamera ve görüntü işleme mantığı ile ısı pompalı kurutma makinesi üzerindeki kondanser, buharlaştırıcı ve bunları birbirine bağlayan kaynak noktalarının kontrolü sağlanmıştır. Projede ayrıca yapılan gaz kaçak kontrolü görüntü tabanlı pozisyon belirleme robot uygulaması ile, kamera ve robot arasında koordinat dönüşümü ve gerçek zamanlı pozisyon sapmaları incelenmiştir. [23]

Efe, çalışmasında yan rakorlu küresel vana üretilen bir fabrikada endüstriyel amaçlı kullanılmak üzere robot ve PLC'den oluşan bir kontrol sistemi tasarlayarak, mevcut üretim kapasitesinin 4 katına çıkarmış; yatırım maliyetlerini ise 2,5 yılda amorti edecek sistem yapısını ortaya koymuştur. [24]

1.2.3 PC Tabanlı Veri Toplama Alanında Yapılan Çalışmalar

Korkmaz, medikal alanında örnek teşkil edilen PC tabanlı nabız kontrolü konusunda yaptığı çalışmasını solunum hızının kalp ritmi değişkenliği üzerindeki etkilerini deneysel olarak sunmuştur. Kaydedilen EKG sinyalleri, farklı solunum karakteristiğine sahip hastalardan toplanarak gözlemlenen HRV'ler, bu tez çalışmasında detaylı olarak karşılaştırılmış ve yorumlanmıştır. [25]

Gül, projesinde endüstrilerde kullanılan sıcak hava kurutucuların enerji verimliliğini artırmayı hedefleyen Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench (LabVIEW) tabanlı bir uygulama gerçekleştirmiştir. Hava akışını yönlendirmeyi sağlayan bu sistem, aynı zamanda kurutucu kabin üzerinde bağıl nem ve sıcaklık gibi önemli girdi değişkenlerine de anlık olarak erişim sağlamaktadır. [26]

Öylek'in aktardığına göre çalışmasında veri matris kodu üzerinden görüntü işleme mantığı ile üretim bandında ki takip edilebilirliği artırmak mümkündür. Barkod teknolojisi, LabVIEW ve National Instrument (NI) donanımları kullanılarak üretim bandında kaliteden ödün vermeden ve üretim kaybına sebebiyet vermeden üretim rolünü üstlenmektedir. [27]

Polat, bilgi teknolojileri mesleki teknik eğitim alanında örnek teşkil edebilecek olan doktora çalışmasında, Marmara Üniversitesi Teknoloji Fakültesi'nde bulunan laboratuvarda kullanılmak üzere gerçekleştirdiği LabVIEW uygulaması ile öğrencilere uzaktan erişim imkanı sağlayan, uygulama araçlarını internet üzerinden gerçek zamanlı bir ekipman ile ulaşarak kontrol edilmesine imkan sağlayan, yine LabVIEW'de oluşturulan Vırtual Instrumet (VI) ile aydınlanma seviyesinin kontrolünü gerçekleştirmiştir. [28]

Yurttaş, LabVIEW önyüzünü laboratuvar koşullarında buhar sıkıştırmalı derin dondurucu test edilmesini hedefleyerek, bu yönde tasarladığı yüksek lisans tez çalışmasında; hava debisi, komponent hızı ayrıca cihazın performansını belirleyecek unsurlar olan sıcaklık ve bağıl nem gibi değişkenlerin uygun değer seviyelerinin belirlenmesi için dijital ortamda toplamıştır. Cihaz rejime ulaşana kadar ki oluşan parametrelerin grafikleri tez de paylaşılmıştır. [29]

Yamasaki ve Tajima, kalite iyileştirilmesi ve kalitesizlik maliyetini önleme amacıyla çalışmasında fan sesi kök neden analizlerini ve yapılan etkin sonuçları 2008 yılında "Journal of Thermal Science" 17. sayısında yayınlanmıştır. Stator-rotor etkileşiminin, bıçak geçiş frekansındaki etkileşimli modların bir kısmı ve bunun harmonikleri, ele alınarak yeni geliştirilen sistemde çevresel monte edilmiş aktüatörlerin isteğe bağlı fan devir hızı altında bıçakların göreceli konumunu senkronize etmek için FPGA donanımı ve LabVIEW VI'ları ile yazılım sistemi benimsenmesini ele almıştır. [30]

Öztürk ve Yıldız, balistokardiyografi alanında; uykuda solunum bozukluklarının tedavisinde ön tanı olarak kullanılabilecek bir sistem sunarak bu çalışma ile kalp atım hızının ve solunum frekans karakteristiklerinin maksimum %5,8 sapma ile tespit edilebileceğini ortaya koymuştur. [31]

Kottilingam ve arkadaşlarının hazırladığı "Journal of Materials Processing Technology" 113. sayısınında yayınlanan makalede, ultrasonik sensörler yardımıyla tank içerisinde sıvının debisi temassız olarak ölçümlemek ve LabView görsel enstrümanlar vasıtası ile gerçek zamanlı veri akışını bir algoritma geliştirmiştir. [32]

2. BÖLÜM: BUZDOLABI TARİHİ VE ÇALIŞMA PRENSİBİ

2.1 Soğutucu Tarihçesi

Antik kalıntılar insanların bir dönem yoğun yağış alan bölgelere yaptığı saklama odaları ile tavandaki boşlukları kullanarak yağmur ve nemi içeriye hapsederek raflarında yiyecekler sakladıklarını göstermektedir. Ancak bu yöntem de hızlı bozulmayı önleyememiştir, çünkü pastörizasyon henüz bilinmemekteydi ve bu yöntem ile bakteri istilası kaçınılmazdı. Sömürgeliğin yaygın olduğu dönemlerde, sıcak havalarda bozuk yiyecek nedeniyle yaşanan ölümlerin sayısı giderek artmaktaydı. Yüzyıllar boyunca insanoğlu yiyeceklerini; özellikle süt ve süt ürünleri gibi çabuk bozulan, bakteri üretebilen besinlerini; açık pencereler, nehir göl gibi su yatakları ve karanlık kuyu mahzen, su altında sakladılar. Eski çağlardan beri, yiyecekleri soğuk tutarak taze kalmasını sağladılar. [1]

Önceleri nehirlerden ve göllerden toplanan buzları kullanılmıştır. M.Ö. 1000 yılı civarında Çin'liler buzu keserek yaz için sakladıkları keşfedildi. Mısır'lılar ve Hint'liler kilden yapılmış saklama kaplarını soğuk gecelerde donması için dışarıya bıraktılar. Diğer medeniyetlerde ise (Yunan, Roma ve İbraniler gibi) kar ve buz için hendekler açarak üzerlerini çeşitli yalıtım malzemeleri ile kapladı.

Mekanik soğutucunun temelleri ilk olarak 1755 yılında İskoç profesör Willam Cullen küçük bir soğutma makinesi tasarladığında buzdolabının temeli ortaya çıktı. Bu makinede bir pompa ve dietil eter içeren bir muhafaza vardı. Pompanın misyonu, eterin kaynama noktasını düşürmekti. Kaynama noktasındaki eter çevreleyen havanın ısısını emerek uzaklaştırıyordu. Amerika'lı mucit Oliver Evans'ın vakum kullanarak indirdiği kaynama noktasını belirleyen etere dayalı bir kapalı buhar sıkıştırmalı soğutma çevrimini icat ettiği 1805 yılı buzdolabı için bir devrim halini almıştır. Bu düşünce ve prototipler, Jacob Perkins 1834'te dünyanın ilk çalışan buhar sıkıştırma sistemini kurabilene kadar pratik değildi. Onun sistemi kapalı çevrime sahipti ve atık olmadan çalışabilirdi.

Bu sistem pratik olmasına karşın ticari olarak başarılı olmadı. Amerika'lı doktor John Gorrie 1842'de bir prototip yaptı ve tropikal iklimlerde havayı soğutma için kullanmayı planladı ancak bu deneme de ticari olarak başarı sağlayamadı. Avustralya'ya göç etmiş bir İngiliz gazeteci olan James Harrison 1856 yılında aldığı patentle birlikte endüstriyel soğutucunun atalarının temellerini atmış oldu. [1]

Gıdaları soğutma ile saklama yöntemleri binlerce yıldır süregelen bir bilgi birikimidir. Bunun en son kanıtı ve buluşu ise modern buzdolaplarıdır. Soğutma işlemi Antik çağlara dayansa da ilk uygulama "Buzdolabı" terimini yaratıcısı 1803 yılında Thomas Moore olarak bilinir.

Günümüzde bilinen buzdolabı ilk halini ise 20.yüzyılda almıştır. Bugün, buzdolapları dünya enerji tüketiminin %20'sini temsil etmektedir. Endüstriyel hayatta soğutucunun önemi genişleyen sektör yelpazesiyle artmıştır. Buz üretimi; damıtma, gıda üretim ve taşınması, paketleme ve saklama gibi endüstriler soğutmanın ana yararlanıcısı olmasına rağmen diğer pek çok endüstriye birer ilham kaynağı olmuştur. Ev tipi buzdolabı kullanımı, endüstriyel uygulamaların gerisinde kalmıştır.

Fakat 1884'te bir yazar, buzdolaplarının bir dikiş makinesi veya soba kadar yaygın olduğunu belirtti. Evde buz kullanımı, yiyecekleri daha uzun süre tutmak ve içecekleri soğutmak için büyük önem teşkil ediyordu. Buz vagonu kentsel sokaklarda tanıdık bir reklam aracıydı. Tüketiciler vagon camlarında "Ice Today" yazısını gördüklerinde kolayca buz temin edebileceğinin farkındaydı. Buz kutuları ahşaptan yapılmış teneke benzeri eşya veya talaş, deniz yosunu ile izole edilmiş kaplarla satılıyordu. Nagengast'a göre ev buzdolabı tüketicileri sosyallikten uzaklaştıran ve mühendisler onu mükemmelleştirene kadar yararsız bir icattı. Müşteriler için buz vagonu dışarıya karşı açılan bir anahtardı fakat buzdolabı onu geçmişe gömdü.17.yy'da ise Avrupa'nın çeşitli yerlerinde, tuzlu suyun soğutma koşulları yarattığı ve buz oluşturmak için kullanıldığı görülmüştür. 18.yy'da yine Avrupalılar kışın buz topladılar, tuzladılar yalıtım malzemelerine sardılar ve aylarca koruyabildikleri yeraltına sakladılar. [1]

Amerikan Isıtma soğutma ve İklimlendirme Mühendisleri Derneği (ASHRAE) dergisinde yayınlanan bir makaleye göre, buz dünyanın dört bir yanındaki diğer yerlere bile gönderildi. Avrupa'nın güney iklimlerinde, özellikle İtalya'da ve İspanya'da serinletici içecekler popülerdi.

Fransa'da 1600 yılında en popüler içkiler buzla yapılanlardı. İnsanoğlu, aynı dönemde farklı bir bulgu elde etmiş oldu; buz yapmak için sıcaklığı düşürmek etkin bir çözümdü fakat tuzun çözüldüğü sıvılar daha düşük sıcaklıkta donma noktasına erişebiliyordu. Bu zamana kadar geceleri su soğutmak yerine, uzun boyunlu şişeler ile yüzey alanı artırılarak, donma noktası daha düşük sıvıların kolaylıkla buz yapımında kullanılabileceği keşfedildi. Buz ihtiyacı hissedildiğinde bulunması pratik olmadığı için insanoğlu serin mahzenler ve derin su altında saklamaya başladı. Aynı dönem, ahşap, çinko kutular deniz yosunu ve talaş gibi yalıtım sağlayacak malzemeler ile kaplanarak buz altında saklanmıştır. Buz ilk olarak 1799'da Güney Carolina'daki Charleston'a kesildiği New York City'deki Canal Street'ten ticari amaç güdülerek gönderildi. Ne yazık ki, sevkiyat başarısız olmuş, varış noktasına ulaştığında çok fazla buz kalmamıştı.

New England'dan Frederick Tudor ve Nathaniel Wyeth buz işinin potansiyelini fark ederek bu piyasada yer almaya karar verdiler.1800'ün ilk yarısında gösterdikleri çabalar ile sanayide devrim yarattılar. Sonraları "Buz Kralı" olarak bilinen Tudor, tropik iklimlere buz nakline odaklandı.

1830'dan Amerika'da yaşanan iç savaşa kadar olan süre zarfında kentlerin dramatik bir o kadar da önlenemez büyümesi ve genel halkın ekonomik statüsündeki iyileşmenin tetiklediği diyet reformuna yol açmıştır. Şehirler büyüdükçe, tüketici ve gıda kaynağı arasındaki mesafeyi de etkiledi. Frederic Tudor, New England'da buz toplamaya ve Karayip Adaları'na ve Güney Amerika'ya buz ticaretini başlattı. İlk zamanlar %66'lık oranda buz israfı vardı ancak daha iyi yalıtılmış gemilerle bu oranı %8'e kadar indirdi. Bunu yaparken yalıtım malzemeleri ile donatılmış buz evleri inşa etti.Wyeth, buz endüstrisini baştan aşağı dönüştüren tek tip buz bloklarını hızlı ve ucuz bir şekilde keserek, depolama, nakliye ve dağıtımdaki taşıma tekniklerini daha az atıkla hızlandırmayı mümkün kılan bir yöntem geliştirdi. [33]

Buz pazarını genişletti ve 1830'ların başlarında buz, piyasada bir pazar haline geldi.1879'a gelindiğinde Amerika'da 35 ticari buz fabrikası kurulmuştu, 10 yıl sonrasında ise bu sayı 200'ü aşkındı.1900'lerin başında ise tam 2.000 fabrika bölgenin buz ihtiyacını karşılamaya çalışıyordu. [1]

Jacob Perkins birçoğu tarafından da “Buzdolabının Babası” olarak bilinir. Bir Amerkan doktoru olan John Gorrie, 1842’de Evans’ın tasarımına çok benzer bir makine üretti. Gorrie Florida’da bir hastanede ‘Sarı Humma’ olarak bilinen bir hastalığın tedavisinde ki hastalar için özel soğutmalı bir oda tasarladı. Gorrie ile birlikte soğutma makineleri ilk kez Tıp Dünyası tarafından tanındı.

1800’lerin sonlarına doğru ilk mekanik buzdolabı iş dünyasına ve gıda satan mağazalara tanıtıldı. Bu makine beşeri olarak, sıkıştırılmış amonyak veya firmaların öznel tasarlamış olduğu gaz karışımları kullanılmıştır. Önceleri sanayi tipli modeller üzerinde buhar motorları tarafından soğutma yapılması tasarlanmış olsa da çok geçmeden yerini elektrik motoruna devretmiştir.

Elektrik motorunun getirdiği kolaylık sayesinde 1913 yılında ilk kez buzdolabı evlerde kullanıma uygun hale gelmiştir. 1840’lara gelindiğinde mekanik soğutucuya sahip ilk arabalar süt ve süt ürünleri taşımacılığında kullanıldı. 1860’larda ise deniz ürünleri ve süt ürünleriyle sınırlıydı.1867’de ilk soğutucu donanıma sahip demiryolu aracı J.B.Sutherland tarafında Detroit, Michigan’da patent almıştır. [33]

Uç kısımları buzdan yapılmış briketlerle donatılan vagonda, hava sıcaklılarındaki farklılıkları yaratan asılı flapların kullanılmasıyla kontrol edilen hava tavandan gelerek briketlerin arasından geçiyor ve yerçekimi sayesinde araba içerisinde dolaştırılıyordu. Bu tarz araçlar Amerika’nın batısındaki şehirlerin gelişmesinde önemli katkısı oldu.

O dönem ki et piyasasını ve üreticilerin uğrak merkezi haline gelen “Chicago”, “Kansas City” gibi şehirler, zaman ilerledikçe turunçgil ve meyve sebze gibi tarım, sera sektörüne katkıda bulundu. Taze gıdaların yaygınlaştırılması pazarların gelişmesi hızla ilerledi. İster et, ister meyve olsun kargo türüne göre farklı taşıt tasarımı yapıldı. Taze meyve, sebze taşıyan ilk taşıt yine 1867 yılında “Illnois” eyaletinde Parker Earle tarafından inşa edildi ve çilek taşıdı. Her bir bölme 100 kilogram buz ve iki katı kadar çilek içeriyordu. Armour, Swift, Morris, Wilson ve Cudahy gibi büyük ambalaj şirketleri amonyak sıkıştırmalı mekanik soğutma sistemlerini kullanan şirket listesine dâhil olmasıyla beraber büyük çapta gıdaların soğutma arabalarıyla ve şube evlerinde dağıtılması kolaylaştı.

Mekanik soğutmayla beraber hayvancılık ve et dağıtım sektörleri sadece kış mevsiminde değil yıl boyunca devam eden bir etkinlik haline geldi ve etin kalitesi de her zaman piyasaya sunulabilir halini aldı.1949 yılında, sıkıştırmalı soğutma sistemi kullanılan taşıt taşımacılığı patenti ilk olarak Fred Jones tarafından Amerika'da alındı. Tavana monte edilmiş soğutma cihazı vasıtasıyla yalıtım kaplı duvarlar arasında kalan bölge sürekli hava dolaşımına tabii tutuluyordu. Böylelikle, araçlar soğutucu taşıma sektörüne dâhil oldu.

1840'lı yıllarda Alman göçmenlerin fazlalaşması Amerika'daki Bira üretim endüstrisini olumlu yönde etkiledi. Alman Lager birası Amerikan yapımı olanlardan tat, lezzet ve kıvam açısından çok daha iyi durumdaydı. Satış rakamlarının artması bu endüstrinin en çok ihtiyaç duyduğu sistemin büyük bir destekçisi haline getirdi; soğutma. [34]

O dönem kuzey eyaletlerinde, New York'ta faaliyet gösteren "S.Liebmann's Sons Brewing" şirketi, 1870 yılında mekanik soğutma kullanılan ilk işletme oldu. 1891 yılına gelindiğinde neredeyse tüm işletmeler benzer uygulamaları edindi. Fred W.Wolf, 1913 yılında ev ve ev içi kullanım için buzdolapları icat etti. Bunlar genellikle buz kütlesinin üzerine yerleştirilmiş bir muhafaza dolabını andırıyordu.

İnsanoğlu bu tarihten önce gıda muhafazası için zamanla şu test edilmiş yöntemleri kullanmıştır; tuzlama tütsüleme, baharatlayarak kurutma gibi. 1914'te elektrikli bir soğutma ünitesi üzerinde çalışmalar ortaya çıkardı.

Alfred Mellowes 1916 yılında kabinin altına yerleştirilen bir elektrik enerjisi kullanan pompa (kompresör) yardımıyla sıvıların basınçla olan hal değişkenliğini kullanarak soğutma sistemi geliştirdi. Onun fikri, "Frigidaire" şirketi tarafından satın alınarak buzdolabı üretimlerinde yaygın olarak sonraları kullanılacaktı.

1922'de İsveç'ten Baltzar von Platen ve Carl Munters, Soğutma sistemini sürdürmek için gerekli enerjiyi sağlayan bir ısı kaynağı bularak absorbsiyonlu soğutucuyu icat etti. İlk popüler buzdolabı 1927'de piyasaya sürülen General Electric (GE) firmasına ait "Monitor-Top" modeli olarak bilinir. İsmi 1860'lı yıllardaki USS Monitor silah taretinden almıştır. [35]

Soğutucu ortamın oluşumu için kükürt dioksit veya metil türevleri kullanılmıştır ancak sızıntı olduğunda insan sağlığına tehlike oluşturabileceği için daha güvenli bir çözüm aranır.

Freon'un tamamen risksiz ve çok daha güvenli olduğu düşünüldü. Bugün ise Freon'un atmosferde ozon incelmesine neden olduğu bilinmektedir. Tüm bu avantajlara karşın, soğutucuların tehlike yaratabilecek problemleri de bulunmaktaydı. Kükürt dioksit ve metil klorür gibi soğutucu akışkanların insan sağlığına ciddi bir tehlike oluşturuyordu. Amonyak sızdığında eşit derecede ciddi bir toksik etkiye sahipti.

Frigidaire, 1928'de halokarbonlar veya CFC'ler (kloroflorokarbonlar) adı verilen yeni bir sentetik soğutucu akışkanlar sınıfını keşfetti. Sonraları General Motors'un bir parçası olan şirket, tüm bu sınıfın üyelerinin patent haklarını satın aldı. Ardından CFC'ler piyasaya sürüldü. Patent bilgileri üretim alanı kendilerine ait olmadıklarından, saklı tutulmak için çok büyük bir buluştu. Tüm endüstriye ozona daha az zarar verilmesi adına bu teknolojiyi kullanılması önerildi. CFC'lerin henüz keşfedilmediği döneme ait Nagengast; " Soğutma ikna edici düzeyde değildi." ibaresini kullanmıştır. [34]

2.2 Buzdolabı Çalışma Prensibi

Buzdolabı, genel tabiriyle tasvir edildiğinde, buhar sıkıştırma yöntemini kullanarak, muhafaza alanındaki sıcaklığı düşürerek buradaki gıda, ilaç vb. günlük yaşantımızda ihtiyaç duyulan malzemelerin uzun zaman bozulmadan korunmasını sağlayan soğutma makinesidir.

Soğutmanın temeli, kapalı bir mahalde ortam sıcaklığının altında veya yakın sıcaklıklar elde etmek ve bu yaratılan ortam koşullarını sürekli hale getirmektir. Isı dönüşümleri arasındaki denge enerji kaynağına bağımlıdır, bu görev ise günümüzde buzdolaplarına aittir. Buzdolabının kalbi diyebileceğimiz kompresör sistem içerisindeki havayı sıkıştırarak ve bunun sonucu basıncı artırarak bu sorumluluğu üstlenen en kritik komponent olmuştur.

Soğutma işlemi maddenin 3 haline yayılmıştır. Soğutma sisteminde bulunan soğutucu tipine, iç hacmine ve kullanım amacına bağlı olarak değişkenlik gösteren soğutucu gaz, kompresör tarafından sıkıştırılan gaz kompresörden sonra kondansere gelir. Kondanser kıvrımlı yapıda ve maksimum yüzey alanı oluşturulması için üretilmiş olup genelde buzdolabı arka ve dış kısmında bulunur, bazen ise yan panel içerisine gizlenmiş şekildedir. Buradaki asıl amaç, soğutucu gaz kondanserden geçerken dış ortama ısı iletip ekzotermik olayın gerçekleşmesini sağlayarak gaz fazından sıvı elde edilmesini sağlar. Kondanserden çıkan soğutucu madde, kılcal borudan geçerken basıncı düşer, böylece buzdolabı içerisindeki havadan veya havanın yardımıyla içerisindeki malzemelerden ısıyı alarak tekrar gaz haline dönüşerek döngüyü tamamlamak için kompresöre gelir. [36]

2.3 Genel Yapı ve Temel Bileşenler

Soğutucuların temel çalışma prensibi ilk kullanılan ticari tip olan tek kapılı buzdolapları ile aynıdır. Soğutma sistemini çevreleyen ve ileten ana elementler kompresör, kılcal ve çevre boru, asit ve nem, rutubeti filtreleyen kurutucu, emilen ısıyı dışarı atan kondanser, buharlaştırıcı gibi soğutma sistemini çevreleyen iletim sisteminden oluşur. Bu sistem içerisindeki döngüde, soğutucu tipi, kapasitesi gibi değişkenlere göre belirlenen özel soğutucu gazlar sistem içerisine basılır. Bu tez çalışmasında teste alınmış ev tipi buzdolaplarında R600a gazı kullanılmıştır. [37]

Sistemin geri kalanı ise, buzdolabının işlevselliğini belirleyen elektromekanik parçalardan oluşmaktadır. Sebzelik bölmesi, soğutucu ana ünitesi içerisinde istenilen bölüme ve ayar edilen değere istinaden hava akışını yöneten motorize flap, buharlaştırıcı fanı gibi elektromekanik komponentler bulunur. Cihazın tükettiği enerji, ortam koşullarını da gözetmek şartıyla tüm bu parçaların oluşturduğu sistem döngüsüne bağlıdır, en uygun değer ve düzeyde enerji sarfiyatı ve maksimum kalite beklenir.

Çift kapılı buzdolaplarının temel ayırıcı özellikleri ise, 2 bölme içeren bir yapıda olması ve bölmeler arası en iyi ihtimalle 8 ila 10 santigrat derece fark bulunmasıdır. Bölmeler birbirlerine seri olarak bağlıdır ve kompresörden emilen soğutucu gaz, kurutucu ve kılcal borulardan geçerek endotermik olayın gerçekleşmesini sağlamaktadır.

İlave olarak çift bölmeli buzdolaplarında ara bölme ısıtıcı bulunmaktadır ve kompresörlerinin soğutma kapasiteleri daha yüksektir. İki bölme arasındaki sıcaklık farkından ötürü oluşan nem ve yoğunlaşma ilave ısıtıcı yardımıyla çözümlenmiştir.

2.3.1 Statik Soğutucu

Klasik tek kapılı soğutuculardır ve derin dondurucu maksadıyla kullanılabilmektedirler. Yatay havuz ve dikey gardırop tarzı gövde muhafaza modelleri bulunmaktadır. Her soğutucu gibi, kompresörden emilen soğutucu gaz kondansere basılır bu sayede gazın basıncı aynı zamanda da sıcaklığı artar.

Kondanser kıvrımlı yapısı sayesinde bu sıcaklığın düşmesini sağlayarak maddenin hal değişimine olanak sağlar. Sıvı hale geçen soğutucu maddenin nemi ve rutubetini kurutucunun filtresinde kalır. [38]

Çevre boru üzerinden soğutucuya geniş hacim ile ulaşır. Vakum sıvının basıncını değiştirdiğinden madde gaz haline geçer ve bu aşamayla ısı transferi gerçekleşir, ortam ısısı düşer.

Soğutma devresine ek olarak kapı ile soğutma ve aydınlatma arasındaki ilişkiyi kuracak mekanik veya manyetik bir buton, dolap iç muhafaza alanını aydınlatacak bir lamba kompresör sargılarını, elektriksel güvenlik anlamında koruması amacıyla bir termik röle ve hava dolaşımını sağlaması amacıyla da bir fan bulunmaktadır. Fan bulunan modeller, dondurucunun yanında soğutucu özelliği taşıyan dolaplar özelindedir. Statik soğutucular yapı itibari ile küvet etrafına sarılan borunun karlanmasından ötürü buz yaparlar. Günümüzde bu buzdolapları ofis ortamı veya dondurucu maksadıyla kullanım için uygundur. [39]

2.3.2 No-Frost Soğutucu

Klasik dolaplardan farklı olarak iki bölmesi bulunur. Bölmeler arası oluşan nem ve yoğunlaşma ilave ısıtıcılar ile giderilmiştir. Bölmeler birbirlerine seri bağlıdır. Çalışma prensibi ise şu şekildedir; kompresör soğutucudan gazı çeker ve daha sonra ilk kondanseri besler. Kondanser gazı yüzey alanı sayesinde ısıyı atarak sıvı hale dönüştürür. Buradan soğutucu sıvı ve gaz karışık halde kompresör yağının sıcaklığı ile tamamen gaz haline döner. İkinci kondanserde de aynı çevrim yapıldıktan sonra kurutucu filtreleme işlevini tamamlar. Gaz halindeki soğutucu madde kompresör tarafından emilerek soğutma çevrimi tamamlanmış olur.İki kapılı buzdolaplarının kompresörleri tek kapılı buzdolaplarına göre daha güçlüdür. Enerji tüketimi, iç hacmi ve ortam koşullarına istinaden devir değiştirilerek kullanım mümkündür. Ara bölme ısıtıcısı kompresöre seri diğer devrelere paralel bağlıdır ve elektronik kart tarafından kontrol edilir. İç muhafaza alanı yeterli sıcaklık oranını yakaladığında sıcaklık sensörleri algoritmada belirlenen direnç değerlerince kompresör ve ısıtıcı ile kontak ilişkisini kurar. Seri bağlı olduğu durumda kompresörden yeterli akım geçmediği için ısıtıcı çalışır fakat kompresör kalkış yapamaz. No Frost buzdolaplarının kullanım alanlarında buz yapmamasının en büyük etkeni, buharlaştırıcı üzerinde bulunan ısıtıcı rezistansları ısı sensörleri bulunur. [40]

Sensörler kontrolünü sağlayan elektronik karta gövde kablo grubu üzerinden direnç değeri aktarır ve kontrol kartı ise kısa aralıklarla sürekli olarak bu verileri analiz eder. Sensörlerin ve elektronik kartın devreye alıp çıkardığı rezistanslar sayesinde cihaz buz çözebilme kabiliyetine sahiptir ve müşteri kullanım alanında bu sayede buz görülmez. Çözülen buz kompresör üzerinde çalışma ısısıyla buharlaştırılır.

Bu tarz dolapların tümünde kare dalga sinyaliyle enerji tüketimi optimize edilebilen veya yalnızca doğru akım ve röleyle kontrol edilen fan ve soğutucu bölmelerinde istenilen bölmeye istenilen miktarda hava aktarılmasını kontrol eden motorize flap sayesinde yiyecekler homojen dağılmış hava sayesinde eşit miktarda korunarak uzun süre bozulmadan muhafaza edilebilir. [40]

$$P = U^2 / R \tag{2.1}$$

3. BÖLÜM: ENERJİ TÜKETİMİ VE VERİMLİLİK

Enerji iş yapabilme yeteneğidir. Enerji maddede var olan; ısı ve ışık gibi farklı biçimlerde ortaya çıkabilen güç kaynağı olarak tanımlanır. Doğrudan ölçülemeyen fakat bir sistemin mevcut durumunu değiştirmek için yapılan iş gücüdür. Global olarak birimi Joule (J)'dür.

Kapalı bir sistemin enerjisi her zaman sabittir. Elektrikli ev aletleri günlük hayatımızda en ihtiyaç duyulan makinelerdir, yıkama, kurutma makineleri, derin dondurucular, şofben, buzdolapları, süpürge, televizyon, radyo, mutfak robotları günlük yaşam için elzem hale gelmiş, tükettiği enerji kullanım tarzı veya ortam koşullarına göre değişebilen cihazlardır. Gelişen teknoloji artan nüfus popülasyonu da bu nedenlere eklendiğinde enerjiye gösterilen rağbet giderek yükselmektedir.

Verimlilik, var olan kaynakların olabildiğince yüksek fayda sağlanırken, performans ve cihazın fonksiyonel etkisinin mümkün olan en üst seviyeye kaliteden ödün vermeden çıkartılmasıdır.

Verimlilik artışı sürdürülebilir büyümenin dolayısıyla kalıcı refah düzeyinin ve bunun artışının en temel kaynağıdır. Verimlilik artışı refahı ve buna bağlı olarak bireysel ve toplumsal tatmin sağlama düzeyine eriştiği sürece sağladığı ölçüde kapalı döngü içerisinde bu durum tekrar verimliliğin artışını sağlayacaktır.

Enerji verimliliği ise aynı miktardaki işi hizmetin ve ürünün kalite ve konfor standartlarından taviz verilmeden yaşam standartlarını düşürmeden daha az enerji kullanılarak gerçekleştirilmesidir. [41]

3.1 Türkiye'de Beyaz Eşya Kullanımı ve Enerji Tüketimi

Günümüzde Türk Beyaz Eşya sektörü yıllık 25 milyon adetlik üretimi ile Avrupa'da en yüksek üretim rakamını yakalayan ülkeler arasındadır. TÜRKBESD 2018 verilerine göre Türkiye'de 2018 yılında yaklaşık 7 milyon 300 bin farklı tip buzdolabı üretilmiştir. [4]

Elektrikli ev aletlerinin her geçen gün ürün yelpazesi ve teknolojik eklentileri artmaktadır. Türkiye'de mevcut enerjinin yaklaşık %80'i elektrikli ev ürünlerinde harcanmaktadır ve ortalama bir ev için yıllık enerji tüketimi 6 bin kWh civarındadır. Teknolojik gelişmeler müşterinin kullanım tarzına istinaden yeni özellikler getirerek makinelerin daha efektif enerji sarfiyatında bulunmasını sağlamış olup son 10 yılda %65 oranında iyileşme sağlayabilmişlerdir. [42]

Elektrikli ev aletlerinin tüketim hesaplanmalarına göre enerji etiketleri belirlenmektedir. Bu etiketler üretici firma tarafında proje kapsamında bant üretimine geçilmeden yapılan testlerle uluslararası standartlara göre şekillendirilir. Bu kapsamda 7 etiket sınıfı bulunmaktadır ve bu sınıflar A'dan G'ye kadar oluşan harflerle isimlendirilmiştir. Tablo 3.1'de bu sınıflar ve tüketimleri görülmektedir. [43]

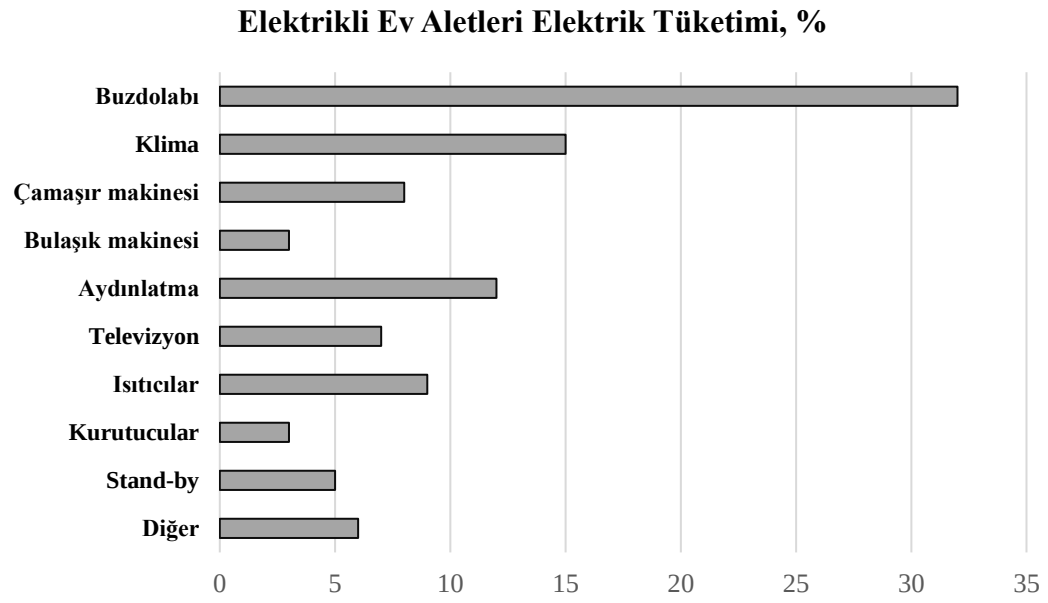
Tablo 3. 1 Buzdolabı Enerji Etiketi Sınıflandırılması

Enerji Verimlilik Sınıfı	Buzdolabı Tüketimi	
	kWh / Gün	kWh / Yıl
A	1,23	449,00
B	1,68	612,00
C	2,01	735,00
D	2,24	816,00
E	2,46	898,00
F	2,80	1,02
G	>2.8	>1,020

A enerji sınıfı verimliliği temsil eden en yüksek sınıf olarak belirtilmektedir, G ise en düşün verimlilikte ki cihazdır. Burada teknolojik gelişmelerin etkisiyle A sınıfına özel olarak bu sınıfın verimlilik anlamında üzerinde 3 sınıf daha bulunmaktadır. Bunlar A^{+}, A^{++}, A^{+++} olarak ifade edilir.

7 farklı sınıfı sembolize eden 7 farklı renk yelpazesi kullanılmaktadır. Koyu yeşil en yüksek enerji sınıfını, kırmızı ise en düşüğü betimler.

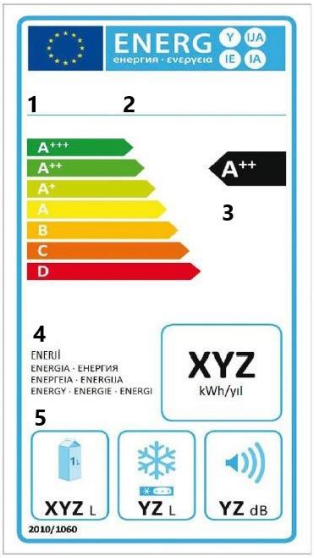
Buzdolabı ise beyaz eşya grupları içerisinde insan sağlığına olumsuz anlamda etkisi bulunmaması için, şebeke gerilimini günün her saati üzerinde barındıran ve ömrü boyunca sürekli çalışmak zorunda olan bir cihaz olduğundan 2012 yılında Kama'nın yaptığı çalışmada buzdolabının diğer beyaz eşya grupları ile arasındaki enerji sarfiyatı ilişkisi Şekil 3.1'de tasvir edilmiştir. [44]



Şekil 3. 1 Beyaz Eşya Yıllık Enerji Tüketim Karşılaştırılması Grafiği [44]

3.2 Enerji Sınıfı Belirlenmesi

Bu bölümde yapılan deneylerde veri toplama için kullanılan ekipmanların ve programın arayüzü ve enerji sınıfları hakkında bilgiler detaylı olarak verilmiştir. Şekil 3.2'de bir buzdlabı enerji etiketi örneği görülmektedir.



1- Üretici Firma
2- Ürün İsmi
3- Enerji Sınıfı
4- Yıllık Tüketim (kWh)
5- Toplam Hacim ve Ses

Şekil 3.2 Enerji Etiketi Örneği [45]

3.2.1 Cornet İlkeleri

1) Isının bir buhar motorunda olduğu gibi, işe dönüştürülmesi amacıyla ısı kaynağından ısının alınması, [46]

$$n = W / Q_h \tag{3.1}$$

2) Belirli bir alanın sıcaklığını düşürmek veya korumak(Örn. Buzdolabı), düşük sıcaklık konumunda ne kadar çalışılması gerektiğinin gösterilmesi; [46]

$$COP \leq T_l \, (T_h - T_l) \tag{3.2}$$

3) Düşük sıcaklıktaki bir kaynaktan alınan ısıyı yüksek sıcaklığa getirmek; [47]

$$COP_{hp} \leq T_h/(T_h - T_l) \tag{3.3}$$

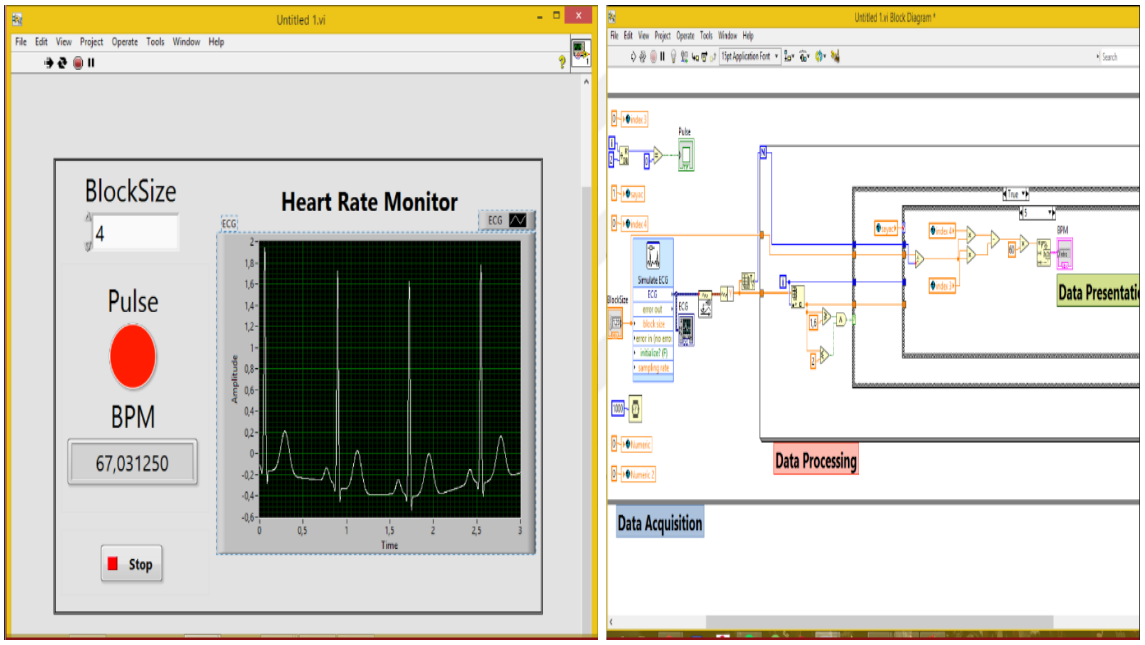
3.2.2 Veri Aktarımı ve NI LabVIEW

Bu çalışmada sıcaklık performans testlerinde "National Instruments" şirketi tarafından geliştirilmiş çokça kabul gören, görselliği kuvvetli; bir Mühendislik, laboratuvar ortamlarında veri aktarımı ve analiz için yararlanılan, LabVIEW programı kullanılmıştır. Geleneksel metin tabanlı kod hatları yaratmanın dışında blok diyagram olarak adlandırılan formatta programlarını oluşturabilmektedir. Bu özelliğin, programlama yeteneği ve bu konuda deneyim gerektirmeden laboratuvar ekipmanlarının görsel enstrümanlarıyla program oluşturulabilir. [48]

Sanal enstrümanlar (VI) ön panel ve blok diyagram olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır. Programın sunduğu hazır nesneler kullanıcının yaratıcılığına istinaden denetleyici fonksiyonlara dönüşür ve ön paneldeki bu kullanıcı arayüzü olarak hizmet eder. Blok diyagram ise arka planda çalışan tüm kodların grafiksel olarak bağlantılarını ve değerlerini detaylı olarak işletilen ve değiştirebilen ekrandır.

Şekil 3.3'te örnek birer LabVIEW ön panel ve blok diyagram ekranları görülmektedir.

Grafiksel programlama; sistemin tamamını program kod metinleri ile boğuşmadan veri akışına odaklanmanıza katkıda bulunur. [49]



Şekil 3. 3 LabView Programı Örnek Blok Diyagram ve Ön Panel Ekranı

3.2.3 Enerji Sınıfı Belirleme Deneyi

Buzdolabının enerji sınıfının belirlenmesi kWh/yıl cinsinden 24 saatlik tüketimi 1 yıla oranlayarak TS-EN 153 standartlarınca yapılan testler sonucunda belirlenir. Bu çalışmada yapılan testlerde ise yine cihazların enerji sınıfları doğrudan yürürlükte olan standardın belirttiği esaslara göre günlük/aylık/yıllık enerji tüketimine göre hesaplanır.



Şekil 3. 4.Performans Testine Alınan Buzdolabı

Çalışmanın kapsadığı uluslararası EN 62552:2013 standardına uygun günlük enerji tüketimi üzerinden 25^0C'lik ortam sıcaklığında istikrarlı bir cihazın dondurucu bölmesi -18^0C'den soğuk ve soğutucu bölmesi 5^0C'den soğuk, sebzelik bölmesi ile raf sayısı ve hacmine istinaden -2^0C ile 3^0C arasında olduğu durum için yapılan testi kapsamaktadır. Şekil 3.5'te buzdolabı içerisinde sensör konumlarının görseli görülmektedir.



Şekil 3. 5 Sıcaklık Sensörü Konumları

Cihazların dereceleri; soğutucu bölme 3^0C ve dondurucu bölme -18^0C olarak ayarlanmıştır. Çalışmada yukarıda belirtilen istikrarlı durum için alınan 2 adet üretim denemesi cihazda belirtilmiş olan iç hacme ve cihaz tipine göre belirlenen enerji tüketimleri hesaplanıp limitler arasında değerlendiriliyor. Alınan cihazlar No Frost olup 255lt iç hacme sahip cihazlardır ve günlük teste tabi tutulmuşlardır.

Yapılan enerji testleri sonucunda standartlarca belirtilen değerlerin altında olduğu durumlarda cihazın enerji sınıfı belirlenmiş olmaktadır.

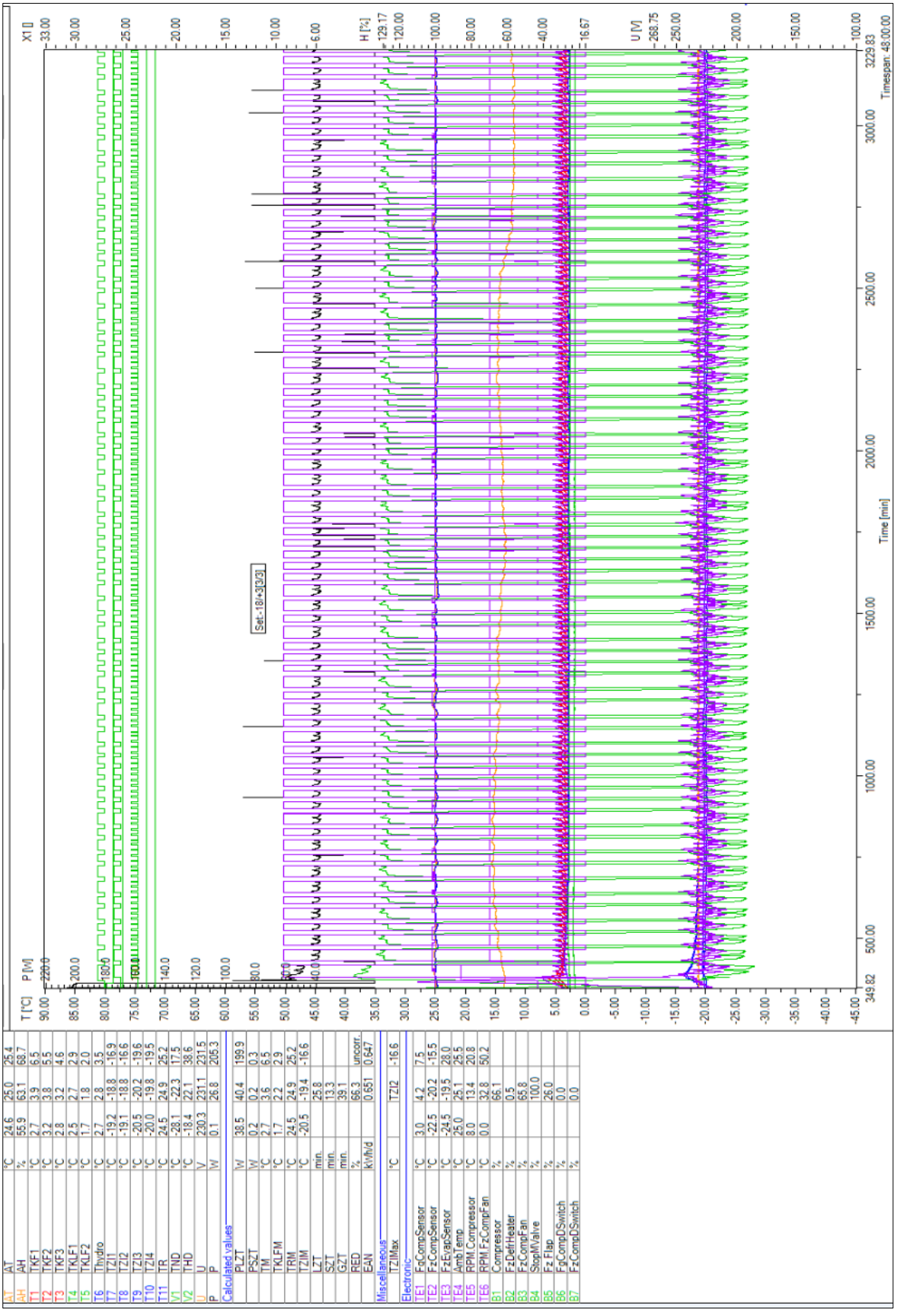
A cihazı; A+++ enerji sınıfına uyarak 0,497 kWh/Gün, tüketim değerlerini yansıtmıştır.

Şekil 3.5'te A cihazının detaylı soğutma performansı grafiği paylaşılmıştır.

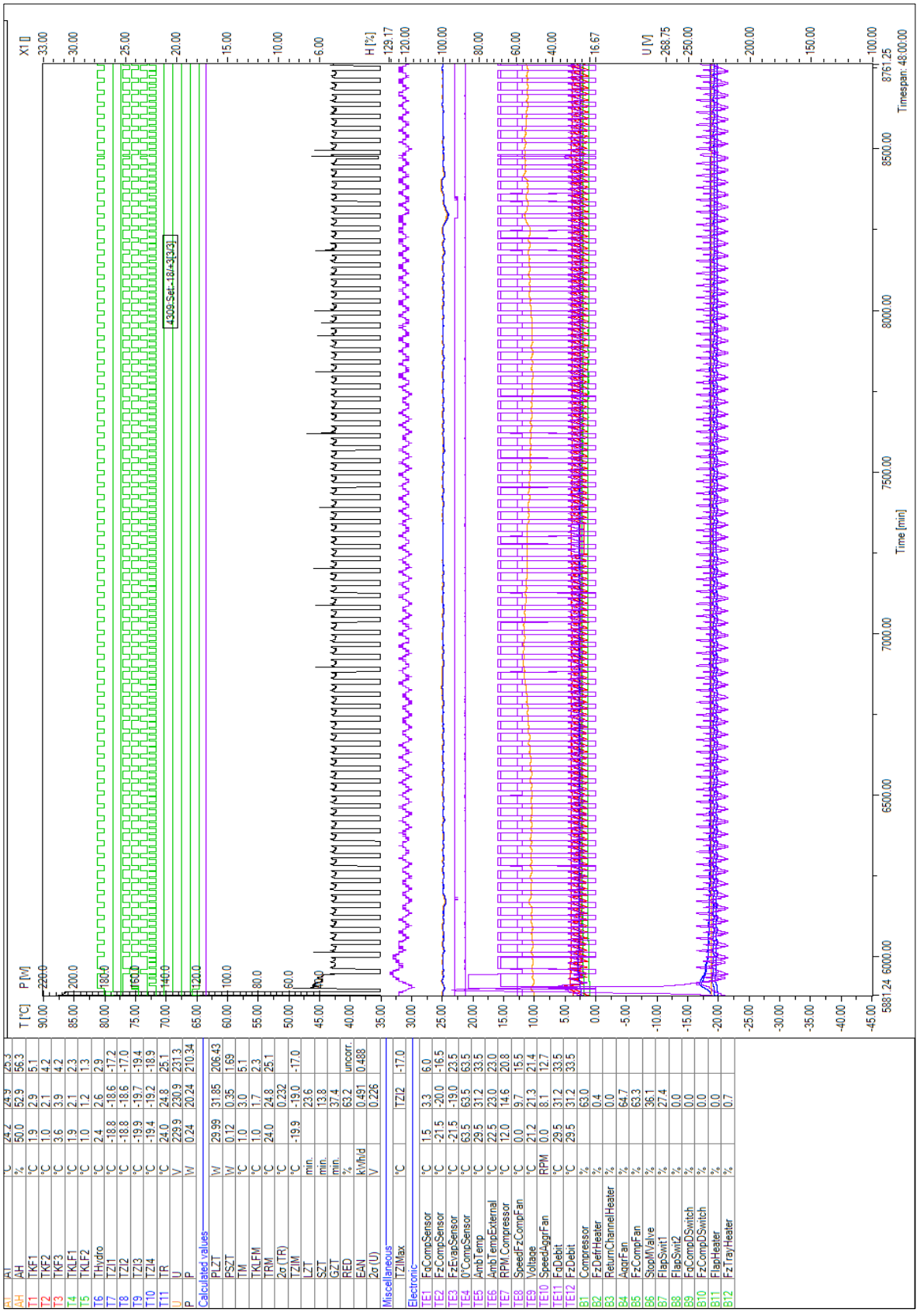
Yapılan enerji testleri sonucunda standartlarca belirtilen değerlerin altında olduğu durumlarda cihazın enerji sınıfı belirlenmiş olmaktadır.

B cihazı; A++ enerji sınıfı limitleri içerisinde yer alarak 0,746 kWh/Gün tüketim değerlerini yansıtmıştır.

Şekil 3.6'da B cihazının detaylı soğutma performans grafiği paylaşılmıştır.



Şekil 3. 6 A Cihazı Test Grafikleri



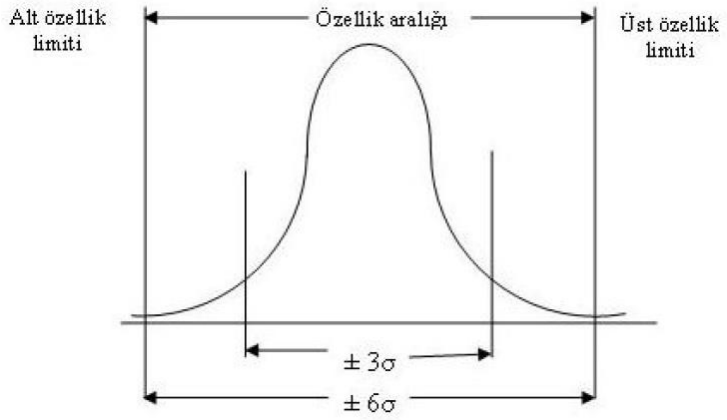
Şekil 3. 7 B Cihazı Test Grafikleri

4. BÖLÜM: MATERYAL VE YÖNTEM

4.1 6 Sigma Analiz Metodolojisi

6 Sigma, bir ürün, süreç veya hizmetteki hataları gidermek için disiplinli, istatistik tabanlı, veri odaklı bir yaklaşım ve sürekli iyileştirme metodolojisidir. İşletmelerdeki analizlerde örneklem yapılan kontroller sonucunda ana kütle hakkında istatistiki veri sahibi olmanızı sağlar. Kısıtlı miktardaki veri ile ana kütlenin veya sürecin özellikleri hakkında bilgi edinme ve sonuç çıkarma işine yarayan bilimsel ilkeler ve teknikler bütünüdür. 1980'lerin başında kalite yönetimi temellerine dayanarak Motorola ve Bill Smith tarafından geliştirilmiştir. [50]

Akabinde, 1990'ların başlarında Jack Welch ile General Electric'te (GE) popüler bir yönetim anlayışı haline gelmiştir. Yaklaşım W.Edwards Deming , Walter Shewhart ve Ronald Fisher tarafından diğerleri arasında öğretilen yöntemlere dayanıyordu. Dünyadaki yüzlerce şirket, 6 Sigma'yı iş yapmanın bir yolu olarak benimsemiştir. Sigma, süreçle hakkında toplanan bir veri setindeki değişimin standart sapmasını temsil eder. [51]



Şekil 4. 1 6 Sigma Normal Dağılım Eğrisi [52]

Basit bir kusur, bir prosesi kötü sonuçlardan iyi olanı şartname sınırları ile tanımlanırsa, 6 Sigma prosesi en yakın şartname sınırından 6 standart sapma olan bir proses ortalamasına sahiptir. Bu işlem doğal varyasyonu ve spesifikasyon sınırları arasında tampon görevi görür. Şekil 4.1'de normal dağılımın nasıl olması gerektiği gösterilmektedir.

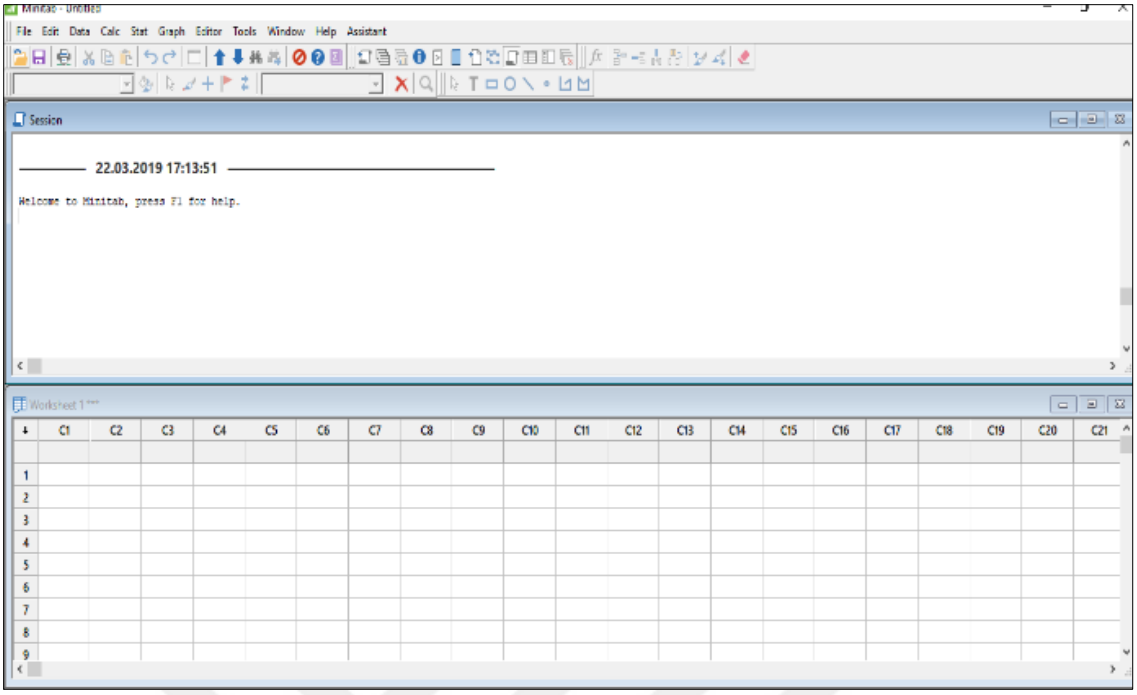
6 Sigma milyonda bir hataya dayanarak proses performans ölçüm metodudur. Sürecin mevcut durumu ölçüldüğünde, amaç 6 Sigmaya doğru ulaşmayı hedefleyen bir eğilimi yakalamak ve bunun için sürekli iyileştirmeyi hedeflemektir. 6 Sigma seviyesine ulaşamayan projelerde ise 4 Sigma 5 Sigmaya kadar yapılan iyileştirmeler maliyetleri düşürecek ve müşteri memnuniyetini artıracaktır. Tez çalışmasında "Minitab" analiz programı ve bu metodoloji kullanılmıştır, Şekil 4.2 ve Şekil 4.3'de örnek çalışma ekranları görülmektedir.

Örneğin bir ürünün müşteri gereksinimlerini karşılamak için 10.32 mm ile 10.38 mm arasında bir kalınlığa sahip malzeme üretilmesi gerekmektedir. Alt ve üst limit değerine göre; işlem ortalamasının 10.35 mm civarında ve standart sapmanın 0.005 mm'den az olması gerekmektedir. Bu örnek için ölçümleri normal dağılım gösteren numunelerin alındığı varsayılmıştır.

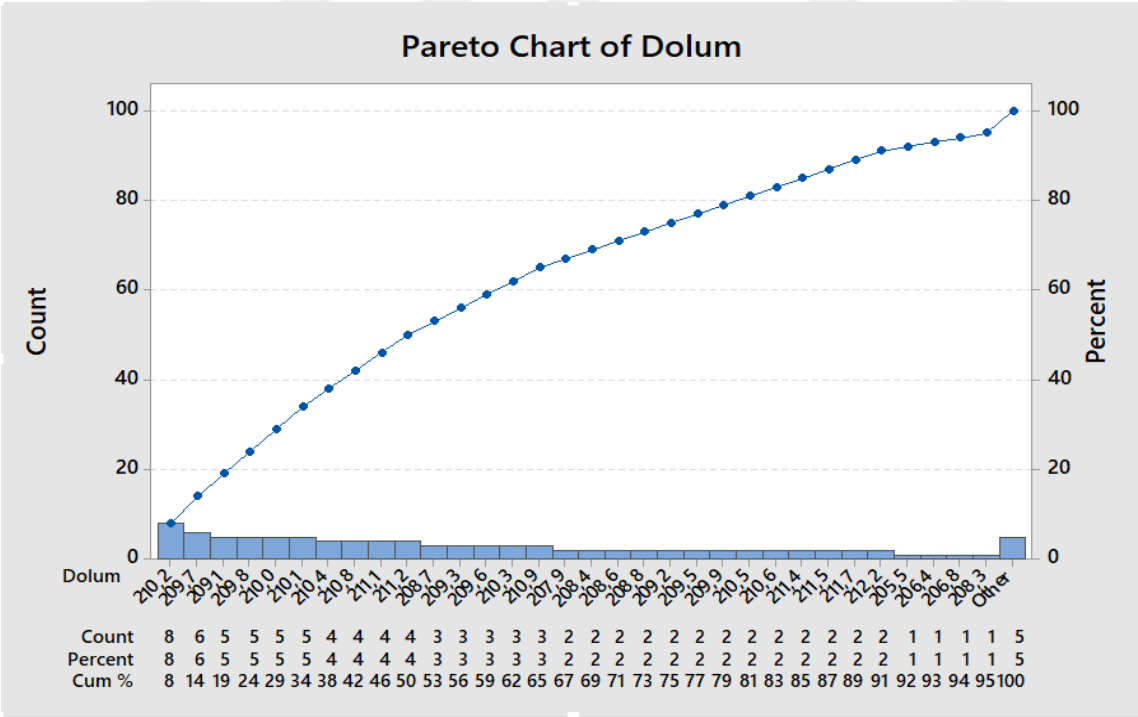
Tablo 4. 1 6 Sigma Örneği Verim Hesabı Tablosu *[51]*

Sigma Derecesi (σ)	Milyonda Hata Sayısı (Adet)	Verim (%)
6	3.4	99.99966%
5	230	99.977%
4	6.210	99.38%
3	66.800	99.32%
2	308.000	69.15%
1	690.000	30.85%

Tablo 4.1'de de görüldüğü üzere, sigma değeri arttıkça proses verimliliği artmakta ve buna bağlı olarak verimlilik de paralel artış göstermektedir. Verimlilik ve sigma derecesi artışı; proses kalitesi ve kar marjının artışını da beraberinde getirir.



Şekil 4. 2 Minitab Ana Ekranı Ekran Görüntüsü Örneği



Şekil 4. 3 Minitab Analiz Ekranı Ekran Görüntüsü Örneği

4.2 Komponentler ve Görevleri

Buzdolabı, içerisine dış ortam ile ısı iletimini keserek yalıtımı koruyacak köpük halinde basılan kimyasallar içeren duvarlar ile çevrelenmiş, gaz dolaşımını sağlayacak borular ile örtülenmiş bir muhafaza alanı yaratsa da, iç ortamdaki hava akışını, sıcaklık düzeylerini ve müşteri kullanım tarzlarını cihaza aktarmaya yarayan elektromekanik parçalara ihtiyaç duyar.

Aşağıda bu parçalar ile ilgili teknik ve fonksiyonel görevler paylaşılmıştır.

4.2.1 Fan

Buzdolabı içerisindeki hava akışını sağlamak amacıyla kullanılmaktadır. AC veya DC gerilim ile beslenebilen modelleri ayrıca Pulse Width Modulation (PWM) sinyali ile sürülebilmesi de markette mevcuttur. Fan, buharlaştırıcı yüzeyinden emilen soğuk havanın soğutucuya motorize flap konumlarına istinaden iletilmesi ve dondurucu içerisinde her noktanın eşit derecede soğuması adına kritik öneme sahiptir. Buzdolabında ayrıca fanın çalışmadığı iç ortamın yeterli sıcaklık derecesinde olduğu durumlarda, bu komponente özel buzlanmasını önlemek amacıyla ısıtıcı bulunmaktadır. [53]

4.2.2 Motorize Flap

Motorize flap içerisinde DC gerilimli servo barındıran PWM ile sürebilen, mil üzerinde klape bulunduran elektromekanik bir parçadır. Konum olarak fanın önünde bulunur, burada bulunmasının nedeni soğutucu ve dondurucu bölmeler arasındaki dondurucu bölmeden gelen havanın iç ortam sensörleri yardımıyla ayarlanan değerlere göre debisini kontrol eder. Elektronik kartın algoritması gereği aldığı sinyal uyarınca klapeyi belli derecelerde konumlandırarak yiyeceklerin korunmasını sağlar.

4.2.3 Kompresör

Kompresörün sistemdeki görevi soğutucu sisteminde bulunan gazın sıkıştırarak sıvı hale gelmesini sağlamak ve bu sıvının sistem içerisindeki dönüşümünü sağlamaktır. Kompresörün çalışma prensibi içerisinde bulunan piston sayesinde, sıvıların basınçla olan ilişkisine dayanmaktadır. Pistonun aşağı yönlü hareketi haznesine gazın girmesini sağlar, ve aksi yönlü hareketi ise gazın sıkışması sağlanır. Sıkışan gazın molekül yapısı değişeceğinden sıvı faza geçer aynı zamanda soğutucu akışkanın ısı kazanması sağlanır. Kazanılan ısı kondanser üzerinde kaybedilir. Kurutucu tarafından filtrelenen gaz kılcak borularla buharlaştırıcı yüzeyine püskürtülür. Buharlaşmayla ortam ısısını üzerine alır ve böylelikle buharlaştırıcı soğutulmuş olur. Akışkan daha sonra kompresör tarafından emilir, bu döngü cihazın kullanıcı tarafından ayarlanan değerin iç ortam sensörlerinde okunana kadar devam eder ve bu derecede tutmak için zaman zaman devreye girip çıkar. [54]

4.3 Ölçüm Sistemi

Bu bölümde kurulan kontrol sistemlerinde kullanılmış sensörler, sistemin ve sensörlerin çalışma mantığı detaylandırılmıştır.

4.3.1 Kullanılan Sensörler

Sensörler gerçek dünyayı, elektronik ortama taşıyan ve onu elektronik ortamda incelememizi sağlayan köprülerdir. Analog veriyi dijital ortama aktararak bir sistemi veya ürünü, onun performansını optimize etmemize olanak sağlayan sistemlerin yapı taşlarıdır. Kontrol altında tutulacak veya inceleme yapılacak projeye özgü sensör yelpazesi market içerisinde bulunmaktadır. Beslenme gerilimine ve ölçüm sistemine göre sensör modelleri çeşitlilik gösterebilir.

Tez çalışmasında kullanılacak sensörler ve özellikleri şu şekildedir;

4.3.1.1 “IR” ve “US” Sensör

Infrared (IR) sensörler genel anlamda uzaklık ölçmek veya varlık yokluk algılanması amacıyla kullanılan bir optik sensör türüdür. Kızıl ötesi dalga boyunu kullanan bu sensörler IR LED tarafından dar huzmeli ışın yayarak, yansıyan ışığın algılayıcı tarafından soğurulması ile üretilen gerilimin hesaplanması mantığına dayanmaktadır. Uzaklık arttıkça algılayıcının soğurduğu ışık gücü ve dolasıyla çıkış gerilimi düşer. [55]

Ultrasonik (US) sensörler bir başka uzaklık ölçme ve konum belirleme sistemi için uygun olan sensörlerdir. Bu sensörler gönderdiği kısa aralıklı ses vurularıyla, karşısındaki cisimden yansıyan dalgaların algılayıcıya ulaşma süresini hesaplayarak konum mesafe belirlenmesi mantığına sahiptir.

IR sensörler US sensörlere göre çok daha ucuz ve robotik sistemlerde yaygın olarak kullanılır. [56]

4.3.1.2 “Hall Effect” Sensör

1879 yılında Edwin Hall üzerinde akım taşıyan bir iletkenin, manyetik alan içerisinde bu alana dik yönde gerilim ürettiğini keşfetmiştir. İletken üzerinde Hall gerilimin oluşabilmesi için gerilim doğrultusu, iletkenden geçen manyetik alan yönüne dik olması gereklidir. Lorentz kuvveti elektromıknatıssal alanların hareketli olan yüke etkiyen kuvvettir. Eğer bu etki olmaz ise yükler doğrusal ilerler. [57]

$$F = q\ (E + v * B) \tag{4.1}$$

4.3.1.3 İvmeölçer Sensör

İvmeölçer cisim üzerindeki eksenel hareketlerin ve oluşan titreşimin Volt (V) cinsinden özel programlar ve elektronik donanımlar vasıtasıyla analog verinin okunmasında kullanılır. Analog ve Sayısal çıkışlı çeşitleri bulunur.

Eksen sayısı, ölçüm hassasiyeti, bant genişliği ve empedans sensör seçiminde belirleyici etkendir. Piyasada temaslı ve temassız, lazer yöntemi ile titreşim ölçümü yapabilen sistemler bulunmaktadır. [58]

4.3.2 Fan Kontrol Makinesi Çalışma Prensipleri

Sistem "Hall Effect" sensör, sensörün bağlı olduğu "Henvee" sayaç, üst ve alt limitleri sayaçtan belirlenen düzeye istinaden çıkış anında ikaz olarak yanan iki adet 5V DC ile çalışan Led, fanın sürülmesi için gerekli PWM sinyalini üreten kontrol kartıyla çalışır. Aynı zamanda standartlara uygun şekilde üretim alanlarında kullanılabilmesi için gerekli fiziksel ve elektriksel önlemler sistemin içinde yer almaktadır. [59]

Şekil 4.4'de tasarlanan devre cihazın iç kısmı, elektronik kart ve kablo bağlantı kanalları tasarım aşamasındayken, Şekil 4.5'te ise iç kısım bitmiş hali ile görülmektedir.



Şekil 4. 4 Fan Kontrol Makinesi İç Kısım Tasarım Aşaması

Şekil 4.6'da ise Şekil 4.5'te görülen pano kısmını örten dış kabuk kısmı görülmektedir. Bağlantı elemanlarını kapsayacak ve üretim alanında elektriksel güvenliğe uygun, korunaklı bir çalışma ortamına elverişli olması nedeniyle 5 mm kalınlığında sert plastik malzemeden tasarlanmıştır. Üzerinde her bölme için 3 soket bulunmaktadır ve tek seferde yalnızca 1 soket ile kontrol işlemi yapılabilir.



Şekil 4. 5 Fan Kontrol Makinesi İç Görünüm

Üretim alanlarında kullanılan makinelerin bazı standartları taşıması ve düşük risk ile kullanılması istenmektedir. Fan kontrol makinesinde, fonksiyonel görevleri dışında EN ISO 13849-1 standardına uygun olarak "PNOZ X2.8P" ve "5SL6102-7" sigorta, "SIE.5SV4312-0" röle, "SE.XB5AS8444" acil durum butonu gibi güvenlik devre elemanı yerleştirilmiştir.

Fan sürülmesi için gerekli gerilim “MS 2412” ile sağlanmıştır. Kontrol edilecek fan pervane yapısı dikkate alınarak üç boyutlu yazıcıda özel olarak tasarlanmış ve baskısı alınan test yüzüğü üzerinde iki dairesel şekilde magnet taşımaktadır. Magnetlerin N kutupları aynı yüzeye bakmak suretiyle pervane üzerine yerleştirilir. Üzerinde üç kablo bulunan fan soketi makine üzerinde bulunan dişi sokete gerekli gerilim ve sinyali almak üzere takılır.



Şekil 4. 6 Fan Kontrol Makinesi Dış Görünüm

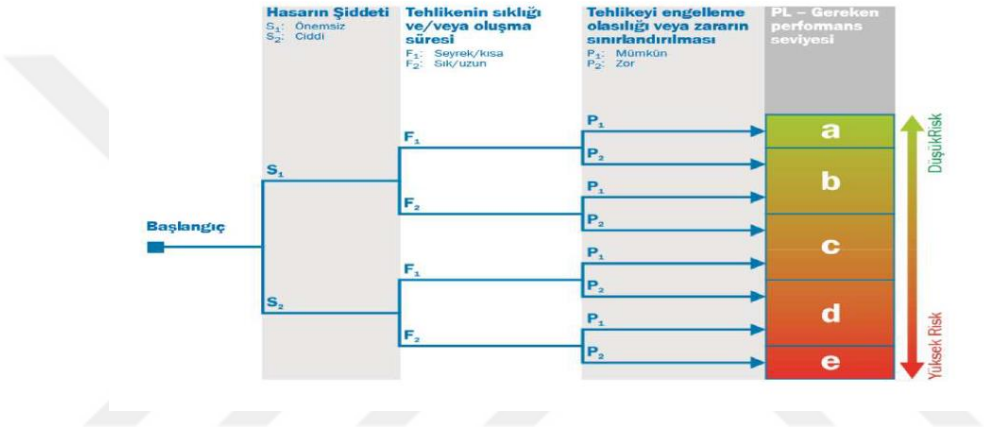
Buzdolabı soğutma döngüsünde çıkabileceği maksimum devir sayısına burada ulaştırılır. Bu esnada sayaç sensör üzerinden devirde iki manyetik alan yakalayacak şekilde ayarlı olmalıdır. Fanın devir ve tükettiği güç miktarı belirlenen aralıklarda ise elektronik üzerindeki kuru kontak röle S1 çıkışını aktif ederek ledi yakar. [60] Sistemin devre şeması, kullanılan materyallerin bağlantı yapısı detaylı olarak sırasıyla Ek 4.1 - Ek 4.4’te belirtilmiştir. Makine tasarımında kullanılan tüm malzemeler Tablo 4.2’de sıralanmıştır.

Tablo 4. 2 Fan Kontrol Makinesi Malzeme Listesi

Marka	Malzeme	Özellik	Miktar	Birim
PILZ	PNOZ X2.8P 24VAC/DC	Emergency stop relay 24V AC/DC 3n/o 1n/c	1	ADET
SIEMENS	SIE.5SL6102-7	CIRCUIT BREAKER 6KA 1POL C2	1	ADET
SIEMENS	SIE.5SV4312-0	RCCB TYPE AC 25/2 30MA 2MW	1	ADET
SIEMENS	SE.XB5AS8444	Red Ø40 Emergency stop, switching off Ø22 trigger latching turn release 2NC	4	ADET
mikroe	ELECTRONIC	PWM Clicker	2	ADET
Optoelectronics	LED	LED PNL MT 1" 125VAC WT DOME RED	2	ADET
Optoelectronics	LED	LED PNL MT 1" 125VAC WT DOME GREEN	2	ADET
Mervesan	MS 2412	AC/DC Stable Voltage Supply	2	ADET
Molex	Connector	1x3mm IDC Connector	6	ADET
HENVEE	Counter & Display Electronic	4 Segment Display	2	ADET
SIEMENS	5SL6116-6	CIRCUIT BREAKER 230/400 V 6KA 1POL B, 16 A	1	ADET
Schneider Electric	XB5AS8442	switching off pushbutton Ø22 latching turn release 1NC	2	ADET
HUCHOQ	CHE12-10NAH710	Hall Effect - Sensor	2	ADET
Polaxtor	PLX-15366	Power Consumption Counter (W)	2	ADET
EMAS	E251518	250V-4A- AC15 IP20	2	ADET

4.3.2.1 Risk Değerlendirilmesi

Makinenin üretim alanlarında kullanılabilmesi için risk değerlendirilmesi EN ISO 13849-1 standartlarınca yapılmış olup düşük riskli bulunmuştur. Şekil 4.6 tasarlanan makinenin iş sağlığı güvenliği uzmanlarınca tabii tutulan testlerce yerleştirileceği skalayı göstermektedir. Tablo 4.3 Makine iç kısımdaki elektriksel çizim, bağlantı noktaları; Tablo 4.4 ise makine kabuğu üzerindeki keskin yüzeyler, kontrol esnasında operatörde oluşturabileceği zarar gibi riskleri çeşitli testler ile Şekil 4.3'te bahsi geçen sınıflar arasındaki sonuçlar neticesinde düşük riskte olduğunu belirtmektedir.



Şekil 4. 7 EN ISO 13849-1 Performans Seviyesi Skalası

Tablo 4. 3 İç Kısım Değerlendirmesi

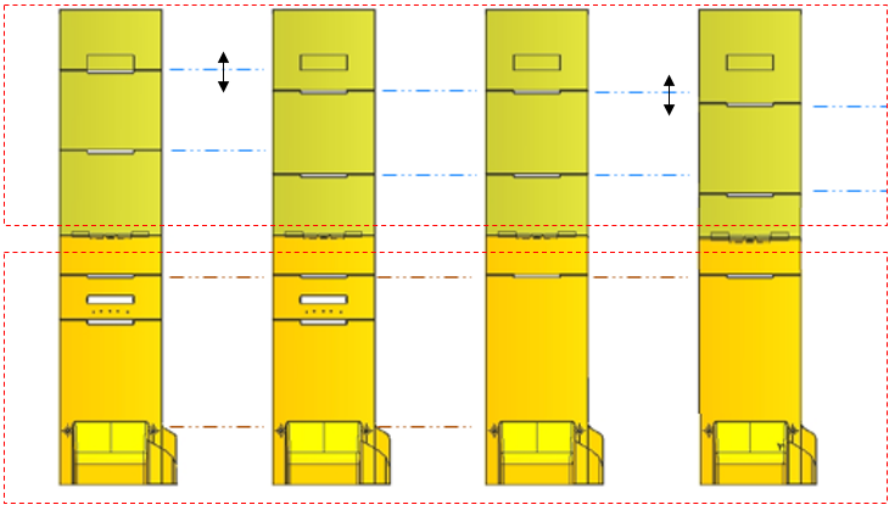
No:	Tehlikeli Bölge Tanımı	Yaralanmanın Şiddeti	Meydana Gelme Sıklığı	Kurtulma İhtimali	EN ISO 13849/1 (Emniyet Seviyesi)	Durdurma Kategorisi
		S	F	P	PLr	
1	Cihaz İç Kısım	S2	F1	P2	**d**	Cat:0

Tablo 4. 4 Dış Kısım Değerlendirmesi

No:	Tehlikeli Bölge Tanımı	Yaralanmanın Şiddeti	Meydana Gelme Sıklığı	Kurtulma İhtimali	EN ISO 13849/1 (Emniyet Seviyesi)	Durdurma Kategorisi
		S	F	P	PLr	
1	Cihaz Dış Kısım	S1	F2	P2	**C**	Cat:0

4.3.3 Motorize Flap Kontrol Makinesi Çalışma Prensipleri

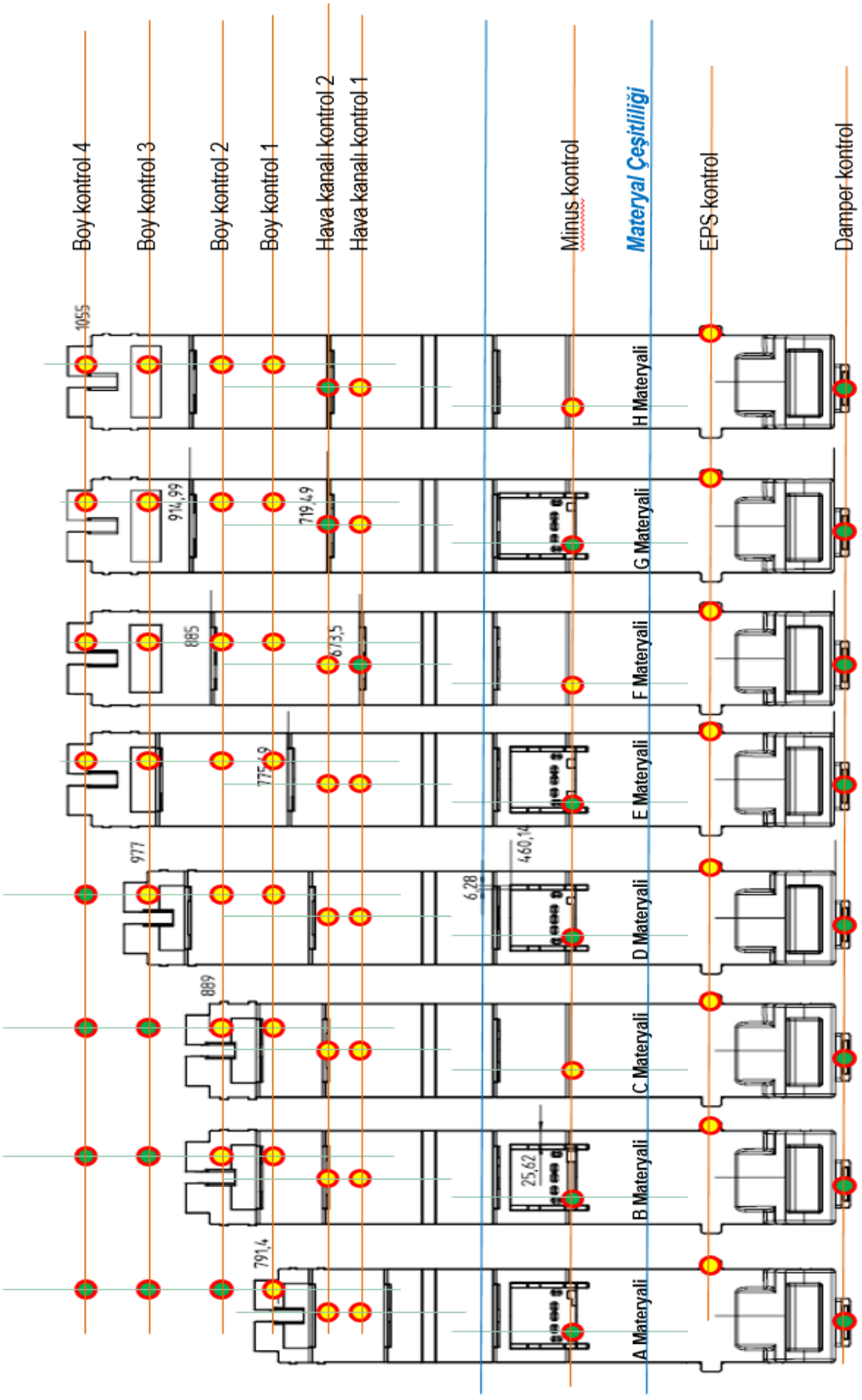
Seri üretim bandında kullanılmak üzere cihaz üzerine takılmadan önce cihaz modeli ile hava kanalı eşleştirmek ve cihazın soğutma fonksiyonlarını eksiksiz yerine getirebilmesi için elzem olan motorize flap kontrolü için kurulan bu ekipmanın çalışma sistemi toplamda 9 adet IR sensörden oluşmaktadır ve varlık kontrolü ile çalışır. Bağlantı şeması detaylı olarak Ek 4.5 ve Ek 15'te belirtilmiştir. Şekil 4.8 hava kanalı farklılıklarını tasvir etmektedir.



Şekil 4. 8. Motorize Flap Kontrol Makinesi Hava Kanalı Eşleştirmesi

Her model için farklı kombinasyonları adresleme yöntemi ile kontrolünü sağlayan bu sensörlerden sonuncusu hava kanalı sonuna takılan motorize flap iç kısmına doğru konumlandırılmış ve belirli bir süre klapenin belli bir açıklığa ulaşmasını bekledikten sonra sistem onayına düşerek barkod çıktısı verilir. Aşağıda her sensörün konumu ve yapılan kontrol belirtilmiştir. Sistem algoritması Ek 4.16'da belirtilmiştir.

Şekil 4.9'da ise yerleştirilecek her hava kanalının hangi mantıkla ayrıştırıldığı görselleştirilmiştir. Tasarlanan sistemde bulunan 9 sensör hava kanallarının boşluklarını saptamaktadır. Tablo 4.5'te verilen sensör adresleme bilgileri doğrultusunda kontrolü yapan sistem için Şekil 4.9'da inaktif sensörler kırmızı çizgiyle çevrelenmiş olarak yeşil nokta ile, aktif sensörler ise sarı nokta ile tasvir edilmiştir. Makine tasarımında kullanılan tüm malzemeler Tablo 4.6'da sıralanmıştır.



Şekil 4. 9 Motorize Flap Kontrol Makinesi Sensör Konumları

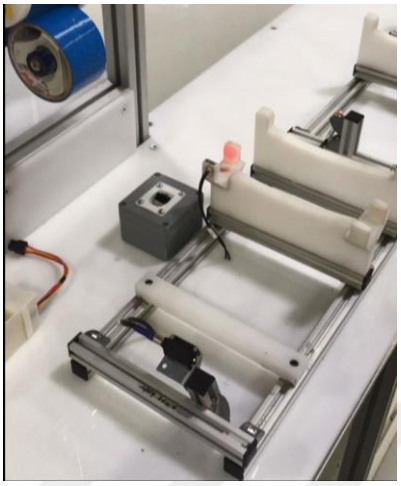
Tablo 4. 5 Sensör Adresleme Tablosu

A Materyali	Adres	Sensor Sıra No	Durum	E Materyali	Adres	Sensor Sıra No	Durum
	Boy Kontrol 4	1	İnaktif		Boy Kontrol 4	1	Aktif
	Boy Kontrol 3	2	İnaktif		Boy Kontrol 3	2	Aktif
	Boy Kontrol 2	3	İnaktif		Boy Kontrol 2	3	Aktif
	Boy Kontrol 1	4	Aktif		Boy Kontrol 1	4	Aktif
	Hava Kanalı Kontrol 2	5	Aktif		Hava Kanalı Kontrol 2	5	Aktif
	Hava Kanalı Kontrol 1	6	Aktif		Hava Kanalı Kontrol 1	6	Aktif
	Minus Kontrol	7	İnaktif		Minus Kontrol	7	İnaktif
	EPS Varlık Kontrol Kontrol	8	Aktif		EPS Varlık Kontrol Kontrol	8	Aktif
	Motorize Flap	9	Kontrol		Motorize Flap	9	Kontrol
B Materyali	**Adres**	**Sensor Sıra No**	**Durum**	**F Materyali**	**Adres**	**Sensor Sıra No**	**Durum**
	Boy Kontrol 4	1	İnaktif		Boy Kontrol 4	1	Aktif
	Boy Kontrol 3	2	İnaktif		Boy Kontrol 3	2	Aktif
	Boy Kontrol 2	3	Aktif		Boy Kontrol 2	3	Aktif
	Boy Kontrol 1	4	Aktif		Boy Kontrol 1	4	Aktif
	Hava Kanalı Kontrol 2	5	Aktif		Hava Kanalı Kontrol 2	5	Aktif
	Hava Kanalı Kontrol 1	6	Aktif		Hava Kanalı Kontrol 1	6	İnaktif
	Minus Kontrol	7	İnaktif		Minus Kontrol	7	Aktif
	EPS Varlık Kontrol Kontrol	8	Aktif		EPS Varlık Kontrol Kontrol	8	Aktif
	Motorize Flap	9	Kontrol		Motorize Flap	9	Kontrol
C Materyali	**Adres**	**Sensor Sıra No**	**Durum**	**G Materyali**	**Adres**	**Sensor Sıra No**	**Durum**
	Boy Kontrol 4	1	İnaktif		Boy Kontrol 4	1	Aktif
	Boy Kontrol 3	2	İnaktif		Boy Kontrol 3	2	Aktif
	Boy Kontrol 2	3	Aktif		Boy Kontrol 2	3	Aktif
	Boy Kontrol 1	4	Aktif		Boy Kontrol 1	4	Aktif
	Hava Kanalı Kontrol 2	5	Aktif		Hava Kanalı Kontrol 2	5	İnaktif
	Hava Kanalı Kontrol 1	6	Aktif		Hava Kanalı Kontrol 1	6	Aktif
	Minus Kontrol	7	Aktif		Minus Kontrol	7	İnaktif
	EPS Varlık Kontrol Kontrol	8	Aktif		EPS Varlık Kontrol Kontrol	8	Aktif
	Motorize Flap	9	Kontrol		Motorize Flap	9	Kontrol
D Materyali	**Adres**	**Sensor Sıra No**	**Durum**	**H Materyali**	**Adres**	**Sensor Sıra No**	**Durum**
	Boy Kontrol 4	1	İnaktif		Boy Kontrol 4	1	Aktif
	Boy Kontrol 3	2	Aktif		Boy Kontrol 3	2	Aktif
	Boy Kontrol 2	3	Aktif		Boy Kontrol 2	3	Aktif
	Boy Kontrol 1	4	Aktif		Boy Kontrol 1	4	Aktif
	Hava Kanalı Kontrol 2	5	Aktif		Hava Kanalı Kontrol 2	5	İnaktif
	Hava Kanalı Kontrol 1	6	Aktif		Hava Kanalı Kontrol 1	6	Aktif
	Minus Kontrol	7	İnaktif		Minus Kontrol	7	Aktif
	EPS Varlık Kontrol Kontrol	8	Aktif		EPS Varlık Kontrol Kontrol	8	Aktif
	Motorize Flap	9	Kontrol		Motorize Flap	9	Kontrol

Tablo 4. 6 Motorize Flap Kontrol Makinesi Malzeme Listesi

Marka	Malzeme	Özellik	Miktar	Birim
SIEMENS	SIMATIC S7-1500	CPU 1511-1 PN, MEMORY 150 KB, 2-PORT SWITCH, 60 NS BIT	1	ADET
SIEMENS	SIMATIC S7-1500	245MM (9.6 INCH)	1	ADET
SIEMENS	SIMATIC S7-1200/1500	S7-1X 00 CPU/SINAMICS, 3, 3V FLASH, 4 MB	1	ADET
SIEMENS	SIMATIC NET	ETHERNET RJ45 PLUG 180 2X 2, RJ45 PLUG-IN CONNECTOR (10/100 MBIT/S)	4	ADET
SIEMENS	SIMATIC NET	IE FC RJ45 2X2, 4-CORE, CAT 5E	2	METRE
SIEMENS	SIMATIC ET200 S	4 DI STANDARD 24 V DC, 15 MM	1	PAKET
SIEMENS	SIMATIC ET200 S	4 DO STANDARD 24 V DC/0.5 A, 15 MM	1	PAKET
SIEMENS	SIMATIC ET200 S	ET 200S; 24 V DC	2	ADET
SIEMENS	SIMATIC ET200 S	IM 151-3 PN ST, ET 200S , 100 MBIT/S MAX.	1	ADET
SIEMENS	SIMATIC DP	TM-E15S26-A1, ET 200S ,15 MM	2	PAKET
SIEMENS	SIMATIC DP	TM-P15S23-A1 ,15 MM	2	ADET
SIEMENS	SIMATIC HMI	TP700 COMFORT, , 7" WIDESCREEN TFT DISPLAY, 12 MB MEMORY, WINDOWS CE 6.0	1	ADET
SIEMENS	GÜÇ KAYNAĞI	LOGO POWER 12 V/1.9 A STABILIZED POWER SUPPLY INPUT: 100-240 V AC (DC 110-300 V) OUTPUT: 12 V/1.9 A;	1	ADET
SIEMENS	GÜÇ KAYNAĞI	SITOP PSU100S 24 V/5 A STABILIZED POWER SUPPLY INPUT: 120/230 V AC, OUTPUT: 24 V DC/5 A	1	ADET
OMRON	FOTOSEL	PHOTOELECTRIC SENSOR, DIFFUSE BACKGROUND SUPPRESSION, 40-200MM, DC, 3-WIRE, PNP, M8 PLUG IN (REQUIRES BRACKET)	1	ADET
OMRON	FOTOSEL KABLOSU	SENSOR CONNECTOR, M8 3-WIRE, STRAIGHT FEMALE CONNECTOR, PVC, 5M	1	ADET
OMRON	FOTOSEL	FIBER OPTIC SENSOR, DIFFUSE, M6, 2M CABLE	8	ADET
OMRON	AMPLIFIKATOR	AMPLIFIER WITH POTENTIOMETER, IP50, PNP OUTPUT, 2M CABLE	8	ADET
mıkroe	ELEKTRONİK	PWM Clicker	1	ADET
SIEMENS	KAÇAK AKIM KORUMA ŞALTERI	RESIDUAL CURRENT OPERATED CIRCUIT BREAKER, 2-POLE, TYPE AC, IN: 16 A, 30 MA, UN AC: 230 V	1	ADET
PHOENIX CONTACT	PANO PRIZI	TOPRAKLI, 250VAC, 16A, TE	1	ADET

Sistem hava kanalı eşleştirmeyi tezgah üzerindeki 8 adet sensörle kontrol ettikten sonra 10 saniye klapenin açılmasını bekler. Bu işlemler sırasıyla yazılım içerisinde belirtilen adresleme kontrolü ile devam eder. Şekil 4.10'da bu tezgah görülmektedir.



Şekil 4. 10 Motorize Flap Kontrol Makinesi Sensör Tezgâhı

Eşleştirme tamamlandığında ise operatör HMI panelinde cihaz modeli, hava kanalı materyal kodu ve test bilgisi aktarılır. Hatalı malzemeler için izole bir alan bulunmaktadır ve kalite bölümü tarafından bu malzemeler belirli periyotlar ile incelenmektedir. İstasyonda operatör hata ihtimali göze alınarak kablo boyu ayarlı enerji soketi kutusu konumlandırılması yapılmıştır, böylece malzeme ters takılamamaktadır.

Klapenin konumun kapalıdan açığa geçmesi ve tüm sensörlerin seçilen cihaz modeli hava kanalı adres gereksinimlerini doğrulaması sonucu HMI panel operatörler için sonucu gösterir ve üretim içerisindeki takip edilebilirliği sağlamak için tarih, test sonucu ve malzeme kodunu barındıran etiket basılır. Operatör bu etiketi hava kanalı üzerine yapıştırarak testi tamamlar.



Şekil 4. 11 Motorize Flap Kontrol Makinesi HMI Panel Test Sonucu Olumlu

5. BÖLÜM: BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu bölümde üretim bandına adapte edilen ve seri üretim koşullarında üretilen cihazların parçaları için kontrol donanımlarının kullanılmasının etkisi deneysel olarak metrik çıktılar ile açıklanmıştır.

5.1 Üretim Denemesi ve Deneysel Çıktılar

Bu bölümde alınan önlemler ve üretim sahasına kurulan kontrol noktalarının verimliliğini ve çalışma süresine etkisi detaylandırılmış, bu veriler müşteri şikâyeti yaşanan durumlar ile karşılaştırılmıştır.

5.1.1 Motorize Flap

Hava kanalı önündeki klapenin açılması buharlaştırıcı yüzeyinden soğurulan soğuk havanın fanın dönüşü ile verdiği havayı buz yapıcı ve yiyecek saklanılan buzdolabının diğer bölümlerine aktarılmasına olanak sağlar. Buzluk kısmı ev tipi buzdolaplarında dolabın normal çalışma periyodunda soğutucu kısımdan daha çok soğuk havaya ihtiyaç duymaktadır.

Fan ise iki bölümü besleyen ortak bir eleman olduğundan klape soğutucu bölmesinin hava girişini kontrol kartı işletim ve iklimlendirme verilerine göre buzluk bölmesi kadar uzun süre soğuk hava girişine izin vermeyerek zaman zaman bu kanalı tıkar.



Şekil 5. 1 Motorize Flap Kontrol Makinesi HMI Panel Test Sonucu Olumsuz

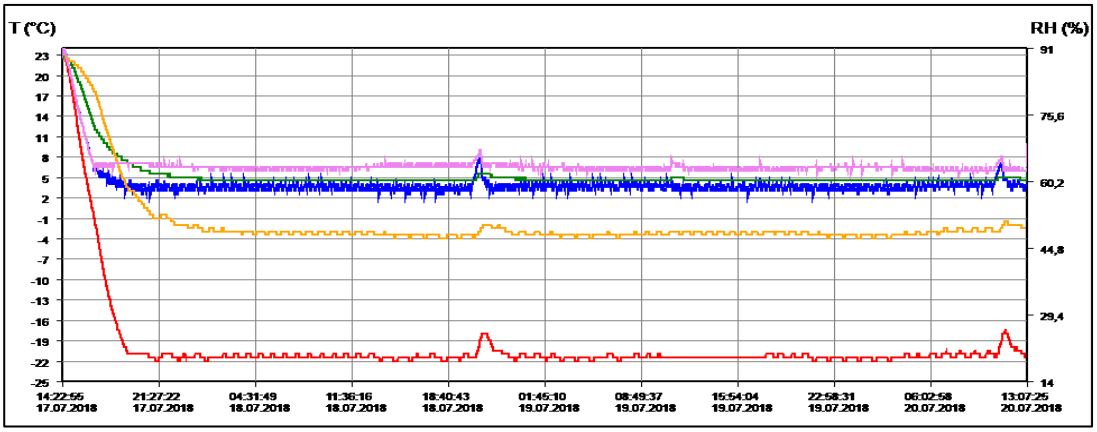
Şekil 4.11'de operatör ekranında ideal durumdaki çalışma şekliyle motorize flap test sonucu görülürken, Şekil 5.1'de ise cihazın işlevselliğine doğrudan etki edip yetersiz soğutmaya neden olabilecek bir hatalı flap test sonucu gösterilmektedir.



Şekil 5. 2 Hava Kanalı – Tezgah Kontrol Montajı

Bu işlevsellik klapenin hatalı olduğu durumlarda, buzdolabının soğutucu bölmesinde iki farklı duruma yol açabilir; ilki gereğinden fazla açık kalması veya klapeyi hiç kapatamaması soğutucu bölme derecelerinin buzluk bölmesine yakın olması ve yiyecekleri dondurması anlamına gelir.

Deneyde bu senaryo X durumu olarak adlandırılmıştır.

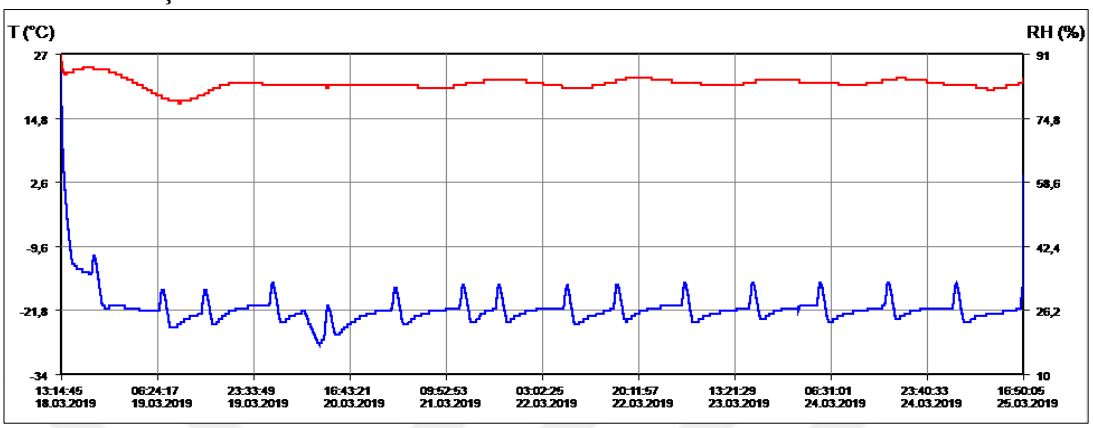


Şekil 5. 3 Motorize Flap Deneyi X Durumu:

*Kavuniçi renk soğutucu bölmeyi temsil etmektedir.

**Kırmızı renk dondurucu bölmeyi temsil etmektedir.

İkinci durum ise, ilk durumun tersi olarak klapenin kapalı kaldığı veya açamaması durumunda yaşanabilecek yetersiz soğutma, buna bağlı olarak soğutucu bölmedeki yiyeceklerin bozulması durumu. Deneyde bu durum Y durumu olarak adlandırılmıştır.

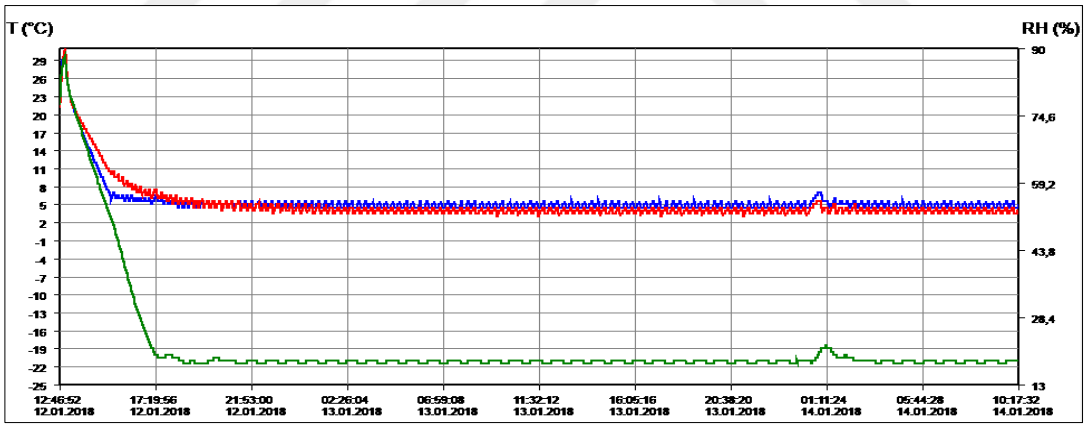


Şekil 5. 4 Motorize Flap Deneyi Y Durumu:

*Kırmızı renk soğutucu bölmeyi temsil etmektedir.

**Mavi renk dondurucu bölmeyi temsil etmektedir.

Son olarak idealde yaşanması beklenen ve saha testi yapılmış bir parça ile yapılan deney senaryosu ise Z durumu olarak adlandırılmıştır.



Şekil 5. 5 Motorize Flap Deneyi Z Durumu:

*Kırmızıı renk soğutucu bölmeyi temsil etmektedir.

**Yeşil renk dondurucu bölmeyi temsil etmektedir.

Her bir durum 3 farklı eş cihazda en az 2 gün süreyle test edilerek dolap içerisinde sıcaklık sensörleri bırakılmış ve sonuçlar karşılaştırıldığında X ve Y durumunun müşteri şikayeti yaratacağı saptanmıştır. [61] Bu 3 farklı komponent kurulan test ekipmanında seri üretim koşullarında teste tabii tutulmuş, normal güç değerleri tüketmesine rağmen adresleme tahtasındaki 9.sensör hatalı klape olarak mekanik problemlerden dolayı yakalayarak ayırmıştır.

5.1.2 Buharlaştırıcı Fanı

Fan kontrol makinesi cihazın soğutması için gerekli devir seviyesi, enerji tüketimine etkisi için tüketim kontrolleri ve rotor ile stator arasındaki mil üzerinde merkezkaç kuvvetinin etkisiyle oluşan gezinme mesafesini ölçerek sürtme sesini yakalayabilmesi hedeflenmektedir. Şekil 5.6'da ölçüm odası gösterilmektedir.

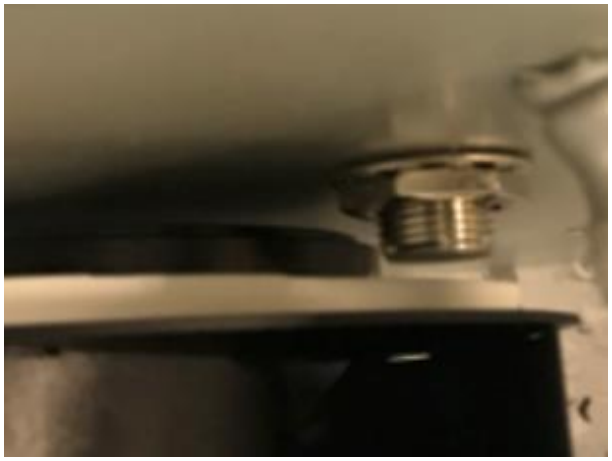
Özetle aşağıdaki kontroller sağlanmaktadır;

- Devir
- Güç tüketimi
- Gezinme mesafesi



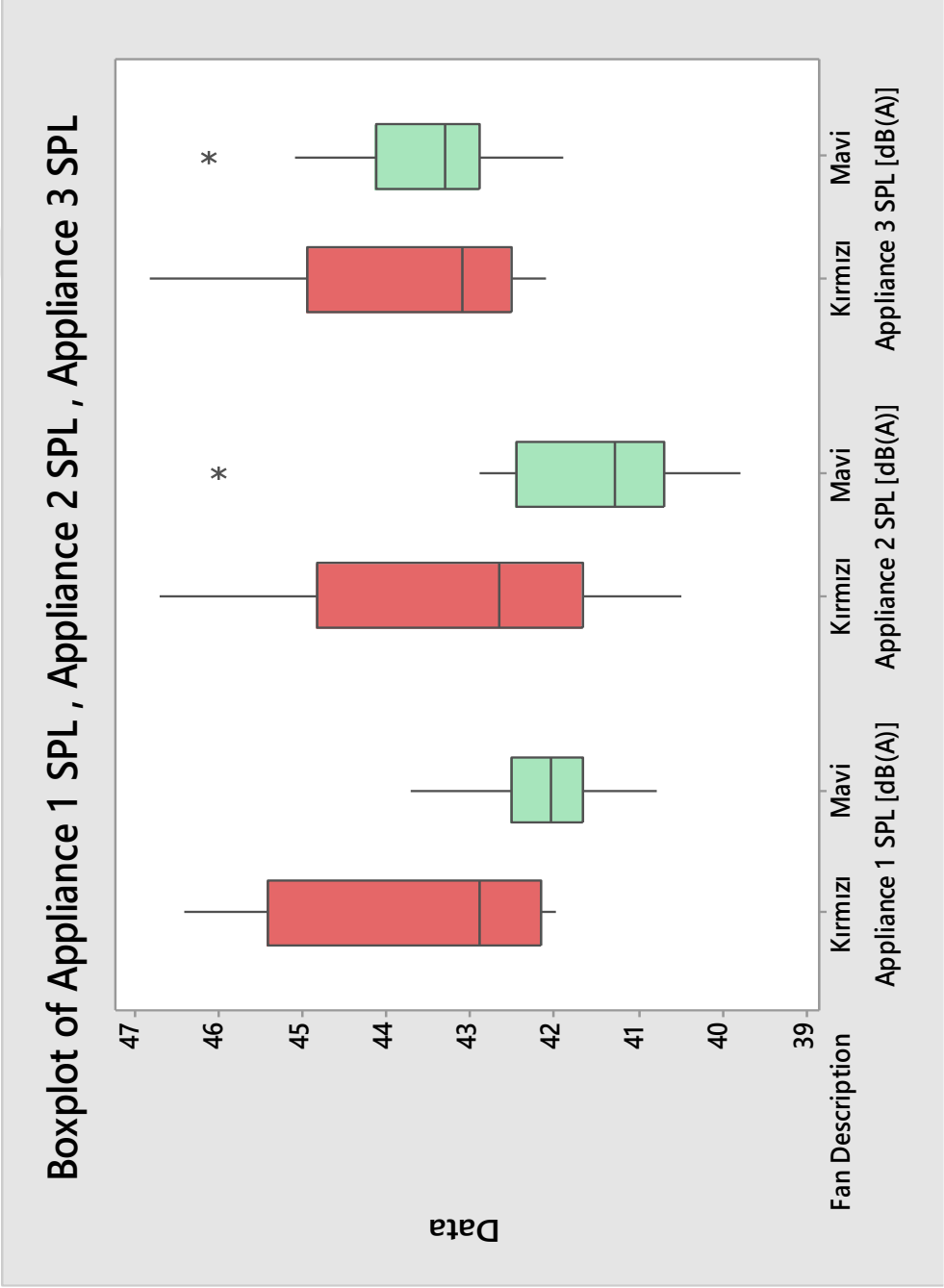
Şekil 5. 6 Üretim Denemesi ve Ölçüm

Fan ses şikayeti için müşteri iadesi cihazlar ve seri üretimden rastgele seçilen cihazlar problemin kök nedeni belirlenebilmesi için incelenmiştir. Bu incelemede 6 sigma methodolojisi olan müşterinin sesi yöntemi seçilmiştir.



Şekil 5. 7 Fan Pervane ve Sensör Arası Boşluk (Gezinme Mesafesi)

Şekil 5.8'de katılımcılar seri üretim bandından alınan cihazların laboratuvar ortamında ses ölçümü alınmadan önce çalışma sesini değerlendirmektedir. 5 farklı birimden seçilen kişiler deney için seçilen 20 farklı cihazı ses ölçüm sonucunu bilmeden dinleyerek yargılamada bulunmuş ardından cihazlar ses testine alınmıştır. Deneyde sesli çalıştığı düşünülen cihazlar "Kırmızı", sessiz cihazlar "Yeşil" olarak işaretlenmiştir. [62]

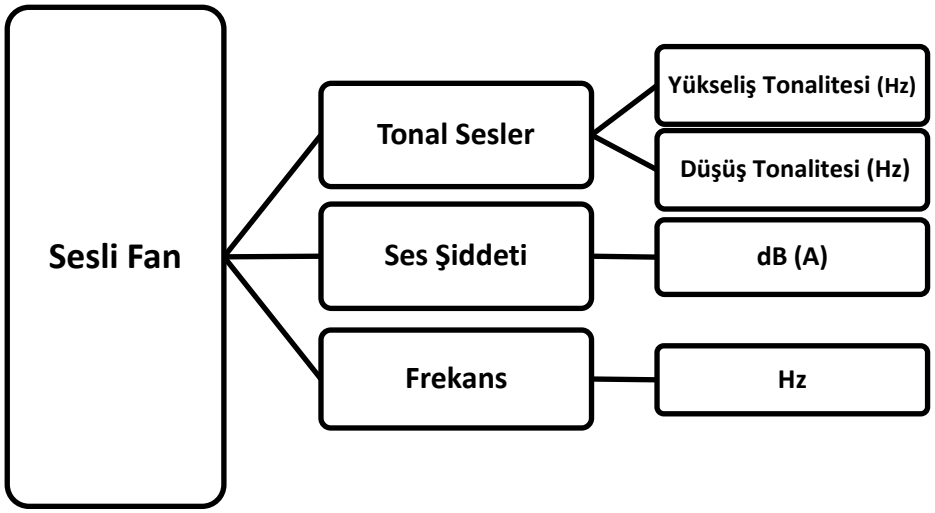


Şekil 5. 8 Kütle Dağılım Analiz Grafiği

Alınan ölçümler incelenerek ölçüm değerlerinde MiniTab programında kütle dağılımı grafiğinde belirtilmiş. Grafik incelendiğinde katılımcıların sesli olarak ifade ettiği cihazların ölçüm aralıkları sessiz olarak görüş bildirdikleri cihazlara göre çok daha kararsız ve geniştir. Çalışma aralığının geniş olması db(A) ses şiddeti olarak gelen çıktının müşteri memnuniyetsizliğine neden olduğu gözlemlenmiştir. [63]

Şekil 5.8'de katılımcıların ölçüm öncesi fan çalışma sesine kulak ile verdikleri yargı kötü olanlar için Kırmızı, ses seviyesi iyi olanlar için yeşil olarak işaretlenip bu cihazların ölçüm sonrası ses şiddeti değerleri kütle dağılım grafiği minitab ekranı gösterilmektedir.

Makinede kullanılan test yüzüğü yüksekliği ve sensör ve fan pervanesi arasındaki mesafenin korunmasını sağlayarak fanın sürtmesini, balans bozukluğunun ayırt edici olması sağlanır, aksi halde ölçüm alınamaz sistem hata verir. Cihazlar standartlarca belirlenmiş ölçüm kabinlerinde stabil halde ses ölçümleri alınarak 5 katılımcının yargıları ile eşleştirildiğinde, müşterinin asıl rahatsız olduğu nedenlerin alt kırılması yapılmıştır. Müşterinin sesi çalışması sonucunda, sesli fan özelinde yalnızca ses şiddeti değil, tonal seslerinde etkili olduğu gözlemlenmiştir. Şekil 5.10'da alınan ölçümler ve ölçüm öncesi yapılan değerlendirilmeler sonucunda operatörlerin belirlediği sesli fan için "Minitab" isimli analiz ve istatistik programında değerler, ölçüm öncesi yapılan değerlendirme sonuçlarına istinaden belirli bir skala içerisine oturtulmuş ve saha iadesi 3 cihaz ile bu skala veya karar matrisi teyit edilmiştir.



Şekil 5. 9 Müşterinin Sesi Çalışması

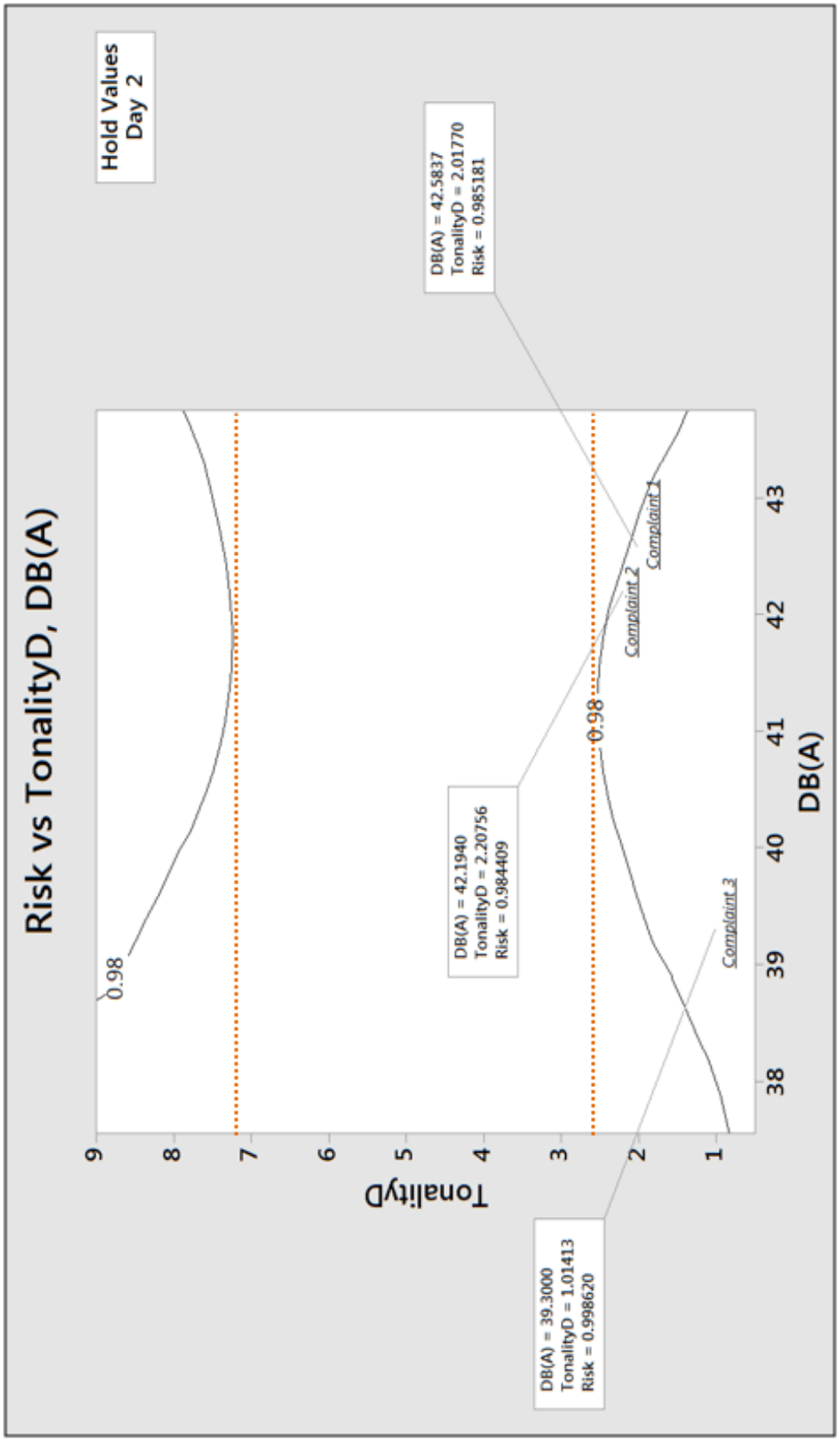
Saha iadesi cihazların ölçüm değerleri oluşturulan bu matrise yerleştirilerek sonucu müşterinin yüksek oranda ses şikâyetinde bulunma ihtimali olarak değerlendirmiştir. Rotor ve stator arasındaki gezinme mesafesi test yüzüğü sayesinde kontrol altına alınmış olup, kontrol edilmiş fanların olduğu cihaz ses ölçümleri oluşturulan karar matrisi sınırları içerisinde yer almaktadır.

Şekil 5.7'de fan sürtmesini engellemek için gerekli mesafe; test yüzüğü ve sensör arasında kontrol altına alındığı görülmektedir.

Şekil 5.9, bu matris oluşturulurken deney katılımcılarının verdiği yargılara dayaranak sesli olan cihazların ses kabininde neden olan ölçüm değerlerinden kök sebebi tümden gelim olarak tanımlanmaya çalışılmıştır.

Alınan bu ölçümler ve metrik çıktılar minitab analiz programında katılımcıların verdiği yorumlara göre değerlendirilmiş olup, 5 katılımcının birbirlerinden habersiz olarak verdiği ve ortak yargı içeren yorumlar baz alınarak sessiz bir dolabın hangi değerler arasında olması gerektiğine dair bir ilişki kurulmuştur ve sınırlar belirlenmiştir.

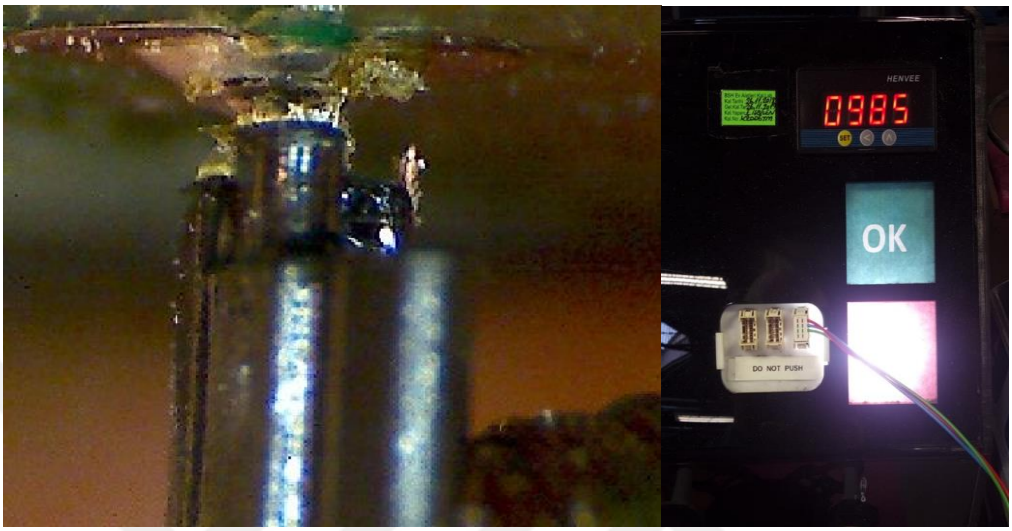
Müşteri şikayeti olarak incelemeye alınan ve ölçüm, inceleme sonucu programın belirdiği aralıklar arasında kalarak "Şikayet" yaratacağı doğrulanmıştır.(Bknz. Şekil 5.10)



CİHAZ	RPM	GÜÇ	SES ŞİDDETİ	DÜŞÜŞ TON.	YÜKSELİŞ TON.	SKALA
A	1924	7,2 W	42.6 db (A)	2 db	0.986 db	Şikayet
B	1876	6,8 W	39.3 db (A)	1 db	0.999 db	Şikayet
C	1912	6,9 W	42.2 db (A)	2.2 db	0.985 db	Şikayet

Şekil 5. 10 Karar Matrisi

Fan devri düşük hatalarını engellemek amacıyla, kurulan kontrol donanımı devir kontrolü uygulamaktadır. Bu hataların kök neden analizi yapılan çalışmalar doğrultusunda PCB ile bobin arasındaki bağlantı, mil üzerindeki sürtünme katsayının artması ve taşıma sırasında oluşabilecek hasarlanmalar olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 5. 11 Hatalı Fan Kontrol Sonucu ve Kök Neden

Makine alt limiti 1500 rpm ve üst limiti 1950 rpm olarak belirtilmiştir. Bu çıkışların kontrolü sayacın S1 ve S2 çıkışları önüne bağlanan ledlerle sağlanmıştır. Şekil 5.11'de ise üretim esnasında buzdolabına monte edilmeden önce hatalı bir fanın ölçüm sonucu ve bu hatanın kök sebebi gösterilmiştir. Bu değerler normal tüketim aralığında iç sıcaklık dengesinin korunması açısından çok kritiktir. Aşağıdaki tabloda verilen sinyaller sonucunda alınan hız ölçüm değerleri verilmiştir.

Tablo 5. 1 Pwm ve Rpm Değerleri İlişkilendirilmesi

Sinyal [%]	Hız (min^{-1})
60%	**1550**
65%	**1650**
70,60%	**1750**
74,50%	**1808**
75,70%	**1820**
80,00%	**1840**
85,10%	**1862**
89,80%	**1862**
94,90%	**1862**
100%	**1862**

5.2 Verimlilik Deneyi

21.yüzyıl'da yaşadığımız problemlerin tamamı dolaylı da olsa enerji kaynaklarının sınırlı olması ve fiyat, tüketim politikalarındaki anlaşmazlıklardır. Diğer yandan doğal enerji kaynakları (Doğalgaz, petrol, kömür vs.) atmosfere ve doğaya zarar vermekte, küresel ısınmayı da tetiklemektedir. Bu bağlamda seçilen ve kullanılan malzemelerin enerji verimliliği konusundaki hassasiyeti çevre dostu üretici firmalar belirlemektedir. [64]

5.2.1 Buzdolabı Üzerindeki Etkisi

Laboratuvar Soğutucu Test Alanı İstasyon Yerleşimi:

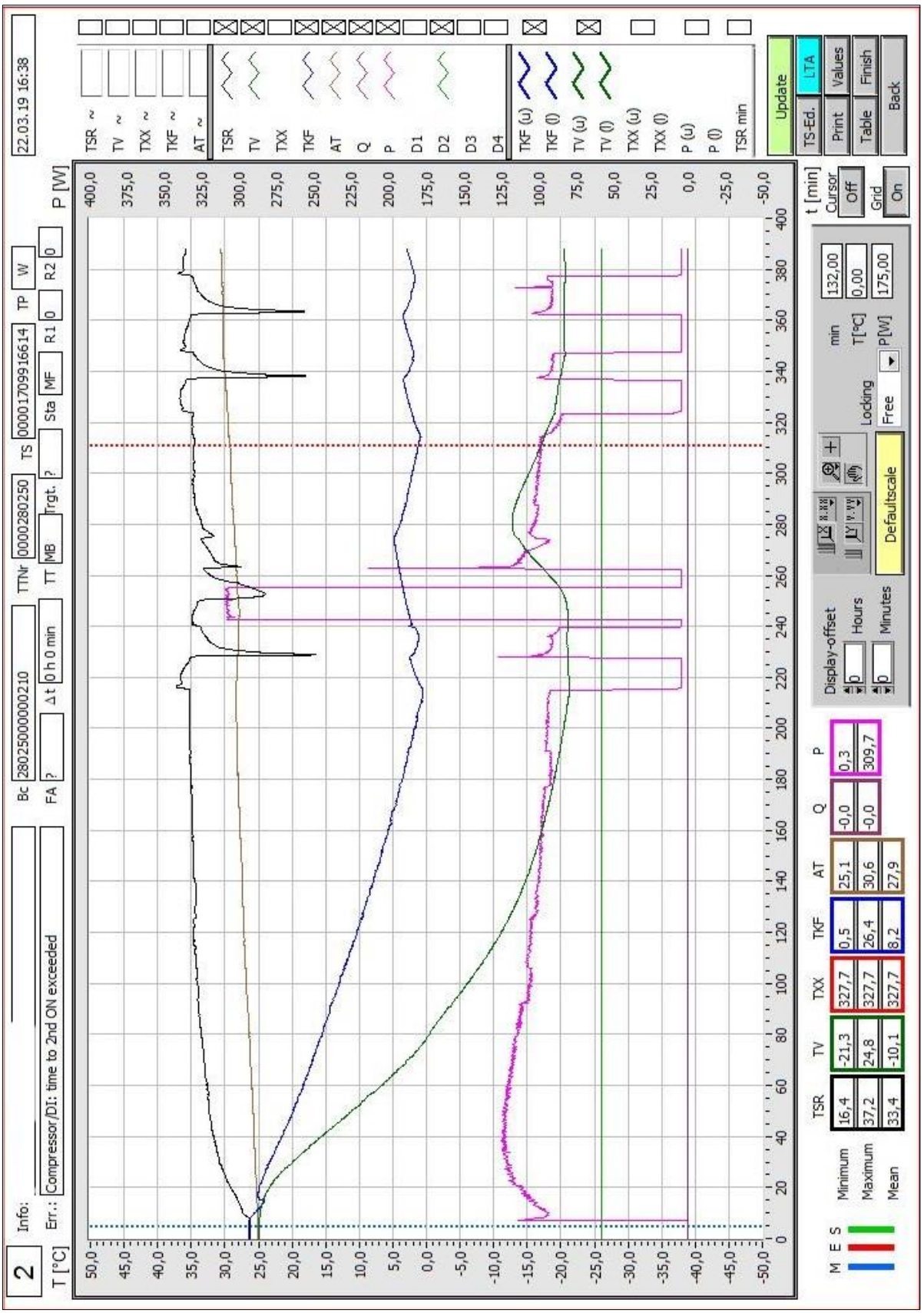


Şekil 5. 12 Lab Cihaz Yerleşimi

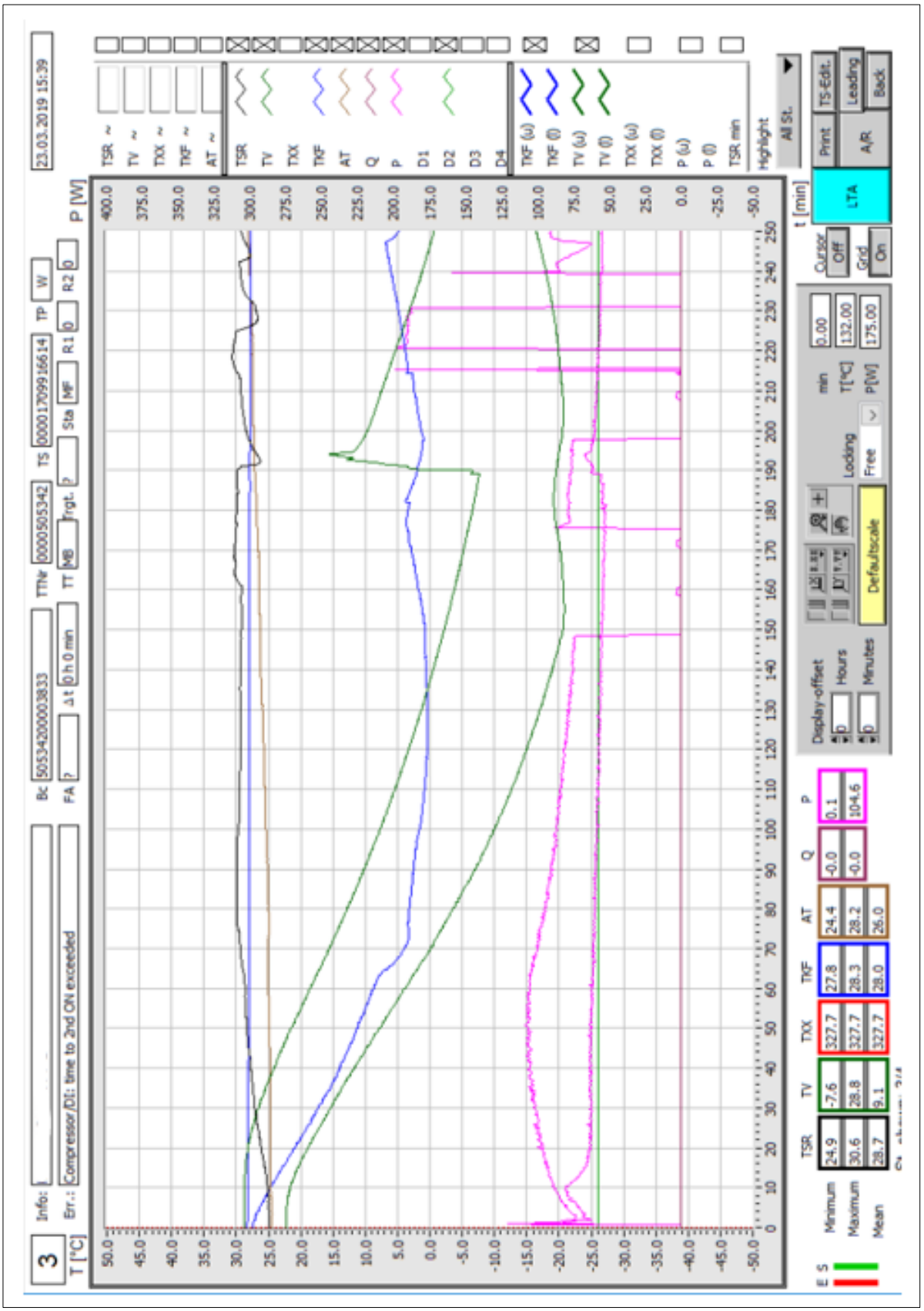
Hatalı cihazlar Laboratuvar koşullarında iç kısma nem yüklenerek soğutma performans testine alındığında (Şekil 5.12'de belirtilen istasyon numaralarında) testlerden geçemeyen ve soğutma performansları yeterli görülmeyen cihazları sistem otomatik olarak kırmızı işaretlemiştir. [65]

Şekil 5.13 ve Şekil 5.14'te program, ayarlanan limit değeri altında veya üzerinde görülen sıcaklıklarda bir çevrim (Buzdolabı soğutma döngüsü) dışarısında algıladığı istasyonları kırmızı olarak göstermektedir.

Cihazların soğutma grafikleri şu şekildedir;



Şekil 5. 13 Verimlilik Deneyi 2 Numaralı İstasyon



Şekil 5. 14 Verimlilik Deneyi 3 Numaralı İstasyon

6. SONUÇLAR

Soğutucuların enerji verimliliği, üzerindeki elektromekanik komponentlerin tükettiği enerjiye, bulunduğu ortam koşullarına, yalıtım materyallerinin zenginliğine bağlıdır. Endüstriyel dünya; artan enerji tüketimi, küresel ısınma ve bu nedenlerin dolaylı yoldan doğurduğu rekabetçilik; elektrikli ev aletlerin içerisinde en çok güç sarf eden ev tipi buzdolabı ve soğutma elemanlarının stabil olarak çalışmasını, en az güç tüketimi ile yüksek düzeyde verimliliği kaliteden ödün vermeden sağlamayı elzem kılmıştır.

Tez çalışmasında tasarlanan kalite kontrol kapıları soğutma fabrikasında üretim alanlarında konuşlandırılarak kontrol edilen malzeme özelinde enerji sarfiyatını sabit bir düzeyde veya altında tutma yaklaşımına sahiptir.

Fan kontrol ekipmanında HENVEE sayaç ile "Bulgular ve Tartışma" bölümünde edilen sonuçlar ışığında buharlaştırıcı fanı kontrol limitleri belirlenmiştir.

Motorize flap kontrol makinesinde ise OMRON varlık sensörü yardımıyla hava kanalı cihaz ile eşleştirilmesi sağlanmış olup kullanılan S7 1500 PLC ile TIA V Portal programı üzerinde algoritması işlenerek flap çalışma işlevselliği kontrolü sağlanmıştır.

Sonuçlar ve sıra numarası, takip edilebilirliği her kontrol sonucunda sonucu belirten etiket bastırılıp kontrol edilen malzeme üzerine yapıştırılarak sağlanmıştır.

Çalışma ve uygulama ana başlıkları şu şekildedir;

- Üretim alanındaki tek ölçüm niceliği enerji tüketimi olduğundan, tez çalışmasında soğutmayı ve müşteri şikâyetini oluşturan diğer girdilerin üretim esnasında ölçüm ve kontrolünün sağlanması.
- Kontrol ekipmanları için en uygun değer ve düzeyde limitlerin deneylerle belirlenerek, uygun donanım ve malzemeye tahribat vermeyecek ölçüm sisteminin seçilmesi.
- Ayrılan hatalı malzemelerin tekrar kullanımını engellemek üzere karantina bölgesi yaratılması.

Bu bağlamda elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibidir;

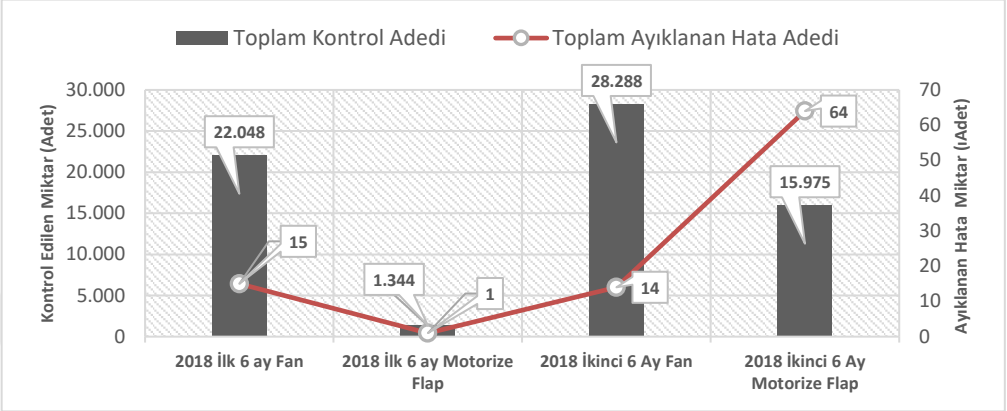
- ✓ Motorize flap kontrolü için hava kanalı gövde montaj alanı, fan kontrol makinesi için buharlaştırıcı ve fan birleşim alanı seçilmiştir.
- ✓ Bu çalışmada fanın en az seviyede güç tüketimi ile uygun değer ve düzeyde, ayarlanan sıcaklık değerine en yakın değere ulaşması için %85 oranında kare dalga sinyali ile beslenmesinin gerektiği saptanmıştır. Bu değer daha azına indirgendiğinde soğutma için fanın çalışması gereken süre artacağından, cihazın günlük tüketmesi gereken güç miktarı buna bağlı ve doğru orantılı olarak artacaktır. Tablo 6.1'deki değerler +4°C ve -20°C sıcaklık değerlerine ayarlanan bir buzdolabından edilmiştir.

Tablo 6. 1 Fan PWM ve Cihaz Enerji Tüketim İlişkisi

Sinyal	Hız(m^{-1})	Soğutucu Bölme Sıcaklık (^{o}C)	Dondurucu Bölme Sıcaklık (^{o}C)	Cihaz Güç Tüketimi/Gün	Fan Güç Tüketimi
60%	1550	10,00	-12,00	0.818 kWh	1 W
65%	1650	9,00	-12,00	0.748 kWh	1.2 W
75%	1820	6,00	-16,00	0.644 kWh	1.25 W
80%	1840	4,00	-18,00	0.503 kWh	1.3 W
85%	1865	4,00	-20,00	0.498 kWh	1.3 W
90%	1900	4,00	-20,00	0.498 kWh	1.41 W
100%	1910	3,68	-21,00	0.511 kWh	1.6 W

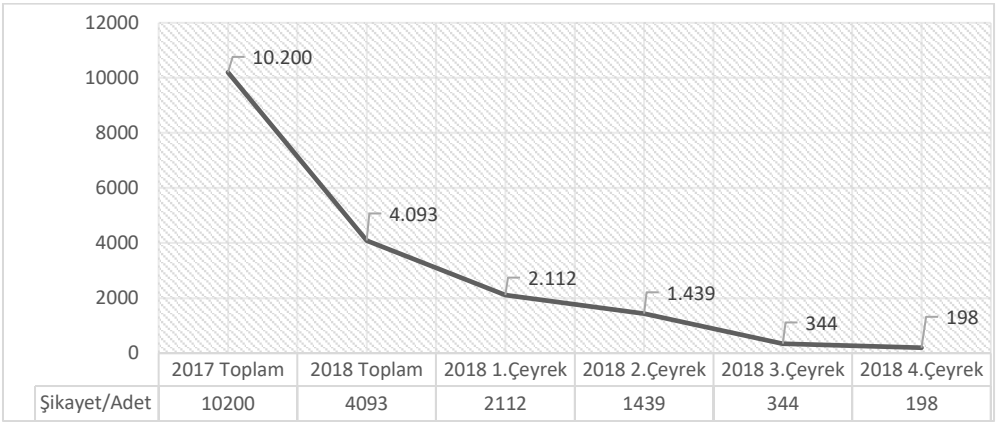
- ✓ Bölüm 4'te detaylıca bahsedilen kontrol kapısı ile fan, buzdolabı üzerine monte edilmeden önce ayrıştırılarak, üretim hattının iş gücü kapasitesi ve tek seferde doğru üretim oranına olumlu etkisi olduğu gözlemlenmiştir.

✓ Tablo 6.1'de belirlenen en uygun limit değeri, makine kontrol limitleri ile bağdaştırılarak 2018 yılının ilk yarısında 15 adet, ikinci yarısında ise 14 adet müşteri şikâyetine neden olabilecek, soğutmayı olumsuz yönde etkileyebilecek fan ayrılmış ve bu durum önlenmiştir. Bu dağılım Şekil 6.1'de histogram grafiği ile gösterilmiştir. Hatalı adet rakamları kırmızı ile gösterilmiştir.



Şekil 6. 1 Kontrol Edilen ve Ayıklanan Malzeme

✓ 2018 yılında üretilen cihazların saha tepkileri incelendiğinde ise 2018 yılında 2017 yılına göre %75 oranla; 2018'in ikinci yarısında ise ilk yarısına göre %65 oranla iyileşme olduğu gözlemlenmiştir. Bu iyileşme ve önceki yıl ile kıyaslama Şekil 6.2'de adetler ile detaylandırılmıştır.



Şekil 6. 2 2017,2018 Yılı ve 2018 Yılı Çeyrek Bazlı Saha İncelemesi

Yukarıda anlatılan başlıklara istinaden, azalan kalitesizlik maliyeti ve sağlanan enerji tasarrufu, tez çalışmasının üretim girdilerinde yarattığı olumlu etkiyi betimlemektedir.

KAYNAKLAR

[1] Edward, O.; (1953) "Ice Harvesting and Storing in the Eighties" Princeton Legacy Library,New Jersey,Amerika Birleşik Devletleri.

[2] Dostal, J.; Greenough. D.; (1992) "Cooling History and Differentiation of a Thick North Mountain Basalt Flow " 55, Bulletin of Volcanology, Amerika Birleşik Devletleri

[3] "The Impact of Refrigerator", https://www.history-magazine.com/refrig.html. (Son Erişim: Şubat,2019)

[4] "TÜRKBESD", http://www.turkbesd.org/bilgiler.php?P=3. (Son Erişim: Mayıs,2019)

[5] Wang,D.; (2018) An Enterprise Data Pathway to Industry 4.0, IEEE Engineering Management Review, 3(46), 101-103.

[6] Ağakay,V.; (2013) Experimental Performance Investigation and Variable Speed Compressor Implementation of a Household Refrigerator, Yüksek Lisans Tezi, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, İzmir, Türkiye, 15-32.

[7] Odabaaşı,M.; (2015) Kapının Açık Kaldığı Sürece Buzdolabına Olan Isı Transferi ve Akışın Modellenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, Türkiye, 12-28.

[8] Karagöz,S.; (2016) Buzdolabı Bileşenlerinde Maliyetin Düşürülmesi Çlışması, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,İzmir, Türkiye, 20-41

[9] Çelikkan,O.; (2014) Vibro Acoustic Analysis of a Refrigerator Freezer Cabineet Coupled with the Air Duct, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, 15-21.

[10] Müminoğlu, F.; (2017) Vakum İzolasyon Panelleri ve Buzdolabı Performansı Üzerindeki Yaşlanma Etkilerinin Deneysel Olarak İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,İzmir, Türkiye,41-54.

[11] Şahin, F.; (2015) Buhar Sıkıştırma ve Termoelektrik Teknolojilerinin Kullanıldığı Hibrit bir Buzdolabında Soğutma Performansının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Niğde, Türkiye, 34-68.

[12] Uslu,Ç.; (2015) Buzdolabına Adapte Edilebilen Katmanlı Donma Yöntemi ile Saydam Buz Yapabilen bir Buz Makinası Konstrüksiyonu, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, 22-36.

[13] Öztürk, A.; (2013) Investigation of the Refrigerator Bottom Cabinet Cavity Acoustic Behavior, Yüksek Lisans Tezi, Özyeğin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, 55-74.

[14] Çırpan,T.; (2012) Fotovoltaik Panelden Beslenen bir Buzdolabı için Elektronik Kontrol Sistemi Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, 29-40.

[15] Aytekin,T.; (2013) 3.3 V Gerilim ile Çalışan Beyaz Eşya Kontrol Kartı Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,İstanbul, Türkiye, 17-70.

[16] Karahan,M.; (1998) Endüstriyel Bilgisayarlar ve Otomasyon PLC Kontrollü bir Fabika Otomasyonu Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sivas, Türkiye, 2-18.

[17] Çilek, A.; (2005) PLC ve SCADA ile Endüstriyel Otomasyon Uygulamalar, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,Ankara, Türkiye, 11-30.

[18] Pişmişoğlu, A.; (2016) PLC ile Soğutma Sistemi Otomasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri, Türkiye, 1-14.

[19] Mirzaoğlu, İ.; (2008) PLC ve SCADA Kullanarak İrmik Üretim Sisteminin Otomasyonu,» Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye,1-15.

[20] Doğan, N.; (2006) Hidroelektrik Santrallerde Cebri Boru Kapaklarının PLC Sistemi ile Otomasyonu ve Kontrolü, Yüksek Lisans Tezi,Fırat Üniversitesi, Elektrik Eğitimi Anabilim Dalı,Elazığ,Türkiye,2-17.

[21] Amasya, M.; (1995) Tek Merkazden Denetlenen çok PLC'li bir Sistemin Tekstil Boyama Prosesinin Otomasyonda Kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,İstanbul, Türkiye, 3-24.

[22] Dias, C.; ve Pereira, F.; (2018) Broken Rotor Bars Detection in Induction Motors Running at Very Low Slip Using a Hall Effect Sensor,cilt 18, no. 11.

[23] Savran, A.; (2018) Vision Based Positioning ABB IRB 140 Robot for Gas Leakage Test Automation, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,İstanbul,Türkiye, 2-61.

[24] Efe, E.; (2018) Endüstriyel Robot ve PLC Entegrasyonuyla Talaşlı İmalat Üretim İşleminin Gerçekleştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,Konya, Türkiye, 21-49.

[25] Korkmaz, O.; (2005) Design and Implementation of a PC-Based Heart Rate Variability and Respiration Recording System, Yüksek Lisans Tezi, Bilkent Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye, 10-18.

[26] Gül, H.; (2017) Sıcak Havalı Kurutuculardа Enerji Tüketimini Azaltmak için Yeni Bir Otomasyon Sisteminin Geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat, Türkiye, 1-19.

[27] Öylek, İ.; (2014) Hareketli Bant İçeren bir Otomasyon Prosesinin Veri Matris Kodu Teknikleri Kullanılarak Gerçeklenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, Türkiye, 1-11.

[28] Polat,Z.; (2018) Mesleki Teknik Eğitim için İnternet Üzerinden Gerçek Zamanlı Aydınlatma Laboratuvar Tasarımı, Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, 28-37.

[29] Yurttaş, H,; (2004) Labview Bilgisayar Programı ile Veri Toplama ve Kontrol: Bir Buhar Sıkıştırmalı Derin Dondurucunun Test Edilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye, 21-33.

[30] Yamasaki, N.; (2008) Active Control of Fan Noise with FPGA, Journal of Thermal Science , 9 Haziran, Tokyo, Japonya.

[31] Öztürk, N.; ve Yıldız, M.; (2014) Bilgisayar Tabanlı Balistokardiyografi Sistemi Geliştirilmesi, cilt 3, no. 14, Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.

[32] Kottilingam, S.; Wikle, H.; Zee, R.; ve Chin, B.; (2001) Infrared Sensing Techniques for Penetration Depth Control of the Submerged Arc Welding Process, ASME, Journal of Processing Technology, Auburn, Amerika Birleşik Devletleri.

[33] Edward, O.; (1953) An Ice Plant of the Eighteen-Nineties, Refrigeration In America, Princeton Legacy Library, New Jersey, Amerika Birleşik Devletleri.

[34] Tezcan, A.; (2018) Ankastre Buzdolaplarında Kullanılan Çift Çevrimli Kompakt Kondanserin Modellenmesi ve Optimizasyonu, Doktora Tezi, Trakya Üniversitesi,Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne, Türkiye, 24-70.

[35] Edward,O.; (1953) The Expanding Use of Refrigeration, Refrigeration In America, Princeton Legacy Library, New Jersey, Amerika Birleşik Devletleri.

[36] M.E.B. Yayınları (2012) Elektrik-Elektronik Teknolojisi, Soğutma ve Soğutucular, Ankara, Türkiye.

[37] Zhang, X., Chen, A.; ve Duan, H.; (2010) Performance Analysis of the Natural Mixture R744/R600a Refrigeration Cycle, IEEE Conferences, 26-28 Haziran, Wuhan, Çin.

[38] Alhamdo, M.; ve Theeb, M.; (2018) Performance Improvement of an Air Conditioning System During Refrigerant Evaporation, Journal of Engineering and Sustainable Development, 10-12 Ağustos, Buaran, Hindistan.

[39] ASHRAE, (2018) Refrigeration Handbook SI Edition, Atlanta, Amerika Birleşik Devletleri.

[40] M.E.B. Yayınları (2011) Elektrik Elektronik Teknolojisi, Soğutma Sistemleri Elemanları, Ankara, Türkiye.

[41] Çengel Y., (2009) Verimsiz Eski Buzdolaplarının Yüksek Verimli Yenileriyle Değiştirilmesi, WOW Convention Center, 15-16 Ocak, Yeşilköy,İstanbul.

[42] Verimsiz Eski Dolapların Yüksek Verimli Yenileriyle Değiştirilmesi, http://www.yunuscengel.com/verimsiz-eski-buzdolaplarinin-yuksek-verimli-yenileriyle-degistirilmesi/. (Son Erişim: Nisan,2019)

[43] Aydın, M.; Tan, S.; (2016) Political Ecenomy of Taxiation, Ijopec Publication, İstanbul, Türkiye.

[44] Kama, Ö.; Kaplan, Z.; (2012) Türkiye'de Enerji Verimliliğinin Arttırılması, Hukuk ve İktisat Araştırmaları Dergisi, 4(1), İstanbul, Türkiye.

[45] Yıldız, B.; (2018) Eko Etiketlerin Tüketici Davranışları Üzerindeki Etkileri: Buzdolabı Eko Etiketlerinin Konjoint Analizi ile İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Edirne,14-30.

[46] Zhang, L.; Dang, C.; (2010) Performance Analysis of a No-Frost Hybrid Air Conditioning System with Integrated Liquid Desiccant Dehumidification, International Journal of Refrigeration, 33(2),116-124.

[47] O. J. o. t. E. Communities, (1990) Cornet Efficiencies, 19(75), 101-105.

[48] Ballal, M.; Wath, M.; (2017) LabVIEW-based Real-Time Error Compensation System for Measurement Current Transformer Using Piecewise Linearisation, IET Journal Science, Measurement & Technology, 1(13), 74-82.

[49] Padmavathi, M.; Rajeshkumari. B.; ve Kishore, R.; (2018) Bio- Matric Intelligent ATM System, 573(13), 20-26.

[50] Lyman, O.; Longnecker, M.; (2001) An Introduction to Statistical Methods and Data Analysis, Pearson Yayınları, Duxbury, Amerika Birleşik Devletleri.

[51] "Lean Six Sigma" http://leansixsigmadefinition.com/glossary/six-sigma/. (Son Erişim: Nisan, 2019)

[52] Konak, M.; Duman. E.; ve Albayrak, F.; (2004) Altı Sigma, Toplam Kalite, Sakarya Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, Sakarya, 5-11.

[53] Mishra, R.; Elisabeth, A.; ve Shivesh; (2017) Speed Control of Ceiling Fan Using PWM, International Conference on Computation of Power,Energy, Information and Comminication, (ICCPEIC), 22-23 Mart, Chennai, Hindistan.

[54] Ozturk, C.; (2000) Experimental Investigation on the Cycle Nature of Pressure Time History In the Compression Chamber of a Domestic Refrigeration Compressor, Turk Elektrik Endustrisi AS Vibration and Acoustic Laboratory, 10(1), 3874-3877.

[55] Zappi, P.; (2010) Tracking Motion Direction and Distance With Pyroelectric IR Sensors, IEEE Sensors Journal, 8 Haziran, 10(9), 2010.

[56] Junghoon. L.; Daeho, K.; (2011) Smart LED Lighting System Implementation Using Human Tracking US/IR Sensor, (ICTC), 28-30 Eylül, Seoul, Güney Kore.

[57] Altıntaş, A.; (2014) Türbilanslı Duvar Sınırlı Akışlarda Lorentz Kuvveti Etkisi, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye,2-18.

[58] Sergei, Z.; Trusov. A.; (2015) High Quality Factor Resonant MEMS Accelerometer With Continuous Thermal Compensation, IEEE Sensors Journal, 12 Mayıs, 15(9), 5045-5052.

[59] Casas, O.; (2011) Wireless Magnetic Sensor Node for Vehicle Detection With Optical Wake-Up, IEEE Sensors Journal, 11(8), 1669-1676.

[60] Itzke, A.; Weiss, R.; (2019) Influence of the Conductor Position on a Circular Array of Hall Sensors for Current Measurement, IEEE Transactions on Industrial Electronics, 66(1), 580-585.

[61] Pereira, M.; (2006) Dew Point and Relative-Humidity Smart Measuring System, IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, 55(6), 2259-2264.

[62] Xu,L.; (2000) Acoustic Noise Radiated from Direct Torque Controlled Induction Motor Drives, IEEE Power Appl.,147(6), 491-496.

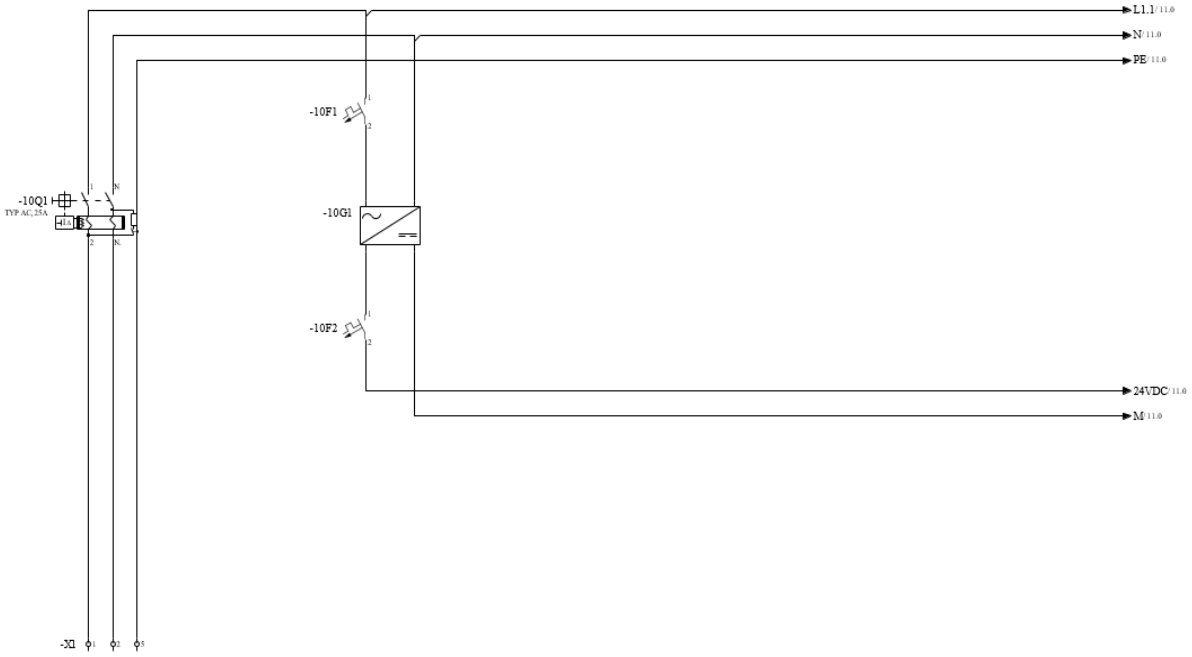
[63] Xiaodong, L.; (2019) Hybrid CFD-CAA Numerical Simulation of Rotor-Stator Interaction Tonal Noise, 16th International Bhurban Conference on Applied Sciences and Technology (IBCAST), 8-12 Ocak, Burban, Pakistan.

[64] Kaytaz, A.; (2017) Çamaşır Kurutma Makinelerinde Oluşan Mekanik Kayıpların İncelenmesi ve Yataklama Sistemi Optimizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, 43-50.

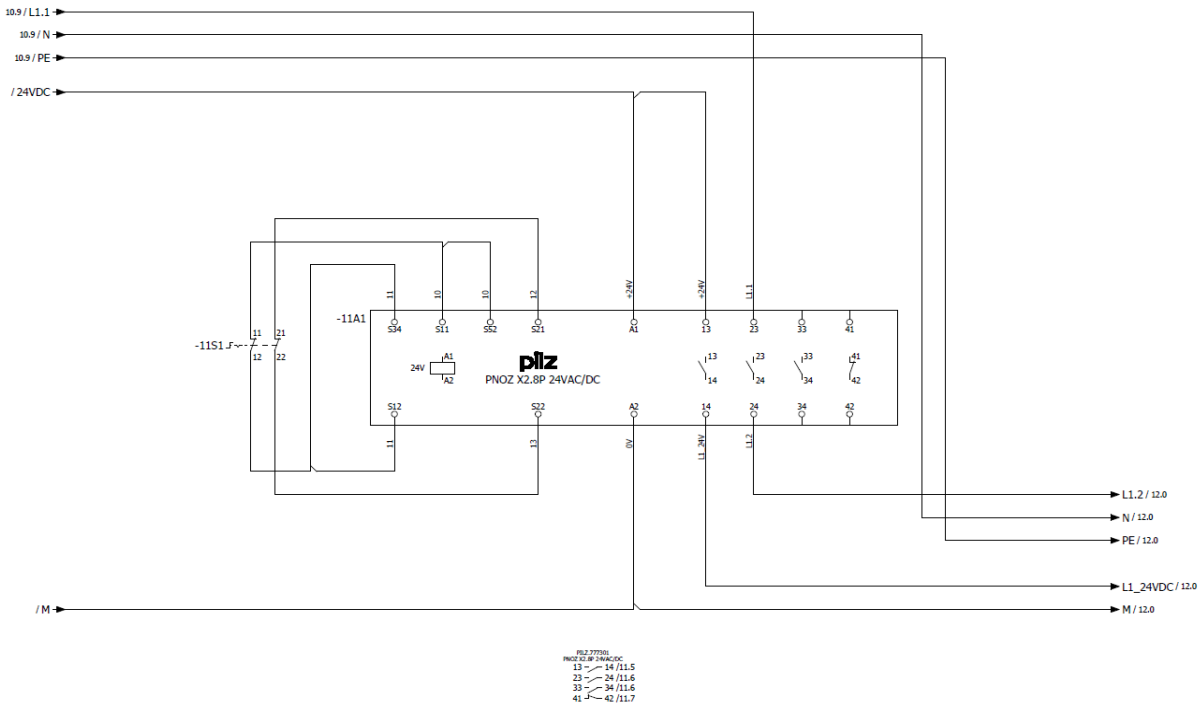
[65] Tahidi, A.; (2018) Effects of Base Fabric Parameters on the Electro-Mechanical Behavior of Piezoresistive Knitted Sensors, IEEE Sensors Journal, 18(11), 4529-4535.

EKLER

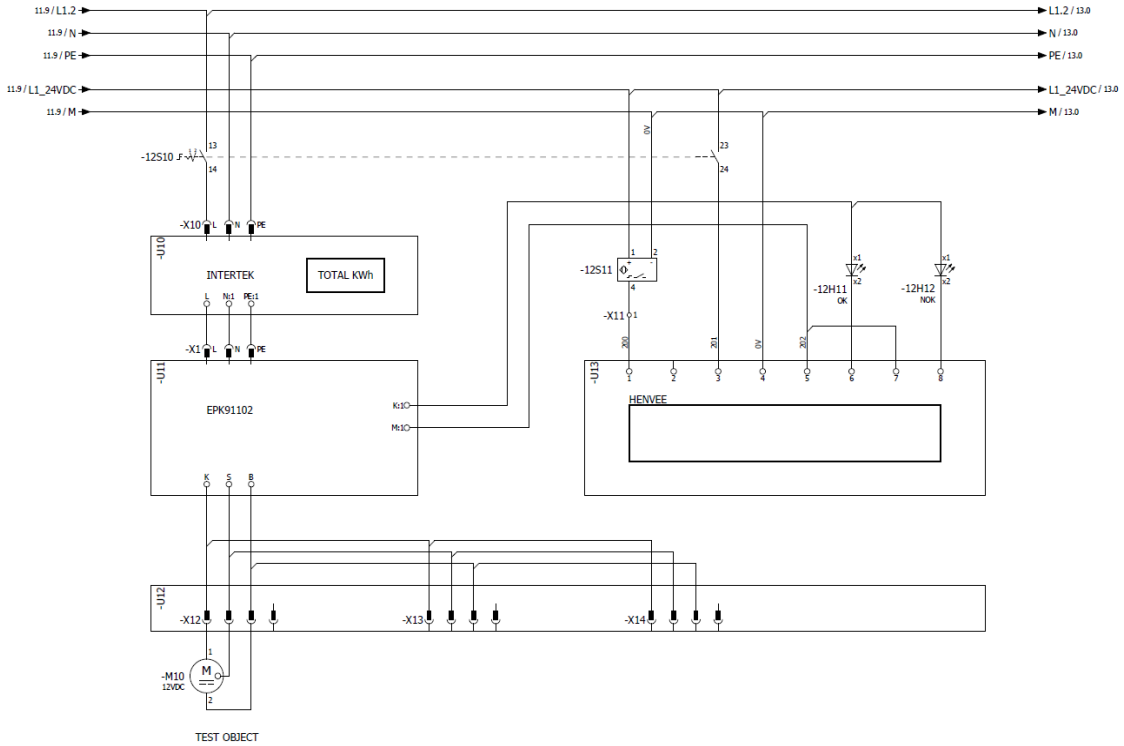
EK 4. 1 Fan Kontrol Makinesi Besleme Katmanı



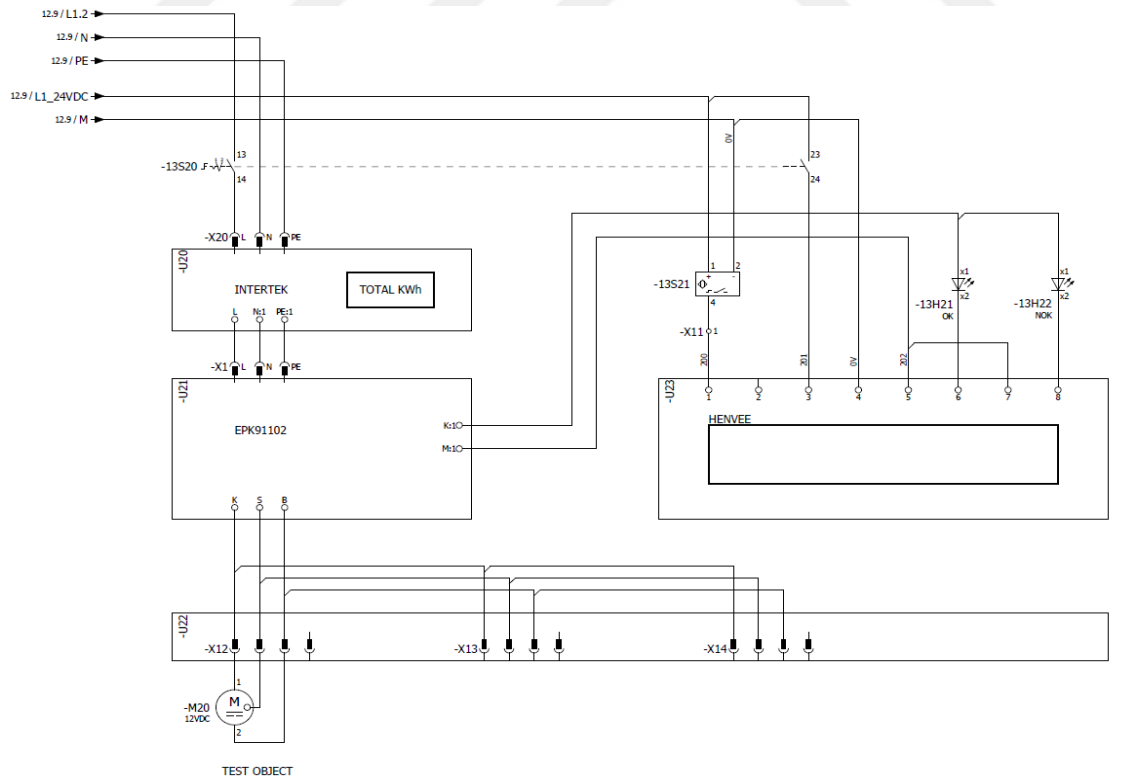
EK 4. 2 Fan Kontrol Makinesi Emniyet Rölesi



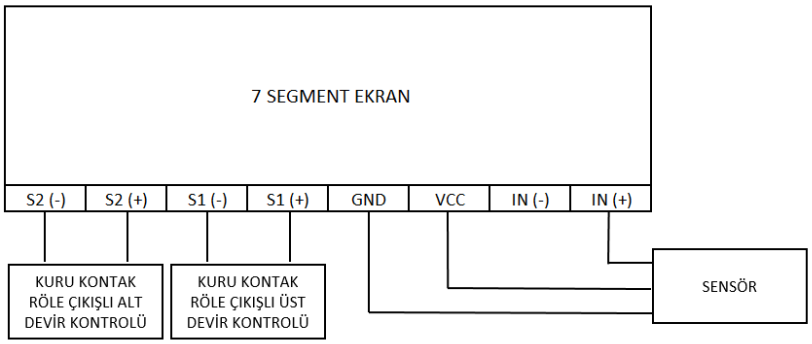
EK 4. 3 Fan Kontrol Makinesi Kontrol Devresi 1



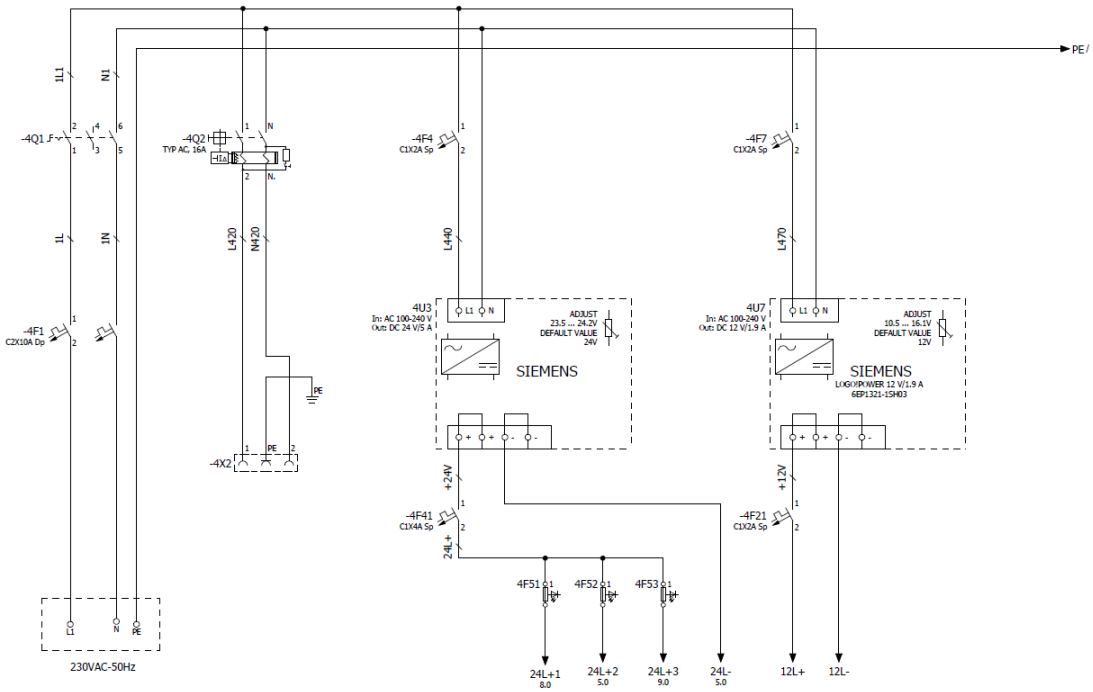
EK 4. 4 Fan Kontrol Makinesi Kontrol Devresi 2



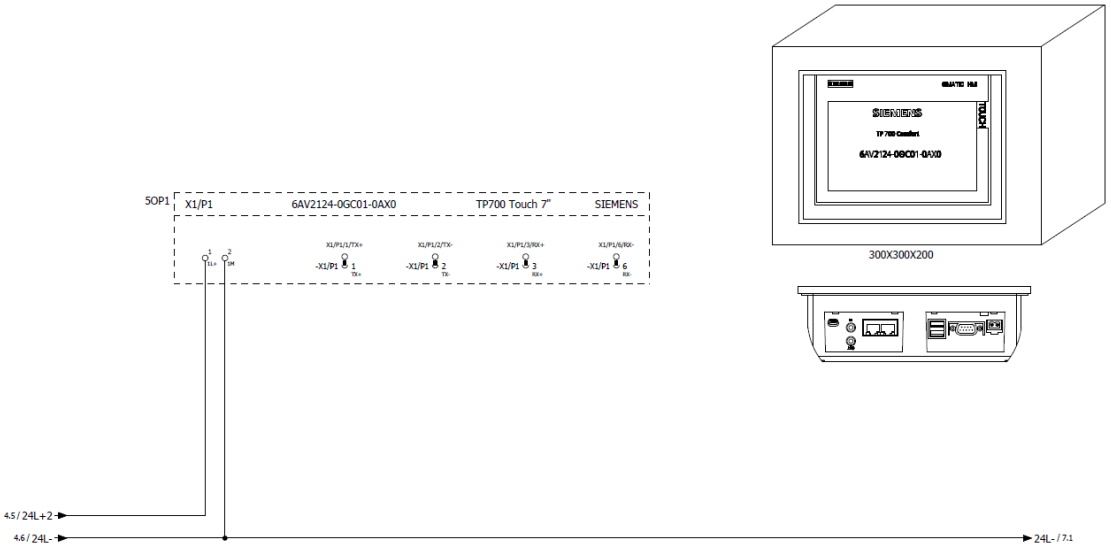
EK 4. 5 Fan Kontrol Makinesi.Sayaç Bağlantı Şeması



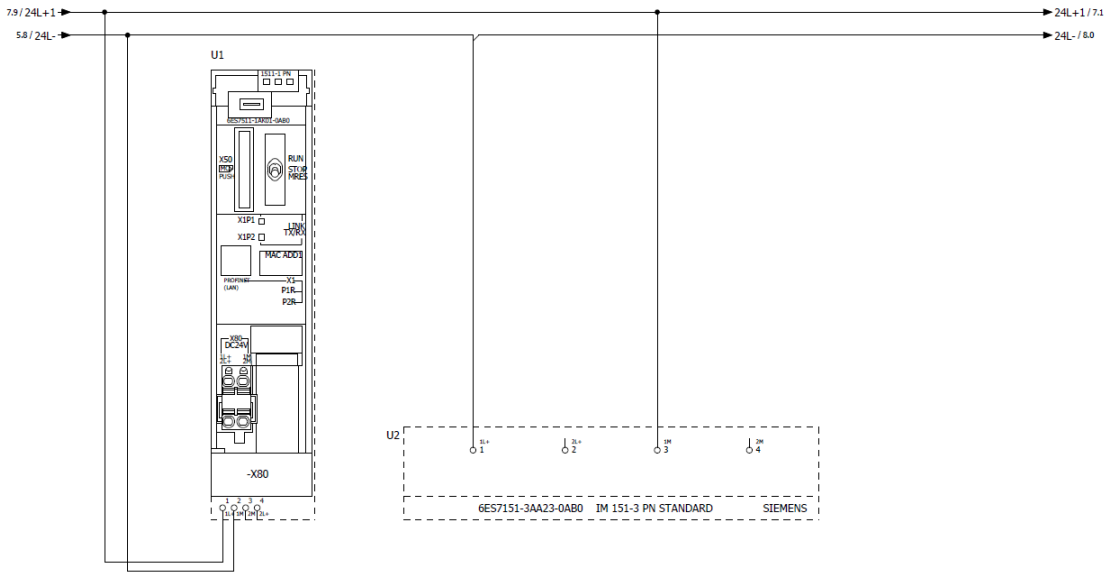
EK 4. 6 Motorize Flap Kontrol Makinesi 24-12v DC Güç Kaynağı



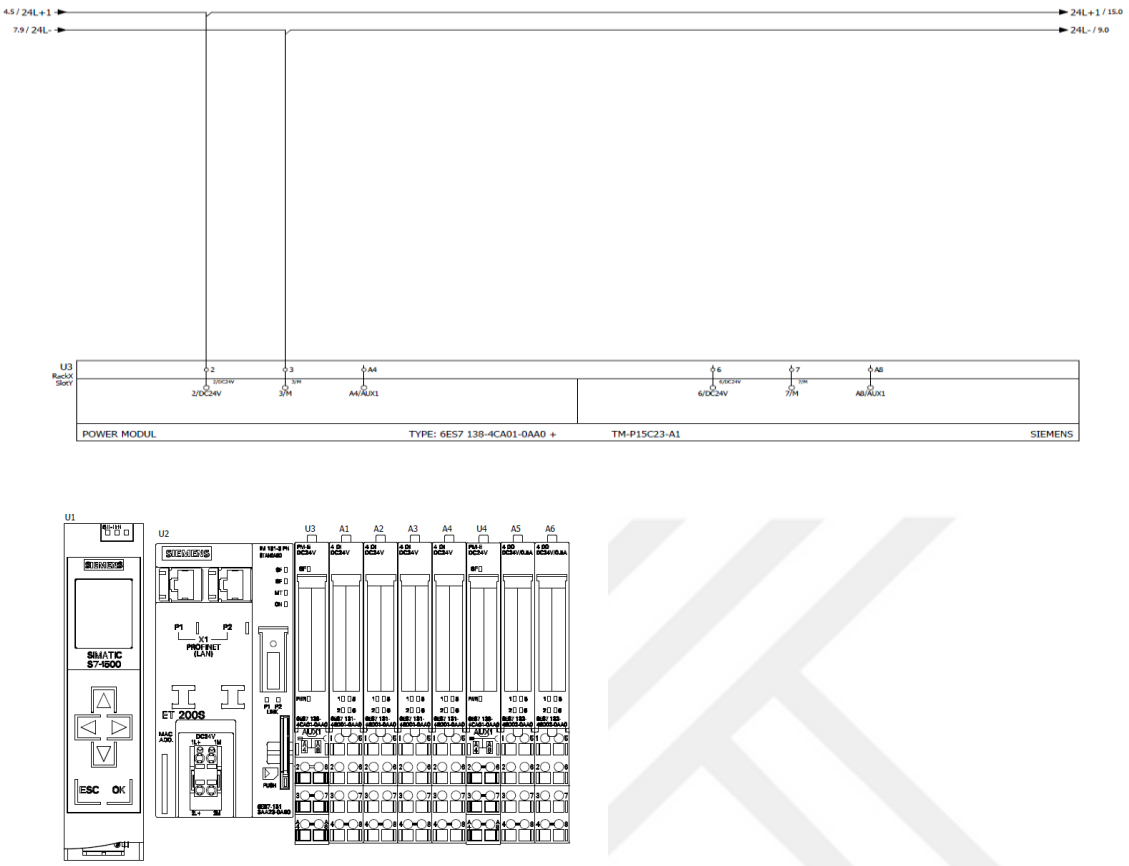
EK 4. 7 Motorize Flap Kontrol Makinesi Kullanıcı Arayüz ve Panel



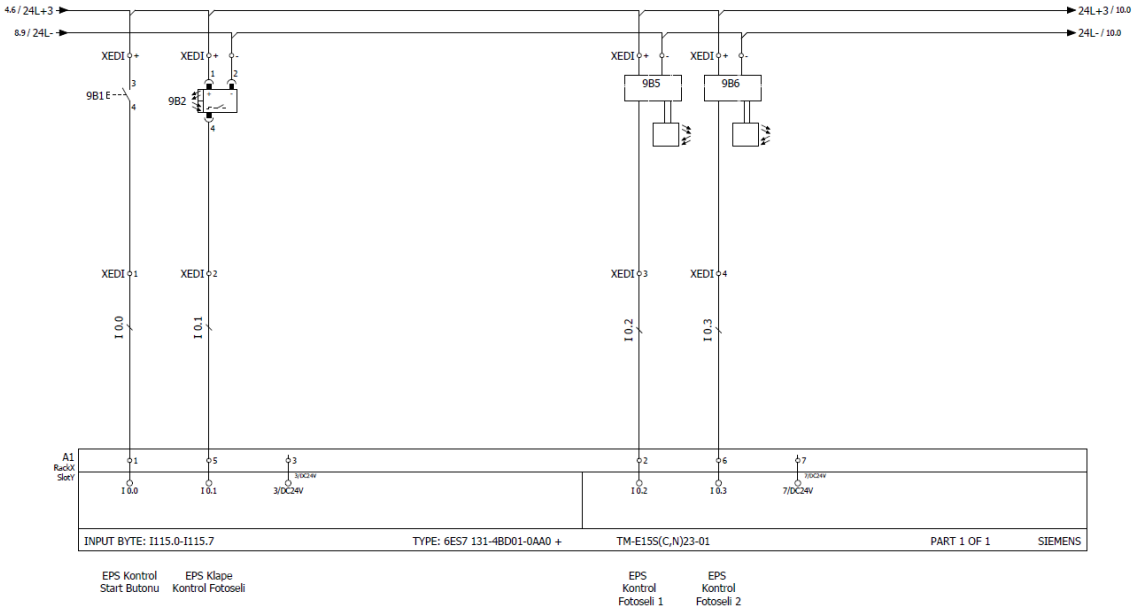
EK 4. 8 Motorize Flap Kontrol Makinesi CPU



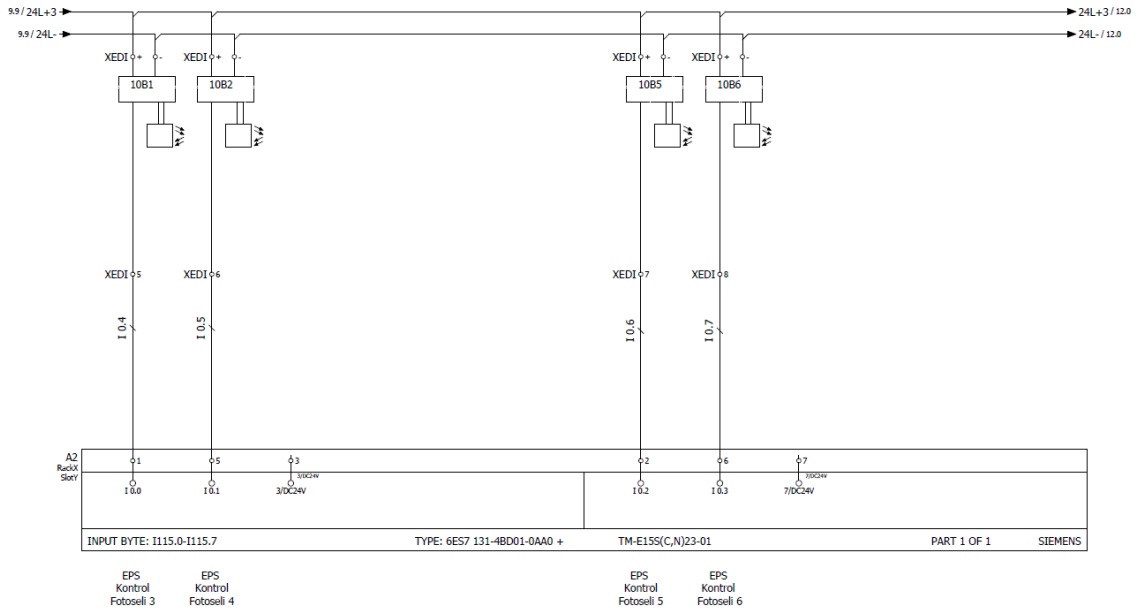
EK 4. 9 Motorize Flap Kontrol Makinesi PLC Diziliş



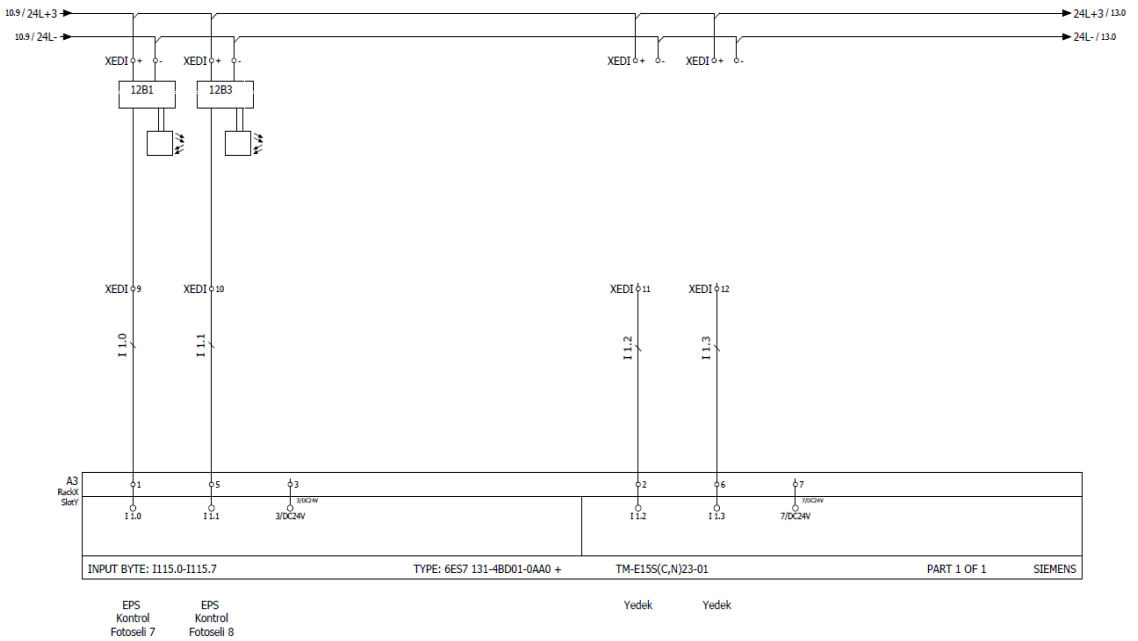
EK 4. 10 Motorize Flap Kontrol Makinesi PLC



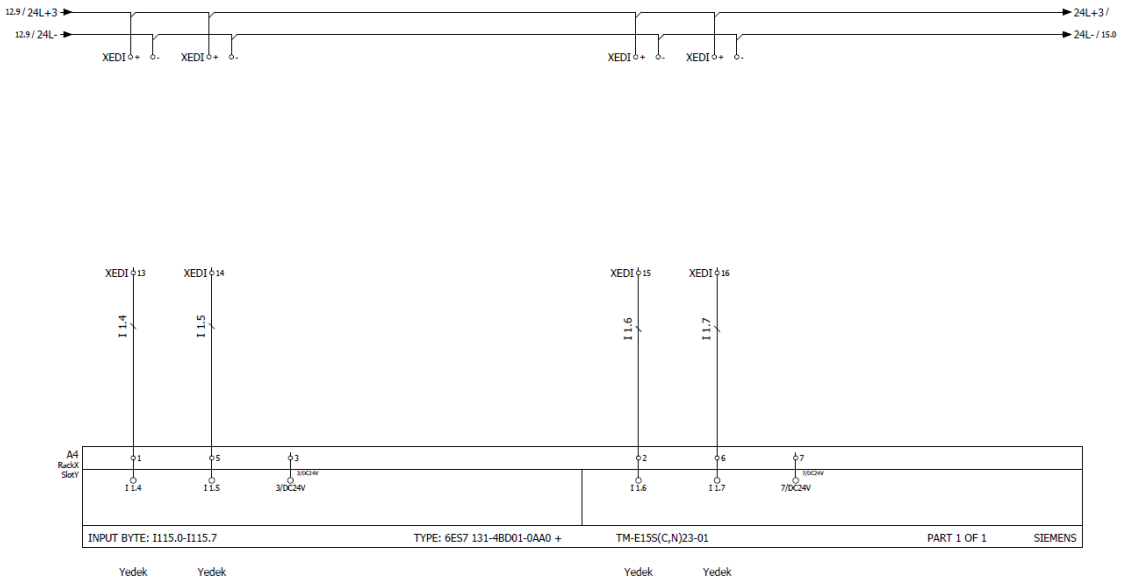
EK 4. 11 Motorize Flap Kontrol Makinesi PLC 2



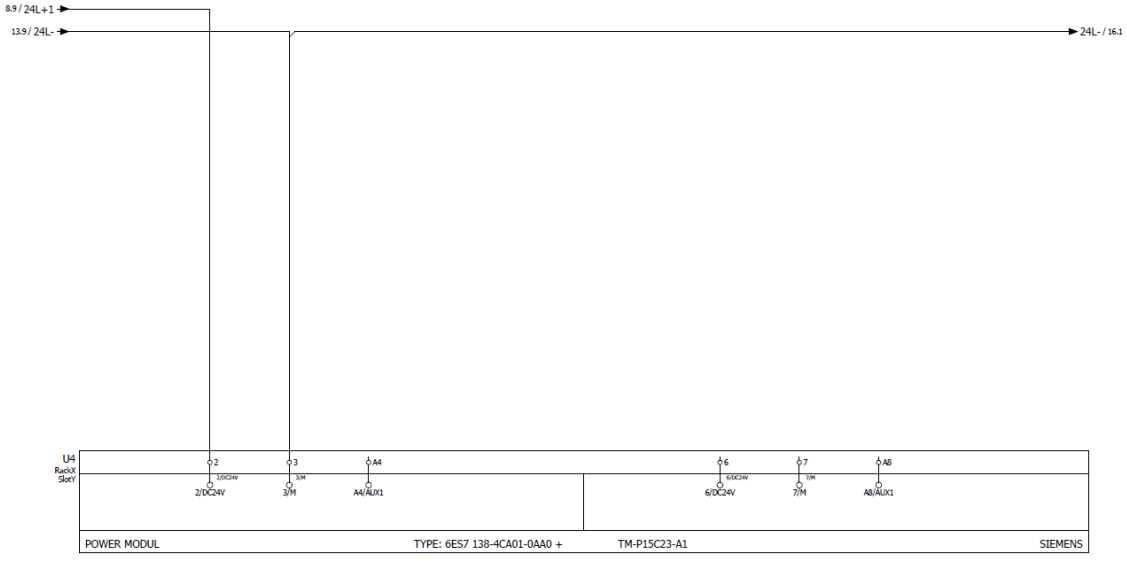
EK 4. 12 Motorize Flap Kontrol Makinesi PLC 3



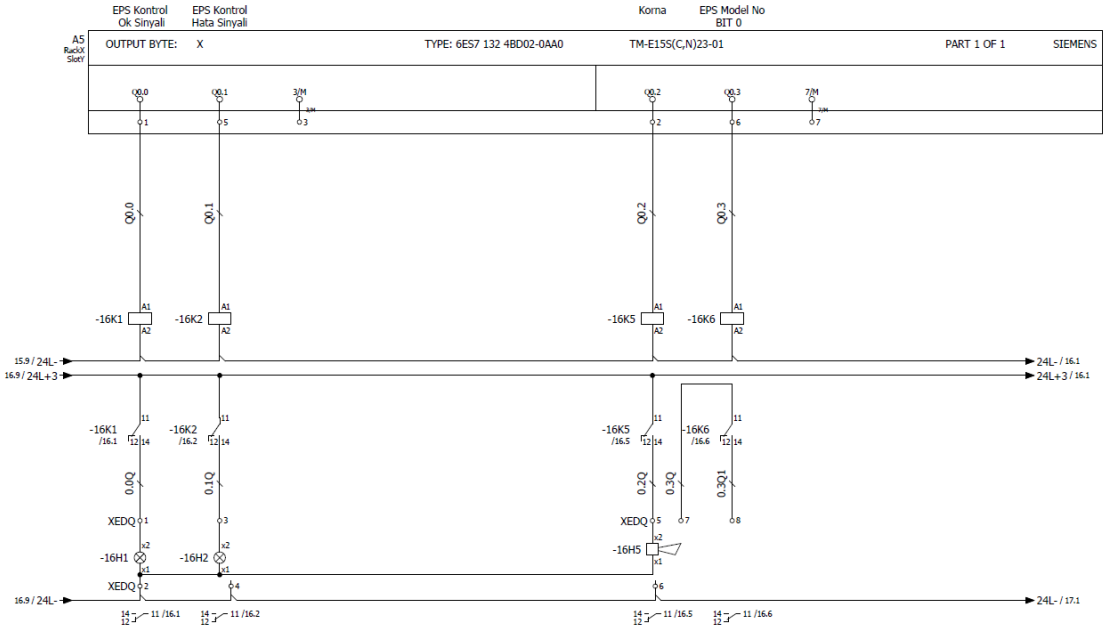
EK 4. 13 Motorize Flap Kontrol Makinesi PLC 4



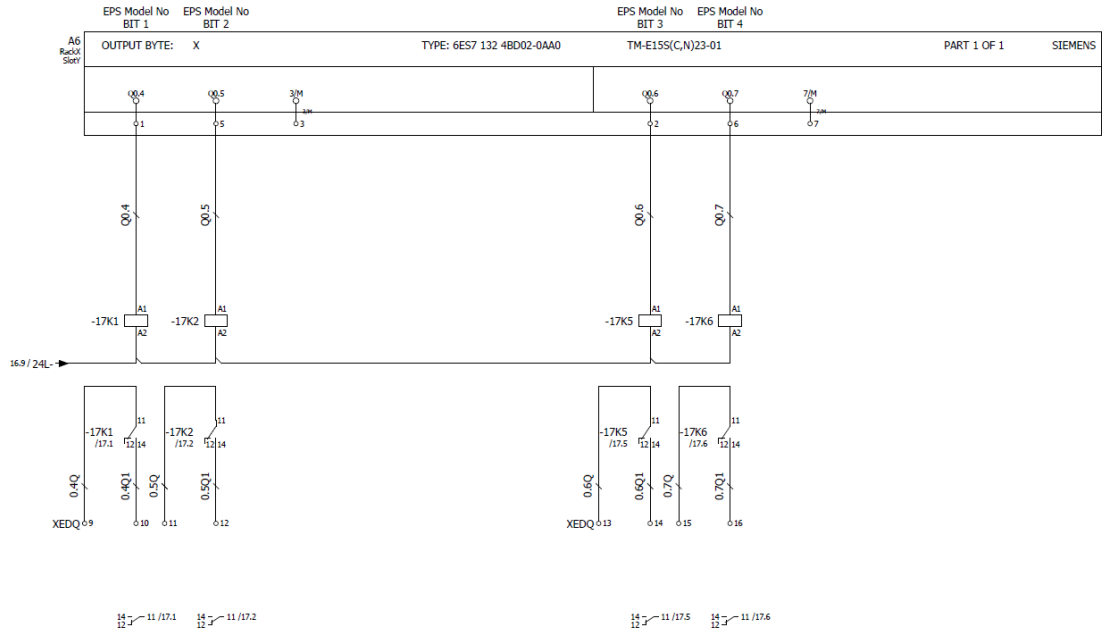
EK 4. 14 Motorize Flap Kontrol Makinesi Güç Kaynağı



EK 4. 15 Motorize Flap Kontrol Makinesi PLC Çıkış



EK 4. 16 Motorize Flap Kontrol Makinesi PLC Çıkış 2



EK 4. 17 Motorize Flap Kontrol Makinesi PLC Algoritma

```
Network 1:

0001 CLR
0002 = "Aoff"
0003 = "Toff"
0004 SET
0005 = "Aon"
0006 = "Ton"

Network 2:

0001 AN "Cycle_Toggle"
0002 = "Cycle_Toggle"

Network 3:

0001 L "Sys_Clock_Byte"
0002 T "Sys_Clock_Byte_Buff"
0003
0004 //set pulse of tactmerkers
0005 L "Sys_Clock_Byte_Buff_Old"
0006 L "Sys_Clock_Byte_Buff"
0007 T "Sys_Clock_Byte_Buff_Old"
0008 XOW
0009 L "Sys_Clock_Byte_Buff"
0010 AW
0011 T "Sys_Pulse_Byte"
0012
0013 //set 5sec pulse
0014 AN "T_Sys Pls 5s"
0015 L S5T#5S
0016 SD "T_Sys Pls 5s"
0017 R "Pulse_5s"
0018 JC pul1
0019 R "T_Sys Pls 5s"
0020 S "Pulse_5s"
0021
0022 //set 10sec pulse
0023 pul1: AN "T_Sys Pls 10s"
0024 L S5T#10S
0025 SD "T_Sys Pls 10s"
0026 R "Pulse_10s"
0027 JC pul2
0028 R "T_Sys Pls 10s"
0029 S "Pulse_10s"
0030
0031 //set 30sec pulse
0032 pul2: AN "T_Sys Pls 30s"
0033 L S5T#30S
0034 SD "T_Sys Pls 30s"
0035 R "Pulse_30s"
0036 JC pul3
0037 R "T_Sys Pls 30s"
```

```
0038 S "Pulse_30s"
0039
0040 //set 1 min pulse
0041 pul3: AN "T_Sys Pls 1m"
0042 L S5T#1M
0043 SD "T_Sys Pls 1m"
0044 R "Pulse_1m"
0045 JC pul4
0046 R "T_Sys Pls 1m"
0047 S "Pulse_1m"
0048
0049 //set 1 h pulse
0050 pul4: AN "T_Sys Pls 1h"
0051 L S5T#1H
0052 SD "T_Sys Pls 1h"
0053 R "Pulse_1h"
0054 JC pul5
0055 R "T_Sys Pls 1h"
0056 S "Pulse_1h"
0057
0058 //set 2 h pulse
0059 pul5: AN "T_Sys Pls 2h"
0060 L S5T#2H
0061 SD "T_Sys Pls 2h"
0062 R "Pulse_2h"
0063 JC pulE
0064 R "T_Sys Pls 2h"
0065 S "Pulse_2h"
0066
0067
0068 pulE: NOP 0
```

Network 4:

```
0001 CALL RD_SYS_T
0002 DTL
0003 RET_VAL :="SYS".Dummy_I
0004 OUT :="SYS".CDT
0005
0006 NRC: NOP 0
0007
```

Network 5:

```
0001 AN "Write_Clock"
0002 JC NWC
0003
0004 CALL BLKMOV
0005 Variant
0006 SRCBLK :=P#DB1.DBX52.0 BYTE 12
0007 RET_VAL :="SYS".Dummy_I
0008 DSTBLK :="SYS".PDT
0009
0010 CALL WR_SYS_T
0011 DTL
```

```
0012 IN :="SYS".PDT
0013 RET_VAL :="SYS".Dummy_I
0014
0015 SET
0016 R "Write_Clock"
0017 NWC: NOP 0
0018
```

Network 6:

```
0001 L 0
0002 T "SYS".Zero_B
0003 T "SYS".Zero_W
0004 T "SYS".Zero_I
0005 T "SYS".Zero_DW
0006 L 0.0
0007 T "SYS".Zero_R
```

Network 1: Call FC/FB

```
0001 CALL "FC00 : System"
0002 CALL "FC10 : EPS Konuldu Kontrolu"
0003 CALL "FC20 : EPS Kontrol Suresi"
0004 CALL "FC30 : EPS Model Kontrol"
0005 CALL "FC40 : EPS Klape Kontrol"
0006 CALL "FC60 : Barcode Printer"
0007 CALL "FC50 : Barcode Printer Init"
0008 CALL "FC70 : HMI"
0009 CALL "FC80 : Sayaclar"
0010 CALL "FC90 : Outputlar"
```

Network 1:

```
0001 L #OB80_EV_CLASS
0002 L B#16#35
0003 ==I
0004 A(
0005 L #OB80_FLT_ID
0006 L B#16#1
0007 ==I
0008 )
0009 S "Cycle_Time_Fault"
```

```
0001 // ^B2 (Interleaved 2 OF 5 Bar Code)
0002 // ****************************************
0003 //^XA / Start
0004 //^FO60,50^BY5 / 60:Sağdan boşluk, 50:Ustten boşluk, BY5:Koyuluk
0005 //^B2N,150,Y,N,N / 150:barcode yüksekligi
0006 //^FD8001103068^FS / 8001103068 : yazdırılacak barcode
0007 //^XZ / End
0008
0009 "PRINT".Byte_01 := '^';
0010 "PRINT".Byte_02 := 'X';
0011 "PRINT".Byte_03 := 'A';
0012 "PRINT".Byte_04 := '^';
```

```
0013 "PRINT".Byte_05 := 'F';
0014 "PRINT".Byte_06 := 'O';
0015 "PRINT".Byte_07 := '6';
0016 "PRINT".Byte_08 := '0';
0017 "PRINT".Byte_09 := ',';
0018 "PRINT".Byte_10 := '5';
0019 "PRINT".Byte_11 := '0';
0020 "PRINT".Byte_12 := '^';
0021 "PRINT".Byte_13 := 'B';
0022 "PRINT".Byte_14 := 'Y';
0023 "PRINT".Byte_15 := '5';
0024 "PRINT".Byte_16 := '^';
0025 "PRINT".Byte_17 := 'B';
0026 "PRINT".Byte_18 := '2';
0027 "PRINT".Byte_19 := 'N';
0028 "PRINT".Byte_20 := ',';
0029 "PRINT".Byte_21 := '1';
0030 "PRINT".Byte_22 := '5';
0031 "PRINT".Byte_23 := '0';
0032 "PRINT".Byte_24 := ',';
0033 "PRINT".Byte_25 := 'Y';
0034 "PRINT".Byte_26 := ',';
0035 "PRINT".Byte_27 := 'N';
0036 "PRINT".Byte_28 := ',';
0037 "PRINT".Byte_29 := 'N';
0038 "PRINT".Byte_30 := '^';
0039 "PRINT".Byte_31 := 'F';
0040 "PRINT".Byte_32 := 'D';
0041 "PRINT".Byte_33 := "RCP".Barkod[1];
0042 "PRINT".Byte_34 := "RCP".Barkod[2];
0043 "PRINT".Byte_35 := "RCP".Barkod[3];
0044 "PRINT".Byte_36 := "RCP".Barkod[4];
0045 "PRINT".Byte_37 := "RCP".Barkod[5];
0046 "PRINT".Byte_38 := "RCP".Barkod[6];
0047 "PRINT".Byte_39 := "RCP".Barkod[7];
0048 "PRINT".Byte_40 := "RCP".Barkod[8];
0049 "PRINT".Byte_41 := "RCP".Barkod[9];
0050 "PRINT".Byte_42 := "RCP".Barkod[10];
0051 "PRINT".Byte_43 := '^';
0052 "PRINT".Byte_44 := 'F';
0053 "PRINT".Byte_45 := 'S';
0054 "PRINT".Byte_46 := '^';
0055 "PRINT".Byte_47 := 'X';
0056 "PRINT".Byte_48 := 'Z';
0057
0058
0059
0060
```

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler
Sefa BOYACI
İstanbul / 1993
sefaboyaci@marun.edu.tr

Öğrenim Bilgileri
Gazi Anadolu Lisesi, Fen Bilimleri Bölümü, 2011
İstanbul Arel Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Müh. Bölümü, 2016