



**T.C.**

**BATMAN ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**PETROL KUYULARI İZLEME SİSTEMİ**

**Mehmet Eşref DEMİR**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Temmuz-2020  
BATMAN  
Her Hakkı Saklıdır**

## TEZ KABUL VE ONAYI

Mehmet Eşref DEMİR tarafından hazırlanan "Petrol Kuyuları İzleme Sistemi" adlı tez çalışması 08/07/2020 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / ~~oy çokluğu~~ ile Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

### Jüri Üyeleri

#### Başkan / Danışman

Prof. Dr. Sadettin AKSOY

#### Üye

Doç. Dr. Ömer Faruk ERTUĞRUL

#### Üye

Dr. Öğr. Üyesi Yılmaz KAYA

### İmza



Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Şahnaz TİĞREK  
FBE Müdürü

## **TEZ BİLDİRİMİ**

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

## **DECLARATION PAGE**

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

Mehmet Eşref DEMİR

08.07.2020

# ÖZET

## YÜKSEK LİSANS TEZİ

### PETROL KUYULARI İZLEME SİSTEMİ

**Mehmet Eşref DEMİR**

**Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü  
Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman: Prof. Dr. Sadettin AKSOY**

**2020, 72 Sayfa**

**Jüri**

**Prof. Dr. Sadettin AKSOY**

**Doç. Dr. Ömer Faruk ERTUĞRUL**

**Dr. Öğr. Üyesi Yılmaz KAYA**

Her geçen gün artan petrol ve doğal gaz ihtiyacının mümkün olduğunca yerli kaynaklardan karşılanması yönündeki faaliyetler kapsamında, ülkemizin yeterince aranmamış basenlerinde ve özellikle Karadeniz ve Akdeniz'deki deniz alanlarında yapılan çalışmalar büyük bir ivme kazanmıştır. Bununla birlikte keşif yapılmış sahalarındaki petrol ve doğal gaz üretiminin kesintisiz devam etmesi son derece önem arz etmektedir. Bu da üretim sahaları kapsamındaki petrol ve doğal gaz kuyularının uzaktan izlenmesi ile mümkün olabilecektir.

Motor gerilimi ve akımı, petrol hattı sıcaklığı ve basıncı, vb. istenen verilerle kuyu başı pompa düzeneklerinin uzaktan izlenmesi istenmektedir. Ayrıca sistem çalışması durduğunda kuyu başı pompa motorunun aşırı ısınma, aşırı voltaj, aşırı akım, çalışmıyor, titreşim, vb. tanımlı arızalarla birlikte SMS yoluyla ve bu proje için hazırlanmış android uygulama yüklü bir cihazla ilgili kişinin haberdar edilmesi hedeflenmektedir. Söz konusu çalışmayla yapılacak sistem, arızaya en kısa sürede müdahale imkanı sağlayarak petrol üretim kaybının minimum seviyeye indirgenmesine katkı sağlayacaktır. Bu sistem, aynı zamanda kuyu başı pompa düzeneklerinde takibi istenilen verilerin bir veri tabanında toplanarak istenildiğinde bu verilere yetkili kullanıcıların erişebilmesine olanak sağlayacaktır.

Buradaki çalışmamızda, maliyet ve farklı nedenlerden söz konusu uzaktan izleme sistemi, bir petrol kuyusu at başı pompa maketi üzerinde model olarak yapılmıştır. Maket üzerinde tasarlanan devrede merkezi kontrol birimi olarak arduino mega 2560 kullanılmıştır. Tasarlanan devre ve arduino yazılımı ile maket at başı pompa DC motorun gerilimi, akımı, gücü, sıcaklığı ve at başı hareketi hazırlanan android uygulamanın yüklü olduğu herhangi bir cihaz ile uzaktan izlenmiştir. Aynı zamanda model sistem devresindeki GPRS/GSM modülü içerisindeki mobil hatta gönderilen durum sorgu talep SMS ile arduino yazılımında tanımlı GSM hatta sistem anlık verisi SMS olarak alınabilmektedir. İzlenen veriler, model sistemde tasarlanan devredeki HMI dokunmatik LCD ekranda da okunabilmektedir. Ayrıca devreye eklenen motor sürücüsü ile maket at başı motorun devir sayısı HMI ekrandan ayarlanarak izlenen verilerdeki anlık değişimler gözlemlenmiştir. Diğer taraftan oluşturulan arıza senaryoları ile model sistem çalışması durduğunda tanımlı arıza ve sistem çalışmıyor uyarısı, anlık olarak arduino yazılımında tanımlı GSM hat üzerinden SMS olarak ve hazırlanan android uygulamanın yüklü olduğu herhangi bir cihaz ile bildirilmiştir. Model sistemin arıza sonrası tekrar çalıştırılabilmesi için arızanın giderilmesi ve tasarlanan devrede HMI dokunmatik LCD ekrandan arıza uyarısının resetlenmesi gerekmektedir. İzlenen verilerin android uygulamaya aktarılması ve gerektiğinde bu verilerin analiz edilebilmesi için IoT platformu olan <https://thingspeak.com/> adresinde açılan veri tabanı kullanılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Arduino, otomasyon, petrol kuyu, scada, uzaktan izleme

## **ABSTRACT**

### **MS THESIS**

## **OIL WELLS MONITORING SYSTEM**

**Mehmet Eşref DEMİR**

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF  
BATMAN UNIVERSITY  
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE OF PHILOSOPHY  
IN ELECTRIC ELECTRONIC ENGINEERING**

**Advisor: Prof. Dr. Sadettin AKSOY**

**2020, 72 Pages**

**Jury**

**Prof. Dr. Sadettin AKSOY**

**Assoc.Prof.Dr. Ömer Faruk ERTUĞRUL**

**Asst.Prof.Dr.Yılmaz KAYA**

Within the scope of operations to meet the ever-increasing need of oil and natural gas from domestic sources as much as possible, the fieldworks carried out in our country's poorly sought-after basins and particularly studies in the marine areas in the Black Sea and the Mediterranean have accelerated. Nevertheless, continuing uninterrupted production of oil and natural gas is tremendously crucial. This will be possible by remote monitoring of oil and natural gas wells within the production areas.

It is demanded to monitor pumping wellhead assembly remotely with required data such as motor voltage and current, oil flowline temperature and pressure. Furthermore, when the system stops working, it is aimed to inform the relevant person about defined failures of pumping wellhead motor which are overheating, excess voltage, overcurrent, not working, vibration, etc. via SMS and with a device that has an android application installed for this project. The system to be made with the study mentioned will contribute to minimize the loss of oil production by providing the opportunity to intervene malfunction as soon as possible. In addition, this system will enable the authorized users to access those data by collecting the data requested to follow in the pumping wellhead assembly.

In our study, due to the cost and diverse reasons, aforesaid remote monitoring system is modeled on a model of sucker rod pump (SRP). Arduino Mega 2560 is used as the central control unit in the circuit designed on the model. The voltage, current, power, temperature of the model of SRP DC motor and horsehead movement of the model of SRP were remotely monitored with any device where the android application is installed thanks to the designed circuit and arduino software. Besides that, the status inquiry request which is sent to the mobile line within the GPRS/GSM module in the model system circuit can be received as system instant data on the defined in arduino software GSM line by SMS. The monitored data can also be read on the HMI touch LCD screen in the circuit designed in the model system. In addition, the momentary changes in the monitored data was observed by adjusting the speed of model of sucker rod pump motor from the HMI screen with the motor driver added to the circuit. On the other hand, when the model system operation stops, through the fault scenarios created, the defined fault and system not working warning has been notified instantly on the defined GSM line by SMS and with any device where android application installed. In order to the model system be operated again after the fault, it is required to eliminate the fault and reset the malfunction warning from the HMI touch LCD screen in the designed circuit. In order to transfer the monitored data to the android application and analyze those data whenever necessary, the database opened at the address <https://thingspeak.com> which is IoT platform, was used.

**Keywords:** Arduino, automation, oil well, remote monitoring, scada

## ÖNSÖZ

Günümüzde hızla gelişen teknoloji insan hayatının vazgeçilmez bir parçası olmaktadır. İşletmelerde kullanılan sistemlerin sürekli ve herhangi bir arıza durumunda anında müdahale edilerek sistemin sorunsuz bir şekilde çalışması hayati önem arz etmektedir. Bunun için uzaktan veri izleme ve arıza durumunda yetkili kişilerin anında haberdar olmasını sağlayan farklı endüstriyel otomasyon sistemleri geliştirilmiştir.

Yapılması planlanan çalışmamızda bir saha içerisinde dağınık bir şekilde yerleşik petrol üretimi yapılan kuyu başlarındaki ekipmanın çalışmasının izlenmesi ve herhangi bir aksaklık durumunda en kısa sürede müdahale edilerek petrol üretim kaybının en aza indirgenmesi hedeflenmektedir.

Maliyet ve birtakım farklı nedenlerden söz konusu uzaktan izleme sistemi, bir at başı pompa maketi üzerinde prototip olarak yapılmıştır.

Tez çalışmasında bana yol gösteren ve desteğini esirgemeyen danışman hocam Prof. Dr. Sadettin Aksoy ve Doç. Dr. Ömer Faruk Ertuğrul hocama teşekkür eder, saygılarımı sunarım. Ayrıca beni bugünlere getiren anneme, babama ve her zaman yanımda olan eşime ve çocuklarıma teşekkür ederim.

Mehmet Eşref DEMİR  
BATMAN-2020

# İÇİNDEKİLER

<b>ÖZET</b> .....	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>v</b>
<b>ÖNSÖZ</b> .....	<b>vi</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>vii</b>
<b>SİMGELER VE KISALTMALAR</b> .....	<b>ix</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
1.1. Kaynak Araştırması.....	2
<b>2. KONTROL ELEMANI PLC</b> .....	<b>5</b>
2.1. PLC Donanımı .....	7
2.1.1. Dijital ve Analog Input (Giriş).....	7
2.1.2. CPU (Central Processing Unit).....	8
2.1.3. Dijital ve Analog Output (Çıkış) .....	8
2.1.4. Güç Kaynağı .....	8
2.1.5. Gösterge Işıkları.....	8
2.2. PLC’lerde Kullanılan Veri Tipleri .....	8
2.2.1. Bool Veri Tipi .....	8
2.2.2. Byte Veri Tipi .....	9
2.2.3. Word Veri Tipi.....	9
2.2.4. Double Word.....	9
2.2.5. Real ve LReal Veri Tipi.....	10
2.2.6. TIME Veri Tipi.....	10
2.2.7. DATE Veri Tipi .....	10
2.2.8. TOD (Time of Day) .....	10
2.2.9. DTL (Date Time Long).....	10
2.2.10. Char.....	10
2.2.11. String.....	11
2.2.12. Array .....	11
2.3. Program Yazma Şekilleri.....	11
2.3.1. Lineer Programlama .....	11
2.3.2. Yapısal (Modüler) Programlama .....	11
2.4. Programlama Dilleri .....	11
<b>3. SCADA</b> .....	<b>13</b>
3.1. SCADA Sisteminin Temel Özellikleri ve Birimleri .....	13
3.2. SCADA Sisteminin Avantajları ve Kullanım Alanları.....	14
<b>4. PETROL KUYULARI İZLEME SİSTEMİ</b> .....	<b>16</b>
4.1. Petrol Kuyuları İzleme Sisteminde İzlenecek Veriler .....	16

4.2. Petrol Kuyuları İzleme Sistemi İçin Gerekli Elemanlar .....	17
4.3. Petrol Kuyuları İzleme Sisteminin Avantajları.....	18
<b>5. MATERYAL VE YÖNTEM.....</b>	<b>19</b>
5.1. Model Sistem Donanımları.....	19
5.1.1. Arduino Mega 2560 R3 .....	19
5.1.2. LM 2596 DC - DC Voltaj Düşürücü Güç Modül - Arduino Uyumlu .....	22
5.1.3. 12V 5A Metal Kasa Switch Mod Adaptör-MS-60-12.....	22
5.1.4. L298N DC ve Step Motor Sürücü Modülü.....	23
5.1.5. 6V 2500 rpm Redüktörlü Mikro DC Motor.....	24
5.1.6. 5.0" Nextion HMI Dokunmatik TFT LCD Ekran - 16MB Dahili Hafıza ....	25
5.1.7. Esp8266 Seri Wi-Fi Modül.....	26
5.1.8. Mini GSM/GPRS Modülü - SIM800L .....	27
5.1.9. Max471 Voltaj ve Akım Sensör Modülü.....	28
5.1.10. LM35 Sıcaklık Sensör Modülü.....	29
5.1.11. TCRT5000 Optik Mesafe Sensörü (Transistör Çıkışı).....	29
5.1.12. Titreşim Sensör Modülü - FZ0670 .....	30
5.2. Model Sistem Yazılımları.....	31
5.2.1. Arduino Yazılımı .....	32
5.2.2. Nextion HMI Dokunmatik TFT LCD Ekran Editor .....	33
5.2.3. IoT (Internet of Things) Platformu .....	34
5.2.4. Android Studio Yazılımı.....	35
5.3. Model Sistem Devresi.....	36
<b>6. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....</b>	<b>41</b>
6.1. Model Sistem Uzaktan İzleme Yöntemleri.....	41
6.2. Model Sistem Arıza Senaryoları ve Uzaktan İzleme Yöntemleri.....	43
6.2.1. Aşırı Akım Hatası .....	43
6.2.2. Voltaj Hatası .....	44
6.2.3. Titreşim Hatası.....	45
6.2.4. Motorda Aşırı Sıcaklık Hatası .....	46
6.2.5. Motor Çalışmıyor Hatası .....	47
<b>7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....</b>	<b>49</b>
7.1. Sonuçlar .....	49
7.2. Öneriler .....	50
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>52</b>
<b>EKLER.....</b>	<b>53</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>72</b>



## SİMGELER VE KISALTMALAR

### Simgeler

A	: Amper
cm	: Santimetre
dBm	: Decibel Milliwatt
gr	: Gram
KB	: Kilobayt
KΩ	: Kiloohm
mA	: Miliamper
MB	: Megabayt
MHz	: Megahertz
mm	: Milimetre
ms	: Milisaniye
Nit	: cd/m <sup>2</sup> (candela per square meter)
nm	: Nanometre
rpm	: Revolutions per minute
sn	: Saniye
V	: Volt
W	: Watt
°C	: Celcius
μA	: Mikroamper

### Kısaltmalar

A-MPDU	: Aggregate MAC Protocol Data Unit
A-MSDU	: Aggregate MAC Service Data Unit
AD	: Analog Digital
AES	: Advanced Encryption Standard
API	: Application Programming Interface
AP	: Access Point
ASCII	: American Standard Code for Information Interchange
AT	: Advanced Technology
CAN	: Controller Area Network
CPU	: Central Processing Unit (Merkezi İşlem Birimi)
DAA	: Denetleyici Alan Ağı
DC	: Direct Current
DCXO	: Digitally Controlled Crystal Oscillators
DTIM3	: Delivery Traffic Indication Map 3
EIA	: Electronic Industries Association
FTDI	: Future Technology Devices International
GPIO	: General Purpose Input Output
GPRS	: General Packet Radio Service
GSM	: Global System for Mobile Communications
HMI	: Human Machine Interface
I/O	: Input/Output (Giriş/Çıkış)
ICSP	: In-Circuit Serial Programming
IDE	: Integrated Development Environment
IoT	: Internet of Things

IP	: Internet Protocol
IPX	: Internetwork Packet Exchange
IR	: Infrared
LCD	: Liquid Crystal Display (Sıvı Kristal Ekran)
LED	: Light Emitting Diode
LNA	: Low Noise Amplifier
MAC	: Macintosh
MATLAB	: Matrix Laboratory
MIMO	: Multi Input Multi Output), 2×1 MIMO
MTU	: Master Terminal Unit (Ana Kontrol Merkezi)
PA	: Power Amplifier
PCB	: Printed Circuit Board
PLC	: Programmable Logic Controller (Programlanabilir Lojik Kontrolör)
PLL	: Phase Locked Loop
PMU	: Phasor Measurement Unit
P2P	: Peer to Peer
QFN	: Quad Flat Package
RAM	: Random Access Memory (Oku/Yaz Belleği)
RF	: Radio Frequency
RISC	: Reduced Instruction Set Computer
ROM	: Read Only Memory (Sadece Kayıtlı Olanı Okuma Belleği)
RTU	: Remote Terminal Unit
SCADA	: Supervisory Control And Data Acquisition
SDIO	: Secure Digital Input Output
signalR	: Real-time Application Development
SMS	: Short Message Service (Kısa Mesaj Hizmeti)
SPI	: Serial Peripheral Interface
STBC	: Space-Time Block Coding
ŞKDMSM	: Şebeke Kalkışlı Daimi Mıknatıslı Senkron Motor
TCP	: Transmission Control Protocol
TFT	: Thin Film Transistor (İnce Tabakalı Transistör)
TKIP	: Temporal Key Integrity Protocol
TR	: Transmit Receive
UART	: Universal Asenkron Receiver Transmitter
UPS	: Uninterruptible Power Supply
USB	: Universal Serial Bus
WAPI	: WLAN Authentication and Privacy Infrastructure
WEP	: Wired Equivalent Privacy
Wi-Fi	: Wireless Fidelity

## 1. GİRİŞ

Günümüzde kumanda ve kontrol sistemleri yaşamın birçok alanında kullanılmaktadır. Bilimin ve teknolojinin durmaksızın gelişmesi gün geçtikçe insanlara daha iyi yaşam şartları sunmaktadır. Bu gelişmelere paralel olarak otomasyon sistemleri, konforlu bir yaşamın vazgeçilmez temel unsurlarından birisi olmuştur. Otomasyon sistemleri, birçok işin el değmeden hatasız bir şekilde yapılmasını sağlamaktadır. Uzaktan veri izleme sistemleri de otomasyon sistemlerinin bir bakıma sağlamasını yaparak herhangi bir aksaklık durumunda anında müdahaleye imkan tanımaktadır.

Otomasyon ve uzaktan veri izleme sistemlerinin kurulum aşamasında maliyeti ön plana çıkmasına rağmen uzun vadede işletme açısından süreklilik ve verimliliğin artması noktasında önemli oranda avantaj sağlamaktadır. Otomasyon ve veri izleme sistemleri endüstride, rafinerilerde, vb. akla gelebilecek birçok alanda başarılı bir şekilde uygulanmaktadır.

Söz konusu çalışmamız, hâlihazırda bir saha içerisinde dağınık bir şekilde yerleşik kuyu başlarında kurulu sistemlerin çalışmasının izlenmesi ve bir aksaklık durumunda anında ilgili kişilerin haberdar olmasını sağlamaya yönelik bir uygulamadır. Yetkili kişiler sistem çalışması ile ilgili temel verileri istediği zaman görebilecektir. Aynı zamanda bir arıza anında gerekli müdahaleyi yapabilecek ekipleri yönlendirerek üretim kaybı asgari seviyeye indirilebilecektir.

Maliyet ve birtakım farklı nedenlerden söz konusu uzaktan izleme sistemi, bir at başı pompa maketi üzerinde prototip olarak yapılmıştır. Merkezi kontrol birimi olarak arduino mega 2560 kullanılmıştır. Tasarlanan devre ve arduino yazılımı ile model at başı pompa DC (Direct Current) motorun gerilimi, akımı, gücü, sıcaklığı ve at başı hareketi anlık olarak bu proje için hazırlanmış android uygulamanın yüklü olduğu herhangi bir cihaz ile izlenmiştir. Uzaktan izlenen verilerin android uygulamaya aktarılması ve gerektiğinde bu verilerin analiz edilebilmesi için IoT (Internet of Things) platformu olan <https://thingspeak.com/> adresinde açılan veri tabanı kullanılmıştır. Farklı bir izleme opsiyonu olarak model sistem devrede GPRS/GSM (General Packet Radio Service/Global System for Mobile Communications) modülü içerisindeki mobil hatta gönderilen durum sorgu SMS (Short Message Service) ile yetkili kişiye sistem anlık verisi alınabilmektedir. Aynı zamanda model sistemde tasarlanan devredeki HMI (Human Machine Interface) dokunmatik LCD (Liquid Crystal Display) ekran üzerinden

de izlenen veriler okunabilmektedir. Takibi yapılan verilerdeki anlık değişimlerin gözlemlenmesi amacıyla maket at başı motorun devir sayısı ayarını sağlayan motor sürücüsü devreye eklenmiştir. Uygulama devresindeki HMI dokunmatik LCD ekranda işlenmiş at başı resmindeki at başı çubuğundaki kaydırmalı buton ile oransal olarak devir ayarı yapılabilmektedir.

Diğer taraftan oluşturulan arıza senaryoları ile model sistem çalışması durduğunda tanımlı arıza ve sistem çalışmıyor uyarısı, anlık olarak yetkili kişinin GSM hattına kısa mesaj olarak ve hazırlanan android uygulamanın yüklü olduğu uzaktan izlemenin yapıldığı mobil cihaz ile yetkili kişiye bildirilmiştir. Model sistemin arıza sonrası tekrar çalıştırılabilmesi için arızanın giderilmesi ve tasarlanan devredeki HMI dokunmatik LCD ekrandan arıza uyarısının resetlenmesi gerekmektedir. Bunun sebebi sistemin yanı başına gidilip bizzat görerek sorunun giderilmesinin ardından sistemin tekrar çalıştırılması şeklinde düşünülmüştür.

Tez içerisinde veri izleme otomasyon sisteminden SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) temel olarak bahsedilmiştir. Bu tip sistemlerin endüstriyel uygulamalarında sıklıkla kullanılan ana kontrol elemanı PLC (Programmable Logic Controller) işlenmiştir. Prototip petrol kuyusu veri izleme çalışmasında kullanılan ana kontrol elemanı arduino mega 2560 ve çevresel donanımlar ele alınmıştır. Model sistemde devrede kullanılan elemanların hedeflenen şekilde çalışması ve uzaktan izlemenin yapılabilmesi için çalışmanın yazılımsal kısmı işlenmiştir. Ardından çalışmada kullanılacak devre şeması ve çalışması detaylı bir şekilde anlatılmıştır. Elde edilen bulgulara dayanılarak analizler yapılmıştır. Model çalışmadaki avantaj, dezavantajlar belirtilerek gerçek çalışmada yapılabilecek farklılıklara değinilmiştir. Genel olarak çıkarılan sonuçlar ve sunulabilecek öneriler ile tez çalışması sonlandırılmıştır. Literatür araştırmasında aşağıdaki çalışmalara rastlanmıştır.

### **1.1. Kaynak Araştırması**

Farklı amaçlar için kurulmuş sistemlerin sürekliliği ve herhangi bir olumsuzluk durumunda en kısa sürede aksaklığın giderilmesi hayati önem taşır. Bu nedenle SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) çalışmalarına endüstrinin hemen hemen her alanında rastlanmaktadır.

Doğalgaz istasyonunda ortaya çıkan çok yüksek/düşük çıkış basıncı, istasyon içerisinde yangın, gaz kaçağı tespiti, voltaj arızaları, yüksek çıkış sıcaklığı gibi durumlarda gereken uyarıları veren SCADA sistemi, endüstriyel bir doğal gaz

kompresör istasyonu için geliştirilmiştir (Okay ,2019).

Bir bina otomasyon sisteminin parametrelerinin izlenmesi, uzaktan kontrolü ve veri toplanması için PLC ve SCADA tabanlı bir sistem gerçekleştirilmiştir. Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu Kontrol ve Otomasyon Laboratuvarı'nda geliştirilen model sistem uygulanmıştır (Özen, 2019).

Sensörler ve elektrik motorlarını içeren geliştirilmiş üç deney modülünde arduino kartı kullanılmıştır. Kullanıcılar tarafından sensörlerden alınan değerler internet üzerinden izlenebilmekte, motorlar istenen hızda, yönde ve açıda hareket ettirilebilmektedir. Aynı zamanda motorların hareketleri kamera ile izlenebilmektedir. Modüllerin sunucu bilgisayara bağlantısı DAA (Denetleyici Alan Ağı), CAN (Controller Area Network) ile sağlanmıştır. Kullanıcılar ile sunucu bilgisayar arasındaki iletişim signalR (Real-time Application Development) ile yapılmıştır. Arduino geliştirme kartları, DAA ile haberleşme özelliğine sahip olmadığından CAN BUS shield kullanılmıştır (Şimşek ve Taşdelen, 2016).

SCADA ve PLC programları kullanılarak gerçekleştirilen sera otomasyonu ile bitkilerin dikiminden hasat dönemine kadar olan zaman aralığında sera içi iklimsel nicelikler (sıcaklık, nem, ışık) kontrol altında tutulmuştur. Sahaya gitmeden TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) haberleşme protokolü ile sera içi iklimsel değerler internet üzerinden kontrol edilerek izlenmiştir (Arı, 2011).

Korozyondan korunma amacıyla yaygın bir şekilde kullanılan katodik koruma sistemindeki dış akım kaynaklı otomatik redresör ünitesinin bilgisayarla uzaktan kontrolü yapılmıştır. Uygulama alanına bağlı olarak redresör üniteleri çok uzak noktalarda bulunmaktadır. Bu çalışmada geliştirilen yazılım ile redresör ünitesine ait akım ve gerilim çıkış değerleri uzaktan eş zamanlı olarak izlenebilmekte ve çalışma değerleri ayarlanabilmektedir. Ayrıca herhangi bir arıza oluşması halinde bilgisayar ekranına uyarı mesajı gönderilmektedir. Bu çalışmayla hem redresör ünitesi eş zamanlı olarak uzaktan izlenmiş hem de arızaların tespiti ve giderilmesi için gereken süre ve maliyet daha aşağı çekilmiştir (Abacı, 2013).

Trafo ve ortam sıcaklığı verileri alınarak trafoların çalışmasını uzaktan izlemek için mikro denetleyici tabanlı bir veri toplama devresi tasarlanmıştır. Alınan veriler, merkezi izleme merkezine aktarılmıştır. Çalışmada geliştirilen yazılım ve kullanılan donanım detaylarıyla anlatılmıştır. Yapılan çalışmanın ölçüm doğruluğu ve başarısı gerçek sistemde test edilmiştir (Kamaleddin, 2016).

PLC kullanılarak prototip bir endüstriyel sistemde SCADA çalışması ile uzaktan izleme yapılmıştır. Aynı zamanda sistemde meydana gelebilecek olumsuzluklar önceden tespit edilip gerekli önlemlerin alınabilmesi için uzaktan kumanda ile ağırlık, basınç, seviye, debi ve sıcaklık değişkenleri kontrol altında tutulmuştur. (Özer, 2016).

PLC-SCADA tabanlı yazılım ile trafo merkezlerinin kontrol-takip sistemlerinin otomasyonu için prototip bir çalışma yapılmıştır. Bu prototip Endüstriyel Otomasyon, Elektrik İletimi ve Dağıtımı dersleri için bir eğitim materyali olarak kullanılmıştır (Aldawila, 2017).

Pet şişe kapaklarının sağlamlık ve renk tespiti için renklerine ve geometrik şekillerine göre tasnifi görüntü işleme metoduyla bir prototip yapılmıştır. konveyör bant, kamera, Arduino, robot kol ve PLC'den oluşan prototip sistemin kontrolü PLC ve Arduino ile sağlanmaktadır. Görüntü işleme için C# programlama dili kullanılmıştır. SCADA ekranından izlenebilen ve kontrol edilebilen prototip sistemde pet şişe kapaklar robot kol ile alınıp geometrik şekillerine ve renklerine göre ayrıştırılmaktadır (Mohamed, 2017).

Tek merkezden SCADA ve PLC sistemi ile enerji yönetimi, izleme raporlama, enerji tasarrufu sağlanması amacıyla bir çalışma yapılmıştır (Üstünsoy, 2018).

Çok sayıda dizel jeneratörün enerji parametrelerinin uzaktan izlenmesi için bir SCADA sistemi geliştirilmiştir. Bu SCADA sistem ile yakıt sarfiyatı kontrol altında tutularak arızalanan jeneratör setlerine anında müdahale edilmiştir. SCADA sistemi ile insan hatası asgari seviyeye indirgenerek personel verimliliği yükseltilmiştir. (Karataş, 2018).

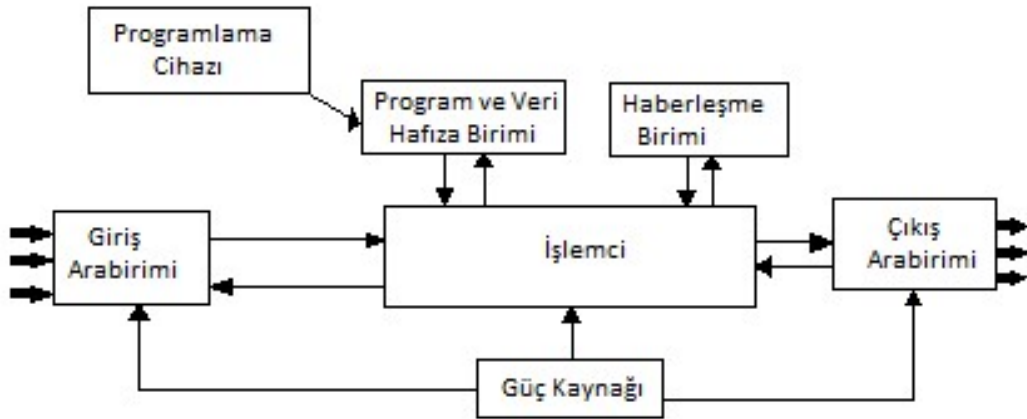
ŞKDMSM (Şebeke kalkışlı daimi mıknatıslı bir senkron motorun) akım ve gerilim bilgilerinin bir merkeze aktarılarak motor çalışmasının uzaktan izlenmesi ve izlenen verilerin analiziyle rulman arızası tespiti için SCADA tabanlı uzaktan izleme otomasyonu gerçekleştirilmiştir. Motor akım sinyal bilgileri üzerinden istatistiksel süreç kontrol yöntemine dayalı olarak bir arıza tespiti önerilmiştir. Uzaktan izleme için tasarlanan devrede merkezi kontrol elemanı olarak arduino mega 2560 bulunmaktadır. Arduino mega 2560, maliyetinin düşük olması yaygın bir şekilde erişilebilir olmasını sağlarken düşük örnekleme frekansına (saniyede ~1000 örnek) sahip olması bir dezavantajdır. Düşük frekanslı örnekleme değerlerinden arıza tespiti için Üstel Ağırlıklı Hareketli Ortalama grafik yöntemi tercih edilmiştir. SCADA ara yüzündeki ve veri tabanındaki veriler kullanılarak başarılı bir şekilde rulman arızası tespiti yapılmıştır (Gözüoğlu, 2020).

## 2. KONTROL ELEMANI PLC

PLC terimi Programmable Logic Controller kelimelerinin baş harflerinin kullanılmasıyla oluşmuştur. 70'li yıllardan itibaren endüstride PLC kullanımı hızlı bir şekilde yaygınlaşmıştır. PLC'ler endüstriyel ortamlar için geliştirilmiş cihazlardır. Otomasyon ve kontrol sistemlerinde sıklıkla kullanılırlar. PLC bir sistemin hem kumandası hem de sistem kumanda edilirken gerekli geri besleme sinyallerini işleyen basit bir bilgisayar olarak da adlandırılabilirler.

Son yıllarda endüstride PLC'nin özellikle fabrikalarda otomasyon, asansör tesisatları, otomatik paketleme, taşıma bandı sistemlerinde, doldurma sistemlerinde ve daha birçok alanda üretimi destekleyen ve verim artışının yanı sıra ürün maliyetini düşüren kontrol cihazları olması, PLC kullanımına olan talebin hızla artmasına neden olmuştur.

Genel olarak PLC'ler röleli kontrol sistemlerinden ortaya çıkmıştır ve her ne kadar zaman röleleri, röle, sayıcılar, vb. diğer cihazların yerini günümüzde PLC içerisinde entegre ve mantık devreleri aldıysa da esasında PLC bu cihazlar hala varmış gibi çalışmaktadır. PLC kontrolü ile bir bilgisayarın yapabileceği hesaplamalar yapılarak rölelerin yapabileceğinden çok daha hassas, güvenilir ve esnek bir kontrol sağlanmaktadır. PLC'lerin program akış diyagramındaki semboller ve diğer kontrol kavramları da röleli kontrol sistemlerinden gelmektedir ve ladder(merdiven) diyagram programlama yönteminin temelini teşkil etmektedirler. Genel olarak bu sembolleri ve kavramları açıklayan çoğu terimler bilgisayar dilinden ortaya çıkmaktadır. PLC'nin basit yapısı Şekil 2.1 de gösterilmektedir.



Şekil 2.1. PLC'nin basit yapısı (Bayındır ve Vadi, 2014)

PLC'ler, giriş/çıkış (I/O) cihazlarına bağlı bir CPU'dan (Merkezi İşlem Birimi) oluşup içerisinde bir program olan sayısal kontrolör veya endüstriyel bilgisayarlardır. PLC'nin çalışması, program işleme modu veya giriş/çıkış tarama modu olmak üzere iki modda gerçekleşmektedir. CPU, giriş/çıkış tarama modunda bütün giriş ve çıkışları tazelemektedir ve program işleme modunda ise hazırlanan programı ilk satırdan son satıra kadar değerlendirmektedir. Programın uzunluğuna ve CPU tipine göre program değerlendirme süresi değişmektedir. PLC'yi klasik kumanda sistemlerinden ayıran temel özellikler şunlardır:

- Güvenilirdir.
- Daha az yer tutar ve daha az arıza yaparlar.
- Yeni bir uygulamaya daha çabuk adapte olurlar.
- Çevre şartlarından kolay etkilenmezler.
- Daha az kablo bağlantısı isterler.
- Hazır fonksiyonları kullanma imkanı vardır.
- Giriş ve çıkışların durumları izlenebilir.

PLC'lerin besleme gerilimi, giriş ve çıkış gerilim türleri ürünün üzerinde (CPU numarasının altında) belirtilmektedir. Örnek olarak, PLC üzerinde DC/DC/DC yazıyorsa, besleme gerilimi 24V, giriş ve çıkışların gerilim seviyesi 24V'tur. 24V ile çalışan PLC'ler 20,4V-28,8V gerilim seviyesi aralığında çalışacak bir tolerans içerisinde üretilmektedirler.

Buton, seviye, sıcaklık, basınç sensörleri, sınır anahtarı gibi anahtarlama elemanları üzerinden girişe uygulanacak gerilim alınmaktadır. Giriş verisi giriş görüntü belleğine kaydedilip buradan merkezi işlem ünitesine gönderilmektedir. Merkezi işlem ünitesindeki bellek iki kısımdan oluşmaktadır:

- ROM bellek: Cihazın kendisine ait olan bilgilerin tutulduğu ve sadece okunabilen bellektir.
- RAM bellek: Çalıştırılması istenilen programı içeren ve silinebilen bellektir. Programın yazıldığı yükleme alanı (Load Memory) ve programın çalıştırıldığı çalışma alanı (Work Memory) olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır. Yazılan program Micro Memory Card'a yüklenmektedir.

Giriş görüntü belleğinden alınan veri çalıştırılacak programa bildirilip program yürütülmektedir. Ardından elde edilen veriler çıkış görüntü belleğine yazılmaktadır. Bu veriler çıkış sinyali olarak çıkış katına gönderildiği gibi tekrar giriş görüntü belleğine



giriş verisi olarak aktarılmaktadır.

Kontrol edilen sisteme ait röle, kontaktör, selenoid gibi çalışma elemanlarını çıkış sinyalleri sürmektedir. PLC triyak çıkışlı ise AC 1A, transistör çıkışlı ise DC 0,5A ve röle çıkışlı ise AC/DC 2A'ın geçmesine izin vermektedir.

Kullanıcının PLC'ye program yüklemesi, yazması, sistemi çalıştırması vs. gibi işlemler geliştirilen paket programlar ile yapılır.

## 2.1. PLC Donanımı

Mikroişlemci ve mikrodenetleyici tabanlı programlanabilen PLC cihazlı kumanda sistemleri, elektrik kumanda sistemlerinde kullanılan röle, kontaktör ve zaman rölesi gibi elemanlarla yapılan kumanda sistemlerinin yerine kullanılmaktadır. PLC'li kumanda sistemleri karışık kumanda devreleriyle aynı işlevi yerine getirmesi, PLC cihazının endüstriyel sistemler için geliştirilmiş olması, kolay programlanması ve kullanımı, vb. nedenlerden dolayı tercih edilmektedir. Kullanılan tüm PLC'lerin donanım bölümleri ortaktır.

### 2.1.1. Dijital ve Analog Input (Giriş)

Giriş bölümü sahada süregelen proses kontrol durumlarını belirli sinyaller şeklinde PLC'nin almasını sağlamaktadır. Sahadaki ekipmanlardan alınan sinyaller PLC'nin algılayacağı formatta okunmaktadır. Giriş bölümüne gelen sinyaller analog giriş ve dijital giriş olarak ayrılabilir.

Dijital girişler, daha çok anahtarlama elemanlarından, seviye sensörleri, algılayıcılar kapasitif sensörler gibi ekipmanlardan alınmaktadır. PLC'nin giriş bölümünde dijital giriş sinyalleri genellikle 24V DC olarak uygulanmakta olup bu giriş bilgisi sahadaki ekipmanın özelliğine göre de değişebilmektedir. Örneğin 115V, 48V ve 220V gibi giriş bilgisi de okunabilmektedir. Dijital sinyallerde kontrol elemanından voltaj bilgisi gelmiyor ise 0, geliyorsa 1 olarak tanımlanmaktadır.

Dijital girişlerin tam olarak yeterli olmadığı durumlarda analog girişler kullanılmaktadır. Örneğin sıcaklık ölçümünde dijital giriş yeterli olmaz. Analog giriş, 0-20mA ya da +/-2,5V, +/-5V veya +/-10V aralığında girişlere sahiptir. Kullanılan sensörlere göre PLC'ye 0-20mA ya da +/-2,5V, +/-5V veya +/-10V aralığında giriş yapılır. Analog girişler, analog input kartları ile okunup PLC'nin algılayabileceği 0–32767 arasında sayısal verilere dönüştürülmektedir.

### 2.1.2. CPU (Central Processing Unit)

Merkezi işlemci birimi olan CPU, PLC sisteminin beyni olarak düşünülebilir. Bu birimler kumanda edilen sisteme ait yazılımın (sadece mantık yazılımının) saklandığı ve bu yazılımın işlendiği kartlardır.

Merkezi işlemci birimi mantıksal ve aritmetik işlem yapma yeteneğine sahiptir. Mikroişlemci, hafıza üniteleri, işlemcinin ihtiyaç duyduğu haberleşme devreleri, programlama aygıtları, hafızadan bilgi isteme ve saklama devrelerinden oluşmaktadır.

### 2.1.3. Dijital ve Analog Output (Çıkış)

Çıkış bölümü, merkezi işlem biriminde işlenmiş olan veriyi analog veya dijital sinyal olarak sahaya göndermektedir.

Dijital çıkış, genellikle 24V DC'dir. Bu dijital çıkış ile lambalar, röleler vb. cihazlar kontrol edilebilir. Ayrıca 110V – 220V çıkış veren kartlarda kullanılabilir.

Analog çıkış, +/-10V ya da 0-20mA aralığında olabilir. Analog çıkış ile oransal vana, sürücü kontrolü vb. işlemler yapılabilir.

### 2.1.4. Güç Kaynağı

Güç kaynağı, donanımın çekeceği akıma göre seçilmelidir. PLC için gerekli gerilim seviyeleri 24V DC, 120V AC ve 240V AC'dir.

### 2.1.5. Gösterge Işıkları

PLC gövdesinde yer alan bu ışıklar, PLC'nin o anki durumuyla ilgili kullanıcıyı bilgilendirmektedir. RUN/STOP çalışma modunda ya da herhangi bir hata/arıza durumunda olduğunu gösteren ledlerden oluşmaktadır.

## 2.2. PLC'lerde Kullanılan Veri Tipleri

### 2.2.1. Bool Veri Tipi

Dijital sistemlerde kullanılan en küçük hafıza birimidir. Bitsel işlem yapan komutlar bit adreslerini kullanırlar. Bit adresleme; I0.0, Q4.3, M40.0 vb. şekilde yapılabilir. PLC programlamada dijital bilgilerde karşımıza çıkacaktır.

### 2.2.2. Byte Veri Tipi

8 bitlik bir hafıza alanı bir byte ile ifade edilir. Byte alanı daha çok sayı bilgisi ve karakter tanımlamak için kullanılmaktadır. Bir bytelik alanda saklanabilen sayılar 0 - 255 arasındaki işaretli sayılar ve -128 - +127 arasındaki işaretli sayılardır. Bu sayılar byte alanı içinde binary yani ikilik sayı sistemine göre ifade edilmektedir. LSB en düşük değerlikli bit, MSB en yüksek değerlikli bittir. Eksi değerlikli sayıların belirlenmesinde msb biti yani sonuncu bit belirler. Eğer bu bit 0 ise sayı pozitif, 1 ise sayı negatiftir. Byte adresleme; IB0, QB4, MB50 vb. şekilde yapılabilir.

8 bit = 1 byte

7.bit	6.bit	5.bit	4.bit	3.bit	2.bit	1.bit	0.bit
						MSB	LSB

### 2.2.3. Word Veri Tipi

Bir word, 2 byte'lık bir alan ile ifade edilir. Diğer bir deyişle 16 bitlik bir hafıza alanı bir word ile temsil edilir. Bir word içerisindeki veri alanını oluşturan byte'lardan byte numarası küçük olan yüksek değerli, byte numarası büyük olan ise düşük değerlidir. Word adresleme MW10 (MB10 + MB11) olarak yapılabilir. Word alanındaki adres değişikliği ikişer ikişer artmaktadır. Sayı bilgisi ve analog adresleme kullanımında word alanlardan yararlanılmaktadır. PLC'de kullanılacak word alan adreslemeleri MW10, MW12, IW64, IW66, PQW128, PQW130, vb. şeklindedir.

Word veri tipi Unsigned(U), Sort(S) ve Double(D) şeklinde kullanılmaktadır. Bu veri tipinin kapasitesi, hafızada tutabileceği maksimum ve minimum değerleri ve örnek kullanımı çizelge 2.1 de verilmiştir.

**Çizelge 2.1.** Veri tiplerinin özellikleri (Bayındır ve Vadi, 2014)

Veri Tipi	Bit Büyüklüğü	Sayı Aralığı	Sayı Örnekleri	Adres Örnekleri
USInt	8	0 - 255	78,2#01001110	MB0,db1,DBB4
SInt	8	-128 - 127	+50, 16#50	Tag_name
UInt	16	0 - 65535	65295,0	MW2,DB1,DBW2,
Int	16	-32768 - 32767	30000, +30000	Tag_name
UDInt	32	0 - 4294967295	4042322160	MD6,DB1,DBD8,
DInt	32	-2147483648 - 2147483647	-2131754992	Tag_name

### 2.2.4. Double Word

Bir double word, 2 word'lük bir hafıza alanı ile ifade edilir. Diğer bir deyişle 4 byte ya da 32 bitlik bir hafıza alanı bir double word ile temsil edilir. Bir double word veri alanını oluşturan word'lerden word numarası küçük olan yüksek değerli, word

numarası büyük olan ise düşük değerlidir. DWord adresleme MD20 şeklinde olabilir. Bu veri tipi, işaretli sayı olarak -32767 - +32767 ve işaretli sayı olarak 0 - 65535 arasındaki sayıları depolamaktadır. İşaretli sayılarda en büyük değerli bit sayının negatif ya da pozitifliğini belirtmektedir. 1 ise sayı negatif, 0 ise sayı pozitiftir.

### **2.2.5. Real ve LReal Veri Tipi**

Tek duyarlı ondalıklı sayılar için 32 bit uzunluktaki Real veri tipi, çift duyarlı ondalık için ise 64 bit uzunlukta LReal veri tipi kullanılmaktadır. Real veri tipi virgülden sonra 6 bite kadar duyarlıdır ve 6. bitten sonrasını yukarı yuvarlamaktadır. LReal veri tipi ise, 15 bite kadar duyarlı olup 15. bitten sonrasını yukarı yuvarlamaktadır.

### **2.2.6. TIME Veri Tipi**

Time veri tipi, zamanı işaretli çift tamsayı veri tipini milisaniye olarak depolamaktadır. Bu veri tipinde gün(day), saat(hour), dakika(minute), saniye(second) ve milisaniye(milisecond) bilgilerini elde edebilirsiniz. Örn: T#5h10s and 500h

### **2.2.7. DATE Veri Tipi**

Date veri tipi, tarihi işaretli tamsayı veri tipini gün sayısı olarak depolamaktadır. Yıl/Ay/Gün formatında 01/01/1990 tarihini esas alarak tarih bilgisi elde edilmektedir.

### **2.2.8. TOD (Time of Day)**

TOD veri tipi işaretli tam sayı olarak veri saklamaktadır. Gece yarısından (gece yarısı=0ms referans olarak) gün boyu geçen zamanı milisaniye olarak bildirmektedir. Ayrıca hour, minute, second formatında zaman ayarlanmaktadır.

### **2.2.9. DTL (Date Time Long)**

DTL veri tipi, tarih ve zaman bilgisini 12 byte'lık alanda depolamaktadır. DB'de ya da bir bloğun geçici hafızasında tarih ve zaman bilgisini tanımlanabilmektedir.

### **2.2.10. Char**

Char veri tipi hafızada 1 byte(8 bit) alanlık yer kaplar. Bu alanda ASCII formatında tek bir karakter tutulabilmektedir.

### 2.2.11. String

Birden fazla karakteri içinde barındıran bir veri tipidir. ASCII (American Standard Code for Information Interchange) formatındaki karakterler string ve char veri tipinde kullanılmaktadır.

### 2.2.12. Array

Birden fazla aynı tip veriyi sıralı bir biçimde saklayan veri tipidir. Array'ler sıralı verilerin daha kolay okunmasını ve hafızanın daha düzgün kullanılmasını sağlamaktadır.

## 2.3. Program Yazma Şekilleri

### 2.3.1. Lineer Programlama

Lineer programlama, bütün komutların aynı program alanına yazıldığı bir programlama biçimidir. Komut yazılış sırasına göre yürütülür ve bir çevrim boyunca bütün komutlar işleme girer. Program sona erdiğinde aynı işlem tekrarlanır. Yani sürekli çevrim söz konusudur. Genelde basit ve kapsamlı olmayan programlar için lineer program işleme kullanılır.

### 2.3.2. Yapısal (Modüler) Programlama

Program blokları biçiminde yapılar yapısal programlamada kullanılır. Merdiven diyagramı ile programlama ve işlem komutları ile programlama biçimleri bu programlama tekniğinde kullanılabilir. Yapısal programlama prosedür, fonksiyon gibi alt programlardan oluşmaktadır. Çok fazla kod karmaşasını ortadan kaldırmaktadır.

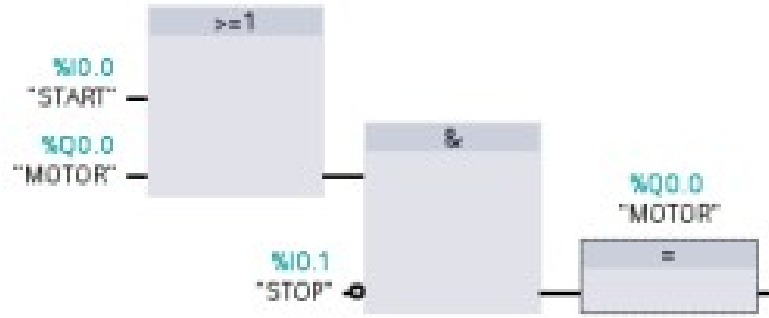
## 2.4. Programlama Dilleri

Birincisi LAD (Ladder) Logic'dir. Grafikselle programlama dili olan LAD, Şekil 2.2 de görüldüğü gibi devre çizim mantığına dayanmaktadır.



Şekil 2.2. LADDER diyagramı (Bayındır ve Vadi, 2014)

PLC programlama dillerinden ikincisi FBD programlama dilidir. FBD dili, Şekil 2.3 de görüldüğü gibi Boolean cebir mantığındaki sembollere dayanmaktadır.

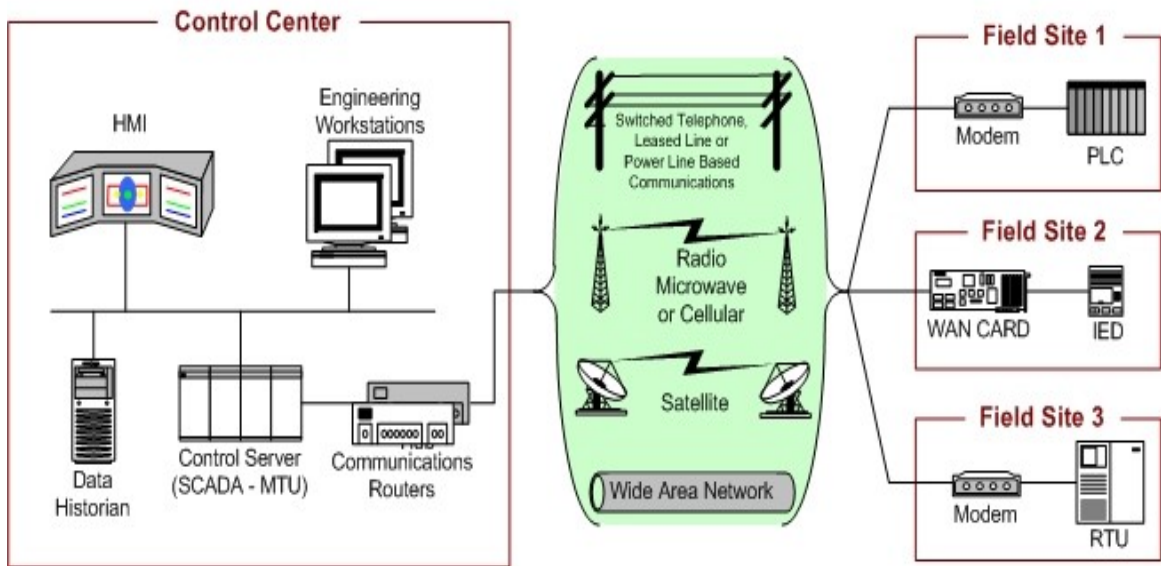


Şekil 2.3. FBD diyagramı (Bayındır ve Vadi, 2014)

PLC programlama dillerinin sonuncusu pascal tabanlı SCL (Structured Control Language) dilidir. Diğer görsel programlama dillerinde olduğu gibi kod yazarak programlama işlemi yapılmaktadır.

### 3. SCADA

Supervisory Control And Data Acquisition kelimelerinin baş harfleri ile oluşturulan SCADA, “Merkezi Denetleme Kontrol ve Veri Toplama” sistemi şeklinde adlandırılmaktadır. SCADA sistemleri, dağınık yerleşik tesislerin tek bir merkezden cep telefonu, bilgisayar veya tablet gibi cihazlarla izlenebildiği bir sistem olup temelde bir yazılımdır. Tek bir cihazdan ya da ağ bağlantılarıyla birden fazla bilgisayar veya taşınabilir cihazla izleme ve kontrol yapılabilir. Şekil 3.1 de bir SCADA sistemi genel olarak görülmektedir.



Şekil 3.1. SCADA Sistemi Genel Düzeni (Stouffer ve Falco, 2006)

#### 3.1. SCADA Sisteminin Temel Özellikleri ve Birimleri

SCADA sistemlerinin öne çıkan özellikleri şunlardır:

- Grafik Arayüzü
- Uzaktan İzleme Sistemi
- Arıza Alarm Sistemi
- Veri Analiz, Toplama ve Raporlama Sistemleri

SCADA üç temel kısımdan oluşur:

- Sahada PLC, Uzak Uç Birim (Remote Terminal Unit (RTU)), vb.
- Saha Uzak Yer Arası Veri Alış Verişi İçin İletişim Sistemi
- Sistem Uzağındaki Merkezde Kontrol Merkezi Sistemi (Ana Kontrol Merkezi AKM – Master Terminal Unit (MTU))

SCADA sistemi içerisinde kullanılan birçok cihaz birbirlerine veya bilgisayarlara bağlanabilmek için EIA (Electronic Industries Association) standartları olan RS-422, RS-232 ve RS-485 kullanmaktadır.

SCADA sistemi içerisinde kullanılan motor kontrol üniteleri, merkezi PLC, yardımcı PLC'ler, elektronik koruma ve kilitleme sistemleri başlıca kontrol kısımlarıdır. En önemli kısmı ana PLC tüm sistemi kontrolü altında tutar. Bu nedenle belli başlı özelliklere sahip olması gerekir. Bu özellikler:

- Birden fazla master istasyon ile ayrı iletişim kanallarından aynı anda iletişim kurabilmelidir.
- RS-485, RS-232 fiziksel iletişim katmanlarında, fiber optik ve bakır kablo fiziksel ortamlarında farklı protokoller ile haberleşebilmelidir.
- Kolaylıkla konfigüre edilebilme, genişleyebilme ve bakım yapılabilme özelliklerini haiz olmalıdır.
- Kendi testlerini yaparak arıza durumunda hem kendi üzerinde göstermeli hem de SCADA merkezini uyaracak bir yapıda özelliğe sahip olmalıdır.
- Arızalı bir modülü değiştirildiği esnada enerjinin kesilmesini gerektirmeyen bir donanım şekline sahip olmalıdır.

WinCC, Citect, ICONICS, iFIX, Indusoft, Entivity Studio en çok kullanılan SCADA yazılımlarına örnek olarak verilebilir.

### **3.2. SCADA Sisteminin Avantajları ve Kullanım Alanları**

Tüm üretim aşamalarının tek merkezden izlenmesi ve denetlenmesi, buralardan veri toplanıp raporlanması ve ünitelerin kontrol edilebilmesi SCADA'nın temel mantığını oluşturmaktadır. Bu özelliklerden dolayı geniş bir kullanım alanına sahiptir.

Akıllı şebeke SCADA sisteminde mevcut yenilenebilir enerji kaynakları sistemi dijital bilgi işlem ve gelişmiş alıcı-verici sistemler ile entegre edilmiştir. Bu sistem, mikro şebeke ve dağıtım şebekesi arasındaki koordinasyona imkan sağlamıştır (Sayed ve Gabbar, 2017).

Dağıtık kontrol sistemleri üzerinden konvansiyonel kontrol yerine tüm bir petrol rafinerisini kontrol etmek için bir SCADA / PLC sistemi kullanılmıştır. SCADA / PLC, gerçek bir sistem olarak bir petrol rafinerisi prosesinde tasarlanarak özel bir yöntem olarak uygulanmıştır (Morsi ve El-Din, 2014).



Nükleer tesisler, atık su arıtma tesisleri, elektrik tesisleri, trafik kontrol sistemleri, doğalgaz tesisleri, otomotiv endüstrisi, gıda endüstrisi, vb. gibi birçok alanda SCADA kullanılmaktadır.

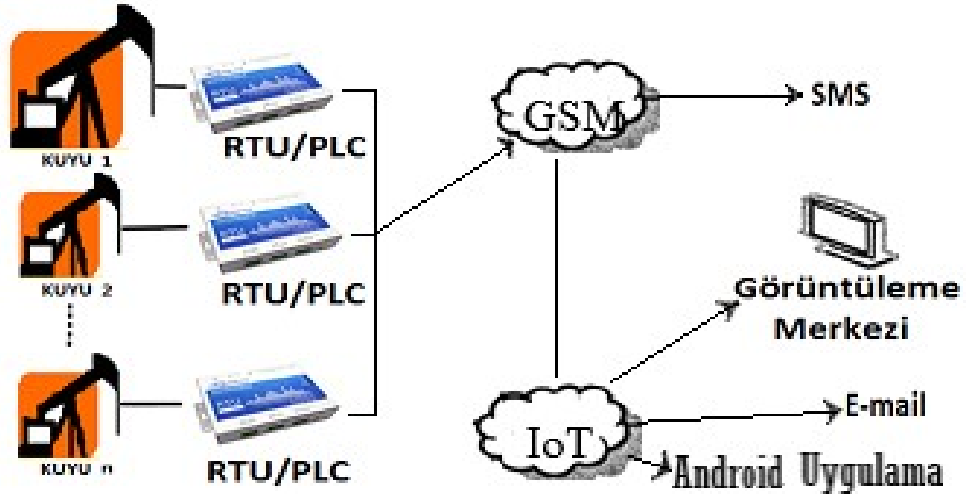
Her ne kadar kurulum maliyetleri yüksek görünse de aşağıda belirtilen avantajlar nedeniyle uzun vadede sistemin kendini fazlasıyla amorti etmesi sağlanmaktadır.

- Sistemin çalışması hakkında anlık veri alınabilmesi (şalterlerin durumu, petrol kuyu başı pompası motorunun çalışma durumu, vb.)
- Zaman ve iş gücü kaybının önüne geçilmesi
- Üretim verilerinin kaydedilerek analiz edebilmesi
- Sistemin enerji takibi ve bu veriler ışığında yapılacak planlamayla elde edilecek enerji tasarrufu
- Reaktif ve kapasitif ceza durumlarının engellenmesi (kompanzasyon, vb.)
- Sahadaki arıza durumundan haber alınması ve en kısa zamanda müdahale
- Sisteme dışardan yapılan müdahalelerin kayıt altına alınabilmesi
- Geriye dönük verilerin analiziyle arıza riski olan bölgelerin tespit edilebilmesi

#### 4. PETROL KUYULARI İZLEME SİSTEMİ

Yapılması planlanan çalışmamız, bir üretim sahası içerisinde dağınık bir şekilde yerleşik petrol üretimi yapılan kuyu başlarındaki ekipmanın çalışmasının anlık veya geriye dönük izlenmesi ve herhangi bir aksaklık durumunda ilgili kişilere uyarı mesajı (SMS ya da e-mail) gönderilmesi üzerine dayalı bir uzaktan veri izleme sistemidir. Yetkili kişiler, bu sistem sayesinde herhangi bir aksaklıktan anında haberdar olacaktır. Böylelikle bu aksaklığa en kısa sürede müdahale edilerek petrol üretim kaybının asgari minimum seviyeye indirilmesi sağlanacaktır.

Planlanan çalışmamız için kurulu sistem üzerinde istenilen fiziksel verilerin alınabilmesi için gerekli yerlere sensörler, enerji takibi için uygun yerlere ölçüm elemanları konulması gerekmektedir. Bunlardan alınan verilerin değerlendirilebilmesi için PLC gibi bir kontrol elemanı ve bu sistemi oluşturan bütün elemanların kontrolü, alınan verilerin aktarımı ve izlenmesi için bir SCADA sistemine ihtiyaç vardır. Şekil 4.1 de yapılması planlanan petrol kuyuları izleme sistemi genel olarak görülmektedir.



Şekil 4.1. Petrol Kuyuları İzleme Sistemi

##### 4.1. Petrol Kuyuları İzleme Sisteminde İzlenecek Veriler

- Motor Gerilim/Akım Değerleri (Enerji Var/Yok)
- Basınç (Opsiyonel)
- Sıcaklık (Opsiyonel)
- Pano Kapı Switch Bilgisi (Opsiyonel\_Güvenlik)

## 4.2. Petrol Kuyuları İzleme Sistemi İçin Gerekli Elemanlar

Tasarım aşamasında olan petrol kuyuları veri izleme sistemi için öncelikle uygun elemanları ve miktarını tespit etmek amacıyla şunlara bakılmıştır:

- Kuyu yerlerinin tespitiyle birlikte GSM sinyal bilgileri (veri iletimi için)
- Kuyu mayi ve temel bilgileri (basınç ve sıcaklık sensörleri için)
- Kuyu başı enstrümanları (pompa ve elektrik motor tipine göre enerji analizörü ve enerji ölçüm cihazı için)
- Kuyu yerleşimini gösteren fotoğraflar (otomasyon panosu yerleşimine göre kullanılacak kablo miktarı için)

Hazırlık aşaması sonrası petrol kuyuları veri izleme sistemi için temel olarak düşünülen gerekli elemanlar şunlardır:

- Pano ve pano sarf malzemeleri
- 24V DC güç kaynağı ve 24 saatlik 24V DC UPS (Uninterruptible Power Supply) (bir faz giriş 24V DC çıkışlı ve enerji kesintisi durumunda 24V DC çıkışlı)
- Röle ve Soket (PLC dijital çıkış modüllerinin her bir çıkışında)
- Klemens (giriş ve çıkış modüllerinin bağlantıları için)
- Enerji Analizörü (kuyu başındaki enerjiye uyumlu) (fazlardaki farklı gerilim ve akım ölçümleri için)
- 220V AC çıkışlı transformator (kuyu başındaki enerjiye göre girişi belirlenmeli) (AC besleme ve izolasyon için)
- Parafudr 2 adet/kuyubaşı (kuyu başındaki enerjiye uyumlu) (AC kuyu başı şebeke gerilimi için 2 faz girişi)
- Sıcaklık sensörü (24V DC, 4-20mA çıkışlı) (Opsiyonel)
- Basınç sensörü (24V DC, 4-20mA çıkışlı) (Opsiyonel)
- PLC (kontrol elemanı)
- GSM modem (veri iletimi)
- GSM anteni (veri iletimi)
- Priz (kuyu başında gerekli elektrikli alet kullanımı için)
- Akım trafosu (kuyu başındaki enerjiye uyumlu) (her fazdaki akım ölçümü için)
- Endüktif sensör (kayış-kasnak sistemindeki hareketi algılama için)
- Sigorta ve Kontaktörler (kuyu başındaki enerjiye uyumlu) (koruma için)

- Fan (opsiyonel) (termistör kontrollü) (aşırı sıcak havalar için )
- Uygun özellikte ve yeterli miktarda kablo
- Dış ortama maruz kalan kabloların koruması için muhafaza malzemesi
- Sunucu (server/scada) yazılımı
- Kullanıcı (client) yazılımı

Pano içindeki tüm kablolar tüm enerji hatların (220V AC, 24V DC, 24V DC akü, PLC dijital output, PLC dijital input, PLC analog input, toprak) takibini kolaylaştırması amacıyla etiketlenmelidir.

#### **4.3. Petrol Kuyuları İzleme Sisteminin Avantajları**

- Arıza/stop durumunda anında haberdar olma
- Soruna anında müdahale imkanı sunması
- Üretim kaybını asgari seviyeye indirmesi
- Zaman ve işgücü kaybının önlenmesi
- Kar – zarar analizinde uzun vadede önemli oranda gelir elde edilmesi

## 5. MATERYAL VE YÖNTEM

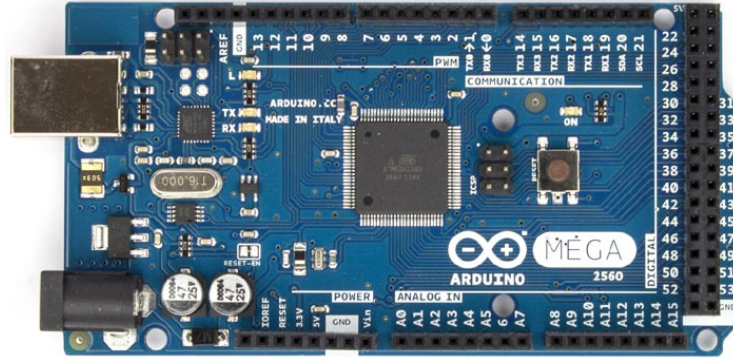
Petrol kuyuları izleme sistemi, maliyeti nedeniyle ve sahada gerçekleştirilmesinde birtakım zorluklarla karşılaşıldığından model olarak bir at başı petrol pompası maketi üzerinde yapılmıştır. At başı pompa hareketi, içerisindeki redüktörlü mikro DC (Direct Current) motor sayesinde gerçekleşmektedir. Model çalışma ile yapılan sistemde, bu redüktörlü mikro DC motorun çalıştığı esnada ölçülen gerilim, akım, güç, sıcaklık değerleri ve at başı hem tur sayısı hem de tur başı süresi HMI (Human-Machine Interface) dokunmatik ekran üzerinden izlenmektedir. Aynı zamanda elde edilen anlık veriler, sistemin uzaktan erişime açılması halinde bu model sistemin izlenmesi için yazılan android uygulama ile akıllı cihazlar üzerinden izlenebilmektedir. Model sistemde uzaktan izlenen verilerin android uygulamaya aktarılması ve gerektiğinde bu verilerin analiz edilebilmesi için IoT (Internet of Things) platformu olan <https://thingspeak.com/> adresinde açılan veri tabanı kullanılmıştır. Sistemin SMS (Short Message Service) gönderimine açılması halinde sisteme durum sorgu SMS gönderilmesi sonrası izlenen anlık verilerin SMS olarak yetkili kişiye iletilmesiyle başka bir şekilde uzaktan izleme sağlanmaktadır. Sistemde at başı pompası DC motorun birim süredeki devir sayısı artırılıp azaltılabilmektedir. Bu özellik ile at başı tur sayısı, at başı tur süresi, at başı pompası DC motor akımı ve gerilimi değiştirilebilmektedir. Sistem çalışması esnasında at başı pompası DC motorda oluşabilecek birkaç arıza senaryosu düşünülerek sisteme tanımlanmıştır. Bu arızalar, sahada kendiliğinden ortaya çıkarken çalışmamızda tarafımızdan oluşturulmuştur. Motor aşırı voltaj, motor aşırı akım, motor çalışmıyor, motor aşırı sıcaklık ve motor titreşim arızaları sisteme tanımlanmıştır. Tanımlı arızalar karşısında arıza tipiyle birlikte uyarı verip sistemi stop durumuna getirdiği görülmüştür. Sistem tarafından bu uyarı, SMS olarak tanımlı kişilere gönderilmiştir ve aynı anda sisteme uzaktan erişim ile android uygulama aracılığıyla akıllı cihazlarda da izlenmiştir. Sistem başında arıza giderilip arıza uyarısı resetlenmeden sistem tekrar çalışmayacaktır.

### 5.1. Model Sistem Donanımları

#### 5.1.1. Arduino Mega 2560 R3

Veri işleme kartları, sensör kullanılarak yapılan uygulama veya deneysel çalışmalarda alınan ölçümlerin bilgisayara aktarılmasında kullanılmaktadır. Arduino, bu

tip çalışmalarda kullanım kolaylığı açısından en yaygın kullanılan platformların başında yer almaktadır. Arduino mega 2560 R3 kartında Atmel firmasının ATmega2560 mikro denetleyici entegresi bulunmaktadır ve Şekil 5.1 de gösterilmektedir.



Şekil 5.1. Arduino Mega 2560 R3

Arduino mega 2560 kartının boyu 100mm ve eni 50mm olup 54 adet dijital I/O pini bulunmaktadır. I/O pinlerinin 14 tanesi PWM çıkışı şeklinde kullanılabilir. 4 UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter), 16 analog girişi, 16MHz kristal osilatörü, adaptör girişi, USB bağlantısı, ICSP (In-Circuit Serial Programming) çıkışı ve bir reset butonu bulunmaktadır. Diecimila, Uno ve Duemilanove için tasarlanmış tüm eklentiler(shield) ile uyumludur.

Arduino mega 2560 beslemesi harici bir adaptör, USB veya batarya 6-20V arasında ile yapılabılır güç kaynağı otomatik olarak seçilmektedir. Çalışma gerilimi, 7V altında olmamalıdır. Aksi durumda 5V çıkış pini 5V veremez ve kart düzensiz çalışabilmektedir. Aynı şekilde 12V üzerinde bir besleme verilirse voltaj regülatörü fazla ısınır karta hasar verebilmektedir. 3,3V çıkış pininden 50mA akım alınmaktadır.

Arduino mega 2560 'ın diğer işlemci kartlardan farkı FTDI (Future Technology Devices International), USB (Universal Serial Bus) -to-serial sürücü entegresi kullanılmamıştır. USB-to-Serial entegresi yerine ATmega16U2 USB-to-serial dönüştürücü olarak programlanmıştır.

54 dijital giriş çıkış pinlerinin hepsi pinMode(), digitalWrite(), ve digitalRead() fonksiyonları kullanılarak giriş veya çıkış olarak kullanılabilir. Her pin maksimum 40mA giriş veya çıkış sağlayıp 5V'da çalışmaktadır. Pinlerde 20-50kOhm pull-up dirençleri (normalde bağlantısız) bulunmaktadır. Bu pinlerin haricinde özel görevi olan pinler de mevcuttur:

Serial 0 [1 (TX) ve 0 (RX)], Serial 1 [18 (TX) ve 19 (RX)], Serial 2 [16 (TX) ve 17 (RX)], Serial 3 [14 (TX) ve 15 (RX)] : Seri data göndermek (TX) ve almak (RX) için kullanılmaktadır. 1 ve 0 pinleri aynı zamanda ATmega16U2 USB-to-TTL seri entegresinin ilgili pinlerine bağlıdır.

Harici Kesme [ 3 (interrupt 1), 2 (interrupt 0), 19 (interrupt 4), 18 (interrupt 5), 21 (interrupt 2) ve 20 (interrupt 3) ]: Bu pinler, yükselen kenar, düşen kenar, interrupt on change kesmeleri gibi harici kesmeler için kullanılmaktadır. attachInterrupt() fonksiyonu kullanılarak hangi interruptın ne şekilde kullanılacağı belirlenmektedir.

PWM [0 to 13] : 8-bit PWM çıkış alınmaktadır. Bu çıkışlar için analogWrite() fonksiyonu kullanılmaktadır.

SPI [50 (MISO), 53 (SS), 51 (MOSI), 52 (SCK)] : Bu pinler SPI (Serial Peripheral Interface) kütüphanesi kullanılarak SPI iletişim kurulmasını sağlamaktadır. SPI pinleri aynı zamanda ICSP (In-Circuit Serial Programming) headerdan da kullanılmaktadır.

LED [13] : 13 nolu pinde bir LED vardır. Çıkış High yapıldığında LED yanmakta, LOW yapıldığında sönmektedir.

TWI [20 (SDA) and 21 (SCL)] : Wire kütüphanesi ile TWI iletişimi sağlanabilmektedir.

Arduino mega 2560'ın her biri 10 bit çözünürlükte olan 16 analog girişi vardır. Normalde 0-5V aralığında çalışmakta olup AREF pini ve analogReference() fonksiyonuyla referans gerilim aralığı belirlenebilmektedir.

Arduino kendi IDE'si aracılığıyla programlanmakta olup bootloader( karta yazılım yüklemeyi sağlayan kod kısmı) ı üzerindedir. Bootloader atlanarak ICSP üzerinden mikro denetleyici programlanabilmektedir. Arduino mega 2560, 8KB'ını bootloader'ın kullandığı 256KB'lık flash bellek, 4KB'lık EEPROM, 8KB'lık SRAM hafızaları bulunmaktadır.

Arduino mega 2560'ın aynı zamanda USB aşırı akım koruması da mevcuttur. Normalde her bilgisayarda bu koruma bulunmakla birlikte arduino mega 2560'a 500mA üzeri akımda koruma sigortası bulunmaktadır. Arduino mega 2560, model sistemin ana kontrol elemanı olarak kullanılmıştır.

### 5.1.2. LM 2596 DC - DC Voltaj Düşürücü Güç Modül - Arduino Uyumlu



Şekil 5.2. LM 2596 DC - DC Voltaj Düşürücü Güç Modül

Bu modül, üzerinde LM2596 anahtarlamalı (switch mode) voltaj regülatör çipini barındırmaktadır ve Şekil 5.2 de gösterilmektedir. Modülün boyutları 6,6cmx 3,6cmx1,4cm'dir. Geniş aralıkta DC – DC voltaj regülasyonu yapabilen bu modül ile giriş geriliminde 4,5-40V arasındaki besleme voltajı, 1,25—37V DC çıkış voltajına çevrilebilmektedir. Modülden 15W çıkış gücü ve 3A çıkış akımı alınabilmektedir. Üzerindeki potansiyometrenin vidasını çevirerek çıkış voltajı ayarlanabilmektedir. Giriş voltajı çıkış voltajının en az 1,5V üzerinde olmalıdır. Modülde bulunan 0,05V hata payına sahip dahili voltmetre ile üzerindeki düğmeye basılarak çıkış ve giriş gerilimleri okunabilmektedir. Modülde ters besleme koruması bulunmakla birlikte %88 verimlilikle çalışmaktadır. Model sistemimizde 5" HMI dokunmatik TFT LCD ekran, GSM GPRS simcom SiM800L modül, sensörler ve redüktörlü 6V DC 2500 rpm redüktörlü mikro DC motorun sürülmesinde kullanılan L298N voltaj regülatörlü çift motor sürücü kartının besleme ihtiyaçları için üç adet bu modülden kullanılmıştır.

### 5.1.3. 12V 5A Metal Kasa Switch Mod Adaptör-MS-60-12

100-240V AC giriş gerilimine karşılık 12V DC 5A sabit çıkış gerilimi vermektedir. 12V ile çalışan LED'ler ve elektronik devreler için uygundur. Adaptör boyutları 11,1cmx7,8cmx3,6cm'dir ve Şekil 5.3 de gösterilmektedir. Model sistemin DC güç ihtiyacını karşılamak üzere kullanılmıştır.

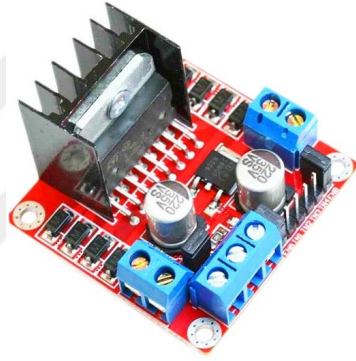




Şekil 5.3. 12V 5A Metal Kasa Switch Mod Adaptör

#### 5.1.4. L298N DC ve Step Motor Sürücü Modülü

Çalışma gerilimi 24V'a kadar olan motorları sürmek için tasarlanmış bu motor sürücü kartı, kanal başına 2A akıma sahip olup iki kanalıdır. L298N motor sürücü entegresi kart üzerinde bulunmaktadır. L298N DC motor sürücü modülü Şekil 5.4 de gösterilmektedir.



Şekil 5.4. L298N DC ve Step Motor Sürücü Modülü

Farklı motor kontrol uygulamalarında kullanılabilir. Birbirinden bağımsız olarak iki ayrı motorun kontrolü mümkündür. Üzerinde motor dönüş yönüne göre yanan ledler, yüksek sıcaklık ve kısa devre koruması, dahili regülatörü ve soğutucusu bulunmaktadır. Akım okuma (current sense) pinleri dışa verilmiş vaziyettedir. Pin bağlantıları aşağıdaki gibidir:

MotorA	Sol motor çıkışı
MotorB	Sağ motor çıkışı
VCC	Besleme voltaj girişi(4,8V-24V)
GND	Toprak bağlantısı
5V	5V çıkışı
ENA	Sol motor kanalını aktif etme pini

- IN1 Sol motor 1. girişi
- IN2 Sol motor 2. girişi
- IN3 Sağ motor 1. girişi
- IN4 Sağ motor 2. girişi
- ENB Sağ motor kanalını aktif etme pini

Ayrıca jumper takılmış pinler de bulunmaktadır. Bu pinler alternatif kullanımlar ve farklı özelliklerin aktivasyonunda kullanılabilirlerdir.

CSA A motor sürücü kanalının akım çıkışı olup buraya jumper bağlanarak çekilen akım değeri analog olarak okunabilmektedir.

CSB B motor sürücü kanalının akım çıkışı olup buraya jumper bağlanarak çekilen akım değeri analog olarak okunabilmektedir.

V1 IN1 girişini direkt 5V'a çeken pull-up direncine bağlı olan jumper olup topraklanmadıkça pinden sürekli olarak 5V alınmaktadır.

V2 IN2 girişini direkt 5V'a çeken pull-up direncine bağlı olan bir jumper olup topraklanmadıkça pinden sürekli olarak 5V alınmaktadır.

V3 IN3 girişini direkt 5V'a çeken pull-up direncine bağlı olan bir jumper olup topraklanmadıkça pinden sürekli olarak 5V alınmaktadır.

V4 IN4 girişini direkt 5V'a çeken pull-up direncine bağlı olan bir jumper olup topraklanmadıkça pinden sürekli olarak 5V alınmaktadır.

5V-EN 7805 hattını pasif ve aktif hale getiren jumperdır. Takıldığı takdirde kartın 5V çıkışı aktif olup buradan 5V alınabilmektedir. Çıkarıldığı takdirde ise bu hat pasif olmaktadır. Model sistemde at başı pompa maketi içerisindeki at kafasını hareketini sağlayan redüktörlü mikro DC motorun sürülmesinde kullanılmıştır.

#### 5.1.5. 6V 2500 rpm Redüktörlü Mikro DC Motor

Çalışma voltajı 6V'da 2500 rpm hıza sahip mikro redüktörlü motordur.

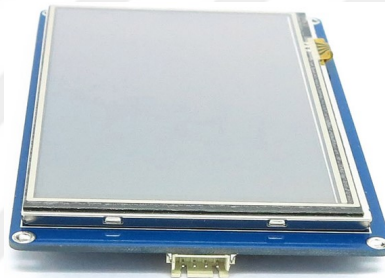


Şekil 5.5. 6V 2500 rpm Redüktörlü Mikro DC Motor

Ağırlığı 10 gr olup Şekil 5.5 de gösterilmektedir. Yüksek hıza ihtiyaç duyulan birçok uygulamada kullanılacak motorlardandır. Motorun boşa çektiği akım 50mA olup yükte ise zorlanma akımı 800mA olmaktadır. Motor çapı 12-10mm, redüktör çapı kare 12x10mm olup uçtan uca uzunluk 36mm'dir. Mil tipi 3mm D şaft ortadan çıkışlı ve mil uzunluğu 10mm'dir.

#### 5.1.6. 5.0" Nextion HMI Dokunmatik TFT LCD Ekran - 16MB Dahili Hafıza

5.0" Nextion HMI dokunmatik TFT (Thin Film Transistor) LCD (Liquid Crystal Display) ekran makina, uygulama, insan ve cihaz ya da proses arasında görselleştirme ve kontrol arabirimi olarak görev yapan bir Seamless HMI (Human Machine Interface) çözümüdür ve Şekil 5.6 da gösterilmektedir. Geleneksel LED (Light Emitting Diode) ve LCD Nixie tübünün yerini almak için tasarlanmıştır.



Şekil 5.6. 5.0 Inch Nextion HMI Dokunmatik TFT Lcd Ekran - 16MB Dahili Hafıza

Donanım kısmında bir dizi TFT kartı ve yazılım kısmında ise Nextion editöründen meydana gelmektedir. Şekil 5.6 da görüldüğü üzere Nextion TFT kartı iletişim için tek bir seri port kullanmaktadır ve bu seri port pinleri VCC +5V, TX, RX, GND 0V şeklindedir. Nextion editörü içerisinde metin ekleme özelliği, butonlar, ilerleme çubuğu, metin ekleme özelliği, enstrümantasyon paneli, kaydırma çubuğu gibi çok kullanılan öğeler bulunmaktadır ve kapsamlı arabirim tasarımlarına imkan vermektedir. Taşı-bırak özelliğiyle programlama için harcanan zaman önemli bir ölçüde %99 azalmaktadır. Uygulama devresine UART (Universal Asenkron Reciever Transmitter) eklenerek bu tip HMI LCD ekran kullanılabilir.

#### Nextion HMI Akıllı 5" Dokunmatik TFT LCD Ekran Özellikleri

5V 410mA güç

800 x 480 Çözünürlüğü

Entegre 4 telli Dirençli Dokunmatik Panelli TFT Ekran

RGB 65K gerçek renkler

Kullanıcı Uygulama Kodu ve Verileri için 16MB Flash Belleği

Herhangi bir TTL Seri Ana Makineye kolay 4 pinli arabirim

Görme Alanı: 108mm (L) × 64.8mm (W)

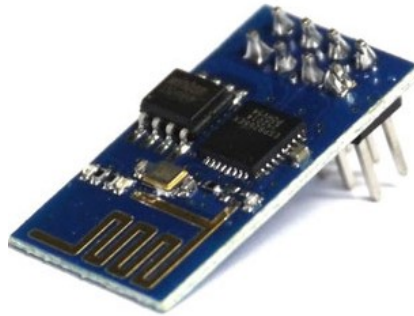
Yazılım yükseltmesi için dahili mikro SD kartı.

Ayarlanabilir Parlaklık: 0 ~ 230 nit, ayar aralığı % 1

### 5.1.7. Esp8266 Seri Wi-Fi Modül

Esp8266 seri Wi-Fi (Wireless Fidelity) modül, içerisinde entegre çip Esp8266 bulunmaktadır ve kablosuz internet bağlantısı için tasarlanmıştır. Tüm Wi-Fi ağ işlevlerini başka bir uygulama işlemcisinden yönlendirebilmesine veya uygulamayı barındırabilmesine olanak tanıyan eksiksiz ve tam olarak kendine yeten bir Wi-Fi ağ imkanına sahiptir.

Esp8266 seri wifi modül, çalıştırma süresince minimal ön yükleme ve minimal yükleme ile GPIO (general-purpose input/output) 'ları vasıtasıyla diğer uygulama özellikli cihazlar ve sensörlerle entegre olmasını sağlayan güçlü depolama ve dahili işleme özellikleri bulunmaktadır. Çok küçük dış devresi ile ön uç modülü de dahil minimum baskı devre alanını kapsayacak şekilde tasarlanmış olup Şekil 5.7 de gösterilmektedir.



Şekil 5.7. Esp8266 Seri Wi-Fi Modül

#### Karşılık Gelen Arayüzler

SDIO(Secure Digital Input Output) 2.0, SPI(Serial Peripheral Interface), UART

32-pin QFN (Quad Flat Package) paket

Entegre RF (Radio Frequency) switch, balun, 24dBm PA (Power Amplifier), DCXO (Digitally Controlled Crystal Oscillators) ve PMU(Phasor Measurement Unit)

Entegre RISC (Reduced Instruction Set Computer) işlemci, çip üzeri hafıza ve dış hafıza ara yüzleri

Entegre MAC (Macintosh) /baz bandı işlemcisi

Tüm dahili sarf malzemeleri için on-chip düşük düşüşlü doğrusal regülatörler

Sahte parazitsiz saat oluşturma mimarisi

Yüksek

Hizmet Kalitesi yönetimi

Entegre WEP (Wired Equivalent Privacy), TKIP (Temporal Key Integrity Protocol), AES (Advanced Encryption Standard) ve WAPI (WLAN Authentication and Privacy Infrastructure) motorları

#### Özellikler

802.11 b/g/n

Entegre düşük güç 32-bit CPU uygulama işlemcisi olarak kullanılabilme

Entegre TCP/IP protokol yığını

Wi-Fi Direct [P2P (Peer to Peer)], soft-AP (Access Point)

Entegre TR (Transmit Receive) switch, balun, LNA (Low Noise Amplifier), güç amplifikatörü ve eşleşen ağlar

Entegre PLL (Phase Locked Loop), regülatör, DCXO ve güç yönetim birimleri

802.11B modunda +19.5dBm (decibel-milliwatt) çıkış gücü

Sızıntı akımını <10uA'ya kadar azaltma

Standby güç tüketimi <1,0mW [DTIM3 (Delivery Traffic Indication Map 3)]

Uyanma ve iletim paketleri <2ms

SDIO 1.1/2.0, SPI, UART

STBC (Space-Time Block Coding), 1×1 MIMO (Multi Input Multi Output), 2×1 MIMO

A-MPDU (Aggregate MAC Protocol Data Unit) & A-MSDU (Aggregate MAC Service Data Unit) kanal birleştirme & 0.4ms koruma aralığı

#### 5.1.8. Mini GSM/GPRS Modülü - SIM800L

Kullanım kolaylığı için header çıkışları bulunmaktadır. 25mmx23mm boyutlarıyla birçok projeye uyum sağlamaktadır ve fiyatı ucuz olduğundan tercih edilmektedir.



Şekil 5.8. Mini GSM/GPRS Modülü - SIM800L

Mini GSM/GPRS modülü, besleme gerilimi 3,8-4,2V DC arasında olup tavsiye edilen besleme voltajı 4V DC'dir ve Şekil 5.8 de gösterilmektedir. SIM kart soketi, modülün alt tarafında microSIM şeklinde bulunmaktadır. GSM iletimi esnasında ortalama 350mA, en fazla 2000mA akım çekmektedir. Ara yüz olarak UART (maks. 2,8V) ve AT (Advanced Technology) komutları kullanılmaktadır. Desteklenen frekanslar dörtlü bant (850/950/1800/1900 MHz) ve anten bağlantısı IPX (Internetwork Packet Exchange) şeklindedir. Durum sinyali LED bulunmaktadır ve çalışma sıcaklığı -40 ile + 85°C aralığındadır.

#### 5.1.9. Max471 Voltaj ve Akım Sensör Modülü

Max471 Voltaj ve Akım Sensör Modülü, akım ve voltaj ölçümü için kullanılır ve Şekil 5.9 da gösterilmektedir.



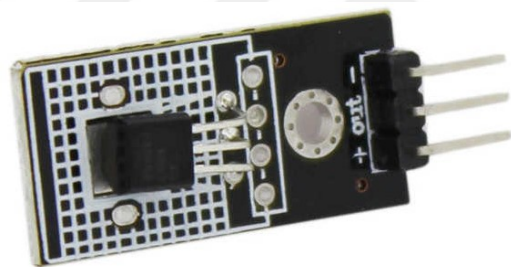
Şekil 5.9. Max471 Voltaj ve Akım Sensör Modülü

Dirençli gerilim bölücü tasarım kuralına dayanan voltaj ölçüm yöntemi, kırmızı uç konnektör giriş voltajını 5 kat daha küçük bir niceliğe getirebilmektedir. 5V'a kadar Arduino analog giriş gerilimlerinde, voltaj algılama modülü giriş gerilimi  $5V \times 5 =$

25V'dan büyük olmamaktadır. 3,3V sistemleri kullanılıyorsa, giriş voltajı  $3,3V \times 5 = 16,5V$ 'den büyük olmamaktadır. Arduino AVR çiplerinde 10 bit AD (Analog Digital) bulunduğu için, bu modül 0,00489V (5V / 1023) çözünürlüğünü simüle etmektedir. Dolayısıyla giriş gerilimi algılama modülünün minimum gerilimi  $0,00489V \times 5 = 0,02445V$  olmaktadır. Kart üzerindeki Max471 entegresi yükün tüketilen akımını ölçmede kullanılmaktadır. Ölçülebilen gerilim aralığı 5V kullanılan Arduino kartları için 3-25V DC, 3,3V kullanılan Arduino kartları için 3-16,5V DC aralığındadır. Ölçülebilen akım aralığı ise 0-3A DC olmaktadır.

#### 5.1.10. LM35 Sıcaklık Sensör Modülü

LM35 sıcaklık sensörü, derece santigrat sıcaklık ile orantılı bir çıkış gerilimine sahip hassas entegre devre sıcaklık ölçüm modülüdür. Direkt olarak derece santigrat olarak kalibrelidir. LM35 Sıcaklık sensör modülü, LM35 sıcaklık sensörünün arduino ile kontrolü için modül şeklinde olanıdır ve Şekil 5.10 da görülmektedir.



Şekil 5.10. LM35 Sıcaklık Sensör Modülü

Doğrusal  $+ 10,0mV / ^\circ C$  skala faktörüne sahip olup  $0,5^\circ C$  hassasiyet garantisi ( $+ 25^\circ C$ 'de) ile  $-55^\circ C$  ile  $+ 150^\circ C$  aralığında çalışmaktadır. 4V DC ile 30V DC arasında çalışıp 60  $\mu A$ 'den az akım vermektedir.

#### 5.1.11. TCRT5000 Optik Mesafe Sensörü (Transistör Çıkışlı)

TRCT5000 optik mesafe sensörü, bir fototransistör ve ışık kaynağından oluşmaktadır. Işık kaynağından gönderilen kızılötesi ışık bir yüzeye çarpıp yansıdığı anda fototransistör bu geri gelen ışığı algılayıp ışığın yoğunluğuna göre analog çıkış vermektedir. Arduino ve benzeri geliştirme kartlarıyla kullanılabilen bu sensör, kısa mesafeler için idealdir ve Şekil 5.11 de gösterilmektedir.



Şekil 5.11. TCRT5000 Optik Mesafe Sensörü (Transistör Çıkışlı)

Sensör ölçüm mesafesi 0,2mm – 15mm aralığında olup kızıl ötesi 950nm dalga boyundadır. Ayrıca gün ışığını bloke eden filtresiyle birlikte ışık kaynağı ve fototransistör için toplamda dört çıkışı bulunmaktadır.

#### 5.1.12. Titreşim Sensör Modülü - FZ0670

Titreşim sensörü modülü, normalde açık tip titreşim sensörü modülü titreşim tetiği ile karşılaştırılıp röle modülü olarak daha uzun süre çalıştırılabilmektedir ve Şekil 5.12 de bu modülün üzerindeki elemanlar ve bağlantı pinleri detaylı bir şekilde gösterilmektedir.



Şekil 5.12. Titreşim Sensör Modülü - FZ0670

Bu modül, 3,3V ile 5V arasındaki gerilimlerde çalışmaktadır. Çıkış olarak dijital bir veri üretmektedir. Eğer titreşim varsa 1 yoksa 0 değerini sisteme göndermektedir. Karşılaştırıcı çıkış sinyali temiz ve sürücü yeteneği 15mA üzerinde olmaktadır. Modül boyutları 3,2cmx1,4cm'dir ve üzerinde LM393 geniş voltaj karşılaştırıcısı bulunmaktadır. Model sistemimizde at başı pompa hareketini sağlayan DC motorun arıza senaryolarından titreşim arızası uyarısı için kullanılmıştır.

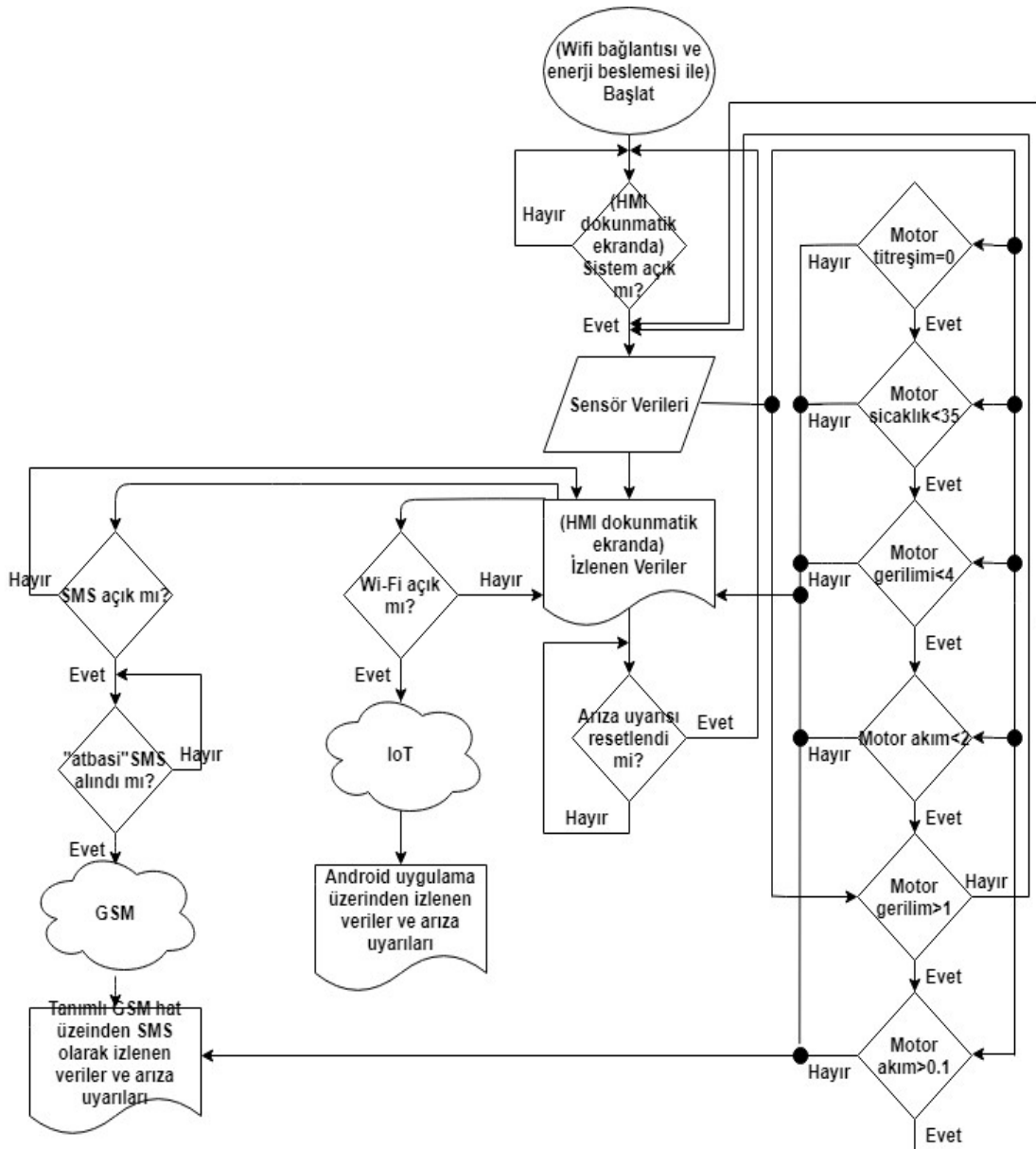


## 5.2. Model Sistem Yazılımları

Model sistem algoritmasının aşağıdaki gibi belirlenen aşamalar şeklinde olması düşünülmektedir.

- 1- Sistem, enerji verilmesi ve Wi-Fi bağlantısı ile çalışmaya hazır hale gelmektedir.
- 2- Sistem, HMI dokunmatik ekrandan “Sistem Kapalı/Açık” buton ile çalıştırılmaktadır.
- 3- HMI dokunmatik ekrana anlık veriler aktarılmaya başlanmaktadır.
- 4- HMI dokunmatik ekrandan “Wi-Fi Kapalı/Açık” buton ile sisteme erişim açılarak IoT platformu üzerinden periyodik olarak android uygulamaya anlık veri aktarımı yapılmaktadır.
- 5- HMI dokunmatik ekrandan “SMS Gönderimi Kapalı/Açık” buton ile sisteme erişim açılarak GSM üzerinden “atbasi” SMS durum sorgu mesajı ile sistemde tanımlı mobil GSM hattına SMS olarak anlık veri aktarımı yapılmaktadır.
- 6- Oluşturulan arıza senaryolarının gerçekleşmesi halinde sistemde tanımlı GSM hatta SMS olarak, HMI dokunmatik ekrana ve sisteme erişim izni olması durumunda android uygulamaya arızanın niteliğiyle birlikte uyarı gönderilmektedir.
- 7- Arıza sonrası sistemde sorun giderildikten sonra HMI dokunmatik ekrandan arıza uyarısının resetlenmesiyle sistem tekrar çalışmaya hazır hale gelmektedir.

Yukarıda belirtilen model sistem algoritması temelinde model sistem akış diyagramının aşağıdaki gibi olması planlanmaktadır.



Model sistem akış diyagramında gösterildiği şekilde model sistemin gerçekleştirilmesinde HMI ekran editör, IoT platformu ve iki farklı yazılım geliştirme ortamı kullanılmıştır.

### 5.2.1. Arduino Yazılımı

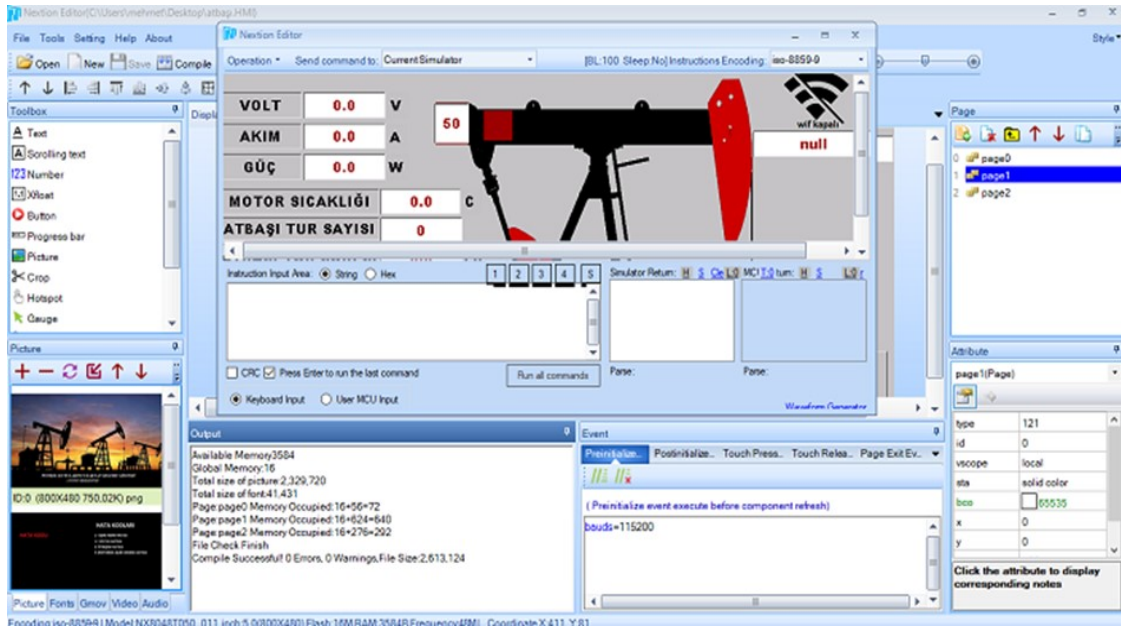
Arduino açık kaynaklı olarak geliştirilmiş mikro kontrolcü platformu olarak bilinmektedir. Arduino yazılımı Şekil 5.13 de gösterilen bir tümleşik geliştirme ortamı IDE (Integrated Development Environment) ve kütüphanelerden oluşmaktadır. IDE, Java dilinde yazılmıştır ve processing isimli yazılım dilinin geliştirme ortamına dayanmaktadır. Model sistem uzaktan izleme devresi için EK-5 de belirtilen kodlar yazılmıştır.



Şekil 5.13. Arduino IDE

### 5.2.2. Nextion HMI Dokunmatik TFT LCD Ekran Editor

Model sistemde kullandığımız sensörlerden gelen verilerin okunup analiz edilebilmesi için arduino ile seri port üzerinden haberleşen nextion firmasının ürettiği 5 inçlik bir ekran kullanılmıştır. Bu ekran HMI-Human Machine Interface (insan makine ara yüzü) olarak görev yapmaktadır. Bu sayede sensörlerden gelen veriler alınarak istenildiği gibi kullanılabilir. Ekranı tasarlamak için Şekil 5.14 de gösterilen nextion editör kullanılmıştır.

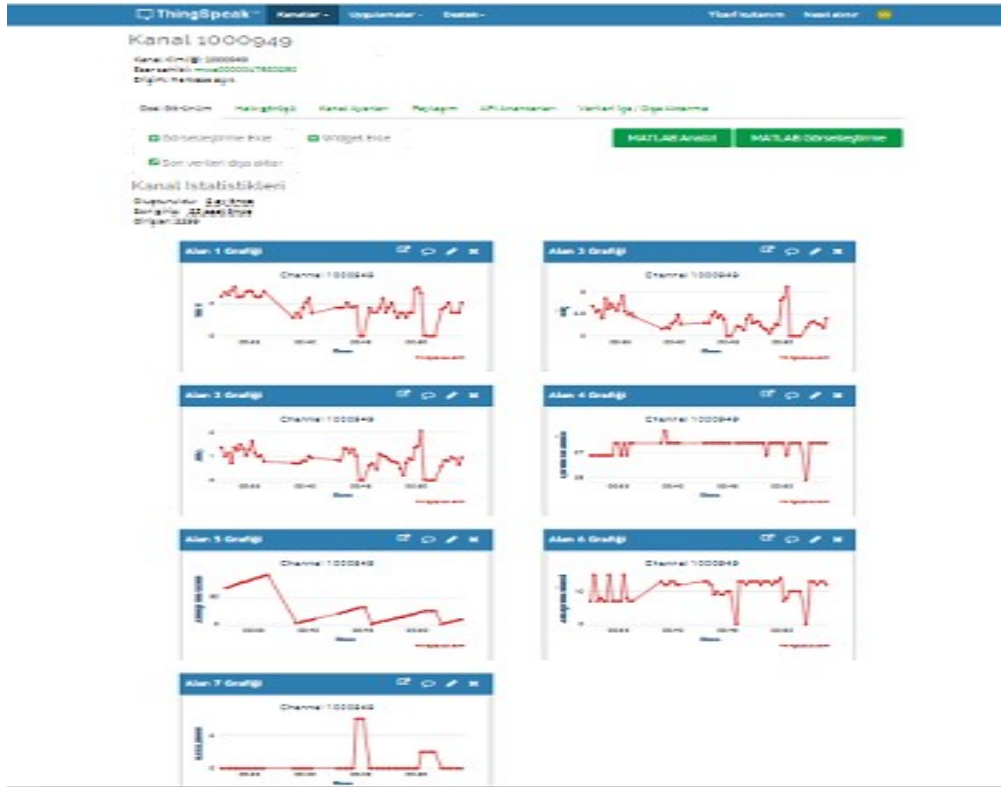


Şekil 5.14. Nextion HMI Dokunmatik TFT LCD Ekran Editör

### 5.2.3. IoT (Internet of Things) Platformu

Model sistem çalışmadaki sensör verileri, geliştirilen android uygulamayla uzaktan izleme ve gerektiğinde birtakım analizler için herkesin kullanımına açık 'https://thingspeak.com/' adresinde bir hesap açılarak buradaki hazır veri tabanı IoT (Internet of Things) platformuna aktarılmıştır. IoT platformu ThingSpeak, Şekil 5.15 de gösterilmektedir. Bu IoT platformu, MATLAB (matrix laboratory) ortamında verilerin analiz edilebilmesine olanak sağlamaktadır. ThingSpeak, API (Application Programming Interface) anahtarları sayesinde android uygulama ile çok rahat bir şekilde haberleşebilmektedir.

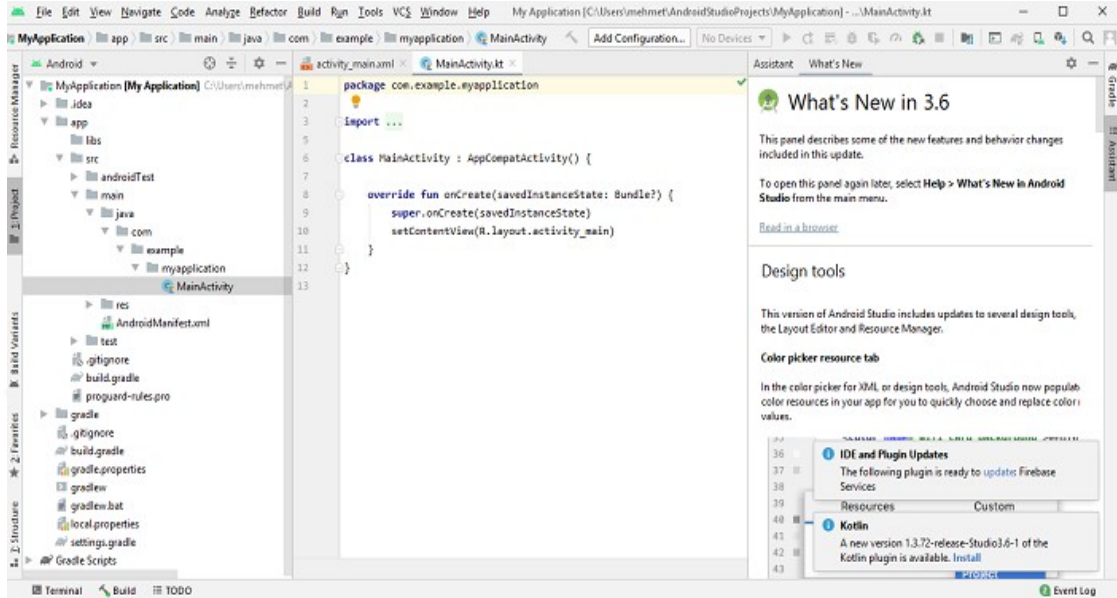
Model sistemde Arduino yazılımı yazılarak sensörlerden gelen veriler işlenip Wi-Fi modülü aracılığıyla IoT platformuna gönderilmiştir. Bu verileri depolamak ve kullanmak üzere IoT platformu ThingSpeak içerisinde bir kanal oluşturulmuştur ve bu kanala bağlı akım, volt, güç, at başı hareket sayısı, at başı hareket süresi, motor sıcaklığı ve hata kodu olarak toplam yedi adet alan açılmıştır. Arduinodan alınan veriler ilgili alanlarda kaydedilerek ThingSpeak API anahtarları vasıtasıyla hazırlanan android uygulamaya aktarılmıştır. Böylece bu android uygulamanın yüklü olduğu bir cihaz ile aktarılan verilerin izlenmesi mümkün olmaktadır.



Şekil 5.15. IoT platformu ThingSpeak

### 5.2.4. Android Studio Yazılımı

Android studio, Şekil 5.16 de gösterildiği üzere Google'a ait resmi android IDE olan android uygulamaların geliştirildiği programlama aracı olarak bilinmektedir.



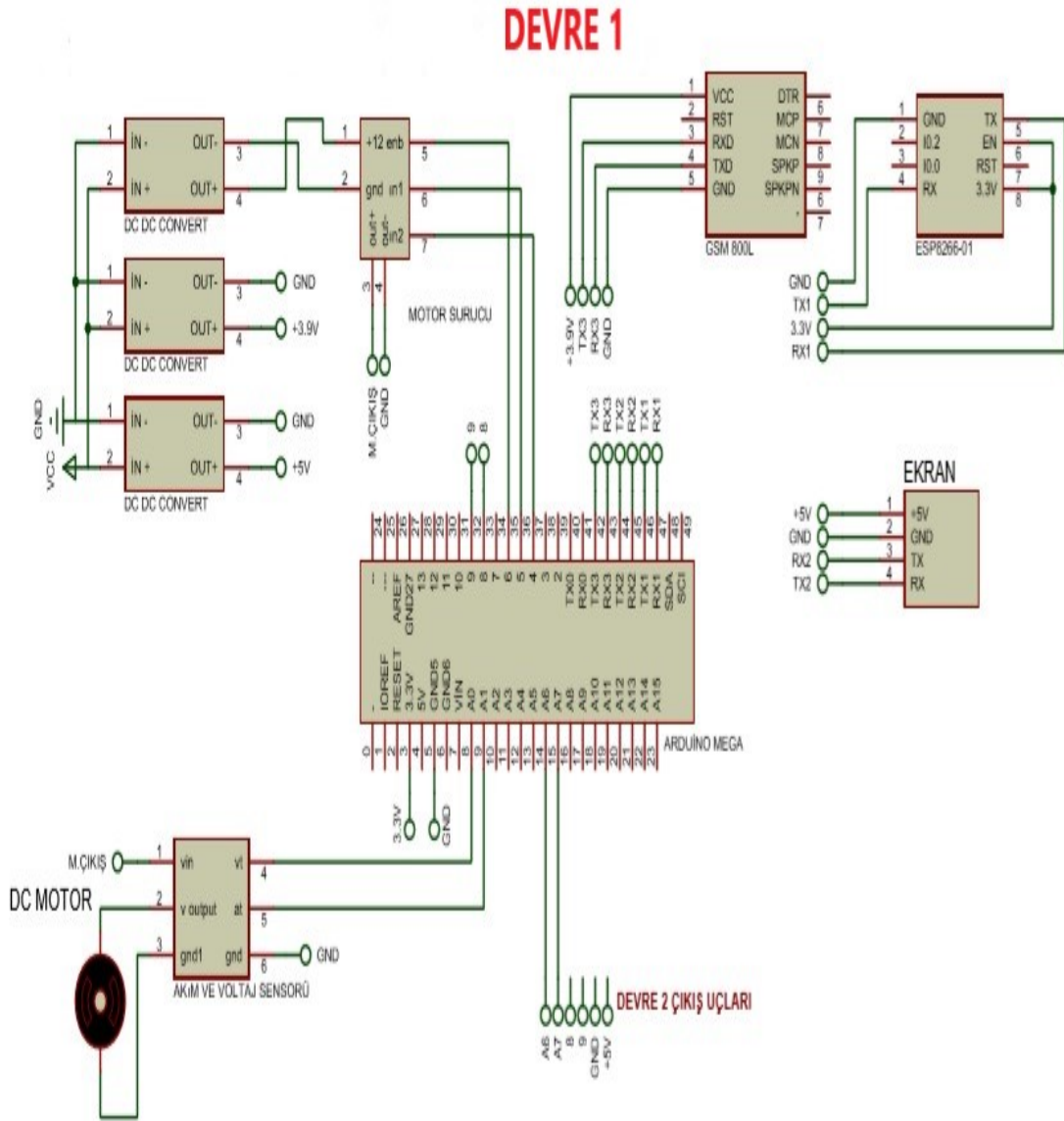
Şekil 5.16. Android Studio IDE

Model sistemdeki at başı pompa verilerinin uzaktan izlenebilmesi için Şekil 5.17 de gösterilmekte olan bir android uygulama geliştirilmiştir. Bu android uygulama için EK-6 da belirtilen kodlar yazılmıştır.

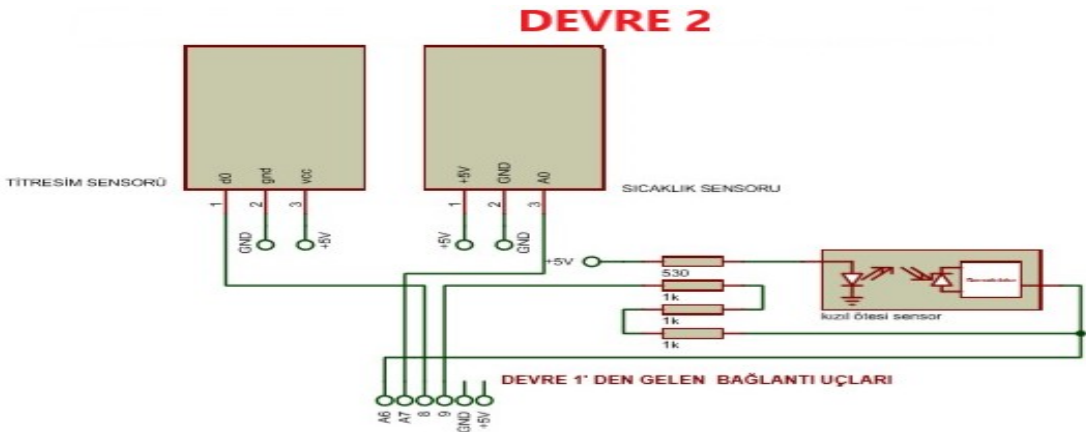
Petrol Kuyularını Uzaktan İzleme	
Volt (V)	2.11
Akım (A)	0.95
Güç (w)	2.02
Motor Sıcaklığı (°C)	27.37
Atbaşı Tur Sayısı	9
Atbaşı Tur Süresi (sn)	12.00
Yenileme Aralığı (sn)	2

Şekil 5.17. Model Sistem Android Uygulama (Sayılar İngilizce formatta)

### 5.3. Model Sistem Devresi



Şekil 5.18. Ana Devre Şeması



Şekil 5.19. Titreşim Sensör, IR Sensör, Sıcaklık Sensör Ana Devre Bağlantı Devre Şeması

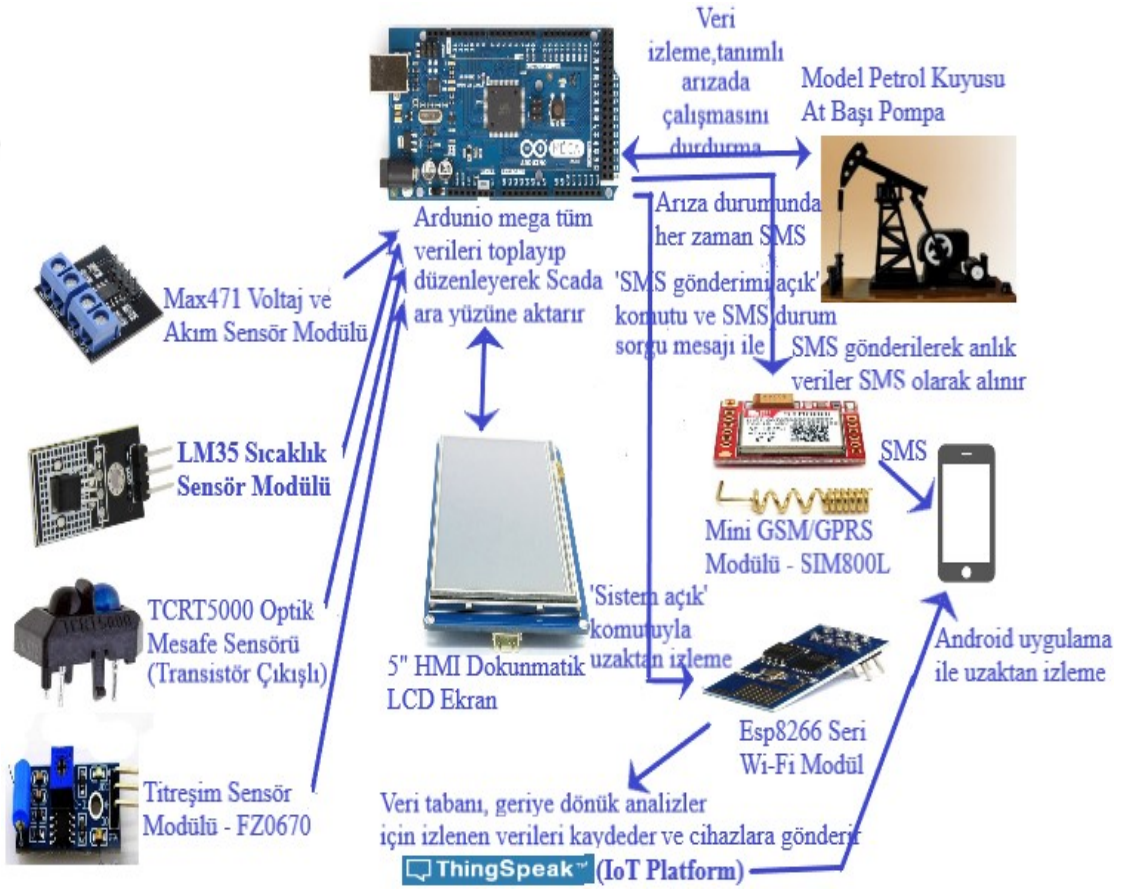
Model sistem devre şeması, Labcenter Electronics firmasının geliştirdiği Proteus programının alt programı olan ISIS ile Şekil 5.18 ve Şekil 5.19 da gösterildiği gibi çizilmiştir. Ardından Proteus programının diğer alt programı ARES ile EK-1, EK-2, EK-3 ve EK-4 de gösterildiği şekilde model sistem baskı devre şeması hazırlanmıştır. Model sistem baskı devre şeması bakır plakete aktarılarak PCB (Printed Circuit Board) baskı devre kartı oluşturulmuştur. Model sistem baskı devre kartına devre elemanlarının yerleştirilmesiyle devre kartı hazır hale getirilmiştir. Model sistem devre şeması genel olarak altı kısımdan oluşmaktadır. Bunlar:

- Ana kontrol elemanı arduino mega 2560
- Devreye dışardan bağlanan 220V AC-12V DC 5A AC-DC ana güç kaynağı ve buna bağlı devrede gösterilen LM2596 DC-DC dönüştürücüler
- 5" nextion HMI dokunmatik TFT LCD ekran – 16MB dahili hafızalı
- Esp8266 seri Wi-Fi modül ve GSM GPRS simcom SiM800L modül
- Sensörler
- L298N voltaj regülatörlü çift motor sürücü kartı ve model at başı pompanın hareketini sağlayan 6V DC 2500 rpm redüktörlü mikro DC motor

Model sistem, şebekeden gelen 220V AC'nin 12V DC'ye dönüştürülmesiyle alınan besleme gerilimiyle çalışmaya başlamaktadır. 12V DC gerilim, devredeki üç adet LM2596 DC-DC dönüştürücüler ve arduino mega 2560 besleme girişlerine gelmektedir. LM2596 DC-DC dönüştürücü, üzerindeki potansiyometrenin vidası çevrilerek çıkış voltajı ayarlanabilmektedir. Model sistem devrede 5" HMI dokunmatik TFT LCD ekran, titreşim sensör modülü, kızıl ötesi mesafe sensörü ve sıcaklık sensör modülü için 5V DC; GSM GPRS simcom SiM800L modül için 3,9V DC; model at başı pompanın hareketini sağlayan 6V DC 2500 rpm redüktörlü mikro DC motorun sürülmesinde kullanılan L298N voltaj regülatörlü çift motor sürücü kartı için 7,5V DC iç ihtiyaç beslemelerinde kullanılmak üzere üç adet LM2596 DC-DC dönüştürücülerin çıkışları ayarlanmıştır. Model at başı pompanın hareketini sağlayan 6V DC 2500 rpm redüktörlü mikro DC motorun farklı çalışma gerilimlerinde test ve inceleme yapmak üzere L298N voltaj regülatörlü çift motor sürücü kartına bağlı LM2596 DC-DC dönüştürücünün çıkışı ayarlanabilmektedir. L298N voltaj regülatörlü çift motor sürücü kartından gelen motor gerilimi, max471 voltaj ve akım sensör modülü üzerinden yazılımda belirlenen besleme gerilimi oranında model at başının mikro DC motoruna verilmektedir. Voltaj

ve akım sensör modülünün çıkış pinlerinden arduino mega 2560'a gelen A0 ve A1 giriş uçları ile at başı motor gerilimi, motor akımı ölçüm verileri alınmaktadır. Esp8266 seri Wi-Fi modülün enerji beslemesi, arduino mega 2560 3,3V DC çıkışından yapılmaktadır.

Model at başı pompanın hareketini sağlayan 6V DC 2500 rpm redüktörlü mikro DC motorun sürülmesinde L298N voltaj regülatörlü çift motor sürücü kartı ve yazılımdaki tanımlamalar ile istenildiğinde bu DC motorun birim zamandaki devir sayısı değiştirilebilmektedir. Bu esnada DC motor gerilim, akım, at başı tur süresi, at başı tur sayısı değişimleri gözlemlenebilmektedir.



Şekil 5.20. Model Sistemin Genel Çalışma Algoritması

Model sistemin genel olarak çalışması Şekil 5.20 de gösterilmektedir. Model sistemdeki at başı pompanın çalışmasını izlemek üzere farklı sensörler kullanılmıştır. At başı pompanın hareketini sağlayan motor ile alakalı anlık verilerin alınmasında kullanılan sensörler şunlardır:

- Gerilim ve akım ölçümü için max471 voltaj ve akım sensör modülü
- Sıcaklık ölçümü için LM35 sıcaklık sensörü
- Titreşim arızası tespiti için titreşim sensör modülü - FZ0670



Model at başı mikro DC motoru beslemesi, ilk öncelikle çift motor sürücü kartı, sonrasında voltaj ve akım sensörü modülü üzerinden yapılmaktadır. Sıcaklık sensörü motorun yanında, titreşim sensörü motorun üzerinde konumlandırılmıştır.

Model sistemdeki at başı pompanın çalışmasının doğrudan takibi için at başı pompanın at başının tur başına süresi ile at başı tur sayısı verileri için TCRT5000 kızıl ötesi IR mesafe sensörü kullanılmıştır. Bu tipteki IR sensörleri hem ışık kaynağı ve hem de yansıyan ışığın yoğunluğuna göre analog çıkış vermektedir. Bu nedenle bu sensör, at başı çubuğunun altında konumlandırılarak bu çubuğun sensöre karşılık gelen kısmı beyaz renge boyanmıştır. Şekil 5.19 da gösterildiği gibi kızıl ötesi sensörün çıkışından direkt analog çıkış ve bu analog çıkışın  $3K\Omega$  direncin seri bağlantısı üzerinde dijital çıkış alınarak arduino mega 2560'ın dijital ve analog girişlerine verilmiştir.

Sensörlerden alınan veriler kullanılarak ana kontrol elemanı arduino mega 2560 içerisindeki yazılım içerisinde motor aşırı voltaj, motor çalışmıyor, motor aşırı akım, motor aşırı sıcaklık ve motor titreşim arıza senaryoları oluşturulmuştur. Arduino mega 2560 içerisindeki yazılım ile bu arıza durumlarında model sistem çalışması durdurularak HMI dokunmatik LCD ekrana, uzaktan izlemenin yapıldığı android uygulama yüklü cihaza ve tanımlı GSM hattına uyarı gönderilmesi sağlanmaktadır.

16MB dahili hafızalı 5" nextion HMI dokunmatik TFT LCD ekran, ara yüz programı vasıtasıyla istenildiği şekilde düzenlenebilmektedir. Ekranda menüler, sekmeler, izlenecek veri kısımları, arıza uyarıları, sistem kumanda butonları, istenilen şekiller bu ara yüz programı aracılığıyla düzenlenebilmektedir. Çalışmamız için bu HMI dokunmatik ekranda temsili at başı pompa resmi işlenmiştir. Ekrandaki resimde at başı çubuğundaki kaydırmalı butonla DC motor devir sayısı değiştirilebilmekte ve yanı başındaki değer kısmından devir oranı okunabilmektedir. Ayrıca ekranda motor gerilim, motor akım, motor tarafından tüketilen güç, motor sıcaklığı, model at başı pompanın at başı tur sayısı ve at başı tur süresi görülebilmektedir. Öte yandan 'Wi-Fi kapalı/açık', 'SMS gönderimi kapalı/açık' ve 'sistem kapalı/açık' kumanda butonları bulunmaktadır. Tanımlı arızalardan birinin oluşması durumunda ilgili hata kodu, arıza tipi ve arıza giderilmesi sonrası uyarı reset butonunun olduğu arıza ekranı tam ekran olarak gelmektedir.

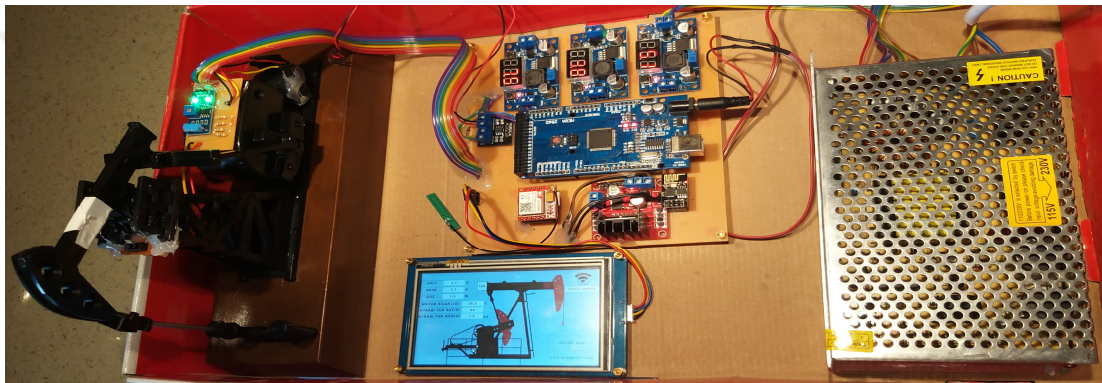
Arduino mega 2560 kontrol elemanı, devrenin çalışmasında önemli rol oynayarak tüm devrenin çalışmasını kontrol etmektedir. Bu kontrol elemanı içerisinde yüklü yazılım kodlarına göre farklı işlevler yerine getirmektedir. Arduino mega 2560, sensörlerden aldığı verileri işleyerek sistemin izlenmesini farklı şekillerde

sağlamaktadır. Bunlardan ilki sistem verilerinin ve arıza durumlarının 16MB dahili hafızalı HMI dokunmatik LCD ekrana aktararak görüntülenmesini sağlamaktadır. Öte yandan Arduino mega 2560 içerisindeki yazılım sayesinde HMI dokunmatik ekrandan ‘Wi-Fi kapalı/açık’ kumanda butonundan ‘Wi-Fi açık’ komutu ile sistemin uzaktan erişime açılmasıyla esp8266 seri Wi-fi modül aracılığıyla IoT platformu sayesinde internet üzerinden sistem verileri izlenebilmektedir. Bunun için esp8266 seri Wi-fi modülün model sistem devre yakınındaki bir kablosuz ağa bağlantısının olması gerekmektedir. HMI dokunmatik ekran üzerinden sistemin uzaktan erişime açılmasıyla model sisteme uyumlu hazırlanmış android uygulama aracılığıyla bu uygulamanın yüklü olduğu cihaz ile sistem verileri ve arıza durumları izlenebilmektedir. Diğer taraftan Arduino mega 2560 içerisindeki yazılımda tanımlı GSM hattına GSM/GPRS simcom SiM800L modül ile tanımlı arızalardan birinin oluşması durumunda uyarı mesajı SMS olarak gönderilerek ilgili kişinin anında haberdar edilmesi sağlanmaktadır. Ayrıca HMI dokunmatik LCD ekran üzerinden ‘SMS kapalı/açık’ kumanda butonundan ‘SMS açık’ komutu ile sistemin uzaktan erişime açılmasıyla yazılımda tanımlı GSM hattından sisteme durum sorgu talep SMS gönderilmesi halinde anlık sistem verileri SMS olarak alınabilmektedir.

Model sistem çalışmada verilerin izlenmesi ve kaydının oluşturulması amacıyla herkesin kullanımına açık ‘<https://thingspeak.com/>’ adresinde bir hesap açılıp buradaki hazır veri tabanı Şekil 5.20 de gösterilen IoT platformu olarak kullanılmıştır. ThingSpeak, mühendislerin ve bilim insanlarının sunucu kurmadan veya web yazılımı geliştirmeden IoT sistemlerini prototiplemelerini ve geliştirmelerini sağlamaktadır. ThingSpeak, ağ üzerinden canlı veri akışlarının toplanmasını, görselleştirilmesini ve analiz edilmesini sağlayan bir IoT nesnelere interneti analiz platformu hizmetidir. Cihazlardan ThingSpeak'e veri gönderilebilmekte, canlı verilerin anında görüntülenmesi sağlanabilmekte ve uyarı gönderilebilmektedir. Arduino mega 2560, içerisindeki yazılımda gerekli tanımlamalar yapılarak sistem uzaktan erişime açık olduğu süre boyunca istenilen verilerin ‘<https://thingspeak.com/>’ adresinde açılan veri tabanına depolanması ve hazırlanan uyumlu android uygulamanın yüklü olduğu bir cihaz ile bu IoT platformu üzerinden izlenmesi sağlanmıştır. Bu IoT platformunda oluşturulan hesaptan izlenen verilere geriye dönük ulaşılıp model sistem çalışması ile ilgili farklı analizler yapılabilmektedir.

## 6. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

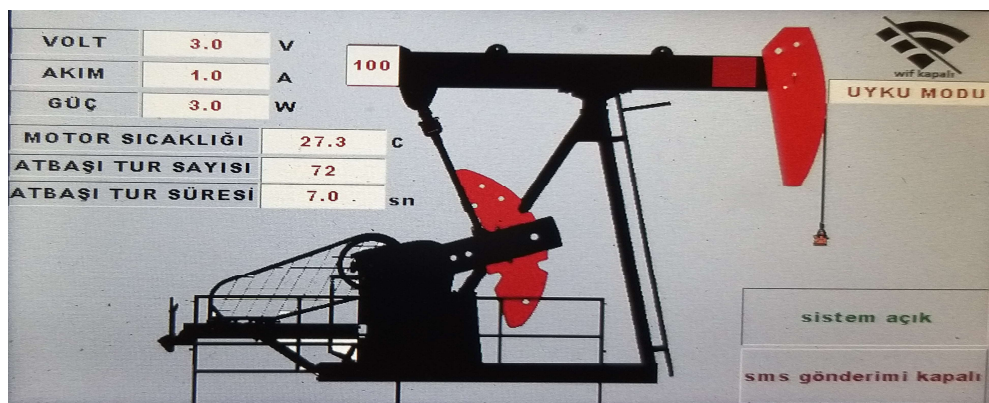
Petrol kuyu başı ekipmanını uzaktan izleme model sistem çalışmasının çalışır pozisyonundaki genel durumu Şekil 6.1 de gösterilmektedir. Şekil 6.1 de model sistem için gerekli petrol kuyusu at başı maketi, gerekli donanımlar ve model sistem devresi gözlemlenmektedir. Model sistem uzaktan izleme için Şekil 6.1 de görüldüğü üzere kızıl ötesi IR mesafe sensörü at başı çubuğunun altında, sıcaklık sensörü motorun yanında, titreşim sensörü motorun üzerinde konumlandırılmıştır. Model at başı mikro DC motorun enerji beslemesi, voltaj ve akım sensörü modülü üzerinden yapılmaktadır ve bu modül üzerinden akım, gerilim ölçümleri alınmaktadır.



Şekil 6.1. Model Sistem Çalışır Durumdaki Genel Görünümü

### 6.1. Model Sistem Uzaktan İzleme Yöntemleri

Model sistemde sensörlerden alınan veriler işlenerek sistemin izlenmesi farklı şekillerde sağlanmaktadır. Model sistemde Şekil 6.2 de görüldüğü üzere sistem verilerinin HMI dokunmatik LCD ekrana aktarılarak görüntülenmesi sağlanmaktadır.



Şekil 6.2. HMI Dokunmatik LCD Ekran Üzerinden Uzaktan İzleme (Sayılar İngilizce Formatta)

Model sistemde Arduino mega 2560 içerisindeki yazılım sayesinde HMI dokunmatik ekrandan ‘Wi-Fi kapalı/açık’ kumanda butonundan ‘Wi-Fi açık’ komutuyla sistemin uzaktan erişime açılmasıyla esp8266 seri Wi-Fi modül aracılığıyla IoT platformu üzerinden internet yoluyla model sisteme uyumlu hazırlanmış android uygulamanın yüklü olduğu cihaz ile sistem verileri Şekil 6.3 de görüldüğü gibi uzaktan izlenebilmektedir.



Petrol Kuyularını Uzaktan İzleme	
Volt (V)	3.21
Akım (A)	1.33
Güç (w)	4.26
Motor Sıcaklığı (°C)	24.93
Atbaşı Tur Sayısı	14
Atbaşı Tur Süresi (sn)	6.00
Yenileme Aralığı (sn)	1

Şekil 6.3. Android Uygulama Üzerinden Uzaktan İzleme (Sayılar İngilizce Formatta)

Model sistemde HMI dokunmatik LCD ekran üzerinden ‘SMS kapalı/açık’ kumanda butonundan ‘SMS açık’ komutu ile sistemin uzaktan erişime açılmasıyla tanımlı GSM hattından sisteme durum sorgu talep SMS gönderilmesiyle GSM/GPRS simcom SiM800L modül üzerinden anlık sistem verileri aynı tanımlı GSM hatta Şekil 6.4 de gösterildiği şekilde SMS olarak alınabilmektedir.



Şekil 6.4. Tanımlı GSM Hattı Üzerinden Uzaktan İzleme (Sayılar İngilizce Formatta)

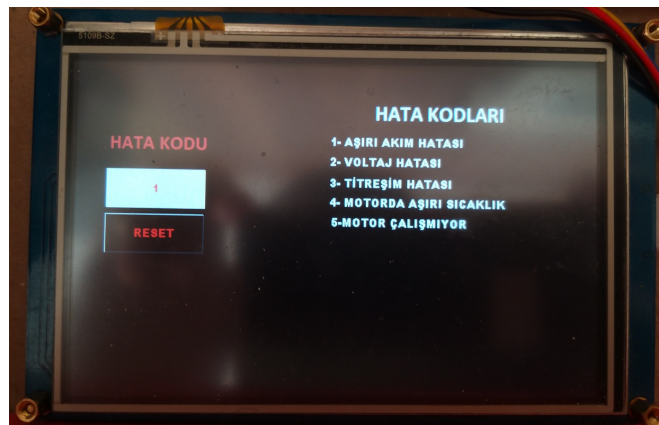
## 6.2. Model Sistem Arıza Senaryoları ve Uzaktan İzleme Yöntemleri

Model sistemde sensörlerden alınan veriler kullanılarak ana kontrol elemanı arduino mega 2560 içerisindeki yazılım içerisinde at başı pompanın hareketini sağlayan 6V DC 2500 rpm redüktörlü mikro DC motorun motor aşırı voltaj, motor çalışmıyor, motor aşırı akım, motor aşırı sıcaklık ve motor titreşim arıza senaryoları oluşturulmuştur. Arduino mega 2560 içerisindeki yazılım ile tanımlı arızalardan birinin oluşması halinde model sistem çalışması durdurularak HMI dokunmatik LCD ekrana, tanımlı GSM hattına, uzaktan erişimin açık olması halinde izlemenin yapıldığı android uygulama yüklü cihaza uyarı gönderilmesi sağlanmaktadır.

Tanımlı arızalardan herhangi birinin oluşması durumunda ilgili hata kodu, arıza tipi ve arıza giderilmesi sonrası uyarı reset butonunun olduğu ekran, HMI dokunmatik LCD ekrana tam ekran olarak gelmektedir. Arızanın giderilmesinin ardından bu ekrandaki reset butonunun tıklanmasıyla sistem kendini yeniden başlatıp başlangıçtaki konumuna gelmektedir.

### 6.2.1. Aşırı Akım Hatası

Model sistemde, voltaj ve akım sensörü modülünden alınan verilerde at başı pompanın hareketini sağlayan 6V DC 2500 rpm redüktörlü mikro DC motorun gerilimi 4V'un altında ve çektiği akım 2A ve üzerindeyse aşırı akım hatası alınmaktadır. Model sistem çalışması durdurularak Şekil 6.5, Şekil 6.6 ve Şekil 6.7 de gösterildiği gibi HMI dokunmatik LCD ekrana, uzaktan izlemenin yapıldığı android uygulama yüklü cihaza ve tanımlı GSM hattına 'Hata Kodu 1 Aşırı Akım Hatası' uyarı gönderilmesi sağlanmaktadır.

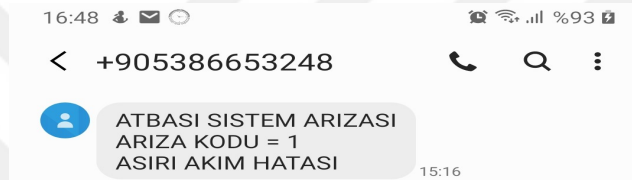


Şekil 6.5. HMI Dokunmatik LCD Ekran Üzerinde Hata Kodu 1 Aşırı Akım Hatası Uyarısı

Petrol Kuyularını Uzaktan İzleme	
Volt (V)	2.72
Akım (A)	2.06
Güç (w)	5.59
Motor Sıcaklığı (°C)	27.86
Atbaşı Tur Sayısı	13
Atbaşı Tur Süresi (sn)	9.00
Yenileme Aralığı (sn)	1
Hata Kodu	1

Hata Kodu: 1  
Tarih: 04-05-2020 16:42:06

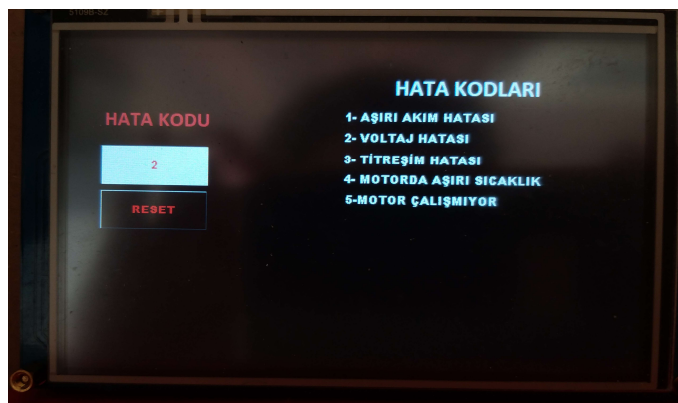
Şekil 6.6. Android Uygulamada Hata Kodu 1 Aşırı Akım Hatası Uyarısı (Sayılar İngilizce Formatta)



Şekil 6.7. Tanımlı GSM Hattı Üzerinden Hata Kodu 1 Aşırı Akım Hatası Uyarısı

### 6.2.2. Voltaj Hatası

Model sistemde, voltaj ve akım sensörü modülünden alınan verilerde at başı pompanın hareketini sağlayan 6V DC 2500 rpm redüktörlü mikro DC motorun gerilimi 4 V ve üzerindeyse voltaj hatası alınmaktadır. Model sistem çalışması durdurularak Şekil 6.8, Şekil 6.9 ve Şekil 6.10 da gösterildiği gibi HMI dokunmatik LCD ekrana, uzaktan izlemenin yapıldığı android uygulama yüklü cihaza ve tanımlı GSM hattına 'Hata Kodu 2 Voltaj Hatası' uyarı gönderilmesi sağlanmaktadır.

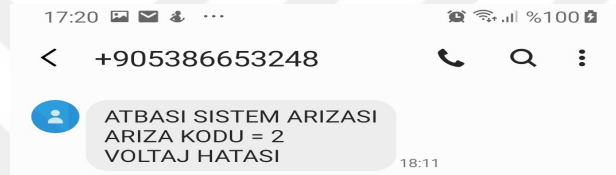


Şekil 6.8. HMI Dokunmatik LCD Ekran Üzerinde Hata Kodu 2 Voltaj Hatası Uyarısı

Parametre	Değer
Volt (V)	4.26
Akım (A)	0.98
Güç (w)	4.15
Motor Sıcaklığı (°C)	27.86
Atbaşı Tur Sayısı	10
Atbaşı Tur Süresi (sn)	5.00
Yenileme Aralığı (sn)	1
Hata Kodu	2

Hata Kodu: 2  
Tarih: 04-05-2020 17:15:21

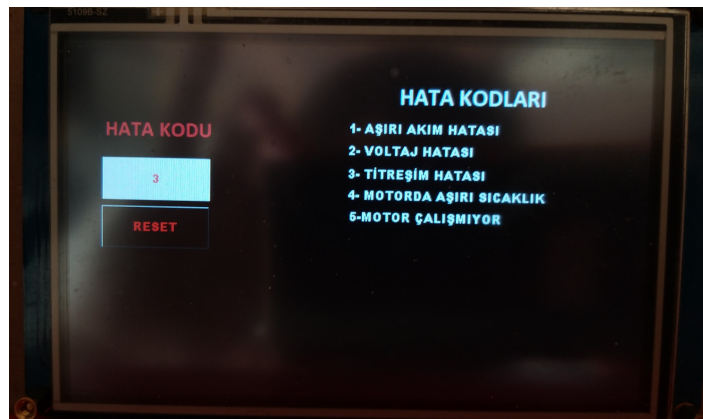
Şekil 6.9. Android Uygulamada Hata Kodu 2 Voltaj Hatası Uyarısı (Sayılar İngilizce Formatta)



Şekil 6.10. Tanımlı GSM Hattı Üzerinden Hata Kodu 2 Voltaj Hatası Uyarısı

### 6.2.3. Titreşim Hatası

Model sistemde, titreşim sensörü modülünden alınan dijital veride at başı pompanın hareketini sağlayan 6V DC 2500 rpm redüktörlü mikro DC motorda titreşim varsa yani 1 ise titreşim hatası alınmaktadır. Model sistem çalışması durdurularak Şekil 6.11, Şekil 6.12 ve Şekil 6.13 de gösterildiği gibi HMI dokunmatik LCD ekrana, uzaktan izlemenin yapıldığı android uygulama yüklü cihaza ve tanımlı GSM hattına ‘Hata Kodu 3 Titreşim Hatası’ uyarı gönderilmesi sağlanmaktadır.

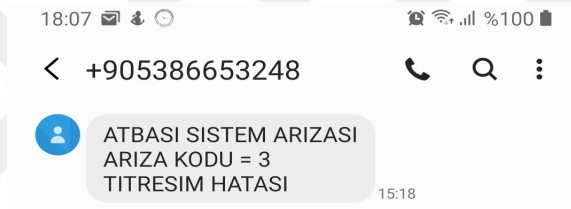


Şekil 6.11. HMI Dokunmatik LCD Ekran Üzerinde Hata Kodu 3 Titreşim Hatası Uyarısı

Petrol Kuyularını Uzaktan İzleme	
Volt (V)	0.44
Akım (A)	0.20
Güç (w)	0.09
Motor Sıcaklığı (°C)	26.88
Atbaşı Tur Sayısı	10
Atbaşı Tur Süresi (sn)	7.00
Yenileme Aralığı (sn)	1
Hata Kodu	3

Hata Kodu: 3  
Tarih: 04-05-2020 17:25:24

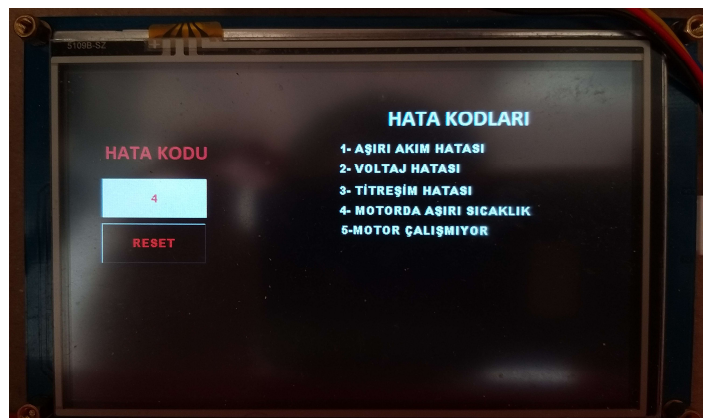
Şekil 6.12. Android Uygulamada Hata Kodu 3 Titreşim Hatası Uyarısı (Sayılar İngilizce Formatta)



Şekil 6.13. Tanımlı GSM Hattı Üzerinden Hata Kodu 3 Titreşim Hatası Uyarısı

#### 6.2.4. Motorda Aşırı Sıcaklık Hatası

Model sistemde, sıcaklık sensör modülünden alınan veride at başı pompasının hareketini sağlayan 6V DC 2500 rpm redüktörlü mikro DC motorun sıcaklığı 35°C ve üzerindeyse aşırı sıcaklık hatası alınmaktadır. Model sistem çalışması durdurularak Şekil 6.14, Şekil 6.15 ve Şekil 6.16 da gösterildiği gibi HMI dokunmatik LCD ekrana, uzaktan izlemenin yapıldığı android uygulama yüklü cihaza ve tanımlı GSM hattına ‘Hata Kodu 4 Motorda Aşırı Sıcaklık Hatası’ uyarı gönderilmesi sağlanmaktadır.



Şekil 6.14. HMI Dokunmatik LCD Ekran Üzerinde Hata Kodu 4 Aşırı Sıcaklık Hatası Uyarısı



Parametre	Değer
Volt (V)	0.39
Akım (A)	0.19
Güç (w)	0.07
Motor Sıcaklığı (°C)	37.63
Atbaşı Tur Sayısı	15
Atbaşı Tur Süresi (sn)	7.00
Yenileme Aralığı (sn)	1
Hata Kodu	4

Hata Kodu: 4  
Tarih: 04-05-2020 16:23:29

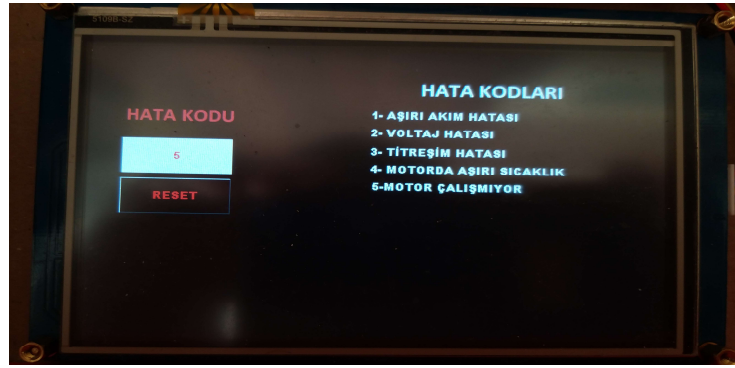
Şekil 6.15. Android Uygulamada Hata Kodu 4 Aşırı Sıcaklık Hatası Uyarısı (Sayılar İngilizce formatta)



Şekil 6.16. Tanımlı GSM Hattı Üzerinden Hata Kodu 4 Aşırı Sıcaklık Hatası Uyarısı

### 6.2.5. Motor Çalışmıyor Hatası

Model sistemde, voltaj ve akım sensörü modülünden alınan verilerde at başı pompanın hareketini sağlayan 6V DC 2500 rpm redüktörlü mikro DC motorun gerilimi 1V üzerinde ve çektiği akım 0,1A altındaysa motor çalışmıyor hatası alınmaktadır. Model sistem çalışması durdurularak Şekil 6.17, Şekil 6.18 ve Şekil 6.19 da gösterildiği gibi HMI dokunmatik LCD ekrana, uzaktan izlemenin yapıldığı android uygulama yüklü cihaza ve tanımlı GSM hattına ‘Hata Kodu 5 Motor Çalışmıyor Hatası’ uyarı gönderilmesi sağlanmaktadır.



Şekil 6.17. HMI Dokunmatik LCD Ekran Üzerinde Hata Kodu 5 Motor Çalışmıyor Hatası Uyarısı

The image shows an Android application interface with the following data:

Petrol Kuyularını Uzaktan İzleme	
Volt (V)	0.13
Akım (A)	0.02
Güç (w)	0.00
Motor Sıcaklığı (°C)	24.93
Atbaşı Tur Sayısı	25
Atbaşı Tur Süresi (sn)	16.00
Yenileme Aralığı (sn)	5
Hata Kodu	5

At the bottom of the screen, it displays: Hata Kodu: 5, Tarih: 28-04-2020 00:14:26

Şekil 6.18. Android Uygulamada Hata Kodu 5 Motor Çalışmıyor Uyarısı (Sayılar İngilizce Formatta)



Şekil 6.19. Tanımlı GSM Hattı Üzerinden Hata Kodu 5 Motor Çalışmıyor Hatası Uyarısı

Model sistemde, eldeki imkanlar dahilinde yapılabilecek en üst seviye bir proje yapılmaya çalışılmıştır. Saha şartlarındaki gerçek uygulama için prototip bir çalışma yapılmıştır. Saha şartlarındaki koşullarda yapılacak uygulamada duruma göre sistemde farklı yaklaşımlarda bulunmak gerekebilmektedir. Sözgelimi sistemin sürekliliği ve korozyona karşı dayanıklı olması için merkezi kontrol birimi olarak PLC veya RTU kullanılması, devre elemanlarının ve panoların exproof olması gerekmektedir. Ayrıca farklı sensörler kullanılarak uzaktan izleme veri yelpazesi genişletilebilmektedir. Uzaktan izlemenin kapsamı ve ihtiyaca göre tasarım yapılarak SCADA otomasyonu yapılması mümkündür.

## 7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

### 7.1. Sonuçlar

Petrol kuyusu izleme sistemi, maliyet ve birtakım farklı nedenlerden dolayı prototip olarak bir at başı petrol pompası maketi üzerinde yapılmaya çalışılmıştır. At başı petrol pompası maketinin elverdiği imkanlar ölçüsünde geliştirilebilecek uzaktan izleme model sisteminin en iyisi yapılmaya çalışılmıştır.

Model sistemde uzaktan izlenecek veriler belirlenerek bunun için gerekli elektronik devre elemanlarına ve devre tasarımına karar verilmiştir. Tasarlanan devrede ana kontrol elemanı olarak arduino mega 2560 kullanılarak gerekli yazılımı yapılmıştır.

Model sistemde sensörlerden alınan veriler kullanılarak at başı pompanın hareketini sağlayan 6V DC 2500 rpm redüktörlü mikro DC motorun sıcaklığı, gerilimi, akımı, gücü ve at başı hareketi tur sayısı ve süresiyle birlikte anlık olarak uzaktan izlenmiştir.

Model sistemde uzaktan izleme farklı şekillerde yapılabilmektedir. Bunlardan ilki ve en temeli model sistem devresindeki HMI dokunmatik LCD ekran üzerinden model sistem izlenebilmektedir. HMI dokunmatik LCD ekran üzerinde sistemin uzaktan erişime açılmasıyla tez çalışması için hazırlanmış android uygulamanın yüklü olduğu bir cihaz ile sistem izlenebilmektedir. Uzaktan izlenen verilerin Wi-Fi modülü aracılığıyla android uygulamaya aktarılması ve gerektiğinde bu verilerin analiz edilebilmesi için IoT platformu olan <https://thingspeak.com/> adresinde açılan veri tabanı kullanılmıştır. Diğer taraftan model sistem devresindeki GPRS/GSM modülü içerisindeki mobil hatta gönderilen durum sorgu talep SMS ile tanımlı GSM hatta sistem anlık verisi SMS olarak alınabilmektedir. Ayrıca devreye eklenen motor sürücüsü ile maket at başı DC motorun devir sayısı ayarlanmıştır ve bununla izlenen verilerdeki anlık değişimler gözlemlenmiştir. Söz konusu at başı DC motor devir ayarı, HMI dokunmatik LCD ekranda işlenmiş at başı resim içerisinde at başı çubuğundaki kaydırmalı buton ile oransal olarak at başı DC motor devri değiştirilebilmektedir.

Model uzaktan izleme sisteminde sensörlerden alınan veriler kullanılarak motor aşırı voltaj, motor çalışmıyor, motor aşırı akım, motor aşırı sıcaklık ve motor titreşim arıza senaryoları oluşturulmuştur. Arduino mega 2560 içerisindeki yazılım ile tanımlı arızalardan birinin oluşması halinde model sistem çalışması durdurularak HMI dokunmatik LCD ekrana, tanımlı GSM hattına, uzaktan erişimin açık olması halinde izlemenin yapıldığı android uygulama yüklü cihaza uyarı gönderilmiştir. Model

sistemin arıza sonrası tekrar çalıştırılabilmesi için arızanın giderilmesi ve tasarlanan devredeki dokunmatik LCD ekrandan arıza uyarısının resetlenmesi gerekmektedir. Bu resetlemeyle sistem kendini yeniden başlatıp başlangıçtaki konumuna gelmektedir.

Model sistem hedeflenen amaçlar doğrultusunda sorunsuz olarak çalışmıştır. Tez çalışması sahadaki gerçek uygulama için model olma özelliği taşımaktadır.

## 7.2. Öneriler

Model uzaktan izleme sistemi, bir petrol veya doğalgaz kuyusu kuyu başı ekipmanlarının uzaktan izleme çalışması için iyi bir örnek teşkil etmektedir. Gerçek uygulamada SCADA otomasyonu yapılması düşünülen yerde her bir operatörün GSM sinyal seviyesi, elektrik panosunun kuyu başına uzaklığı, kuyu başı ekipman türü gibi saha şartları göz önüne alınarak durum tespiti yapılmalıdır. Buna göre sahadaki uzaktan izlemede kullanılacak GSM operatörü, pano tipi, devre elemanları, merkezi kontrol birimi ve izlenecek veri tiplerine göre uygun sensörler belirlenmelidir. Ayrıca sistemin sürekliliği için SCADA otomasyonunda kullanılacak her bir malzemenin korozyona karşı dayanıklı olması gerekmektedir.

Sahada kuyu başı ekipmanı olarak ne varsa uygun sensörler, devre elemanları, malzemeler ve pano tasarımı ile uzaktan izlenmesi mümkündür. İhtiyaca göre özellikle yüksek derecede önem arz eden noktalarda izlenecek veri yelpazesi genişletilebilir. Kuyu başı elektrik panosuna uygun bir şekilde yerleştirilecek enerji analizörü ile elektriksel verilerin, petrol kuyusundan petrol depolama istasyonuna giden pompaj hattındaki sıcaklık ve basınç sensörü ile hat basıncı ve sıcaklığının, kuyu başına uygun bir şekilde yerleştirilecek ağırlık sensörü ile kuyu içi ekipman ağırlığının, petrol kuyusu at başı pompada kayış kasnak kısmında yerleştirilecek endüktif sensör ile buradaki hareketin uzaktan izlenmesi mümkündür.

Sahadaki uzaktan izleme sistemindeki yazılım içerisinde sensörlerden elde edilen verilerle motor arızası, enerji hattı arızası, kuyu içi ekipman bağlantı kopukluğu arızası, at başı pompa kayış kasnak arızası gibi tanımlamalar yapılarak arızalardan birinin oluşması halinde sistem çalışması durdurulup izlemenin yapıldığı yere arıza tipiyle birlikte uyarı gönderilebilir. Böylece ilgili kişinin arızadan anında haberdar olmasıyla kuyuya en kısa sürede doğru bir şekilde müdahale imkanı doğar. Ayrıca sistemde uzaktan izlenen sıcaklık ve basınç verileri ile kuyunun rezervuarı hakkında çıkarımlarda bulunulabilir. İş güvenliği açısından kuyu başı pompa düzeneğinin arıza

sonrası tekrar çalıştırılabilmesi için arızanın giderilmesi ve kuyu başında sistemin tekrar devreye alınması gerekmektedir.

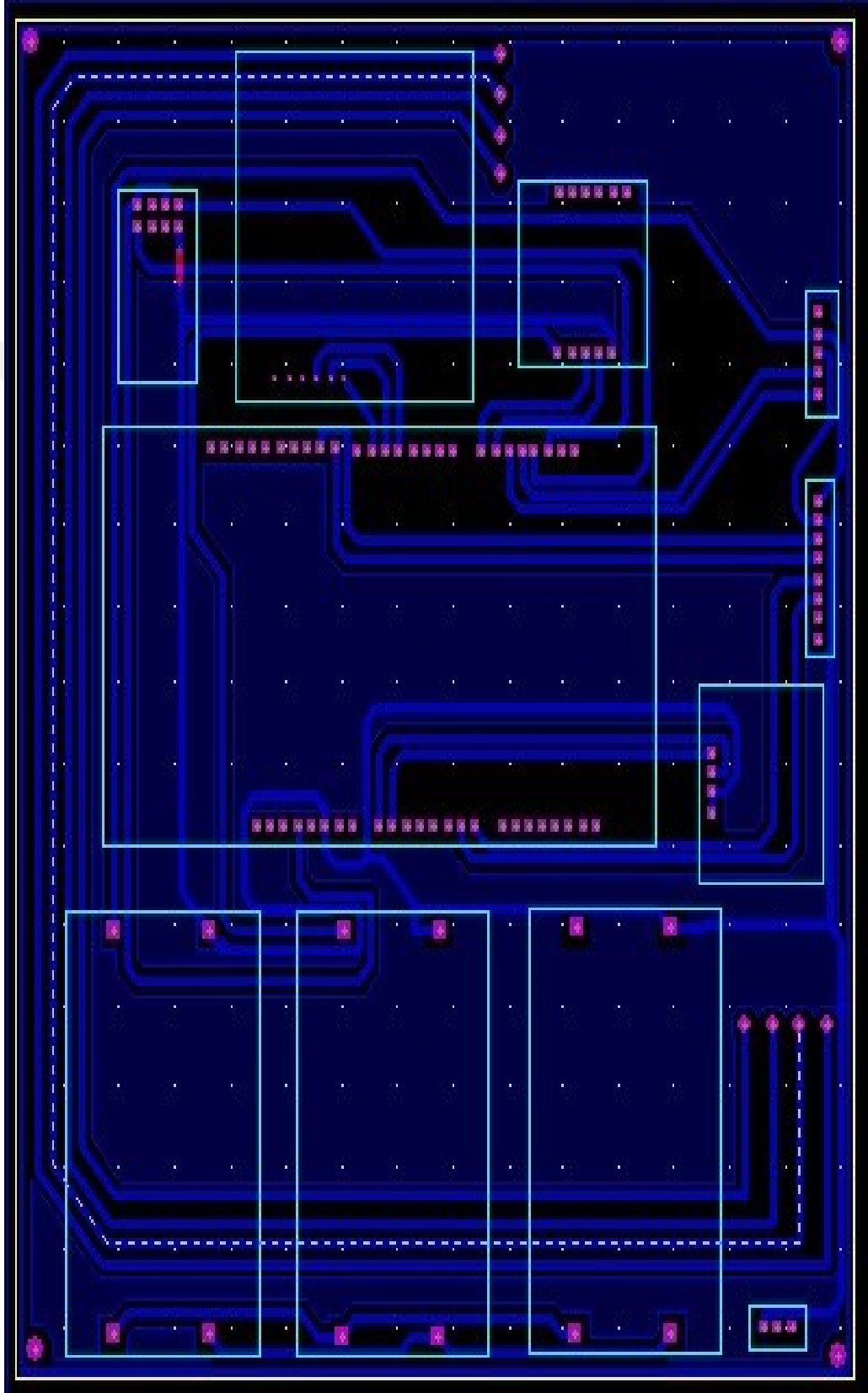
Kuyu başı sistemin uzaktan izlenmesi HMI ekran, mail, SMS, android uygulama gibi istenilen Şekilde yapılabilir. Model sistemde IoT platformu olarak hazır bir veri tabanı kullanılmasına karşın saha uygulamasında veri güvenliği açısından ayrı merkezi bir sunucu kullanılması daha uygun olabilir.

Tez alışması bir petrol kuyusu modellenerek yapılmasına karşın sahadaki uzaktan izleme dağınık bir Şekilde yerleşik kuyuların tamamında gerçekleştirilip merkezi bir sunucu üzerinden hem uzaktan izlenebilir hem de verilerin kaydı oluşturulabilir.

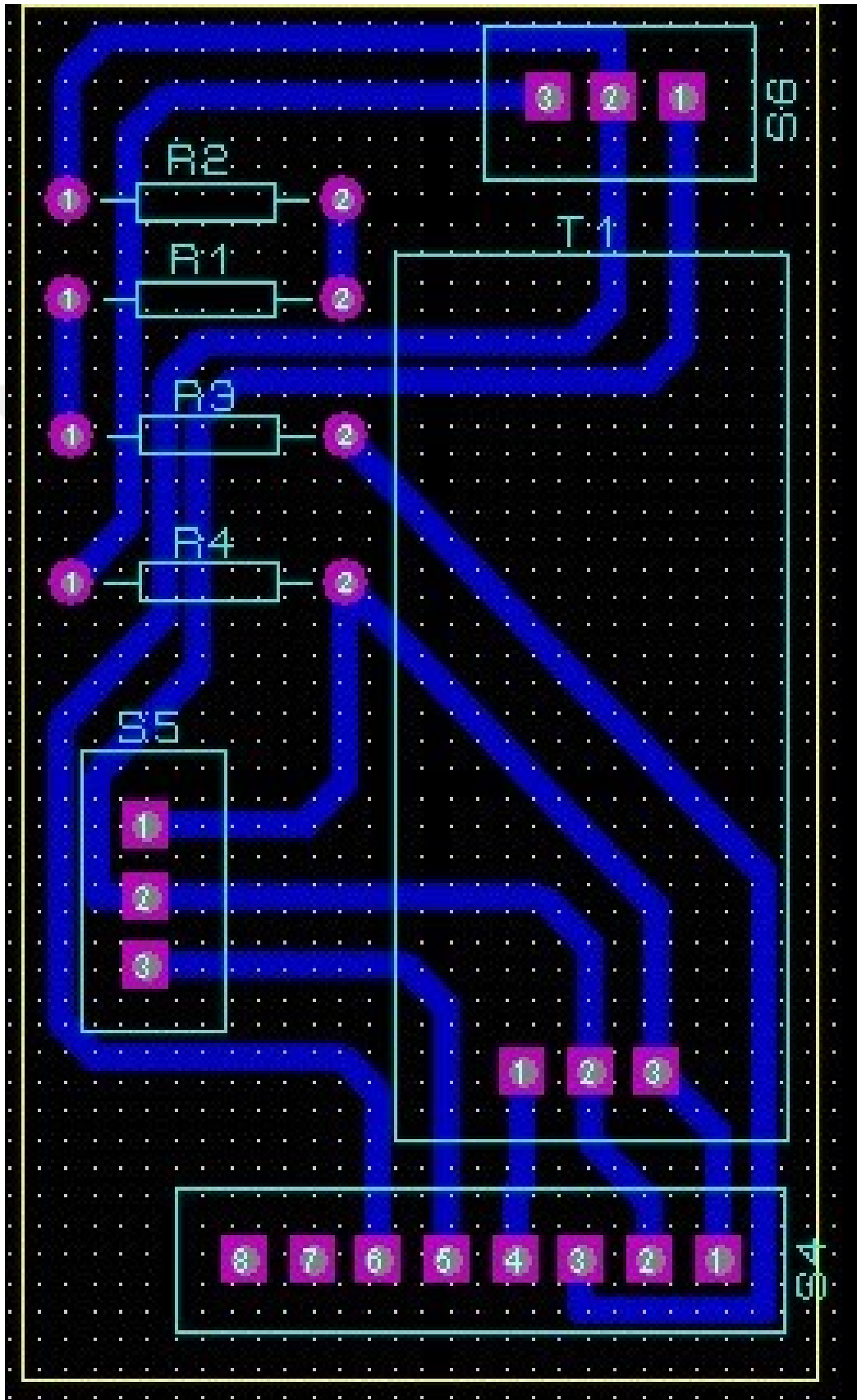


## KAYNAKLAR

- Abacı, S., 2013, Katodik Koruma Redresör Üniteleri İçin SCADA Kontrolünün Geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara
- Aldawila, K., A., H., 2017, 154/34.5 KV Trafo Merkezinin PLC ve SCADA ile Otomasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük
- Arı, Y., S., 2011, Birden Fazla Seranın PLC ve SCADA Yazılımı İle Kontrolü ve İnternet Üzerinden İzlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- Bayındır, R. & Vadi, S. (2014). S7-1200 ile PLC Programlama, Seçkin.
- Gözüoğlu, S., G., 2020, Şebeke Kalkışlı Daimi Miknatıslı Senkron Motorun SCADA Ortamında Durum İzlemesi Yoluyla Rulman Arızası Tespiti, Yüksek Lisans Tezi, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat
- Kamaleddin, B., 2016, Dağıtım Transformatörünün Çalışma Durumlarını Uzaktan İzleme Sistemi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara
- Karataş, M., Y., 2018, 388 Adet 110 KVA Dizel Jeneratör Grubunda SCADA Uygulamaları ve Analizi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Aydın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- Mohamed, A., M., A., 2017, PLC ve SCADA ile Görüntü Tabanlı Servo Kontrol Sistemi, Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük
- Morsi, I., & El-Din, L. M. (2014). SCADA system for oil refinery control. Measurement, 47, 5-13.
- Okay, O., 2019, Endüstriyel bir doğalgaz kompresör istasyonu için SCADA sisteminin geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş
- Özen, F., 2019, PLC ve Scada Kullanarak Bir Bina Otomasyon Sisteminin Gerçeklenmesi, Uzaktan Kontrolü Ve İzlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ
- Özer, A., 2016, Endüstriyel Sistemlerde PLC ve SCADA uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- Sayed, K., & Gabbar, H. A. (2017). SCADA and smart energy grid control automation. In Smart Energy Grid Engineering (pp. 481-514).
- Stouffer, K., & Falco, J. (2006). Guide to supervisory control and data acquisition (SCADA) and industrial control systems security. National institute of standards and technology.
- ŞİMŞEK, M. A., & TAŞDELEN, K. (2019). Arduino ile Tasarlanmış Sistemlerin İnternet Tabanlı Kontrolü Ve İzlenmesi, Uluslararası Teknolojik Bilimler Dergisi, 8(1), 20-33.
- Üstünsoy, F., 2018, Orta Ölçekli Bir Tesisin SCADA ile Enerji Yönetimi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara

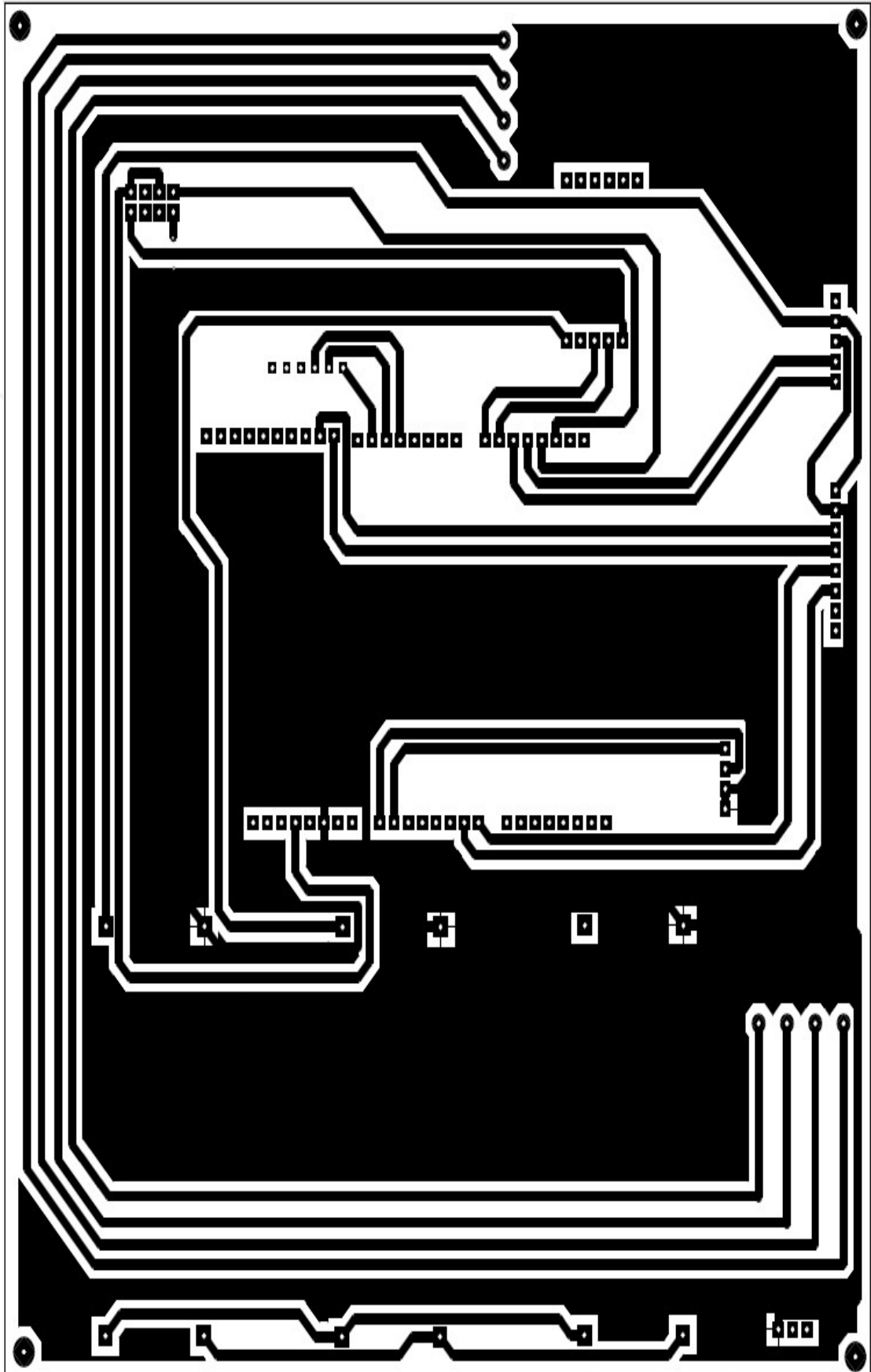
**EKLER****EK-1 Ana Baskı Devre Şeması Üstten Görünüşü**

**EK-2** Titreşim Sensör, Sıcaklık Sensör, IR Sensör Ana Devre Bağlantı Baskı Devre Şeması Üstten Görünüşü

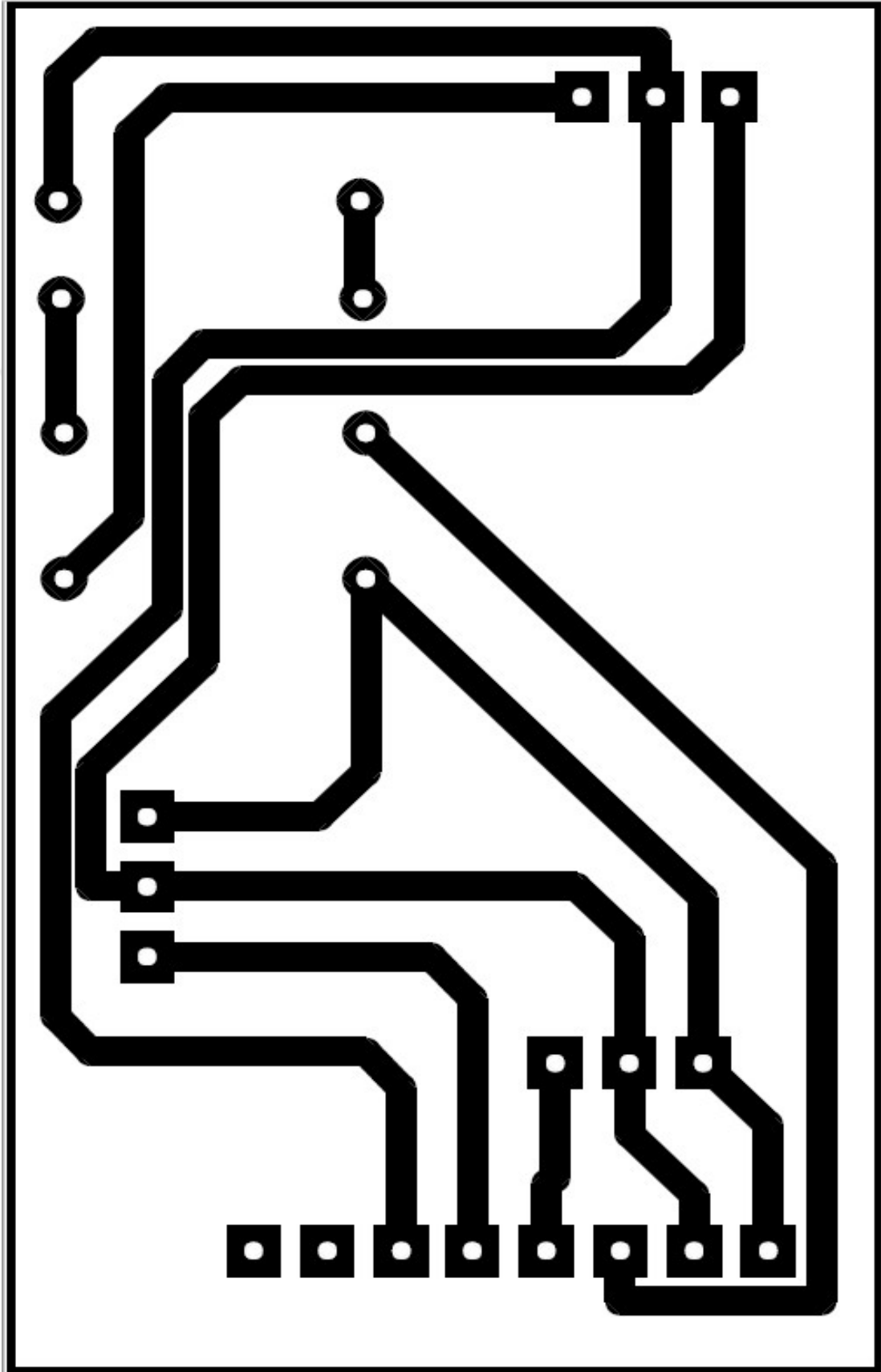




EK-3 Ana Baskı Devre Şeması Alttan Görünüşü



**EK-4** Titreşim Sensör, Sıcaklık Sensör, IR Sensör Ana Devre Bağlantı Baskı Devre Şeması Alttan Görünüşü



## EK-5 Arduino Kodları

```
#include "Nexion.h"
#include <avr/wdt.h>
NexNumber n0 = NexNumber(1,3, "x0");
NexNumber n1 = NexNumber(1, 5, "x1");
NexNumber n2 = NexNumber(1, 7, "x2");
NexNumber n3 = NexNumber(1, 11, "x3");
NexNumber n4 = NexNumber(1, 14, "x5");
NexNumber n5 = NexNumber(1, 15, "n1");
NexNumber n6 = NexNumber(2, 2, "n2");
NexPage page0 = NexPage(1, 0, "page1");
NexPage page1 = NexPage(2, 0, "page2");
NexSlider h0 = NexSlider(1, 9, "h0");
NexText t0 = NexText(0, 2, "t2");
NexText t1 = NexText(1, 18, "t6");
NexDSButton bt0 = NexDSButton(1, 16, "bt0");
NexDSButton bt1 = NexDSButton(1, 17, "bt1");
NexDSButton bt2 = NexDSButton(1, 19, "bt2");
NexDSButton bt3 = NexDSButton(2, 3, "bt3");
char gelen_sms;
short atbasi=-1;
String agAdi = "Redmi";
String agSifresi = "12345678";
String ip = "184.106.153.149";
String sms_verileri;
const int motorpin1=5;
const int motorpin2=4;
const int enb=6;
uint32_t wifi=0;
uint32_t sms=0;
uint32_t sistem=0;
uint32_t motor_hiz=0;
uint32_t reset=0;
float hareket_suresi=0;
float akim=0;
float volt=0;
float akimdegeri=0;
float voltdegeri=0;
```

```
float watt=0;
float sicaklik_gerilim = 0;
float motorsicaklik = 0;
int titresim=0;
int okunan_deger_lm35 = 0;
int lm35Pin = A7;
int titresim_sensor=8;
int VT_PIN= A1;
int AT_PIN= A0;
int rpm_uc=9;
int rpm_sensor=A6;
int rpm_durum=0;
int rpm=0;
int rpm_deger=0;
int eski_zaman=0;
int yeni_zaman=0;
int hata_kodu=0;
int mesaj_hata=0;
void setup(){
cli();
TCCR1A = 0;
TCCR1B = 0;
TCNT1 = 0;
OCR1A = 15624;
TCCR1B |= (1 << WGM12);
TCCR1B |= (1 << CS12) | (1 << CS10);
TIMSK1 |= (1 << OCIE1A);
sei();
pinMode(lm35Pin,INPUT);
pinMode(motorpin1,OUTPUT);
pinMode(motorpin2,OUTPUT);
digitalWrite(motorpin2,LOW);
digitalWrite(motorpin1,LOW);
pinMode(enb,OUTPUT);
pinMode(rpm_uc,OUTPUT);
digitalWrite(rpm_uc,HIGH);
pinMode(titresim_sensor,INPUT);
pinMode(VT_PIN,INPUT);
pinMode(AT_PIN,INPUT);
```

```

Serial3 .begin(115200);
delay(2000);
Serial3.println("AT");
Serial3.println("AT+CMGF=1");
Serial3.println("AT+CNMI=2,2,0,0,0");
nexInit();
dbSerialPrintln("setup done");
Serial1.begin(115200);
Serial1.println("AT");
t0.setText("WIFI ARANIYOR...");
delay(1000);
while(!Serial1.find("OK")){
Serial1.println("AT");
t0.setText("ESP8266 BULUNAMADI...");
}
Serial1.println("AT+CWMODE=1");
while(!Serial1.find("OK")){
Serial1.println("AT+CWMODE=1");
t0.setText("AYAR YAPILIYOR..");
}
t0.setText("AGA BAGLANIYOR..");
Serial1.println("AT+CWJAP=\""+agAdi+"\", \""+agSifresi+"\"");
while(!Serial1.find("OK"));
t0.setText("AGA BAGLANILDI...");
delay(3000);
page0.show();
}
ISR(TIMER1_COMPA_vect){
rpm_deger=analogRead(rpm_sensor);
yeni_zaman=millis();

if(rpm_deger<200&&rpm_durum==0) {
rpm=rpm+1;
rpm_durum=1;
hareket_suresi=abs(yeni_zaman-eski_zaman);
eski_zaman=yeni_zaman;
}
else if(rpm_durum==1&&rpm_deger>350){
rpm_durum=0;
}
}

```

```

rpm=rpm;
}
}

void Wifi(){
Serial1.println("AT+CIPSTART=\"TCP\", \"\"+ip+\"\",80");
if(Serial1.find("Error")){
t0.setText("ESP8266 ERROR");
}

String veri = "GET https://api.thingspeak.com/update?api_key=9V5GRLJQZCID6B44";
veri += "&field1=";
veri += String(volt);
veri += "&field2=";
veri += String(akim);
veri += "&field3=";
veri += String(watt);
veri += "&field4=";
veri += String(motorsicaklik);
veri += "&field5=";
veri += String(rpm);
veri += "&field6=";
veri += String((hareket_suresi/1000));
veri += "&field7=";
veri += String(hata_kodu);
veri += "\r\n\r\n";

Serial1.print("AT+CIPSEND=");
Serial1.println(veri.length()+2);

delay(500);

if(Serial1.find(">")){
Serial1.print(veri);
t1.setText("VERI GONDERILDI");
delay(500);
}

t1.setText("UYKU MODU");
Serial1.println("AT+CIPCLOSE");
delay(500);
}

void msjyola(){
Serial3.print("AT+CMGF=1\r");
delay(100);
}

```

```

Serial3.print("AT+CMGS=\"+905357802185\"r");
delay(500);
Serial3.print(sms_verileri);
delay(500);
Serial3.print((char)26);
delay(500);
Serial3.println();
delay(500);
}
void Sms(){
String SMS;
while(Serial3.available(>0){
gelen_sms=Serial3.read();
SMS.concat(gelen_sms);
atbasi=SMS.indexOf("atbasi");
}
delay(500);
if(atbasi!=-1){
sms_verileri = "ATBASI VERILERI\nVOLT = "+String(volt,1)+"V"+ " \nAKIM ="+String(akim,1)+"A"+
" \nGUC ="+String(watt,1)+"W"+ " \nMOTOR SICAKLIGI ="+String(motorsicaklik,1)+"C"+
" \nHAREKET SURESI="+String((hareket_suresi/1000),1)+"sn" +" \nHAREKET SAYISI ="+String(rpm);
msjyola();
Serial3.println("AT");
Serial3.println("AT+CMGF=1");
Serial3.println("AT+CNMI=2,2,0,0,0");
atbasi=-1;
}
}
void Sistem(){
h0.getValue(&motor_hiz);
delay(500);
if(hata_kodu>0){
analogWrite(enb,0);
digitalWrite(motorpin2,LOW);
digitalWrite(motorpin1,LOW);
}
else{
analogWrite(enb,motor_hiz);
digitalWrite(motorpin2,HIGH);

```

```

digitalWrite(motorpin1,LOW);
}
for (int i=0; i < 20; i++){
akimdegeri=akimdegeri+analogRead(AT_PIN);
voltdegeri=voltdegeri+analogRead(VT_PIN);
okunan_deger_lm35 =okunan_deger_lm35+analogRead(lm35Pin);
titresim=titresim+digitalRead(titresim_sensor);
delay(50);
}
okunan_deger_lm35=okunan_deger_lm35/20;
akimdegeri=akimdegeri/20;
voltdegeri=voltdegeri/20;
akim=akimdegeri* (5.0 / 1024.0);
volt=voltdegeri*(5.0/1024.0)*5.0;
watt=(akim*volt);
sicaklik_gerilim =(okunan_deger_lm35 / 1023.0)*5000;
motorsicaklik = sicaklik_gerilim /10.0;
n0.setValue(volt*10);
n1.setValue(akim*10);
n2.setValue(watt*10);
n3.setValue(motorsicaklik*10);
n5.setValue(rpm);
n4.setValue(hareket_suresi/100);
if(volt>=4){
page1.show();
hata_kodu=2;
n6.setValue(hata_kodu);
}
else if(titresim>0){
page1.show();
hata_kodu=3;
n6.setValue(hata_kodu);
titresim=0;
}
else if((motorsicaklik)>=35){
page1.show();
hata_kodu=4;
n6.setValue(hata_kodu);
}
}

```



```
else if(akim>=2&&volt<4){
  page1.show();
  hata_kodu=1;
  n6.setValue(hata_kodu);
}
else if(akim<0.1&&volt>1){
  page1.show();
  hata_kodu=5;
  n6.setValue(hata_kodu);
}
}
void loop(){
  bt0.getValue(&wifi);
  bt1.getValue(&sms);
  bt2.getValue(&sistem);
  bt3.getValue(&reset);
  delay(500);
  if(reset==1){
    wdt_enable( WDTO_60MS);
  }
  if(sistem==1){
    if(wifi==1&&sms==1){
      Sistem();
      Wifi();
      Sms();
    }
    else if(wifi==1&&sms==0){
      Sistem();
      Wifi();
    }
    else if(wifi==0&&sms==1){
      Sistem();
      Sms();
    }
    else if(wifi==0&&sms==0){
      Sistem();
    }
  }
}
else{
```

```

digitalWrite(motorpin2,LOW);
digitalWrite(motorpin1,LOW);
n0.setValue(0);
n1.setValue(0);
n2.setValue(0);
n5.setValue(0);
n3.setValue(0);
n4.setValue(0);
}

if(hata_kodu>0&&mesaj_hata==0){
  if(hata_kodu==1){
    sms_verileri= "ATBASI SISTEM ARIZASI\nARIZA KODU = "+String(hata_kodu)+" \nASIRI AKIM HATASI";
    msjyola();
    delay(1000);
    mesaj_hata=1;
  }
  else if(hata_kodu==2){
    sms_verileri= "ATBASI SISTEM ARIZASI\nARIZA KODU = "+String(hata_kodu)+" \nVOLTAJ HATASI";
    msjyola();
    delay(1000);
    mesaj_hata=1;
  }
  else if(hata_kodu==3){
    sms_verileri= "ATBASI SISTEM ARIZASI\nARIZA KODU = "+String(hata_kodu)+" \nTITRESIM HATASI";
    msjyola();
    delay(1000);
    mesaj_hata=1;
  }
  else if(hata_kodu==4){
    sms_verileri= "ATBASI SISTEM ARIZASI\nARIZA KODU = "+String(hata_kodu)+"\nMOTORDA ASIRI SICAKLIK
HATASI";
    msjyola();
    delay(1000);
    mesaj_hata=1;
  }
  else if(hata_kodu==5){
    sms_verileri= "ATBASI SISTEM ARIZASI\nARIZA KODU = "+String(hata_kodu)+"\nMOTOR CALISMIYOR";
    msjyola();
  }
}

```

```
delay(1000);  
mesaj_hata=1;  
}  
}  
}
```



**EK-6 Android Kodları**

```
package com.petrolkuyulariniuzaktankontrol;

import androidx.appcompat.app.AppCompatActivity;
import androidx.coordinatorlayout.widget.CoordinatorLayout;

import android.app.AlertDialog;
import android.app.ProgressDialog;
import android.content.Context;
import android.content.DialogInterface;
import android.content.Intent;
import android.content.SharedPreferences;
import android.graphics.Typeface;
import android.media.Image;
import android.net.ConnectivityManager;
import android.net.NetworkInfo;
import android.os.AsyncTask;
import android.os.Build;
import android.os.Bundle;
import android.os.CountDownTimer;
import android.os.VibrationEffect;
import android.os.Vibrator;
import android.text.InputType;
import android.util.Log;
import android.view.Gravity;
import android.view.LayoutInflater;
import android.view.View;
import android.view.ViewGroup;
import android.view.WindowManager;
import android.widget.EditText;
import android.widget.ImageView;
import android.widget.LinearLayout;
import android.widget.PopupWindow;
import android.widget.RelativeLayout;
import android.widget.TextView;
import android.widget.Toast;

import com.android.volley.Request;
import com.android.volley.RequestQueue;
import com.android.volley.Response;
import com.android.volley.VolleyError;
import com.android.volley.toolbox.JsonObjectRequest;
import com.android.volley.toolbox.Volley;
import com.google.android.material.snackbar.Snackbar;

import org.json.JSONArray;
import org.json.JSONObject;

import java.io.BufferedReader;
import java.io.InputStreamReader;
import java.net.URL;
import java.nio.charset.Charset;
import java.text.SimpleDateFormat;
```

```

import java.util.Date;
import java.util.Locale;

public class MainActivity extends AppCompatActivity {
    public static final String jsonurl =
    "https://api.thingspeak.com/channels/1000949/feeds.json?results=
    2";
    public static int titresim_suresi = 300; // 1000 = 1 sn
    titreÅÿim
    public static int varsayilan_yenileme_araligi = 2; //
    yenileme aralÄ±Ä±Ä±
    public static String hata_kodu = "0"; // uyarÄ± gelmeyecek
    hata kodu
    TextView
    yenile,tv_hatakodu,atbasitursayisi,atbasitursuresi,volt,akim,guc
    ,sicaklik,hatakodu;
    View hataview;
    LinearLayout llyenile;
    CountdownTimer timer;
    SharedPreferences userdata;
    SharedPreferences.Editor userdataeditor;
    JSONObjectRequest jsonObjectRequest;
    RequestQueue queue;
    @Override
    protected void onCreate(Bundle savedInstanceState) {
        super.onCreate(savedInstanceState);
        setContentView(R.layout.activity_main);
        setTitle(getString(R.string.app_name));
        userdata=
    getApplicationContext().getSharedPreferences("userdata",
    MODE_PRIVATE);
        userdataeditor = userdata.edit();
        atbasitursayisi =
    (TextView) findViewById(R.id.atbasitursayisi);
        atbasitursuresi =
    (TextView) findViewById(R.id.atbasitursuresi);
        volt = (TextView) findViewById(R.id.volt);
        akim = (TextView) findViewById(R.id.akim);
        guc = (TextView) findViewById(R.id.guc);
        sicaklik = (TextView) findViewById(R.id.sicaklik);
        hatakodu = (TextView) findViewById(R.id.hatakodu);
        yenile = (TextView) findViewById(R.id.yenile);
        tv_hatakodu = (TextView) findViewById(R.id.tv_hatakodu);
        hataview = (View) findViewById(R.id.hataview);
        llyenile= (LinearLayout) findViewById(R.id.llyenile);

        yenile.setText(String.valueOf(userdata.getInt("timer",varsayilan
        _yenileme_araligi)));
        queue = Volley.newRequestQueue(this);
        setJsonObjectRequest();
        queue.add(jsonObjectRequest);
        timer = new
    CountdownTimer(userdata.getInt("timer",varsayilan_yenileme_arali
    gi) *1000, 1000) {
        public void onTick(long millisUntilFinished) {
        }
    }

```

```

        public void onFinish() {
            setJsonObjectRequest();
            queue.add(jsonObjectRequest);
            timer.start();
        }
    }.start();
    llyenile.setOnClickListener(new View.OnClickListener() {
        @Override
        public void onClick(View v) {
            setYenile();
        }
    });
}

void setJsonObjectRequest(){
    jsonObjectRequest = new
JsonObjectRequest(Request.Method.GET, jsonurl, null, new
Response.Listener<JSONObject>() {
        @Override
        public void onResponse(JSONObject response) {
            try {
                //JSONObject channeljson =
json1.getJSONObject("channel");
                JSONArray feedsarray =
response.getJSONArray("feeds");
                JSONObject channeljson =
feedsarray.getJSONObject(feedsarray.length() -1);
                String txt_hatakodu = new String
(channeljson.getString("field7").getBytes("UTF-8"), "UTF-8");
                atbasitursayisi.setText(new String
(channeljson.getString("field5").getBytes("UTF-8"), "UTF-8"));
                atbasitursuresi.setText(new String
(channeljson.getString("field6").getBytes("UTF-8"), "UTF-8"));
                volt.setText(new String
(channeljson.getString("field1").getBytes("UTF-8"), "UTF-8"));
                akim.setText(new String
(channeljson.getString("field2").getBytes("UTF-8"), "UTF-8"));
                guc.setText(new String
(channeljson.getString("field3").getBytes("UTF-8"), "UTF-8"));
                sicaklik.setText(new String
(channeljson.getString("field4").getBytes("UTF-8"), "UTF-8"));
                if (txt_hatakodu.equals(hata_kodu)) {

tv_hatakodu.setVisibility(View.INVISIBLE);
                hataview.setVisibility(View.INVISIBLE);
                hatakodu.setVisibility(View.INVISIBLE);
            }else{
                tv_hatakodu.setVisibility(View.VISIBLE);
                hataview.setVisibility(View.VISIBLE);
                hatakodu.setVisibility(View.VISIBLE);
                hatakodu.setText(txt_hatakodu);
                Vibrator v = (Vibrator)
getSystemService(Context.VIBRATOR_SERVICE);
                if (Build.VERSION.SDK_INT >=
Build.VERSION_CODES.O) {

```

```

v.vibrate(VibrationEffect.createOneShot(titresim_suresi,
VibrationEffect.DEFAULT_AMPLITUDE));
        } else {
            v.vibrate(titresim_suresi);
        }
        String currentTime = new
SimpleDateFormat("dd-MM-yyyy HH:mm:ss",
Locale.getDefault()).format(new Date());
        RelativeLayout mainrl =
findViewById(R.id.mainrl);
        Snackbar snackbar =
Snackbar.make(mainrl, "Hata Kodu: " + txt_hatakodu + "\nTarih:
"+currentTime, Snackbar.LENGTH_LONG);
        snackbar.show();
    }
    } catch (Exception EX) { }
}
}, new Response.ErrorListener() {
    @Override
    public void onResponse(VolleyError error) {
        RelativeLayout mainrl =
findViewById(R.id.mainrl);
        Snackbar snackbar = Snackbar.make(mainrl,
"Sistem HatasÄ±: "+error.getMessage(), Snackbar.LENGTH_LONG);
        snackbar.show();
    }
});
}
void setYenile(){
    AlertDialog.Builder builder = new
AlertDialog.Builder(MainActivity.this);
    builder.setTitle("Verilerin Yenilenme AralÄ±Ä±(sn):");
    final EditText input = new EditText(MainActivity.this);
    input.setInputType(InputType.TYPE_CLASS_TEXT |
InputType.TYPE_CLASS_NUMBER);

input.setText(String.valueOf(userdata.getInt("timer",varsayilan_
yenileme_araligi));
    builder.setView(input);
    builder.setPositiveButton("KAYDET", new
DialogInterface.OnClickListener() {
        @Override
        public void onClick(DialogInterface dialog, int
which) {
            try{
                int say =
Integer.parseInt(input.getText().toString());
                if(say<1){
                    Toast.makeText(MainActivity.this, "1'ten
kÃ¼Ã¼k bir deÄ¶er girilemez", Toast.LENGTH_LONG).show();
                }else{

userdataeditor.putInt("timer",say).commit();

```

```

yenile.setText(String.valueOf(userdata.getInt("timer", varsayilan
_yenileme_araligi)));
        Toast.makeText(MainActivity.this,
        "Kaydedildi. Uygulamayı tamamen kapatıp yeniden başlatın.",
        Toast.LENGTH_LONG).show();
    }
    }catch (Exception ex){
        Toast.makeText(MainActivity.this, "Geşersiz
bir değer girdiniz. Yenileme aralığı 2 saniye olarak
ayarlandı", Toast.LENGTH_LONG).show();

userdataeditor.putInt("timer", varsayilan_yenileme_araligi).commi
t();

yenile.setText(String.valueOf(userdata.getInt("timer", varsayilan
_yenileme_araligi)));
    }
    }
});
builder.setNegativeButton("PTAL", new
DialogInterface.OnClickListener() {
    @Override
    public void onClick(DialogInterface dialog, int
which) {
        dialog.cancel();
    }
});
builder.show();
}

@Override
public void onBackPressed() {
    AlertDialog.Builder builder;
    if (Build.VERSION.SDK_INT >=
Build.VERSION_CODES.LOLLIPOP) {
        builder = new AlertDialog.Builder(this,
android.R.style.Theme_Material_Dialog_Alert);
    } else {
        builder = new AlertDialog.Builder(this);
    }
    builder.setTitle("Petrol Kuyuların Uzaktan Kontrol
Edebilme")
        .setMessage("k Yapmak stediğiniz
Emin Misiniz?")
        .setPositiveButton("Evet", new
DialogInterface.OnClickListener() {
            public void onClick(DialogInterface dialog,
int which) {
                finish();
                Intent intent = new
Intent(Intent.ACTION_MAIN);
                intent.addCategory(Intent.CATEGORY_HOME);

```



```
intent.setFlags(Intent.FLAG_ACTIVITY_NEW_TASK);
                startActivity(intent);
            }
        })
        .setNegativeButton("HayÄ+r", new
DialogInterface.OnClickListener() {
            public void onClick(DialogInterface dialog,
int which) {

                }
            })
        .setIcon(android.R.drawable.ic_dialog_alert)
        .show();
    }
    protected void onPause() {
        try{ timer.cancel(); }catch (Exception ex){ }
        super.onPause();
    }
    protected void onResume() {
        try{ timer.start(); }catch (Exception ex){ }
        super.onResume();
    }
    protected void onDestroy() {
        try{ timer.cancel(); }catch (Exception ex){ }
        super.onDestroy();
    }
}
```

## ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

**Adı Soyadı** : Mehmet Eşref DEMİR  
**Uyruğu** : Türkiye Cumhuriyeti  
**Doğum Yeri ve Tarihi** : Batman, 01.05.1981  
**Telefon** : 5357802185  
**Faks** :  
**e-mail** : esrefdemir72@gmail.com

### EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Başkent Anadolu Lisesi, Mamak, ANKARA	1998
Üniversite	: Erciyes Üniversitesi, Merkez, KAYSERİ	2004
Yüksek Lisans	: Batman Üniversitesi, Merkez, Batman	2018-

### İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2005-2020	TPAO	Saha Mühendisi

### UZMANLIK ALANI

Petrol ve doğal gaz kuyuları içerisinde gerekli teçhizatlar ile ultrasonic ve radyoaktif ışınım dalgaları, odaklanmış akımlar vasıtasıyla kuyu ile ilgili birtakım verilerin elde edilmesi. Ayrıca kuyu içerisinde patlayıcı kullanılarak kuyu içerisinde kalan malzemelerin kurtarımı ve kuyu içerisinde rezervuar bölgesiyle irtibatının sağlanması.

### YABANCI DİLLER

İngilizce

### BELİRTMEK İSTEĞİNİZ DİĞER ÖZELLİKLER

Doğa yürüyüşü yapmak, kitap okumak

### YAYINLAR

DEMİR, M. E., & YILMAZ, A. (2016). APPROPRIATE WASTES FOR BIOGAS PRODUCING AND ORGANIC WASTE QUANTITIES FOR BATMAN CITY. Middle East Journal, 1(2).

Demir, M. E., Yılmaz, M., & Gündoğdu, A. (2017). A MODEL APPLICATION OF MICRO GRID: BATMAN UNIVERSITY MICRO GRID. International Journal of Energy and Smart Grid, 2(2), 47-63.