

**T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**PLC VE CAN-BUS  
HABERLEŞME PROTOKOLÜ İLE  
BİNA ENERJİ YÖNETİMİ UYGULAMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Onur KALAYCI**

**Enstitü Anabilim Dalı : MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ**  
**Enstitü Bilim Dalı : MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ**  
**Tez Danışmanı : Doç. Dr. İhsan PEHLİVAN**

**Kasım 2015**

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

PLC VE CAN-BUS  
HABERLEŞME PROTOKOLÜ İLE  
BİNA ENERJİ YÖNETİMİ UYGULAMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Onur KALAYCI

Enstitü Anabilim Dalı : MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ  
Enstitü Bilim Dalı : MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ

Bu tez ..... /...../2015 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği/oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

DOÇ. DR.  
İHSAN BEHLİVAN

Jüri Başkanı

DOÇ. DR.  
CÜNEYT BAYILMIŞ

Üye

DOÇ. DR.  
MEHMET DAL

Üye

## **BEYAN**

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

Onur KALAYCI

02.11.2015

## TEŞEKKÜR

Tez çalıőmam boyunca değerli zamanlarını ayıran, bilgi ve deneyimlerini paylaőan, çalıőmalarımı yönlendiren ve her zaman destek olan danıőman hocam Doç. Dr. İhsan Pehlivan'a ve bu tezin ilham kaynağı Doç. Dr. Cüneyt Bayılmış'a teőekkürlerimi sunarım.

Beni bugünlere getiren çok değerli annem Nafiye Kalaycı'ya, her konuda destek olan ve her zaman yanımda olan kıymetli eőim Zeynep Kalaycı'ya ve sevgili kardeőim Esnur Apaydın'a yaptıkları herőey için çok teşekkür ediyorum.

Ayrıca bu çalıőmanın maddi açıdan desteklenmesine olanak sağlayan Sakarya Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Komisyon Baőkanlıęına (Proje no: 2014-50-01-057) teşekkür ederim.

# İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER .....	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	v
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	vii
TABLolar LİSTESİ .....	ix
ÖZET.....	x
SUMMARY .....	xi
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ .....	1
BÖLÜM 2.	
ENERJİ YÖNETİMİ KAVRAMI .....	7
2.1. Enerji Yönetimi Tanımları .....	7
2.2. Enerji Yönetimi Sistemi .....	9
2.3. Enerji Yönetimi Sistemi ve Akıllı Bina Otomasyonu.....	11
2.3.1. Akıllı bina otomasyonu haberleşme teknolojileri .....	11
2.3.1.1. Kablolü sistemler .....	11
2.3.1.2. Kablosuz RF ( Radio Frequency) teknolojisi.....	11
2.3.1.3. Kablosuz IR (InfraRed) teknolojisi .....	12
2.3.1.4. X10 teknolojisi.....	12
2.4. Ülkemiz Binalarında Enerji Yönetim Sistemi Kurulması Neden Gereklidir .....	12

### BÖLÜM 3.

#### UYGULAMADA KULLANILAN PLC VE OPERATÖR PANEL

HAKKINDA GENEL BİLGİLER .....	14
3.1. PLC Hakkında Genel Bilgi .....	14
3.1.1. PLC tanımı.....	14
3.1.2. PLC'nin işlevleri ve diğer kontrol sistemleri ile karşılaştırılması	15
3.1.3. PLC'nin röleli kontrol sistemiyle karşılaştırılması.....	16
3.1.4. PLC ile bilgisayar kontrol sistemlerinin karşılaştırılması .....	17
3.1.5. PLC temel yapısı .....	18
3.2. Operatör Panel Hakkında Genel Bilgi .....	19

### BÖLÜM 4.

CAN (CONTROLLER AREA NETWORK .....	21
4.1. CAN Haberleşme Protokolünün Tanımı.....	21
4.2. CAN Genel Karakteristikleri .....	21
4.3. CAN Haberleşme Protokolünün Ana Özellikleri .....	22
4.4. CAN-Bus Hızı .....	24
4.5. CAN Protokol Mimarisi .....	24
4.6. CAN Denetim Mekanizması .....	25
4.7. CAN Mesaj Çerçeve Tipleri .....	27
4.7.1. Veri çerçevesi.....	28
4.2.2. Uzak çerçeve.....	30
4.7.3. Hata çerçeveleri .....	31
4.7.4. Aşırı yük çerçevesi .....	32
4.8. CAN Hata Mekanizması.....	32
4.9. CAN Haberleşme Protokolünü Kullanmak İçin Ana Sebepler .....	35
4.10. CAN Uygulama Alanları .....	37
4.11. Diğer Endüstriyel Haberleşme Protokolleri.....	38
4.11.1. Field bus protokolü .....	38
4.11.2. Profibus protokolü .....	38
4.11.3. Modbus protokolü .....	40
4.11.4. DeviceNet protokolü.....	41

4.11.5. AS-i protokolü .....	42
4.11.6. Interbus protokolü.....	42
4.11.7. Hart protokolü.....	43
BÖLÜM 5.	
BİNA ENERJİ YÖNETİMİ UYGULAMASI .....	44
5.1. Uygulamanın Tanıtılması.....	44
5.2. Uygulamada Kullanılan Elemanlar .....	45
5.2.1. PLC.....	45
5.2.2. CAN haberleşme modülü .....	46
5.2.3. Operatör panel .....	46
5.3. Sistem Bağlantıları.....	47
5.4. CAN-BUS Haberleşmenin Oluşturulması.....	50
5.5. Operatör Panel Kullanımı .....	54
BÖLÜM 6.	
SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....	57
KAYNAKLAR.....	58
ÖZGEÇMİŞ .....	63

## SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

A	: Amper
ADC	: Analog Digital Convertor
AC	: Alternatif Akım
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
ACK	: AC Knowledge Field
AMP	: Arbitration on Message Priority
AS-i	: Aktüatör Sensör-Arayüzü
CAN	: Controller Area Network (Denetleyici Alan Ağı)
CPU	: Central Processing Unit
CSMA/CD	: Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection
CRC	: Cyclic Redundancy Check
CDA	: Common Digital Architecture
°C	: Santigrat derece
DDA	: Denetleyici Alan Ağı
DC	: Doğru akım
DAC	: Digital Analog Convertor
DOS	: Disc Operating System
DLC	: Data Length Code
DLL	: Data Link Layer
DP	: DP-Decentralized Periphery
EEPROM	: Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory
FMS	: Fieldbus Message Specification
GPRS	: Genel Paket Radyo (Sinyali) Servisi
HART	: Highway Addressable Remote Transducer
HMI	: Human Machine Interface
ID	: Identity



I/O	: Giriş / Çıkış
IDE	: Identifier Extention
IFS	: Inter Frame Space
IR	: InfraRed
KM	: Kilometre
kWh /m <sup>2</sup>	: Kilowatt saat/ metrekare
MMI	: Man and Machine İnterface
OP	: Operatör Panel
OSI	: Open System Interconnect
PA	: Process Automation
PID	: proportional-integral-derivative
PLC	: Programmable Logic Controller
PUKÖ	: Planla, Uygula, Kontrol Et ve Önlem Al-Düzelt
REC	: Receive Error Counter
RF	: Radio Frequency
RTR	: Remote Transmission Request
RAM	: Random Access Memory
ROM	: Read-Only Memory
SRR	: Substitute Remote Request
STS	: Standardized Teleoperation System
TEP	: Ton Eşdeğer Petrol
TEC	: Transmit Error Counter
UART	: Universal Asynchronous Receiver/Transmitter
V	: Volt

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Enerji yönetimi etkileşimleri .....	8
Şekil 3.1. PLC'nin yapısındaki birimler .....	18
Şekil 4.1. CAN protokol mimarisi ve protokollerin görevleri .....	24
Şekil 4.2. Bit düzeyinde denetim mekanizmasının çalışması .....	27
Şekil 4.3. Standart ve genişletilmiş CAN veri çerçeveleri.....	28
Şekil 4.4. CAN hata çerçeve biçimleri.....	31
Şekil 4.5. CAN aşırı yük çerçevesi .....	32
Şekil 4.6. Fieldbus protokolü uygulama şeması.....	38
Şekil 4.7. Profibus protokolü uygulama şeması.....	39
Şekil 4.8. Modbus protokolü uygulama şeması .....	40
Şekil 4.9. DeviceNet protokolü uygulama şeması .....	41
Şekil 4.10. Interbus protokolü uygulama şeması .....	42
Şekil 4.11. Hart protokolü uygulama şeması .....	43
Şekil 5.1. Sistemin çalışma prensibi .....	44
Şekil 5.2. Delta marka master ve slave PLC .....	45
Şekil 5.3. Delta marka CAN haberleşme modülü .....	46
Şekil 5.4. Delta marka operatör panel .....	46
Şekil 5.5. Sistem bağlantısı .....	47
Şekil 5.6. Sistemin uygulama üzerindeki bağlantısı .....	48
Şekil 5.7. Master PLC bağlantıları .....	49
Şekil 5.8. Slave PLC bağlantıları .....	50
Şekil 5.9. Slave PLC'nin ağda bulunması.....	51
Şekil 5.10. Node configuration ekranı .....	51
Şekil 5.11. PDO properties ekranı.....	52
Şekil 5.12. PDO mapping ekranı .....	53
Şekil 5.13. Node list setting ekranı .....	54

Şekil 5.14. Ayarlar ekranı .....	55
Şekil 5.15. Ana menü ekranı .....	55
Şekil 5.16. Monitör ekranı .....	56
Şekil 5.17. Manuel kontrol ekranı.....	56

## TABLULAR LİSTESİ

Tablo 2.1. “Enerji yönetimi nedir?” anketleri .....	9
Tablo 4.1. CAN genel karakteristikleri .....	22
Tablo 4.2. Hat uzunluğuna bağlı hız değişimi .....	24

## ÖZET

Anahtar kelimeler: Enerji tasarrufu, Enerji yönetimi, PLC, Can – Bus

Globalleşen dünyamızda gün geçtikçe artan enerji ihtiyacı, kaynakların etkin kullanımını zorunlu kılmakta ve bu nedenle de enerji verimliliği ve enerji tasarrufu gibi kavramları da gündeme getirmektedir. Enerjiyle ilgili olarak ele alınan tüm bu kavramlar “enerji yönetimi”nin önemini vurgulamaktadır.

Bu tez çalışmasının amacı özellikle üniversiteler ve meslek liseleri gibi, birden fazla binası bulunan eğitim kurumlarında, kullanım saatleri dışında açık unutulmuş aydınlatma üniteleri, veya stand-by konumunda bırakılan TV, akıllı tahta, bilgisayar, projeksiyon v.b eğitim materyallerinin yol açtığı enerji kayıplarını önlemek ve etkin bir bina enerji yönetimi sistemi kurarak enerji tasarrufu sağlamaktır.

Bu amaçla dört binadan oluştuğu kabul edilen örnek bir yerleşkenin enerji yönetimi için gerçek zamanlı bir uygulama düzeneği kurulmuştur. Bu uygulamada binaların aydınlatma ve priz hatlarına ait enerji girişleri bir slave PLC ile kontrol edilmektedir. Ana kontrol merkezinde bulunan dokunmatik bir operator panel üzerinden bu binaların enerji girişlerinin açma kapama zaman bilgileri her hafta için geçerli olmak üzere, her gün için ayrı ayrı girilir. Girilen bu bilgiler RS-232 seri haberleşme protokolü ile yine kontrol merkezinde bulunan bir master PLC'ye iletilir. Master PLC'ye iletilen zaman verileri, CAN-BUS haberleşme protokolü aracılığıyla slave PLC'ye gönderilerek, binaların enerji girişleri otomatik olarak kontrol edilir. Binaların enerji girişleri operator panel üzerinden manuel olarak da açılıp kapatılabilmektedir. Ayrıca binalarda bulunan anahtarlar ile de sistem pasif duruma getirilebilmektedir.

Sonuç olarak; tasarlanan sistem içerisindeki PLC ve operatör panelinin tüm iletişim ihtiyaçlarına cevap verebilecek bir haberleşme sistemi başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Her iki PLC içerisinde sistemin çalışmasını sağlayacak lojik algoritma oluşturulmuştur. PLC, operatör paneli ve CAN-BUS haberleşme protokolü kullanılarak enerji tasarrufu sağlayan, hızlı ve kararlı çalışan bir enerji yönetim sistemi kurulmuştur.

# **BUILDING ENERGY MANAGEMENT PRACTICE WITH PLC AND CAN-BUS COMMUNICATION PROTOCOL**

## **SUMMARY**

Keywords: Energy saving, Energy management, PLC, Can – Bus

In our global world, the need of energy is increasing day by day. It forces us to use sources effectively and that's why concepts such as energy efficiency and energy saving become a current issue. All these concepts, dealing with energy, emphasize the importance of "energy management."

The aim of this thesis is to avoid the energy loss caused by lighting systems; which are left turned on except from working hours, or education tools; such as televisions, smart boards, computers, projection etc. These tools and systems are kept in the stand-by mode especially at universities and vocational high schools, which have more than one building to provide energy saving by setting up an effective energy management system for a campus.

For this purpose, a real time implementation device was set up for energy saving in a trial site which is considered to consist of four buildings. In this application of the device, energy inputs belonging to lightening and extension lines of buildings are checked with a slave PLC. On and off time data of energy inputs in those buildings are entered separately for each day every week with a touch screen panel in a main control center. That data is being transmitted to a master PLC with a high-speed communication protocol. A master PLC that transmits time data to slave PLC, by using a CAN-BUS communication protocol is used to check energy input of buildings automatically. Energy input of buildings can be turned on and off with a panel operator manually. Besides this, the system can be passivated with the keys, which are kept in the buildings.

As a result, the communication system, which can respond to the complete communication needs of the operator panel and PLC in the designed system, is achieved. In each PLC a logical algorithm is composed to provide that the system goes on operating. By using PLC, panel operator and CAN-BUS communication protocol, an energy management system, which provides energy saving, runs speedy and stationary, is set up.

## **BÖLÜM 1. GİRİŞ**

Enerji kaynakları açısından kısıtlı kaynaklara sahip ve dışa bağımlı konumda olan ülkemizde, enerji ihtiyacının yeterli, güvenilir ve ekonomik olarak sağlanması temel hedeftir. Enerjinin verimli kullanımı, bu hedefin gerçekleştirilmesinde kullanılacak en önemli araçlardan birisidir. Enerji verimliliği, tüketilen enerji miktarının, üretimdeki miktar ve kaliteyi düşürmeden, ekonomik kalkınmayı ve sosyal refahı engellemeden en aza indirilmesidir. Enerji verimliliğinde en önemli faktör ise enerji tasarrufudur.

Bu çalışmada özellikle üniversiteler ve meslek liseleri gibi, birden fazla binası bulunan eğitim kurumlarında, kullanım saatleri dışında açık unutulmuş aydınlatma üniteleri veya stand-by konumunda bırakılan, TV, akıllı tahta, bilgisayar, projeksiyon v.b eğitim materyallerinin yol açtığı enerji kayıplarının önlenerek enerji tasarrufu sağlamak için etkin bir bina enerji yönetim sistemi hedeflenmiştir.

Bu amaçla binaların aydınlatma ve priz hatlarına ait enerji girişleri her binaya ait bir PLC ile kontrol altına alınmış ve bu PLC'ler arasındaki iletişim için başlangıçta sadece otomotiv uygulamaları için tasarlanan fakat yüksek hız, düşük maliyet, yüksek başarımlar gibi nitelikleri nedeniyle çok kısa zamanda bir çok endüstriyel uygulamada da kullanılmaya başlanan CAN-BUS haberleşme sistemi kullanılmıştır.

Bu tez çalışması hızlı ve kararlı çalışan, enerji tasarrufu sağlayan etkin bir enerji yönetim sisteminin kurulmasına yönelik ihtiyaçları karşılayacaktır. Bu sistemde CAN-BUS haberleşme protokolünün tercih edilmesi ile kontrol merkezi ve binalar arasında sadece bir haberleşme kablosu kullanılarak, kablo maliyeti düşürülecek ve montaj kolaylığı sağlanacaktır. Ayrıca bu çalışma, PLC'ler arasındaki CAN-BUS

haberleşme protokolünün kurulmasını açıklayan bir kaynak olarak, otomasyon sistemleri tasarımcılarına katkı sağlayacaktır.

Bu alanda özellikle CAN haberleşme protokolü, akıllı bina otomasyon sistemleri ve enerji yönetim sistemleri üzerine ülkemizde ve dünyada birçok akademik çalışma yapılmıştır.

K. Chang Lee ve Hong-Hee Lee, yangın belirleme sistemini CAN protokolü ile gerçekleştirmiştir. Bu çalışma da CAN mikrodenetleyicisi, CAN ara yüz entegresi ile duman ve gaz sensörleri kullanılmıştır. Geleneksel yangın tespit sistemlerinin var olan gürültülerden etkilenme gibi bazı eksikliklerinden dolayı bu sistemlere bir alternatif olarak CAN tabanlı sistemin yapısını tanımlamışlardır. Yangın tespiti için yapılan uygulama sonuçları üzerinde durulmuştur. CAN protokolünün öncelik seviyeleri yangın oluşma evrelerine göre belirlenmiştir [1].

C. Bayılmış, kablosuz yerel alan ağlarını kullanarak CAN bölümlerini genişletilmek için arabirim tasarlamıştır [2].

C. Çeken, kablosuz ATM protokolünü kullanarak CAN mesajlarının iletimi için yeni bir yöntem üzerine çalışmışlardır [3].

Y. Santur, PIC16F877 mikrodenetleyicisini kullanarak CAN protokolü için eğitim amaçlı deney seti tasarımı yapmıştır [4].

A. Özdemir, CAN protokolü üzerinde yeni bir uygulama protokolü CANup tanımlayarak asansörlerde uygulamasını yapmıştır [5].

S. Tuncel, CAN protokolünün visual basic programlama dilinde eğitim amaçlı benzetim programı geliştirmiştir [6].

A. Karaca, yüksek lisans tez çalışmasında AT89C51CC01 mikrodenetleyicisini kullanarak bina güvenlik uygulaması yapmıştır [7].



E. Dinçer, yüksek lisans tez çalışmasında CAN-BUS ile dağıtık kontrol uygulaması yapmıştır. Bu çalışmada dağıtık sistem olarak dört katlı model asansör kullanılmış ve sistemi dağıtık olarak kontrol etmek için, altı kontrol modülü tasarlamıştır [8].

İ. Kara, yüksek lisans tez çalışmasında CAN haberleşme protokolünü kullanarak bir sıcaklık kontrol uygulaması yapmıştır [9].

U. Coşkun, yüksek lisans tez çalışmasında CAN haberleşme protokolünü kullanarak bir araç takip sistemi uygulaması yapmıştır. Bu uygulamada GPS uydularından aldığı konum, hız, yön gibi bilgiler ile CAN protokolü ile araçtan toplanan yakıt seviyesi, sıcaklık, motor devri, ses, görüntü vb. gibi uygulamanın gerektirdiği daha birçok bilgi ile birleştirip GSM alt yapısını kullanarak bir merkeze gönderilir ve kullanıcılar internet üzerinden bu bilgilere ulaşabilirler [10].

C. Karaman, yüksek lisans tez çalışmasında PLC, operatör Panel, servo motor, scada ve CAN haberleşme protokolünü kullanarak bir kesme makinası otomasyonu tasarlamıştır. Özellikle sistemde kullanılan eksenler arttırılmak istendiğinde, eksenleri kontrol eden motor ve sürücülerin sayısı arttırmak için 63 cihaza kadar haberleşme kurabilen CAN BUS haberleşme protokolünü önermiştir [11].

B. Bahtiyar, A. Çetin, Ö.A. Bomaycı, yayınladıkları makale çalışmasında orta ölçekli bir tekstil dokuma salonunda tezgâhların verim analizini yapabilmek amacıyla geliştirilen ve uygulanan denetleyici alan ağı (CAN) kullanan bir veri toplama sistemi sunmuşlardır. Sistemde dokuma tezgâhına ait teknik ve dokuma verileri tezgâh üzerinde bulunan bağlantı noktalarından alınan veriler CAN üzerinden merkez bilgisayara iletilmekte ve merkez bilgisayarda işlenmektedir [12].

B. Bahtiyar, A. Çetin, yayınladıkları makale çalışmasında dokuma salonu bağıl nem oranını CAN haberleşme protokolü ile kontrol etmişlerdir [13].

M. A. Şimşek, K. Taşdelen, yayınladıkları makale çalışmasında üzerinde sıcaklık ve nem sensörü bulunan bir modül oluşturulmuş, Denetleyici alan ağı (CAN) ve arduino

kullanılarak sensör bilgileri internetteki istemcilere gerçek zamanlı olarak gönderilmiştir [14].

İ. Yabanova, S. Taşkın, H. Ekiz, H. Çimen, çalışmalarında denetleyici alan ağı (CAN) ve LabVIEW grafiksel programlama dili kullanılarak esnek üretim sistemi (EÜS) istasyonları üzerinden veri toplama ve kontrol uygulaması gerçekleştirmişlerdir. Oluşturulan yapı ile mekatronik bir sistemin gözlemlenmesi ve kontrolü mevcut yapısına göre daha güvenli ve ekonomik bir şekilde gerçekleştirilmiştir [15].

Salleh ve ark., yaptıkları çalışmada, görme sistemi ve CAN birleşiminden oluşan bir sistem gerçekleştirmişlerdir. CAN ile kontrol edilen görme sisteminin, yeni bir deneme olmasına karşın bu modüler sistemin maliyeti düşürdüğünü ve hataya karşı dayanıklı olduğunu belirtmişlerdir [16].

Othman ve ark. tarafından yapılan çalışmada, CAN tabanlı ev otomasyon sistemi gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmada ev aletlerini kontrol ve gözlemlenmek amacıyla DAA tabanlı gömülü bir sistem oluşturulmuştur. Ayrıca kullanılan GPRS modem sayesinde ev aletlerinin kontrolü ve gözlemlenmesi uzaktan erişimli hale getirilmiştir [17].

Roengruen ve ark. yaptıkları çalışmada, PLC ve uzak I/O modüllerinin haberleşme kontrolü için CAN kullanmışlardır [18].

Jung ve ark. yaptıkları çalışmada, CAN kullanarak ağ tabanlı bir dağıtık sistemin uygulamasını gerçekleştirmişlerdir. Deneysel sistem dört adet DC motorun hız kontrolünü sağlamak amacıyla kurulmuştur. Her bir DC motorun kontrolünü sağlamak amacıyla sisteme dört adet kontrolör eklenmiştir. Ayrıca gözlemlenme ve grafiksel kullanıcı ara yüzü oluşturmak için sisteme bir gözlemlenme düğümü ilave edilmiştir ve bu düğüm ağdaki bilgileri seri port vasıtasıyla bilgisayara aktarmaktadır. Bu sayede DC motorların simülasyon ve deneysel kontrol sonuçları grafiksel olarak karşılaştırılabilmektedir [19].

C. Bayılmış ve ark. yaptıkları çalışmada, kablosuz ağ ve CAN arasında iletişim sağlamışlardır. Otomasyon sistemlerinde giderek artan mobil aygıtların sayısı mevcut olan kablolu ve kablosuz sistemlerin bir arada kullanılması ihtiyacını ortaya çıkarmıştır. Yapılan çalışmada ses komutları bilgisayar vasıtasıyla kablosuz ortama gönderilmiş ve bu komutlar kablosuz ağ alıcısı bağlanmış bir mikro denetleyici ile kablosuz ortamdaki denetleyici alan ağına aktarılmıştır. Gönderilen ses komutları ile CAN tabanlı kontrol sistemine bağlı bir model araba kontrol edilmiştir [20].

Ö. Usta ve K. Yumak, yayınladıkları makale çalışmasında mevcut şebekelerin akıllı elektrik şebekelerine dönüştürülmesini zorlayan sebepler, akıllı şebekelerin temel nitelikleri, akıllı şebekelerden beklenenler, akıllı şebekeler için anahtar olan elektrik güç ve bilişim teknolojileri ile gerekli stratejiler ele almışlardır [21].

H. Aksakal, yüksek lisans tez çalışmasında öncelikli olarak akıllı bina kavramı ile ilgili genel bilgiler vermiştir. Avrupa birliği tarafından yayımlanan binalarda enerji performans direktifi ve bu direktif doğrultusunda Türkiye’de yayımlanan binalarda enerji performans yönetmeliği detaylı bir şekilde incelenerek, bina otomasyon ve kontrol fonksiyonlarının binanın enerji verimliliğine etkisi belirlenmeye çalışmıştır. Binaya eklenen kontrol fonksiyonları ile enerji tüketim miktarındaki değişimler ve bu sistemlerin binanın enerji verimliliğine ne derecede katkı sağladığı tespit edilmeye çalışmıştır [22].

E. Çetinkaya, yüksek lisans tez çalışmasında binaların enerji verimliliğini arttırmaya yönelik teknolojileri incelemiş, dünya genelinde yapılmış verimlilik çalışmaları araştırmıştır. Bunun yanında, konutların enerji verimliliğini derecelendirmeye yönelik herkesçe anlaşılabilir bir kontrol listesi oluşturmuş ve belli bir bölgede uygulamıştır [23].

P. Özbakır, yüksek lisans tez çalışmasında enerji yönetimi ve enerji verimliliği kavramları genel olarak ele almıştır. Ayrıca Türkiye ve dünya üzerinde yapılan enerji yönetimi çalışmalarını araştırmıştır [24].

F. C. Uzun, yüksek lisans tez çalışmasında bina otomasyonu kavramı ayrıntılı olarak açıklamış, bina otomasyon sistemlerinin tarihsel gelişimi, sistem ayrıntıları, özellikleri, avantajlarına ve tasarım konularına değinmiştir. Ayrıca akıllı bina otomasyon sistemleri'nde kullanılan saha ekipmanları, bu ekipmanların tipleri ve özellikleri ayrıntılı olarak açıklamıştır. Bununla birlikte, otomasyon sisteminin kontrolünde en üst yönetim seviyesinde kullanılan yazılımlar ve özellikleri açıklamış, tüm bu ekipman ve yazılımların haberleşmesini sağlayan haberleşme protokollerine değinmiştir [25].

G. Şahinoğlu, yüksek lisans tez çalışmasında akıllı evlerde otomasyon sisteminin nasıl işlediğini ve neler yapılabileceğini ortaya koymuştur. Ayrıca ev otomasyonu ve akıllı evi oluşturmak için gerekli olan alt yapılardan bahsederek farklı haberleşme protokollerini incelemiştir [26].

Bu tez çalışmasının 2. bölümünde enerji yönetiminin tanımı, avantajları, enerji yönetiminde bina otomasyonunun yeri ve akıllı bina otomasyonu haberleşme teknolojileri anlatılmıştır. 3. bölümünde uygulamada kullanılan PLC ve operatör panel hakkında genel bilgiler verilmiştir. 4. bölümünde sunduğu avantajları nedeniyle yaygın olarak kullanılan CAN haberleşme protokolü ve diğer endüstriyel haberleşme protokolleri detaylı olarak incelenmiştir. 5. bölümünde bina enerji yönetimi uygulaması anlatılmıştır. 6. bölümünde ise gerçekleştirilen bu tez çalışması sonunda elde edilen sonuçlar ve öneriler yer almaktadır.

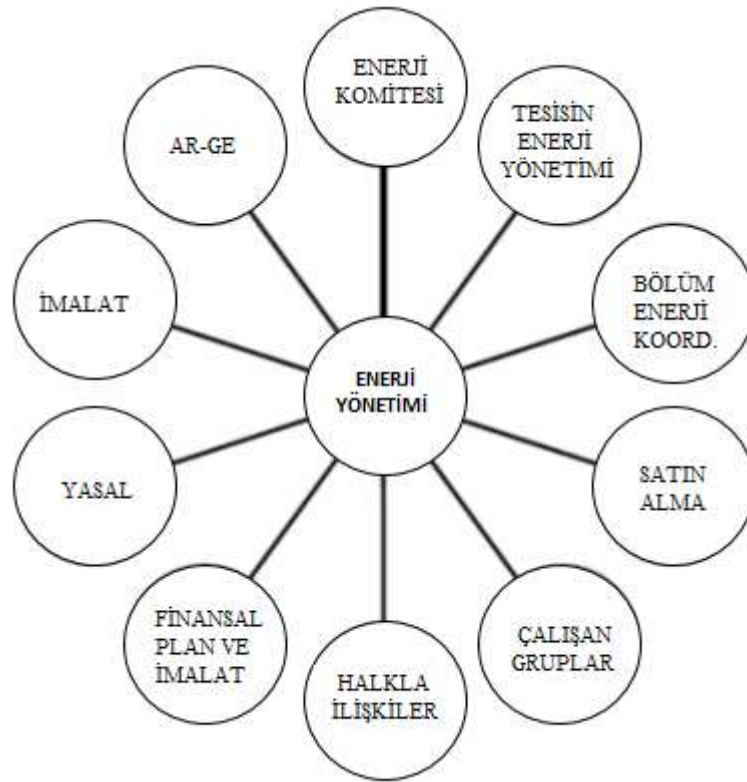
## **BÖLÜM 2. ENERJİ YÖNETİMİ KAVRAMI**

Bu bölümde enerji yönetimi kavramı anlatılacaktır.

### **2.1. Enerji Yönetimi Tanımları**

Enerji yönetiminin tanımının ne olduğunu anlamadan önce yönetimle ilgili olarak bazı açıklamalarda bulunmak gerekir [27].

- Yönetim; bir kimsenin emri altında bulunanlarla, iyi sonuçlar elde etmesidir.
- Yönetim; bir plan oluşturmak ve amaca ulaşmak için gerekli olan tüm etkinlikleri içerir.
- Bir yöneticinin esas işi, makul bir kişiyle etkin bir işi kombine etmektir.
- Yönetim; temel olarak, toplam kalite felsefesini oluşturan PUKÖ (Planla, Uygula, Kontrol Et ve Önlem Al-Düzeltil) çevriminin tekrarına dayanan mantıklı ve etkin bir şekilde belirli bir amaca ulaşmak için gerekli olan tüm faaliyetleri içerir (Şekil 2.1).
- Yönetim; her amaç güden faaliyette, insan faaliyetini hedefler yönünde yönlendirir.
- Yönetim; hepimizce de bilindiği gibi, gelişmekte olan bir ülkeyle gelişmiş bir ülke arasındaki en büyük farkı gösteren bir ögedir. Bugünkü durumla kıyaslandığı zaman, yönetimin önemi bir kez daha ortaya çıkacaktır.



Şekil 2.1. Enerji yönetimi etkileşimleri [27].

Enerji yönetimi; kârları maksimuma çıkarmak (giderleri minimuma düşürmek) ve rekabet konumlarını arttırmak için enerjinin akılcı ve etkin kullanımınıdır. Başka bir deyişle, PUKÖ çevriminin tekrarından başka bir şey değildir. Enerji yönetimi; plan yönetimi ve insan yönetimi olarak iki kısımda ele alınabilir. Tablo 2.1’de değişik enerji yönetimi tanımları özetlenmiştir.

Tablo 2.1. "Enerji yönetimi nedir?" anketleri [28].

SIRA NO	ENERJİ YÖNETİMİNİN TANIMI
1	Enerjinin optimum kullanılmasıdır
2	Enerjinin en verimli şekilde kullanılmasını temin etmek amacıyla oluşturulmuş organizasyondur
3	Kaynakların doğaya zarar vermeyecek şekilde etkin kullanımı için yapılan etkinliklerin tümüdür.
4	Enerjinin para, verimlilik düzeyinde optimum faydayı sağlayacak biçimde kullanılması için yapılan çalışmaların tümüdür.
5	Kullanılan enerjinin ölçülmesi, denetlenmesi, birim ürün yada eylem başına enerji tüketiminin asgariye indirilmesi, bunun için bir sorumlu atanmasıdır.
6	Var olmayı sürdürürken en ekonomik yolun seçilebilme çalışmalarıdır.
7	Yakıt+Elektrik Tasarrufu=Para
8	Enerjinin başından sonuna izlenmesi, zayi edilmemesi, yeterli oranda faydalanılmasıdır.
9	Enerjinin verimli oranda kullanılması için alınacak tedbirler, tasarruf çalışmaları ve geliştirme, araştırma çalışmalarıdır.
10	İnsanlık için gerekli rahatlık ve konforun daha uzun süre sağlanmasıdır.
11	Parayı kullanma şekli ve yöntemidir.
12	Doğada mevcut bulunan enerjinin insan ihtiyacı doğrultusunda optimum şekilde kullanılmasıdır.
13	Enerji=Para'nın etkin kullanımını sağlamak, paradan maksimum tasarruf sağlamak amacı ile bir sistemin uygulanması, geliştirilmesi ve devamlılığın sağlanmasıdır.
14	Enerji kayıplarının azaltılması ve doğru kullanılması yönünde yapılan çalışmalarıdır. Kısaca; gereksiz harcamaların boşa giden paraların engellenmesi için yapılan çalışmalarıdır.
15	Ekonomik güçlülük için gerekli olan paranın verimliliğinin sağlanmasıdır.
16	Günlük hayatın verimli şekilde geçmesi için işe özgü tarzda paranın kullanım şeklidir. Önlemler, tasarruflar vs.
17	Enerji optimum şekilde, yani en verimli şekilde kullanmaktır.

## 2.2. Enerji Yönetimi Sistemi

Enerji yönetim programı ele alınırken, insan yönetimi büyük önem taşır. Enerji tasarrufuyla insan ilişkisi göz ardı edilmemelidir. Çünkü insanlar olmadan makineler işletilemez. Bu enerji tasarruf çalışmasının başarılı yürütülmesi, "insana odaklı"dır [29].

Otomasyonla, bir endüstriyel tesisteki ekipmanın bir kısmı kontrol edilebilir. Ancak, birçok üretim işlerinde insan operatörler gereklidir. Enerji tasarruf programında,

yönetimin ana amaçlarından birisi, daha verimli bir işletme sağlanması amacıyla insan etkinliklerinin optimize edilmesidir [30].

Öncelikle, düşük enerji giderleri sürecinde uygun olabilen standart işletme prosedürleri, zamanla güncelleştirilmelidir. Ayrıca, bu standartları kullanan personel, yeni standartlar konusunda sürekli eğitilmeli ve bunların doğru kullanımından emin olmalıdır.

İkinci olarak, enerji tasarrufu faaliyetlerinde sürekliliği sağlamak için bir sistem kurulmalıdır. Maalesef, enerji tasarrufu bir anlık iş değildir; şayet gelişen işletme koşulları sürekli bir bazda ele alınmaz ise, kazançlar kolayca yok olabilir. Bundan ötürü, enerji tasarrufundaki "bakım" terimi ekipman kadar insanlara da uygulanmalıdır.

Üçüncü olarak, insanlar sadece yeni yöntemleri uygulamak için değil, aynı zamanda ilerde kullanılacak yeni ve daha iyi makinelerle birlikte üretim proseslerini de anlayacak şekilde eğitilmelidir. Eski makineler yerine daha fazla verimli makineler kullanılırken, yeni makinelerin yararları işletmeden sorumlu olanlar tarafından açıkça bilinmelidir.

Tüm bu amaçların kesiştiği yerde, anahtar sözcük "katılımcılık"dır. İyi bir yönetici, üst yönetimden en alt düzeydeki çalışana kadar herkesi enerji yönetim sistemi içine almalıdır.

Enerji kullanımının etkinliği, ürünlerin ve ürünleri elde etmek için gerekli olan proseslerin çeşitliliği nedeniyle, sanayi kollarında büyük değişiklikler gösterir. Bunun yanı sıra, personelin ve işletmelerin organizasyonu da değişir. Sonuç olarak, etkin bir enerji tasarruf programı; her şirketin ve tesisin işletme şekli için alışkanlıklar göz önüne alınarak planlanmalıdır. Bununla beraber, enerji yönetim programının başlatılması ve yürütülmesi için genel kurallar vardır.



### **2.3. Enerji Yönetimi Sistemi ve Akıllı Bina Otomasyonu**

Bina otomasyonu ve bina enerji yönetim sistemleri son yıllarda oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır. Bina otomasyonu sayesinde binanın ısıtma soğutma sistemleri, aydınlatma, enerji tüketimi ve tüm elektrik yükleri yapılan yıllık programa göre dijital kontrolörlerle denetim altında tutulur. Bina yönetim sistemleri ile enerji, güvenlik ve yangın koruması da sağlanır. Bina otomasyonunda çok önemli konulardan birisi de yazılımın belirttiği bina kontrolörünün gerçek uygulamada geçerliliğinin sağlanmasıdır.

Mikroişlemcilerdeki gelişme ve kullanılan malzemelerin maliyetinin düşmesi ile bina otomasyonu sistemlerinin kullanımı artmıştır. Bu sistemler günümüzde hem yazılım hem de donanım olarak yeterli düzeye ulaşmıştır ve tüm bina kontrol gerekliliklerini sağlayacak niteliktedirler. Bugün artık kontrol edilen nokta sayısı birkaç noktadan on binlerce noktaya kadar çıkabilmektedir [31].

#### **2.3.1. Akıllı bina otomasyonu haberleşme teknolojileri**

##### **2.3.1.1. Kablolü sistemler**

Kontrol edilecek tüm elektronik cihazların merkezi kutu ile kablo üzerinden haberleştiği hardwired ( kablolu ) sistemler akıllı bina otomasyon teknolojilerinde yaygın olarak kullanılan sistemdir. Bu sistemin kendisine ait haberleşme yapısı olması nedeniyle de sinyal karmaşası oluşturmaz bu nedenle hatalı komutların çalışması engellenir. Böylece sistem mevcut teknolojiler içinde hata toleransı sıfır olarak değerlendirilmektedir [26,32].

##### **2.3.1.2. Kablosuz RF (Radio Frequency) teknolojisi**

Kablosuz sistemlerde tüm cihazlar birbirleriyle ve panelle radyo frekans sinyalleri (RF) ile haberleşirler. Hazır halde bulunan elektrik ve kablolama işleri bitmiş binalar için uygun olabilirler [26,32].

### 2.3.1.3. Kablosuz IR (InfraRed) teknolojisi

IR uzaktan kumandaların en çok kullanıldığı alanlar, aydınlatma, ısıtma, iklimlendirme, panjurlar, garaj ve bahçe kapıları, bahçe sulama ve ses – görüntü sistemleridir. IR uzaktan kumandaların çalışması alıcıların ( receiver ) binaların bir çok noktasına yerleştirilmesi, vericilerin ( transmitter ) uzaktan kumandalar ile kızılötesi sinyallerini alıcıya göndermesiyle ve alıcıların bu sinyalleri X10'a çevirerek kontrolöre aktarmasıyla gerçekleşir [26,32].

### 2.3.1.4. X10 teknolojisi

Elektrik hatları üzerinden sinyalleşme yapan bir iletişim protokolü olan, alıcı ve vericileri kullanarak lambaları, elektrik anahtarlarını ve diğer tüm elektrikli ev aletlerini mevcut elektrik hatları üzerinden kontrol etmeye yarayan X10 ( PowerLine) sistemi, varolan elektrik hatlarını kullanması nedeniyle herhangi bir kablo çekme ve kurulum maliyeti içermeme avantajına sahip bir teknolojidir. Ancak bu teknolojinin Türkiyedeki kullanımı ile ilgili olarak elektrik şebekelerinde oluşan sinyal kirliliği nedeniyle, elektrikli aletlerin yaydığı elektromanyetik yayılımların bu sistemin çalışmasında ciddi sorunlar oluşturabilmektedir [26,32].

## 2.4. Ülkemiz Binalarında Enerji Yönetim Sistemi Kurulması Neden Gereklidir?

Ülkemiz binalarında, özellikle enerji tüketimi yüksek olan binalarda, enerji yönetim sistemlerinin kurulması, aşağıda belirtilen bazı nedenlerden ötürü kaçınılmazdır.

- a. Ülkemizin binalarında, tahmin edilen ortalama enerji yoğunluğu konutlarda 250 kWh/m<sup>2</sup>-yıl, ticari ve sosyal binalarda 400 kWh /m<sup>2</sup>-yıl olup, ileri ülkelerde belirlenen değerin 2-3 katı mertebelerinde tutmaktadır [33].
- b. Bina sektöründe özellikle ısı olarak en az % 30 tasarruf potansiyeli söz konusudur.
- c. Ülkemizdeki bazı binalarda (örneğin; bazı üniversite binalarında) yıllık enerji tüketimleri, sanayide enerji verimliliği çalışmalarının yürütülmesinin ve

böylece enerji yöneticilerinin gündeme geldiği 2000 TEP değerinin 3 ila 4 katı üzerinde olmaktadır. Ancak, buralarda herhangi bir enerji yönetim sistemi yoktur. Buna örnek olarak, İTÜ; 9000 TEP, ODTÜ ; 8000 TEP gösterilebilir [34].

Binalarda enerji yönetimi dendiği zaman, başka bir deyişle etkin bir enerji yönetimiyle, konfor, servis ve verimlilik standartları sağlanırken veya geliştirilirken enerji kullanımının ve enerji giderlerinin mümkün olduğunca düşük tutulması akla gelmelidir [35]. Bu da ancak enerji verimliliğinden sorumlu olan bir kişinin (enerji yöneticisinin) varlığı ile mümkün olabilir. Bunun yanı sıra, üst yönetimin kesin kararı, desteği kaçınılmazdır.

## **BÖLÜM 3. UYGULAMADA KULLANILAN PLC VE OPERATÖR PANEL HAKKINDA GENEL BİLGİLER**

### **3.1. PLC Hakkında Genel Bilgi**

#### **3.1.1. PLC tanımı**

İngilizce programmable logic controller (PLC) kelimelerinin baş harflerinin birleşmesinden meydana gelen programlanabilir lojik denetleyici (PLC), endüstriyel otomasyon ve kontrol sistemleri için geliştirilmiş, özel amaçlı bir sayısal kontrolördür.

Bugünün rekabet dünyasında, bir işletmenin sağlam temellere oturabilmesi için, verimli, mali açıdan etkin ve esnek olması gerekir. Otomatik kontrol sistemleri hız, güvenlik, kullanım esnekliği, ürün kalitesi ve personel sayısı bakımından işletmelere çeşitli avantajlar sunarak bu esnekliği sağlamaktadırlar.

Günümüzde bu avantajları sağlayan en etkin sistem PLC veya PC tabanlı kontrol sistemleridir. PLC dijital veya analog giriş/çıkış modülleri sayesinde makine veya işlemlerin birçok tipini kontrol eder. Sonuç olarak PLC lojik, sıralama, sayma, veri işleme, karşılaştırma ve aritmetik gibi fonksiyonları programlama desteği sağlayıp buna göre girişleri değerlendirip, çıkışlara atayan, bellek, giriş/çıkış, CPU ve programlayıcı bölümlerinden oluşan entegre bir cihazdır.

Tümüyle programlanabilir ilk denetleyiciler, 1968 yılında mühendislik alanında danışmanlık yapan Bedford Associates adlı bir firma tarafından geliştirilmiştir. (Firmanın adı daha sonra Modicon olarak değiştirilmiştir.) İlk PLC, özel bilgisayar kontrol sistemi olarak, General Motors Hydramatic Bölümü için özel olarak tasarlanmıştır. 084 adı verilen bu ilk model üzerinde birçok düzenleme yapılmış ve

bunun sonucu olarak 1970'lerin ilk yılları boyunca 184 ve 384 modelleri geliştirilmiştir.

Bu dönem boyunca Modicon, diğer iki modül olan 284 ve 1084 modellerini de üretmiş ve bunları 484 modeli izlemiştir. Bu sistem, bir işlemcinin 256 giriş ve 256 çıkış denetlemesini mümkün kılmıştır. 1977'de Modicon, Gould Inc. tarafından satın alındı. 1978 yılından, diğer Modicon PLC'lerinin birbirleri ile veri aktarımına olanak sağlayan modbus veri devresi tasarlandı. 1980'de Modicon küçük, tek parça, düşük maliyetli ve güçlü bir PLC sistemi olan 84 Micro'yu piyasaya sürmüştür. Bu sistem; 64 giriş / çıkış, sayıcılar, zamanlayıcılar, sıralayıcılar ve matematik fonksiyonlarından oluşmaktaydı.

İlk ticari PLC' nin endüstride başarı ile uygulanmasından sonra, Allen- Bradley, General Electric, GEC, Siemens ve Westinghouse gibi firmalar orta maliyette yüksek performanslı PLC'ler üretmişlerdir. PLC'lerin endüstriyel otomasyon sistemlerinde yaygın olarak kullanılmaya başlanması Mitsubishi, Omron ve Toshiba gibi firmaların ucuz maliyette yüksek performanslı PLC' ler geliştirmeleri ile başlar.

PLC' lerin en yaygın kullanıldığı alanlar, endüstriyel otomasyon sistemlerinin kumanda devreleridir. Bilindiği gibi, kumanda devreleri, yardımcı röle veya kontaktör, zaman rölesi ve sayıcı gibi elemanlarla gerçekleştirilen devrelerdir. Günümüzde bu tür devrelerin yerini aynı işlevleri sağlayan PLC'li kumanda sistemleri almıştır [36,37,38].

### **3.1.2. PLC'nin işlevleri ve diğer kontrol sistemleri ile karşılaştırılması**

Kontrol sistemlerinde belli lojik bağlantıların yapılması gerekir. Belirli girişlerin sağlanması ya da sağlanmaması durumunda sisteme ait durumun değiştirilmesi için bazı çıkışların üretilmesi gerekir. Bu da PLC'ler tarafından sağlanır. PLC'lerin bu işlevini yerine getirebilmesi için aşağıdaki işlevleri yerine getirebilmesi gerekir.

- Temel ve kombinasyonel lojik ifadeler ( AND, OR, AND.NOT, OR.NOT)

- Zamanlama işlevleri
- Sayıcı işlevleri

Bunlardan başka değişik transfer ve matematiksel işlevleri, oransal (proportional ), türev (derivative) ve integral (integral ) ( PID ) işlevlerini gerçekleştirme kapasitesine sahip programlanabilir kontrol cihazları da vardır [39].

### 3.1.3. PLC'nin röleli kontrol sistemiyle karşılaştırılması

PLC'nin röleli kontrol sistemine göre avantajları şunlardır;

1. Kontrol devresinin işlevi yazılımla sağlandığından, kontrol devresini tasarlamak, röleli bir devrenin tasarımından daha kolaydır. Bütün kontrol işlevleri yazılımla gerçekleştirildiğinden, farklı uygulama ve çalışma programlarını sağlamak çok kolaydır.
2. Röleli kontrol devrelerine göre çok daha az yer kaplarlar. Küçük kontrol devrelerinde röleli kontrol sistemi daha ucuz olur.
3. Güvenirliliği yüksek, bakımı kolaydır. Devrelerde arıza aramayı kolaylaştırır.
4. Bilgisayarla ve diğer kontrolörle haberleşmesi olanağı vardır. Bu özelliği bilgisayarlı otomasyon işlemine olanak sağlar.
5. Arıza yapma ihtimali azdır. Bir PLC için arızalar arası ortalama zaman yaklaşık olarak 8000 saattir. Kötü çevre koşullarında, özellikle tozlu ortamlarda, röleli kumanda devrelerine göre daha güvenilirdir. [39]

PLC'li kumanda ile röleli kumanda arasındaki farklar sıralamak gerekirse:

1. Klasik kumanda sistemleri kontaktör, zaman rölesi, sayıcı, koruma röleleri ve çeşitli butonlardan meydana gelmektedir. PLC ile yapılan sistemlerde ise zaman rölesi ve sayıcı gibi elemanlar PLC'nin içinde mevcut olduğundan bu elemanlara gerek yoktur.

2. Klasik kumanda sistemi ile yapılan bir devrede kullanılan kontaktör ve rölelerin kontak sayıları sınırlıdır. Dolayısı ile yeni yapılacak ilavelerde yeni kontaktörlere ihtiyaç vardır. PLC ile yapılan sistemde ise kontak sayıları sınırsızdır.
3. Klasik kumanda sistemi ile yapılan bir sistemde yapılacak değişiklik ve ilavelerde sistem yeniden sökülerek, montaj yapılacağından masraf ve değişiklikler programın değiştirilmesi ile gerçekleştirilebilir.
4. Klasik kumanda sistemleri ile yapılan devreler karmaşık ve zordur. PLC ile yapılan devreler ise daha basit ve kolaydır.
5. Klasik kumanda sistemleri ile yapılan devreler çok yer kaplamaktadır. PLC ile yapılan sistemler ise daha az yer kaplamaktadır. Dolayısı ile daha estetik görünmektedir.
6. PLC ile yapılan sistemlerin kuruluş maliyetleri yüksek olmasına rağmen ilerde yapılacak ilaveler de büyük avantajlar sağlamaktadır [40].

#### **3.1.4. PLC ile bilgisayar kontrol sistemlerinin karşılaştırılması**

PLC'lerin çalışma ilkeleri bilgisayarların çalışma ilkelerine çok benzer. Ancak bu sistemleri birbirinden ayıran birinci etken, PLC'ler endüstriyel üretim sistemlerinin çalışma bölgelerinde bulunan yüksek derecede elektriksel gürültü, elektromanyetik parazitler ve yüksek sıcaklıklara dayanıklı olarak imal edilirler. Bilgisayarlar ve mikroişlemciler bu çevresel etkenlere daha az dayanıklılık gösterir.

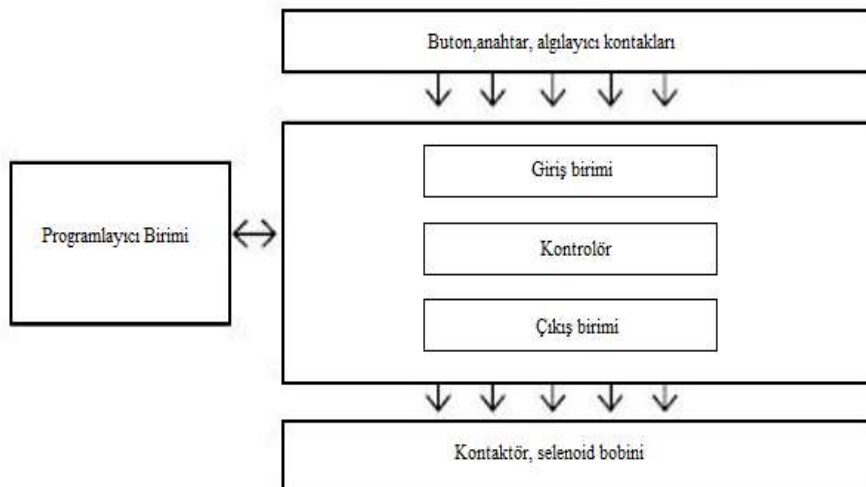
İkinci önemli ayırım konusu ise; PLC'lerin programlama, kullanım ve arıza arama yönlerinden daha uygun olanaklar sunmasıdır. PLC'lerde hatalar, tahmin edilebilir ve emniyetli şartlarda oluşan hatalardır. Bilgisayarlar ise, DOS veya WINDOWS bazlı olsun, hata oluşumunu algılamak çok daha zordur. Bilgisayarlar kilitlenip kalabilirler, yazılımın bir noktasında bloke olabilirler. Ayrıca gerçek zaman ( real time ) kontrolü yapılabilmesinde de günümüz bilgisayarları iletişim sistemleri itibarıyla yetersiz kalmaktadır.

Diğer bir ayırım ise, PLC'ler bir programı baştan sona doğru akan bir şekilde koşturur. Bilgisayarlarda ise programlar değişik sıralarda çok esnek bir şekilde çalıştırılır. Bu dezavantaj son yıllarda geliştirilen PLC'lerde giderilmiştir. Bugünkü gelişmiş PLC'lerde de çok esnek olarak çalışmak olanaklıdır.

Bütün bu ayrımlara rağmen kişisel bilgisayarlar PLC'lere büyük yardımcıdırlar. Bilgisayarların verilerin toplanmasında, saklanmasında ve fabrika ortamında çalışan PLC'lerin kontrol edilmesinde operatör istasyonu fonksiyonunu yürütmeleri bilgisayarların önemli işlevlerindedir. Bu nedenle bu iki system birbirinden ayrı düşünülemez [39].

### 3.1.5. PLC temel yapısı

Bir PLC, merkezi işlem birimi, bellek birimi, giriş ve çıkış birimleri, programlayıcı birimi ve besleme güç kaynağı gibi temel kısımlardan oluşur. Ayrıca, programı yedeklemek veya başka bir PLC'ye aktarmak için ayrılabilir bir EEPROM belleği, giriş-çıkış sayısını arttırmak için ayırık genişleme birimi, analog giriş-çıkış birimi, enerji kesilmeleri durumunda PLC'yi besleyen yedek güç kaynağı gibi birimler de bulunur. Şekil 3.1'de görüldüğü gibi bir PLC'ye basınç, seviye, sıcaklık, algılayıcıları ve kumanda düğmesi gibi iki değerli lojik işaret bilgisi taşıyan elemanlar, kontaktör selenoid gibi kumanda devrelerinin sürücü elemanları doğrudan bağlanabilir [41].



Şekil 3.1. PLC'nin yapısındaki birimler [41].



### 3.2. Operatör Panel Hakkında Genel Bilgi

Operatör panel (OP) veya diğer adıyla MMI (Man and Machine Interface veya HMI-Human Machine Interface), PLC ile iletişim yapabilen ve PLC den gelen bilgilere göre bunu ekranda gösteren, dokunmatik (touch screen) modelleride bulunan bir ekran arayüzüdür. Bu tez çalışmasında kullanılan insan ve makine ara yüzü (MMI), dokunmatik ekrandan dokunmak suretiyle sistemi ayarlamaya yardım etmektedir. Programlanabilir terminal de diyebileceğimiz OP'ler (MMI) sistemin gerçek zaman bilgilerini (real-time) ve ekipmanların çalışma durumlarını ekranda gösterebilmektedir.

Operatör-makine arası veri transferi; temel otomasyon sistemlerinin özelliklerinden biridir. Operatörün makine veya sistemler ile uzmanlık gereksiz iletişim kurabilmesini sağlar ki bu geniş saha uygulamalarında kullanıcıların veya teknisyenleri iş akışını maksimumda tutabilmesini sağlar. Bu özellik kullanıcının veya diğer adıyla operatörün çalıştığı sistemden belli kriterleri alabilmesini ve bunu karşılığında değerlendirmelerini makineye aktarılmasını sağlar.

Veri analizi ve depolanması; genelde verilerin saha içerisinde bulunan cihazlardan özel durumlarda veya periyodik olarak toplanması gerekir. Bunun amacı hem olabilecek aksiliklere anında müdahale edilmesini hem de toplanan verilerin daha sonra analiz edilerek özel raporların oluşturulabilmesini sağlamaktır. Bu sayede kullanılan saha cihazlarının verimlilik raporlarını çıkarmakta mümkündür. Kullanılan kontrol cihazının bilgisayar olması aynı zamanda sistemin herhangi ofis bilgisayarı gibi ağ ortamına dahil edilmesini sağlar ki bu da ağ sistemlerinin kullanılabilirliği anlamına gelir.

Anlamlı formatlar da veri sunuşu; otomasyon sistemleri, çeşitli ana bölümler ve bunun altındaki alt bölümlerden oluşmaktadır. Bu bölümlerden operatöre ulaştırılan bilgiler kullanıcı veya kontrol uzmanı için her zaman bir anlam ifade etmeyebilir. Örneğin; Sensörden gelen 5v'luk sinyal veya 10mA'lik bir değer kullanıcının bunu ne

yönde algılaması gerektiğini belirtmez. Fakat kritik sıcaklık değeri 40°C olarak bilinen bir sistemin ekranında beliren 50°C sıcaklık değeri kullanıcının müdahale etmesi gerektiğini gösteren bir uyarı olacaktır. Bu ve bunun gibi proses çıkışı hakkında kullanıcın istediği şekilde (grafiksel veri, listelenmiş veri, uyarı ve alarm mesajları ve vb.) anlamlı formatlarda veri sunuşu önemli bir kriterdir.

Operatörün prosesi kontrol imkanı; operatörün sahadan gerekli bilgileri aldıktan sonra sistem konfigürasyonu sayesinde cihazlara anında müdahale edebilmesini sağlayan bir özelliktir. Kullanıcı, manuel yapması istenen sistemler için (arıza, bakım, hata mesajları vb.) sistemden durumu algılayıp bunun için gerekli prosedürü yerine getirebilecektir. Bağımsız proses kontrolü; proseslerin herhangi bir yardımcı veya gözetimciye ihtiyaç duyulmaksızın tümüyle bağımsız bir şekilde yürütülebilmesi, işletmelerde iş akış zamanı maliyeti açısından pozitif bir özelliktir. Bu yanında iş ortamı veya nitelgi nedeniyle insan kontrolünün mümkün olmadığı ortamlarda veri toplama ve kontrol işlemlerinin tamamen otomatik olarak yapılabilmesi, otomasyon sistemlerinin en önemli özelliklerinden biri olup firmaların verimliliklerini büyük bir oranda artırmaktadır.

## **BÖLÜM 4. CAN (CONROLLER AREA NETWORK)**

### **4.1. CAN Haberleşme Protokolünün Tanımı**

CAN, otomotiv sektöründe kullanılmak üzere tasarlanmış, yüksek verimli bir ileri senkron seri iletişim protokolüdür. Açılımı “Controller Area Network Bus”olan yani “Kontrol Alan Ağı Veri yolu”dur.

1980’lerde Robert Bosch tarafından otomotivde kablo yumağı yerine bir kablodan yazılım kontrollü veri transferini sağlamak amacıyla geliştirilmiştir. CAN, otomotiv endüstrisindeki en çok bilinen haberleşme sistemidir.

CAN standart protokolü, OSI (Open System Interconnect – Açık Sistem Bağlantısı) referans modelinin 1. ve 2. katmanlarına karşılık gelmektedir. Her ne kadar başlangıçta yalnızca otomotiv uygulamaları için tasarlanmış olsa da küçük boyut, düşük maliyet, yüksek güvenilirlik ve yüksek hız gibi özelliklerinden dolayı birçok dağıtık endüstriyel kontrol uygulamalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Güvenliğin çok önemli olduğu gerçek zamanlı uygulamalarda da kullanılır. Öyle ki istatistiksel olasılık hesapları sonucunda bir asırda bir tane tespit edilemeyen mesaj hatası yapabileceği tespit edilmiştir [43, 44].

### **4.2. CAN Genel Karakteristikleri**

Tablo 4.1’de denetleyici alan ağının genel karakteristikleri özetlenmektedir [2].

Tablo 4.1. Can genel karakteristikleri [2].

Coğrafi Alan	LAN
Topoloji	Bus Topolojisi
İletim Ortamı	Burulmuş, Çift( <i>Twisted-Pair</i> ), Koaksiyel Fiber
İletim Metodu	Temel Band ( <i>Baseband</i> )
Kontrol Tipi	Dağıtık Kontrol
Ortam Erişim Kontrol Metodu	Taşıyıcı Duyarlı Çoklu Erişim (CSMA)
İletişim Tekniği	Yayın ( <i>Broadcasting</i> )
Standartlar	ISO 11898 ve ISO 11519
İletişim Protokolü	Seri İletişim
Maksimum Veri İletim Hızı	1 Mbit/s

### 4.3. CAN Haberleşme Protokolünün Ana Özellikleri

Çoklu master: Çoklu master özelliği veri yolu boş iken bütün düğümler veri gönderebilirler anlamına gelir. Veri yoluna ilk veri gönderenin verisi kesin olarak gönderileceği garanti edilmiştir. Eğer iki düğüm aynı anda mesaj göndermeye çalışırlarsa, mesaj ID'si yüksek olan mesajın iletileceği protokolde garanti edilmiştir [9].

Mesaj transmisyonu: CAN haberleşme protokolünde mesajlar daha önceden karar verilmiş bir formatta gönderilirler. Eğer veri yolu boş ise veri yoluna tüm üniteler mesaj gönderebilirler. Eğer tüm üniteler aynı anda mesaj göndermeye çalışırlarsa, öncelik sırası bir belirleyici (ID) tarafından çözümlenir. Bu ID mesajın hangi düğüme gideceği konusunda herhangi bir bilgi içermez. Bu ID sadece mesajların hangi sıraya göre veri yolunda gönderileceğini belirler. Eğer iki veya daha fazla düğüm mesaj göndermeye karar verirse, buradaki mesaj ID'lerin bit bit karşılaştırılması sonucu karar verilir. Hangi düğüm bu karşılaştırma sonucunu kazanırsa onun mesajı gönderilir ve kaybedenler hemen dinleme konumuna geçerler [9].

Sistem esnekliği: Veri yoluna bağlı düğümler herhangi bir adres gibi belirtici ID ye sahip değildir. Bu sebepten dolayı, veri yoluna bir düğüm eklenip çıkarılması durumunda herhangi bir yazılım değişimine gerek yoktur. Bunun yanında diğer düğümlerin donanımlarında, uygulama alanlarında herhangi bir değişiklik yapmayı ortadan kaldırır. Bu da tasarlanan sistemin kolaylıkla genişletilmesini sağlar [9].

Haberleşme hızı: Network büyüklüğüne ve mesafelere göre haberleşme hızı ayarlanabilir. Aynı networkde bulunan tüm düğümler aynı haberleşme hızına sahip olmalıdırlar. Eğer herhangi bir düğüm farklı bir haberleşme hızı kullanırsa, haberleşmeyi engellemek için bir hata mesajı üretilir. Bu hata mesajı diğer networklerde bulunan düğümlere iletilmez [9].

Uzaktan veri isteği: Diğer düğümlerden bir veri alma isteği gelebilir. İlgili düğüm istekte bulunan düğüme istediği bilgiyi gönderir [9].

Hata belirleme, hata bildirme, hatayı düzeltme fonksiyonları: Ağ yapısına bağlı tüm düğümler hata belirleme özelliğine sahiptir (hata belirleme). Hatayı belirleyen herhangi bir düğüm bunu diğer düğümlere bildirebilir (hata bildirme). Eğer bir düğüm mesaj gönderirken bir hata belirlerse, mesaj transmisionunu durdurmaya zorlayabilir ya da diğer düğümleri haberdar edebilir. Gönderdiği mesajı mesaj normal gönderilinceye kadar gönderebilir (hata düzeltme) [9].

Hatayı hapsetme: CAN veri yolunda iki çeşit hata oluşabilir. Birincisi etrafta oluşan gürültüden veya başka sebeplerden oluşan düzensiz hatalar. İkincisi sürücü hatalarından, donanımın zarar görmesinden ya da buna benzer sebeplerden oluşan devamlı hatalar. CAN protokolü bu iki hata türünü birbirinden ayırt edebilen fonksiyona sahiptir. Bu fonksiyon hatalı düğümden gelen mesajlara düşük öncelik verir, düğümden devamlı bir hata üretiliyorsa bu üniteyi veri yolundan ayırt ederek düğümden gelen hata mesajlarını dikkate almaz [9].

Bağlantı: CAN network yapısı birden fazla ünitenin aynı anda ağ yapısına bağlanmasına izin verir. Burada bağlanabilen ünite açısından mantıksal bir sınır yoktur. Fakat gerçekte ağ yapısına bağlanabilen ünite sayısı gecikme zamanlarına ve o anda ağ yapısında oluşan elektriksel yüke bağlı olarak değişebilir. Haberleşme hızı azaltılarak daha fazla ünite ağ yapısına bağlanabilirler. Bunun aksine, haberleşme hızı arttırılırsa ağ yapısına bağlanabilen ünite sayısı azalır [9].

#### 4.4. CAN-BUS Hızı

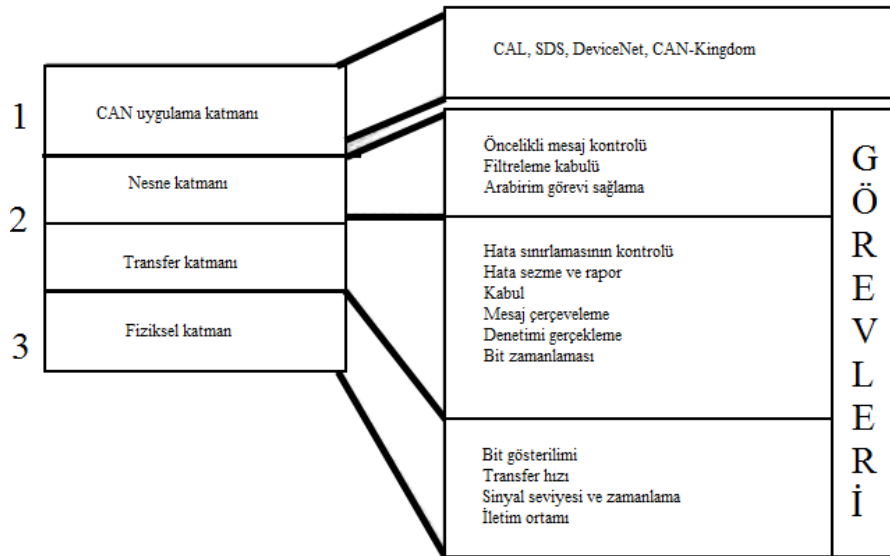
CAN hattının hızı farklı sistemlerde farklı olabilir. Ancak bir sistem içindeki hız (bit-rate) sabittir. Tablo 4.2’de seçilen bazı hat uzunluklarına karşılık gelen iletim hızları verilmiştir [45].

Tablo 4.2. Hat uzunluğuna bağlı hız değişimi [45].

Hat Uzunluğu (metre)	Maksimum Hız
40	1 Mbit/s
100	500 kbit/s
200	250 kbit/s
500	125 kbit/s
1000	40 kbit/s

#### 4.5. CAN Protokol Mimarisi

CAN, tasarım saydamlığı ve gerçekleştirme esnekliğini sağlamak için yapısal olarak katmanlı halde geliştirilmiştir [9]. Şekil 4.1’de OSI referans modelinin fiziksel, veri iletim ve uygulama katmanlarına karşılık gelen 3 katmanlı CAN protokol yapısı görülmektedir.



Şekil 4.1. CAN protokol mimarisi ve protokollerin görevleri [9].

Fiziksel katman: Elektriksel özelliklere dayalı olarak ağdaki farklı düğümler arasında mesaj bitlerinin nasıl iletileceğini tanımlar. Bu tanım içerisinde sinyal seviyesi, bit temsili ve iletim ortamı konuları bulunmaktadır. CAN, fiziksel katman üzerinde mükemmel bir hata sezme mekanizması sağlar [2,47].

Veri iletim katmanı: Bu katman transfer ve nesne alt katmanlarından oluşmaktadır.

- Transfer katmanı: CAN protokolünün çekirdeğini (kernel) temsil eder. Bu katman, alınan mesajların nesne katmanına gönderilmesi ve nesne katmanından gönderilen mesajların kabul edilmesi ile ilgilenir. Aynı zamanda, bit zamanlaması, senkronizasyon, mesaj çerçeveleme, denetim mekanizması, Kabul mekanizması, hata sezimi/sinyalleşme ve hata sınırlamasından (error confinement) da sorumludur.
- Nesne katmanı: Bu katman transfer katmanı tarafından alınan mesajların gerçekte kullanılıp kullanılmadığına karar verme, gönderilecek mesajların belirlenmesi (öncelik mekanizması kontrolüne göre) gibi görevleri gerçekleştirir [47].

Can uygulama katmanı: Bu katmanda farklı uygulamaların özel ihtiyaçlarını karşılamak üzere CAN yapısına dayalı olarak geliştirilen bazı protokoller tanımlanmıştır. Her birisi, farklı bakış açıları ile farklı bir üstünlüğe sahip olan bu protokoller, CAN şartnamesine uygun olarak CAN iletişimine ve devrelerine bağlıdır.

#### **4.6. CAN Denetim Mekanizması**

Ağ sistemlerinde veriyoluna erişim mekanizmaları, sistemlerin gerçek zamanlı uygulamaları destekleme yetenekleri ve erişim mekanizmasından kaynaklanan mesaj gecikmelerinin sistem performansına etkilerinden dolayı çok önemlidir. CAN çarpışmayı çözme ve gerçek zamanlı uygulamaları gerçekleştirme amacıyla tanıtıcı alan üzerinde öncelik esasına dayalı olan taşıyıcı duyarlı çoklu erişim / mesaj öncelik denetimli çarpışma sezme (Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection with

Arbitration on Message Priority, CSMA/CD+AMP) protokolünü ortam erişim metodu olarak kullanır [2,48, 49, 50, 51].

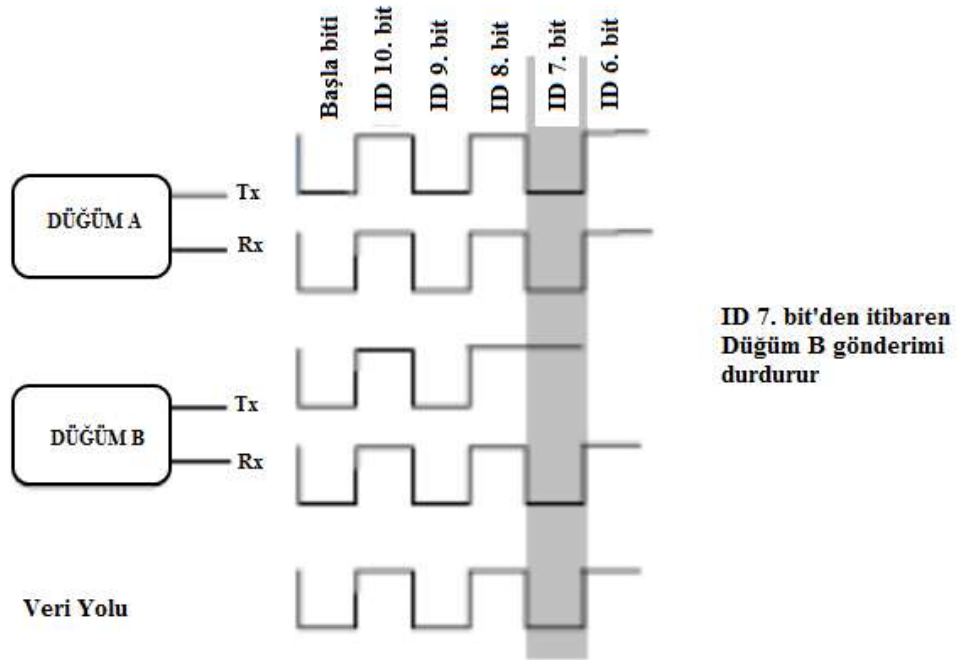
CAN yıkıcı olmayan çarpışma çözümü (non-destructive collision resolution) ve öncelik temelli ortam erişim yöntemi vasıtasıyla düğümlerin birbirine ortak yol (broadcast bus) topolojisi ile bağlandığı bir sistemdir. Diğer sistemlerden farklı olarak denetleyici alan ağına bağlı düğümler herhangi bir adres bilgisine sahip değildir. Bunun yerine CAN düğümlerin ürettikleri her bir mesaj, tüm ağ içerisinde tek olan bir tanıtıcı (identifler) bilgisine sahiptir. Bu tanıtıcı bilgisi üretilen mesajların iletim önceliğini ve mesajların kabul / reddedilmesini belirler. Düşük değerli tanıtıcı bilgisine sahip mesaj ağ içerisinde daha yüksek önceliğe sahiptir [2,52,48, 53].

Haberleşme ortamına erişmeye çalışan herhangi bir düğüm veriyolu (bus) boş olana kadar bekler, daha sonra tüm düğümlerin saatini senkronize etmek için ilk olarak senkronizasyon bitlerinden başlayarak (mesajın ilk biti) mesajını bit bit gönderir. Eş zamanlı olarak birden fazla düğüm veriyoluna erişmeye çalışırsa çarpışma olur. Ancak CSMA/CD+AMP sayesinde her bir düğüm veriyoluna bit bit veri göndermesinin yanında eş zamanlı olarak veriyolunu da bit bit dinler. Böylelikle sürekli olarak gönderdiği veri ile veriyolu (bus) üzerindeki veriyi karşılaştırır. Bu işlemi bir VE (AND) kapısı kullanarak kolaylıkla yerine getirir. Eğer gönderdiği veri, veriyolundaki veriden farklı ise (tanıtıcı alan büyükse) derhal gönderme isteğini durdurur ve veriyolunu dinlemeye devam eder. Veriyolu üzerinde mesaj gönderen tüm düğümler veriyolunu dinleyerek en düşük değerlikli olan mesajı bulana kadar tanıtıcı alanlarını bit bit karşılaştırırlar. En yüksek öncelikli mesaj ek bir gecikme olmaksızın ilk olarak gönderilir. Mesajın gönderimi bittikten sonra aynı işlemler tekrar edilir [2,48].

Şekil 4.2 CAN mesajın tanıtıcı alanı üzerindeki öncelik esasına dayalı çarpışmayı çözme yapısını özetlemektedir. Düğüm A ve B eş zamanlı olarak veriyoluna erişmişler ve senkronizasyon bitlerinden başlamak üzere veri iletimini bit bit gerçekleştirmektedirler. Her bir düğüm Tx ucundan veriyoluna iletilmek üzere verisini



koyarken aynı zamanda da Rx ucundan veriyolunu dinlemekte ve her iki ucundaki bilgiyi de bit bit karşılaştırmaktadır. Tanıtıcı alanlarının ID7 numaralı bitine kadar her iki mesajın öncelik değeri aynıdır. Ancak düğüm A'nın ID7 biti düğüm B'nin ID7 bitinden küçük olduğunu düğüm B fark ettiğinde veriyoluna iletim isteğini hemen durdurur. Böylelikle yüksek önceliğe sahip düğüm veri iletimine devam etmekte ve bu mesajın iletilmesinde herhangi bir gecikme yaşanmamaktadır.



Şekil 4.2. Bit düzeyinde denetim mekanizmasının çalışması [2].

#### 4.7. CAN Mesaj Çerçeve Tipleri

CAN, istasyona değil mesaja dayalı bir protokoldür. Bu, bütün birimlerin bütün iletimleri fark edebileceği anlamına gelir. Sadece özel bir birime mesaj gönderilemez, bütün birimler hattaki trafigin tamamını kontrol eder. CAN donanımında yerel bir filtreleme yapılır, bu şekilde bütün birimler sadece ilgilendikleri mesajları kabul ederler.

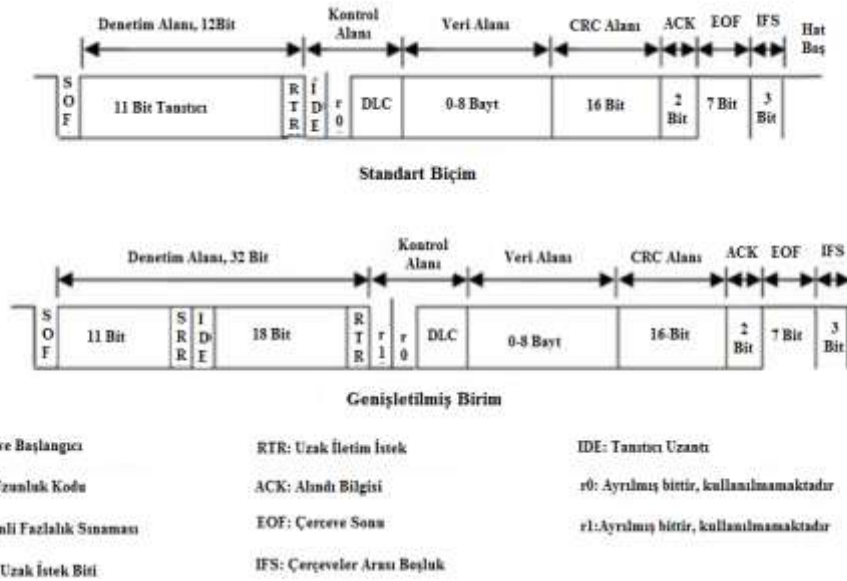
CAN protokolü içerisinde 4 farklı mesaj tipi bulunur. Bunlar;

- Veri çerçevesi (Data frame)
- Uzak çerçeve (Remote frame)
- Hata çerçevesi (Error frame)
- Taşma çerçevesi (Overload frame)

Bu mesaj çerçevelerinden, veri çerçevesi içerisinde veri, diğerlerinde ise kontrol amaçlı mesajlar bulunur.

#### 4.7.1. Veri çerçevesi

Denetleyici alan ağında standart ve genişletilmiş biçim olmak üzere iki farklı veri çerçeve biçimi bulunmaktadır. Veri çerçeveleri arasındaki fark, denetim alanlarının uzunluğudur. Veri çerçevesi, kullanıcı verisinden başka veri akışını senkronize etmek, tanımlamak ve kontrol etmek için bilgi içerir [2].



Şekil 4.3. Standart ve genişletilmiş CAN veri çerçeveleri [2].

Şekil 4.3’de verilen veri çerçevesi, işlevleri kısaca aşağıda açıklanan her biri farklı uzunluklarda 7 alandan oluşur.

Çerçeve başlangıcı (Start of frame, SOF): 1 bit büyüklüğündedir ve CAN mesajın başlangıcını belirtir [2,47,48].

Denetim alanı (Arbitration field): Standart veri çerçevesinde 12 bit, genişletilmiş veri çerçevesinde 32 bittir. Standart biçimde tanıtıcı alanı (11 bit) ve uzak iletim istek (Remote Transmission Request, RTR) (1 bit) alanlarından oluşur. Tanıtıcı alanı, mesajların iletim önceliğini ve kabul edilip / edilmemesini belirlemek amacıyla kullanılır. 1 bit büyüklüğündeki uzak iletim istek alanı bir düğümün diğer bir düğümden bilgi istemesi durumunda haberleşmeyi başlatmak için kullanılır. RTR biti gönderilen CAN çerçevesinin veri ya da uzak çerçeve olup olmadığını gösterir. RTR lojik '0' ise veri çerçevesi, lojik '1' ise uzak çerçevedir [2,47,48].

Kontrol alanı (Control field): Bu alan 1 bit tanıtıcı uzantı alanı (Identifier Extension, IDE), ileride kullanım için ayrılmış 1 bitlik r0 alanı ve gönderilen verinin boyutunu gösteren 4 bitlik veri uzunluk kodu (Data Length Code, DLC) olmak üzere 6 bitten oluşur. IDE lojik '0' ise gönderilecek herhangi bir tanıtıcı bilgisi olmadığını gösterir.

Veri alanı (Data field): Veri alanı DLC değerine bağlı olarak sıfır ile sekiz bayt arasında değişen uzunluğa sahiptir. CAN protokolünde veri bölümünün en düşük adresinde olan bayt, ilk gönderilir [2,47,48].

Çevrimli fazlalık sınama alanı (Cyclic redundancy check, CRC): 15 bit CRC dizisi ve 1 bitlik yüksek seviyeli CRC belirticiden (CRC delimiter) oluşur. Bu alana mümkün olan iletim girişimlerini sezmek için başlangıç biti, denetim alanı, kontrol alanı, veri alanı ve CRC alanlarını kapsayarak hesaplanan bir kontrol kod yazılır. Bir mesajın gönderimi tamamlandıktan sonra CRC alanı kontrol edilir. Eğer çerçevede herhangi bir hata sezilmişse, tüm çerçeve yeniden gönderilir [2,47,48].

ACK alanı (ACKnowledgment field): Birer bitlik ACK slot ve ACK belirtici alanlarından oluşur. Bu alan mesajın alınıp alınmadığını ve herhangi bir hatanın sezilip sezilmediği hakkında gönderici düğümü bilgilendirir. Kaynak düğüm veri çerçevesinin ACK alanının her iki bitini lojik '1' seviyesinde gönderir. Hedef düğüm mesajı doğru olarak aldığı anda ACK slot alanı esnasında gönderici düğümüne lojik '0'

seviyeli bir bit gönderir. Kaynak düğüm veriyolunu dinlediğinden dolayı bu değişikliği algılar ve en az bir düğümün mesajı tam ve doğru olarak aldığı anlar [2,47,48].

Çerçeve sonu (End of frame): Veri ve uzak çerçevelerinin tamamlandığını, ACK alanından sonra mesajın sonuna eklenen yedi adet lojik '1' seviyeli bit dizisi belirtir.

Çerçeveler arası boşluk (Inter frame space, IFS): İletimi senkronize ve kontrol etmek için veri çerçeveleri arasında minimum 3 bitlik bir çerçeveler arası boşluk gereklidir. Aksi takdirde hata çerçeveleri veya aşırıyük çerçeveleri, çerçeve sonu belirticiden hemen sonra başlayabilir. IFS'den sonra veriyolu yeni bir ilettime kadar boş durumdadır.

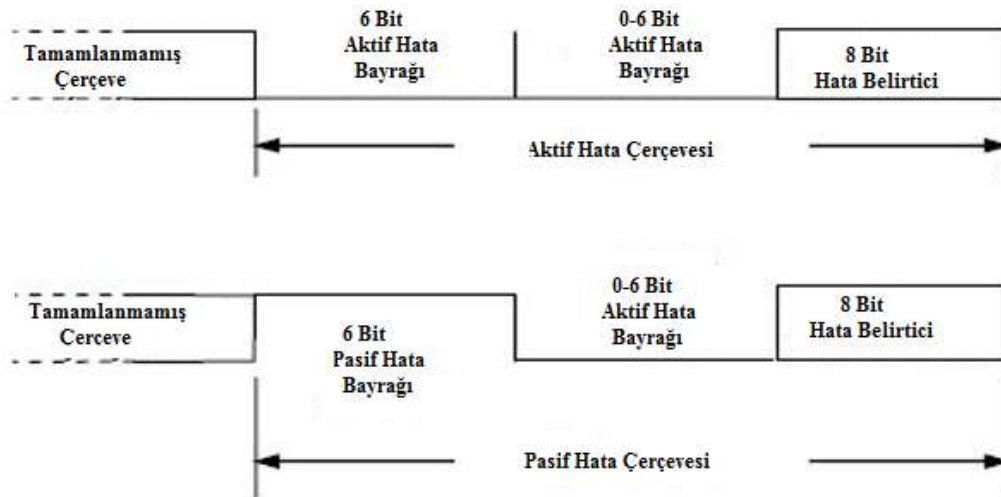
Genişletilmiş biçimde ise standart biçimdeki alanlara ek olarak RTR bitinin işlevini yerine getiren yedek uzak istek biti (Substitute Remote Request, SRR) ve ileride kullanım için ayrılmış r1 biti eklenmiştir. Genişletilmiş biçimde IDE alanı, diğer tanıtıcı bitlerin kullanılacağını gösterir ve lojik '1' seviyesinde tutulur [2,47,48].

#### **4.7.2. Uzak çerçeve**

Belirli bir veri için alıcı olarak davranan bir istasyon, kaynak düğüme bir uzak çerçeve göndererek kendi verisinin iletimini başlatabilir. Örnek olarak otomobil gösterge (dashboard) denetleyicisinin, motor yönetim sisteminden motor sıcaklığı hakkında bilgi istemesi verilebilir. Bu durumda otomobil gösterge denetleyicisi, bir veri çerçevesi ile cevap verecek olan motor denetleyicisine bir uzak çerçeve gönderir. Motor yönetim sistemi de gösterge denetleyicinin istediği veriyi aynı denetim alanı ile veri çerçevesi olarak gönderir [2,49]. Veri çerçevesindeki uzak iletim istek (RTR) bitinin lojik '1' yapılması ile uzak çerçeve oluşturulur. İletim isteğinde bulunulan uzak çerçevelerde herhangi bir veri gönderilmez. Çerçevde DLC alanında herhangi bir değer tanımlanmış olsa bile çerçeve veri bilgisi içermez [2,47].

### 4.7.3. Hata çerçeveleri

CAN, veriyolu boyunca veri tutarlığını garantilemek için örnekleme noktaları, yayılım esnasındaki sinyal bozulmaları, farklı anahtarlama eşikleri gibi sebeplerden meydana gelen veriyolu hatalarını hata çerçeveleri ile temsil eder. Şekil 4.4'de denetleyici alan ağında kullanılan hata çerçeveleri görülmektedir. Hata çerçeveleri hata bayrağı ve hata belirtici (error delimiter) alanlarından oluşur. Bu çerçeveler aynı seviyeye sahip altı ardışık bitli bir bayrak ile gösterilir. Bu yapı dolgu biti (stuff bit) hatası oluşturduğundan ağdaki tüm düğümler veriyolu üzerinde bir hatanın meydana geldiğini anlarlar. Hata bayrağının bitleri, bozulan veri çerçevesinin üzerine yazılır. Bir düğümün hatayı sezmesi sonucunda diğer düğümler de ilgili hata durumunu sezerler ve kendi hata bayraklarını gönderirler. Bu dizinin toplam uzunluğu minimum altı bit ve maksimum on iki bit arasında değişir. Hata belirtici sekiz adet '1' seviyeli bit içerir. Hata bayrağının iletiminden sonra '1' seviyeli bitlerin gönderilmesi ile hata çerçevesi tamamlanır. Hata belirtici ve aradan (intermission) sonra verici, bozulan mesajı yeniden iletmek amacıyla tekrar veriyoluna erişmeyi dener [2,48].



Şekil 4.4. CAN hata çerçeve biçimleri [2].

CAN'de hata yönetim mekanizması sayesinde hatalı ya da tamamen bozulmuş bir düğümden gönderilen hata çerçevelerinin veriyolunu tamamen işgal etmesi önlenir. Bu mekanizma sayesinde düğüm, bulunduğu hata durumuna göre hata çerçeveleri

üretir. Veri çerçevesi veya uzak çerçevenin iletimi esnasında sezilen hatalar, mevcut çerçevenin iletim zamanı içerisinde işlenir. Bu yordam veri veya uzak çerçeve ile bir hata çerçevesini birleştirir [2,49].

#### 4.7.4. Aşırı yük çerçevesi

Aşırıyük çerçevesi, Şekil 4.5’de gösterildiği gibi bir düğümün bir sonraki çerçeveyi almadan önce mevcut veriyi işlemek için yeterli zamana sahip olmadığını belirtmek için kullanılır. Bu çerçeve ile alıcı düğüm bir sonraki iletimin başlamasını geciktirmek ister. Aşırıyük çerçevesi ile aktif hata çerçevesi hemen hemen aynıdır. Aşırıyük çerçevesini aktif hata çerçevesinden ayıran fark, bu çerçevenin çerçeve sonu ya da IFS alanından sonar başlamasıdır [2].



Şekil 4.5. CAN aşırı yük çerçevesi [2].

#### 4.8. CAN Hata Mekanizması

CAN, temel ve en önemli özelliği olan çok yüksek güvenlik seviyesini içerisindeki “Hata Yönetimi Birimi” ile yerine getirir. Bu birimin işlevleri CAN protocol yapısındaki veri iletim katmanında (Data Link Layer, DLL) tanımlanmaktadır. Denetleyici alan ağındaki bir düğüm hata tespit ettiğinde, ağdaki diğer tüm düğümleri ivedi olarak hatanın varlığından bilgilendirir. Bu hata mesajından sonar ağdaki düğümlerin hepsi aldıkları bitleri elimine ederler (discard). Hatalı mesajı gönderen düğüm, CAN’ın gönderilen bitlerin geri okunması özelliği vasıtasıyla bu hata hakkında uyarılır. Bu durumda gönderdiği mesajın hatalı olduğunu öğrenen düğüm, veriyolu boşaldığında mesajını tekrar gönderecektir. Bu işlem CAN

denetleyici tarafından otomatik olarak yapılır. Tespit edilen hatanın bildirimi Şekil 4.4’de görülen “Hata Çerçeveleri” gönderimi ile yapılır [2,48].

Düğüm hatayı tespit ettiğinde veriyolu üzerindeki tamamlanmamış mesajın hatalı kısmından itibaren 6 ardışık biti aktif hata için baskın (lojik 0), pasif hata için baskın olmayan (lojik 1) yapar. Böylelikle ağ üzerindeki herhangi bir düğüm bu mesajı gördüğünde bit dolgu hatasını tespit eder.

Eğer denetleyici alan ağı içerisinde bir düğüm sürekli hata çerçeveleri gönderirse, böyle bir arıza durumundan ağa bağlı diğer düğümleri korumak için hata çerçevesi üreten düğümün ağ ile olan bağlantısı adım adım koparılır.

Hata yönetim birimi tarafından yürütülen hata kontrol süreci hata tespiti, hata mekanizmasının işleyişi ve hata sınırlaması olmak üzere üç bölüme ayrılmıştır [2,47,48,53].

1. Hata tespiti (Error detection): Hata yönetim birimi beş farklı hata türünü sezme kabiliyetine sahiptir. Bunlar;
  - Bit hatası: Veriyoluna bit gönderen bir düğüm aynı zamanda veriyolunu da izler. İzleme bit bit yapılır. İzlenen bit seviyesi, gönderilen bit seviyesinden farklı olduğunda bir bit hatası tespit edilir.
  - Bit dolgu hatası: Gönderimde bulunan bir düğüm normalde beş ardışık ‘1’ seviyeli bittten sonra ‘0’ seviyeli bir bit veya beş ardışık ‘0’ seviyeli bittten sonra ‘1’ seviyeli bir bit ekler. Bu işleme bit dolgulama denir. Eğer alıcı düğüm altı ardışık eşit bit seviyesi algılasa, bit dolgu hatası tespit etmiş olur.
  - Çevrimli fazlalık sınaması (CRC) hatası: Alınan CRC dizisi ile hesaplanan CRC değerinin birbirine eşit olmama durumunda ortaya çıkar.
  - Çerçeve (biçim) hatası: CAN mesaj çerçevesi içerisinde belirli pozisyonlarda gönderilmesi gereken (CRC sınır belirteci, ACK sınır belirteci ve EOF) önceden tanımlı bit değerleri vardır. Alıcının bu pozisyonlarda geçersiz bir bit algılama durumu ile çerçeve hatası tespit edilir.

- Kabul hatası: Gönderimde bulunan bir düğüm gönderdiği mesajın kabul edilmediğini tespit ettiğinde meydana gelen hata türüdür (Kaynak düğümün ACK slot boyunca bir baskın '0' seviye izleyememe durumudur).
2. Hata mekanizmasının işleyişi (Error handling): Yukarıda bahsedilen hatalardan biri tespit edildiğinde derhal bir hata çerçevesi üretilecektir. Hata mekanizmasının işleyişi aşağıdaki sırayla gerçekleşmektedir.
- Hata tespit edilir.
  - Derhal bir hata çerçevesi gönderilir.
  - Ağdaki tüm düğümlerde hatalı mesaj yok edilir.
  - Ağdaki tüm düğümlerin hata sayıcıları 1 arttırılır.
  - Mesaj iletimi tekrar edilir.
3. Hata sınırlaması (Error limitation): Gönderilen hata çerçevelerinin birçok kez tekrar edilmesi gibi olaylar ile bir düğümün tüm sistemi bozmasını engellemek için CAN hata sınırlama mekanizmaları içerir. Hata sınırlamasının amacı, hatalı düğümün tespit edilip veriyolu ile olan bağlantısının koparılmasıdır. CAN bu işlemi gerçekleştirmek için iki farklı hata sayıcıya sahiptir. Bunlar:
- Gönderim hata sayıcı (Transmit error counter, TEC): Düğümün gönderdiği çerçeveler üzerinde tespit edilen iletim hatalarını sayar.
  - Alım hata sayıcı (Receive error counter, REC): Düğümün aldığı çerçeveler üzerinde tespit edilen hataları sayar.

Bir çerçevenin doğru alındığı veya gönderildiği durumda ilgili sayıcı azaltılır. İletim hatasının olduğu her zaman ise ilgili sayıcı arttırılır. Her bir CAN denetleyici hata aktif, hata pasif ve veriyolu kapalı olmak üzere üç farklı hata durumuna sahiptir. Bir düğüm her iki sayıcının durumuna bağlı olarak bu üç hata durumundan birinde olacaktır.



- Hata aktif (Error active): CAN denetleyicinin normal çalışma durumudur ve denetleyici başlangıç durumunda bu konumdadır. Bu durumda düğüm mesaj alabilir ve gönderebilir. Hata tespit edildiğinde aktif hata bayrağı gönderilir. REC ve TEC sayıcılarının değeri 127'ye eşit veya küçükse düğüm bu konumdadır.
- Hata pasif (Error passive): Bu konumdaki bir düğüm, mesaj alabilir ve gönderebilir. Bir hata tespit edildiğinde, pasif hata bayrağı gönderilir. Ancak hata pasif konumundaki bir düğüm, mesaj iletiminden sonra bir sonraki mesajı iletmeye önce belirli bir süre bekleyecektir. Bu bekleme son iletimin bitimini gösteren bitten sonraki 8 ilave bit kadarki süredir. REC ve TEC hata sayıcılarından en az birinin değeri 127'den büyük ve TEC'in değeri 255'e eşit veya küçükse CAN denetleyici hata pasif konumdadır.
- Veriyolu kapalı (Bus-Off): Hata yönetimi biriminin isteği ile denetleyicinin veriyolu ile olan bağlantısı kapatılır. Bu durumda CAN denetleyici mesaj alamaz ve gönderemez. Denetleyici mesajların iletimi ile ilgili ciddi problemlere sahip olduğunda bu duruma girer. TEC hata sayıcısının değeri 255'den büyük olduğunda düğüm, veriyolu kapalı konumuna geçer. CAN denetleyicinin hata aktif konumundan hata pasif konumuna geçişi otomatik olarak meydana gelmekteyken denetleyicinin veriyolu kapalı konumundan ayrılması yazılım ya da donanımsal olarak sıfırlanması (reset) ile gerçekleşir [2,48,53].

#### **4.9. CAN Haberleşme Protokolünü Kullanmak İçin Ana Sebepler**

1. Güvenilir.
  - Hatasız haberleşme sağlanması
2. Ekonomik
  - Kablo masraflarını azaltması
  - Düşük donanım maliyeti sağlanması
3. Ölçeklendirilebilirlik
  - Kolay genişletilebilirlik
  - -Düğümün birbirine bağlama maliyetini düşürmesi
4. Uygulanabilirlik

- Çoğu kontrolcünün CAN portuna sahip olması
- Birçok yazılım aracı tarafından desteklenmesi
- Yüksek seviyeli protokol

#### 5. Bilinirlik

- Geliştirme ortamı için geniş kaynak imkanı

Yukarda saydığımız 5 sebep üzerinde kısaca açıklama yapalım.

**Güvenilirlik:** Hatasız veri alışverişi sağlamak, ileri dereceli güvenilir veri gönderip almak CAN tasarlanırken en üst seviyede sağlanmıştır. Bu sebep bazı güvenlik uygulamalarında ve gömülü sistemlerde olmazsa olmaz bir koşuldur.

**Ekonomik:** CAN haberleşme için sadece 2 adet kablo kullandığı için network ağı maliyeti oldukça düşüktür. Ayrıca, mikro kontrolör içinde CAN çevre birimleri fazla yer kaplamaz böylece daha düşük maliyetli kontrolcü üretme imkanı oluşur.

**Ölçeklendirilebilirlik:** CAN ağ yapısı her zaman genişletmeye müsaittir. Veri yolunun herhangi bir noktasına düğümler eklenebilir ve bu ekleme diğer düğümlerde değişiklik gerektirmez. CAN ağ yapısında düğümü network yapısına bağlamak için sadece iki bağlantı noktası yeterlidir. Buda şüphesiz bir avantajdır. Diğer sistemlerde bir ağ yapısına bir düğüm eklemek için çok daha fazla kablo kullanmak gerekir.

**Uygulanabilirlik:** Gün geçtikçe CAN özellikli mikro kontrolör sayısı artmaktadır. Bununla birlikte yazılım kısmında da CAN hata ayıklama araçları geliştirilmektedir. Bunların yanında yüksek seviyeli standartlaşmış protokoller karmaşık sistemlerin tasarımı için yazılımcıya büyük kolaylık sağlar.

**Bilinirlik:** CAN haberleşme protokolü 15 yılı aşkın bir süredir kullanılmaktadır ve bu konu üzerinde bilgi düzeyi oldukça artmıştır ve her gecen gün veri tabanı büyümektedir [9].

#### 4.10. CAN Uygulama Alanları

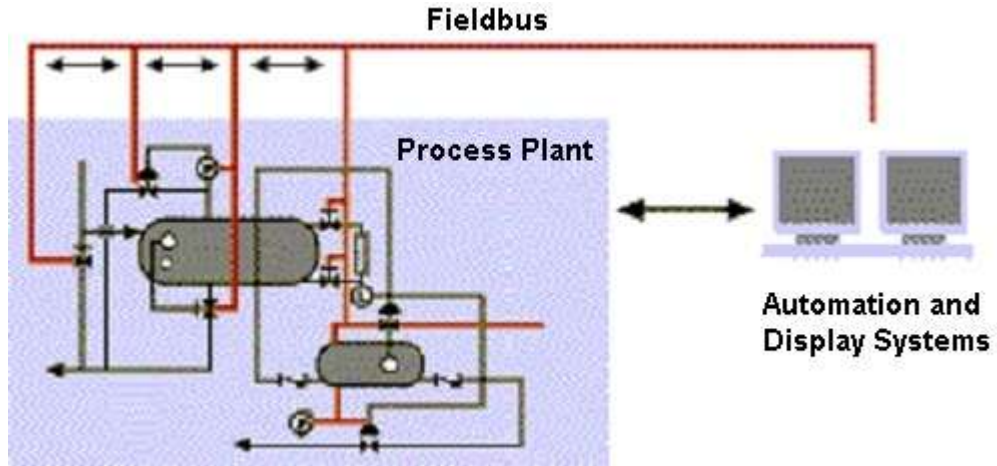
CAN, otomotiv endüstrisindeki en bilinen haberleşme sistemidir. Her ne kadar başlangıçta yalnızca otomotiv uygulamaları için tasarlanmış olsa da yüksek performansı ve üstün karakteristik özelliklerinden dolayı birçok dağıtık endüstriyel kontrol uygulamalarında kullanılmaktadır. Başlıca kullanım alanları şunlardır:

- Otomotiv: Bir araç içerisindeki fren, ateşleme, vites kutusu, süspansiyon, havalandırma, ışıklar, merkezi kilit, alarm v.b. aksamaları kontrol eden elektronik devre elemanları denetleyici alan ağı üzerinden haberleşir. Otomotiv endüstrisinin önde gelen bir çok firması (Mercedes, Audi, BMW, Renault) üretimlerinde CAN kullanmaktadır [2]
- Fabrika otomasyonuna yönelik endüstriyel uygulamalar: CAN kullanılan otomasyon uygulamalarına örnek olarak; PLC kontrollü üretim sistemleri, robot kontrol sistemleri, tekstil makineleri, paketleme kontrol sistemleri, tarım makineleri, asansör sistemleri, akıllı algılayıcı / eyleyici kontrolü vb. birçok uygulama verilebilir.[49]
- Tıbbi cihazlarda: X-ray cihazlarında, hasta odalarının izlenmesinde vb. uygulamalarda kullanılmaktadır.
- Askeri uygulamalarda: Amerika Birleşik Devletleri (A.B.D) “Target Reliance Office”, savaş uçaklarının ve hızlı hücum botların elektronik modüllerinin CAN temelli olarak haberleşmesini sağlayan ortak sayısal mimari (Common Digital Architecture, CDA) tasarlamıştır (Purdy, 1998). Yine A.B.D.’de Omnitech Robotics firması tarafından gerçekleştirilen CDA benzeri bir çalışmada CAN temelli standartlaştırılmış uzaktan kumanda sistemi (Standardized Teleoperation System, STS) yardımıyla mayın döşenmiş alanlar gibi yüksek risk bulunan bölgelerde insansız araç kullanımı sağlanarak mayın hissetme, nötralizasyon, patlatma, temizleme ve yön tayini işlemleri gerçekleştirilmiştir. [54]
- Bina otomasyonu: Bina güvenlik sistemleri, çağrı sistemleri, yangın alarm ve söndürme sistemi, ısıtma ve havalandırma sistemleri CAN kullanılarak gerçekleştirilebilir. [54]

## 4.11. Diğer Endüstriyel Haberleşme Protokolleri

### 4.11.1. Field bus protokolü

Fieldbus, otomasyon ürünleri ve bilgisayardan oluşan alan ağıdır. Yüksek çözünürlüklü ölçme ve yüksek güvenilirlik sağlayan fieldbus, aynı zamanda kendini test edebilme özelliğine sahiptir ve bu protokolda yuvarlama kaybı da yoktur. Çok fonksiyonlu saha birimlerinin oluşu dolayısıyla çok ciddi bir pazar payına sahip bir protokoldür. Kurduğu döngülerle PLC sistemlerini kendi aralarında haberleştirebilir. Aynı zamanda bu döngüler sayesinde tesislerde, geniş ölçekli elektronik elemanlar arasında herhangi bir arıza durumunda arızanın yerini önceden tespit ederek kullanıcıya tam olarak gösterebilir [55].



Şekil 4.6. Fieldbus protokolü uygulama şeması [55].

### 4.11.2. Profibus protokolü

Özel bir arabirime ihtiyaç duymadan farklı üreticilerin cihazları arasında haberleşmeyi sağlayan profibus, üreticiden bağımsız açık saha protokolüdür. Hızlı veri alışverişi sağlar. Böylelikle yüksek hız gerektiren kritik uygulamalar ve karmaşık yapıdaki haberleşme işlerinde yaygın olarak tercih edilirler. Geniş ölçekli üretim ve proses otomasyonu için tasarlanmıştır. Bu protokolda cihazların değiştirilebilmesi mümkündür. Profibus'ta her bir bus bölümüne 32, toplamda 126 katılımcı bağlanabilir. Çevre birimleri slave'ler ve saha elemanları çalışma esnasında

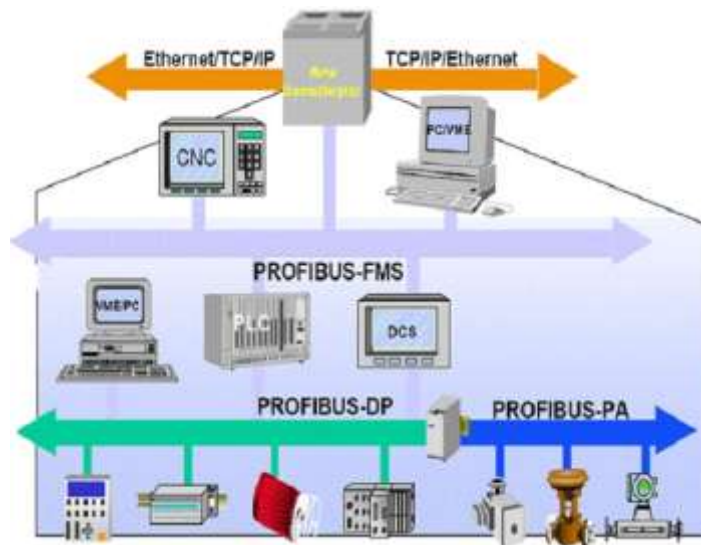
takıp çıkarılabilir özelliktedir. 2 damarlı blendajlı kablo veya optik iletkenler yardımıyla veri transferi gerçekleştirilir.

Profibus, kullanım alanına ve tipine göre, 3 farklı haberleşme protokolleri (DP-PA-FMS) sunar.

Profibus DP (DP-Decentralized Periphery / Dağıtılmış Çevre): Fiziksel yapı olarak RS485 veya fiber optik alt yapısını kullanan profibus DP, en çok kullanılan haberleşme tipidir. Hız, etkinlik ve düşük bağlantı maliyeti özellikleri sebebiyle tercih edilir. Merkezi dağıtılmış cihazlarla ve akıllı saha cihazları ile haberleşme sağlanabilir

Profibus FMS (FMS-Fieldbus MessageSpecification / Saha Veri Yolu Mesaj Tanımlaması): Genel bir haberleşme tipi olan FMS, DP gibi fiziksel haberleşme yapısı olarak RS485 ve fiber optik alt yapısını kullanır. Akıllı kontrol aygıtlar arasındaki haberleşme için gelişmiş uygulama fonksiyonlarını sunar. TCP/IP' nin gelişiminin ve kullanımının hızla artması FMS'yi olumsuz etkilemektedir.

Profibus-PA (PA-Process Automation / Süreç Otomasyonu): DP ile aynı master üzerinde çalışan PA, genellikle proses otomasyonunda kullanılır [55].



Şekil 4.7. Profibus protokolü uygulama şeması [55].

### 4.11.3. Modbus protokolü

PLC'ler arası seri haberleşme protokolü olarak Modicon firması tarafından ortaya çıkarılan modbus, basit ve güçlü yapısı sayesinde endüstride en çok kullanılan protokoldür. Farklı cihazlar arasındaki haberleşmeyi sağlayabilen, sunucu-istemci tabanlı bir protokoldür. Dolayısıyla veriler bir cihazdan alınıp bir veri merkezinde toplanabildiği ağ sistemidir. Açık bir protokoldür. Üreticiler herhangi bir ücret ödmeden kullanabilir.

Modbus, aygıtları programlamak ve master / slave sistemlerini izlemek için de kullanılır. Modbus ağında 1 master ile birlikte 247 slave cihaz bulunabilir. Master cihaz, slave cihazlardan aldığı verilere göre yine slave cihazları yönetebilir, slave cihazlardan veri alıp cihazlara veri yazılmasını sağlayabilir.

Kısa mesafeli bağlantılarda RS232 seri haberleşme standardını kullanan modbus, uzun bağlantılarda ise RS485 seri haberleşme standardını kullanır. Bu protokolde veriler 1 ve 0'lardan oluşan bitler halinde taşınır.

Esnekliği yüksek olan modbus, algılayıcılar ve diğer aygıtları birbirleriyle haberleştirmek için veya alan içerisindeki cihazları uzaktan bilgisayar ile kontrol edebilmek için kullanılabilir. Aynı zamanda sadece PLC ve bilgisayar sistemlerinde değil gelişmiş sensörlerde de kullanılmaktadır [55].

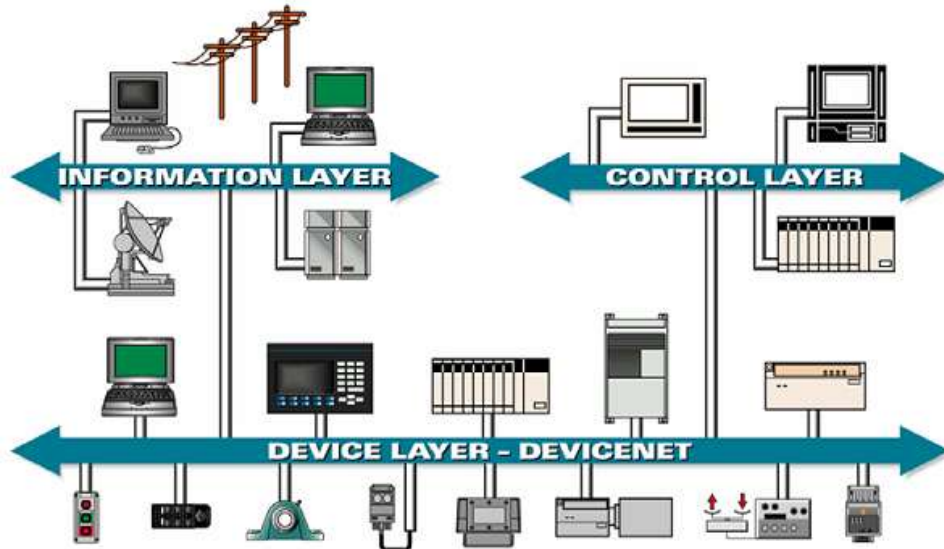


Şekil 4.8. Modbus protokolü uygulama şeması [55].

#### 4.11.4. DeviceNet protokolü

Akıllı sensör ve aktüatörler için Allen-Bradley tarafından geliştirilen endüstriyel iletişim protokolü olan devicenet ile düşük seviyeli aygıtlara bağlanılabilir ve PC veya PLC gibi daha üst seviyeli aygıtlarla haberleşme sağlanabilir. CAN mimarisi üzerine kurulan devicenet açık ve düşük maliyetlidir. Güvenilirlik ve performans ihtiyaçlarını karşılamak için tasarlanmış, kararlı yapıya sahip devicenet, kararlı bir yapıya sahip olmasıyla kendini ispatlamış bir protokoldür. Bu protokolde her aygıt ve kontrolör ağda bir düğümdür.

Mesaj sıralama önceliği bulunan, çok yönlü iletişim yapısına sahip üretici-tüketici protokoldür. I/O ve açık mesajlaşmayı destekler. Endüstriyel kontrolörlerle I/O cihazlarını birbirine bağlar ve bu cihazlar arasında iletişim sağlar. Önemli özelliklerinden birisi de ağdan güç elde etmesidir. Bunun sonucunda sınırlı güç gereksinimi durumunda ağdan güç almalarını sağlar. En güç durumlarda bile aygıt seviyesi hata teşhisi ve tespitlerini yapabilir [55].



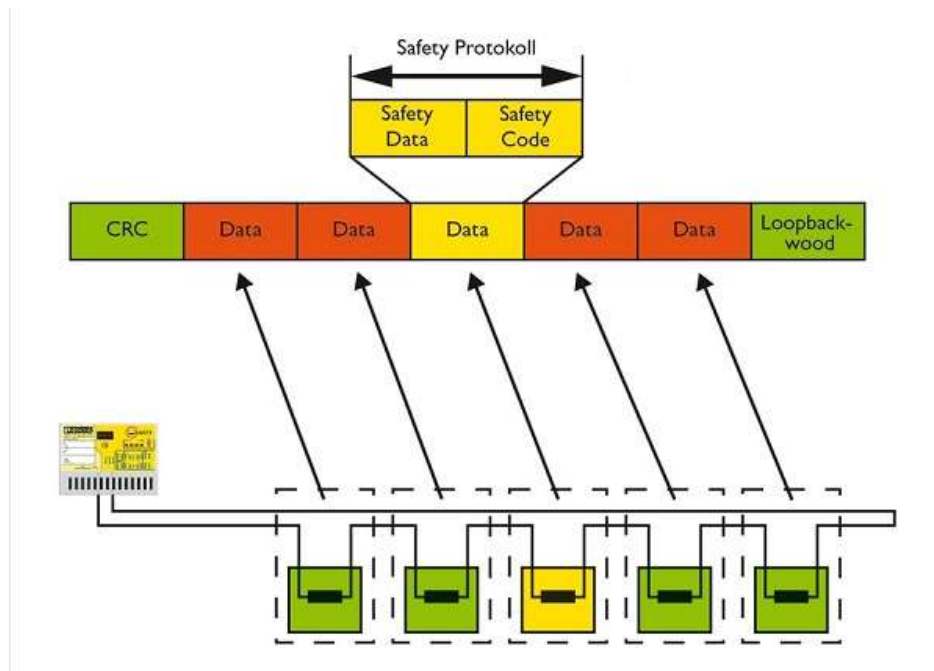
Şekil 4.9. DeviceNet protokolü uygulama şeması [55].

#### 4.11.5. AS-i protokolü

AS-i (Aktüatör Sensör-Arayüzü), PLC, DCS ve PC tabanlı otomasyon sistemlerinde kullanılan bir endüstriyel iletişim protokolüdür. Paralel kablolarla göre en basit alternatiftir. Henüz tam anlamıyla standartlaşmaya gidememiştir. Son derece basit ve ucuz olmasını yanı sıra oldukça güvenilir bir sistemdir. Özel veri dönüştürücülerle profibus DP sinyalleri as-i formatına çevrilerek kullanılabilir. Temelde algılayıcıdan gelen sinyalleri işler ve aktüatörleri yöneten valfleri kontrol eder. Bu iş için standart giriş / çıkış modülleri vardır. Sisteme master ve buna bağlı en fazla 31 alt düzey kontrol sistemi bağlanabilir. AS-i, doğrudan bağlanabildiği otomasyon sisteminde, başka bir alt sistemin mantıksal komponent grubu olarak da bulunabilir.

#### 4.11.6. Interbus protokolü

Kontrol sistemleri arasında (PC, PLC, otomasyon kontrolörleri vb.) veri aktaran seri bus sistemidir. Phoenix Contact firması tarafından geliştirilmiştir. Çift yönlü veri iletişimi gerçekleştiren sistem kapalı alan topolojisi ile haberleşme sağlar.

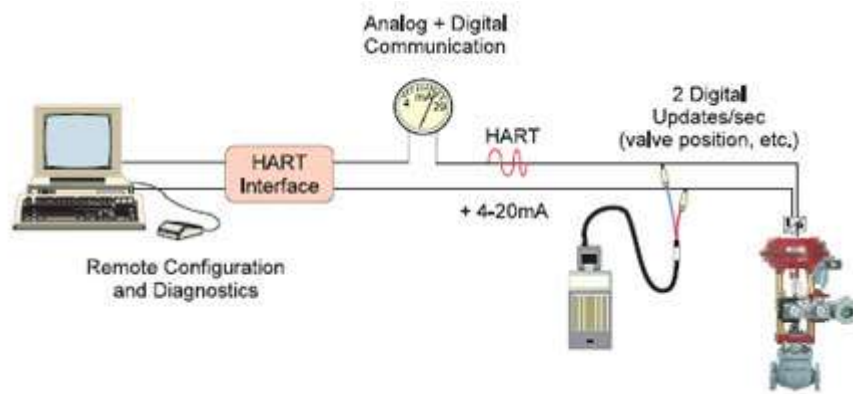


Şekil 4.10. Interbus protokolü uygulama şeması [55].



#### 4.11.7. Hart protokolü

HART (Highway Addressable Remote Transducer), akıllı sistemler ile izleme sistemi arasında analog kablolar kullanarak dijital bilgileri göndermemizi ve almamızı sağlayan protokoldür. Ana sistemler ile akıllı cihazlar arasındaki veri iletişimini çift yönlü olarak sağlar. Maksimum iletim hızı kullanılan fiziksel katmana bağlıdır. En önemli özelliği 4-20 mA üzerinden kablolama gereçleriyle iletişim kurabilir.



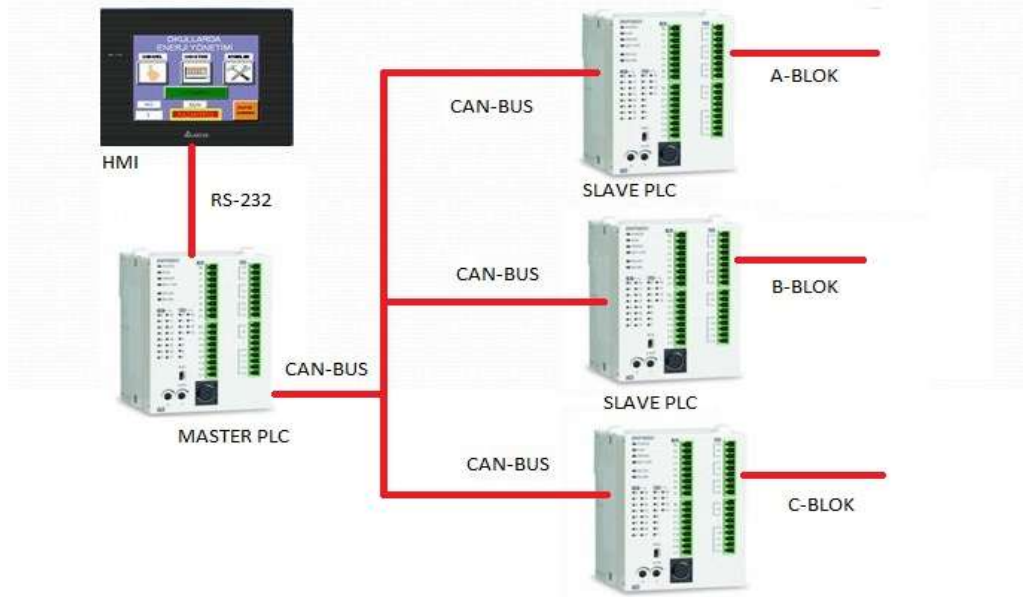
Şekil 4.11. Hart protokolü uygulama şeması [55].

## BÖLÜM 5. BİNA ENERJİ YÖNETİMİ UYGULAMASI

### 5.1. Uygulamanın Tanıtılması

Bu tez çalışmasında dört binadan oluştuğu kabul edilen örnek bir yerleşkenin enerji yönetimi için gerçek zamanlı bir uygulama düzeneği kurulmuştur. Bu uygulamada binaların aydınlatma ve priz hatlarına ait enerji girişleri bir slave PLC ile kontrol edilmektedir.

Ana kontrol merkezinde bulunan dokunmatik bir operator panel üzerinden bu binaların enerji girişlerinin açma kapama zaman bilgileri her hafta için geçerli olmak üzere, her gün için ayrı ayrı girilir. Girilen bu bilgiler RS-232 seri haberleşme protokolü ile yine kontrol merkezinde bulunan bir master PLC'ye iletilir. Master PLC'ye iletilen zaman verileri, CAN-BUS haberleşme protokolü aracılığıyla slave PLC'ye gönderilerek, binaların enerji girişleri otomatik olarak kontrol edilir.



Şekil 5.1. Sistemin çalışma prensibi

Ayrıca binalarda bulunan anahtarlar kullanılarak her binanın kontrolü ayrı ayrı pasif duruma getirilebilir.

Sisteme enerji verildikten sonra hazırlanmış olan programlar cihazlara yüklenir. Enerji kapatılıp tekrar açıldıktan sonra master ve slave PLC devreye girer. Enerji açıldıktan 3 saniye sonra CAN-BUS haberleşme sistemi ve master PLC ile operatör panel arasındaki RS-232 haberleşme sistemi devreye girerek bütün cihazlar birbirleri ile haberleşmeye başlar. Haberleşme hattındaki bütün cihazlar devreye girdikten sonra sistem kullanılmaya hazır duruma gelir. Operatör panel üzerinden manuel tuşu seçilerek sistem üzerinde hazırlanmış olan manuel fonksiyonlar aktif hale getirilebilir. Manuel çalışma konumunda her bir binanın enerji girişleri operatör panel üzerinden kontrol edilebilir. Operatör paneldeki “AYARLAR” menüsünden her bir binanın enerji girişlerinin açılma ve kapanma zamanları girilir. Sistem otomatik konuma alınarak her binanın enerji girişleri ayarlanan zaman aralıklarında çalışmaya başlar.

## 5.2. Uygulamada Kullanılan Elemanlar

### 5.2.1. PLC

Uygulamada kullanılan master ve slave Plc, üzerinde 16 giriş ve 12 çıkış ünitesi bulunan delta markasının DVP28SV11T modelidir.



Şekil 5.2. Delta marka master ve slave PLC

### 5.2.2. CAN haberleşme modülü

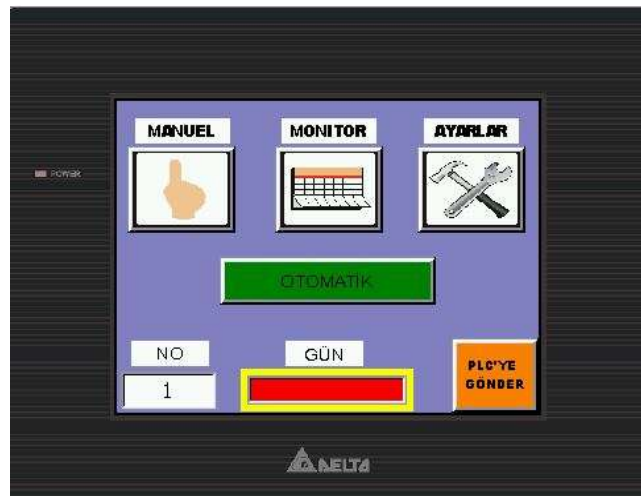
Uygulamada kullanılan CAN haberleşme modülü delta markasının DVPCOPM-SL modelidir.



Şekil 5.3. Delta marka CAN haberleşme modülü

### 5.2.3. Operatör panel

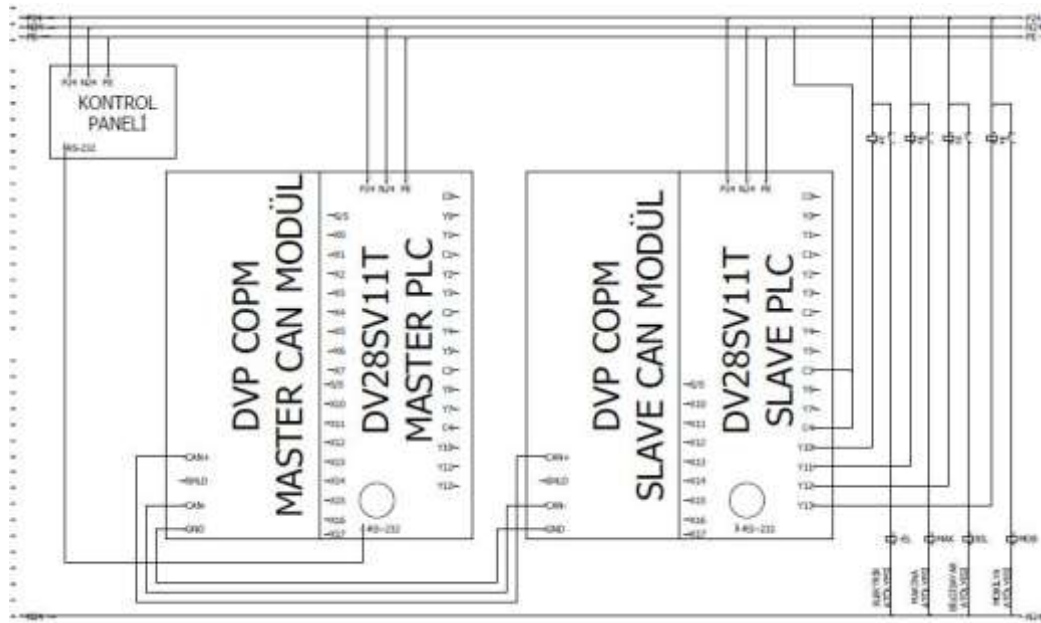
Uygulamada kullanılan operatör panel delta markasının DOP-B05S111 modelidir.



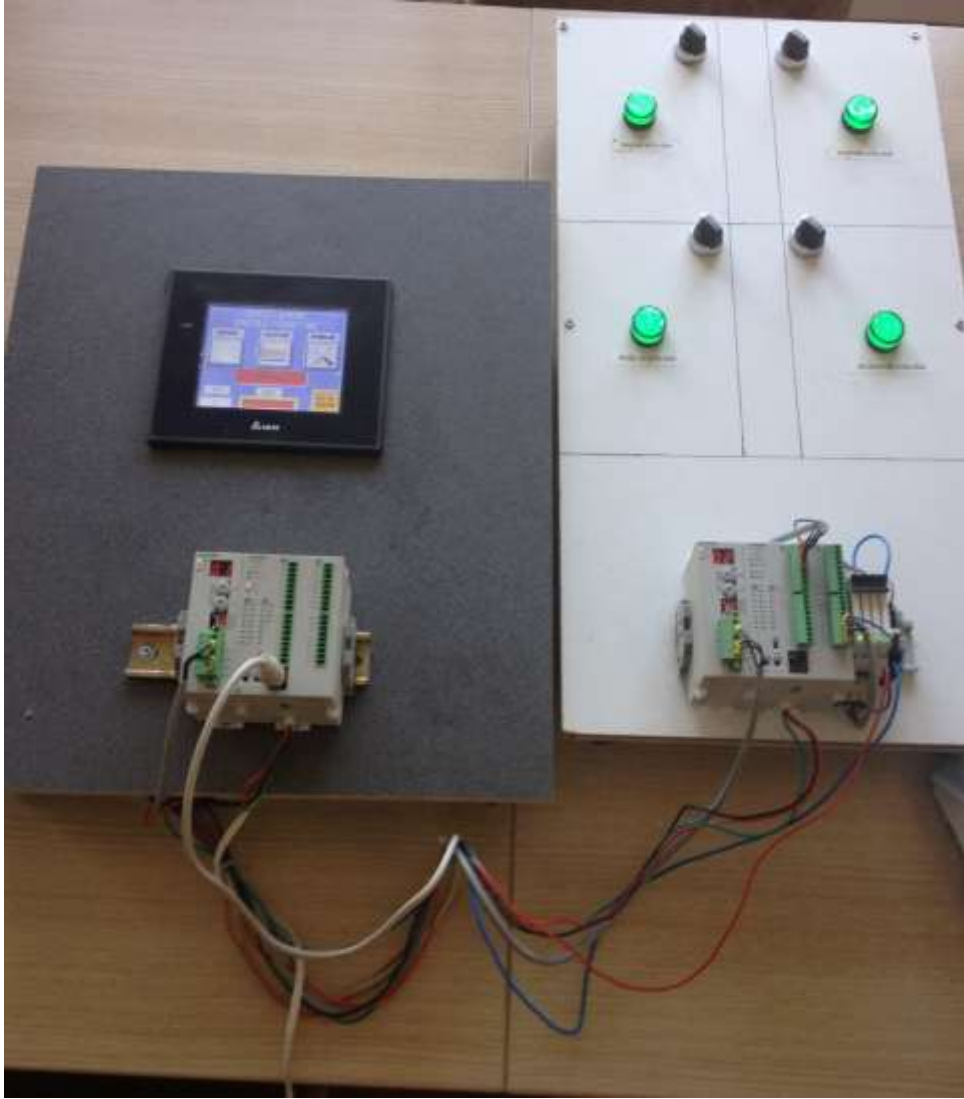
Şekil 5.4. Delta marka operatör panel

### 5.3. Sistem Bağlantıları

Master ve slave PLC ile operatör panel 24 VDC ile çalışmaktadır. Kontrol merkezindeki master PLC ile birimlerin kontrollerini sağlayan slave PLC, CAN-BUS plc modülü ile birbirine bağlıdır. Slave PLC ünitesi, her binanın aydınlatma ve güç hatlarını kontrol etmektedir. Binaların güç ve aydınlatma hatları kontaktörlerin açık kontakları üzerinden şebekeye dağıtılmaktadır. Slave PLC'nin çıkışları ise röle üzerinden bu kontaktörleri kontrol etmektedir.



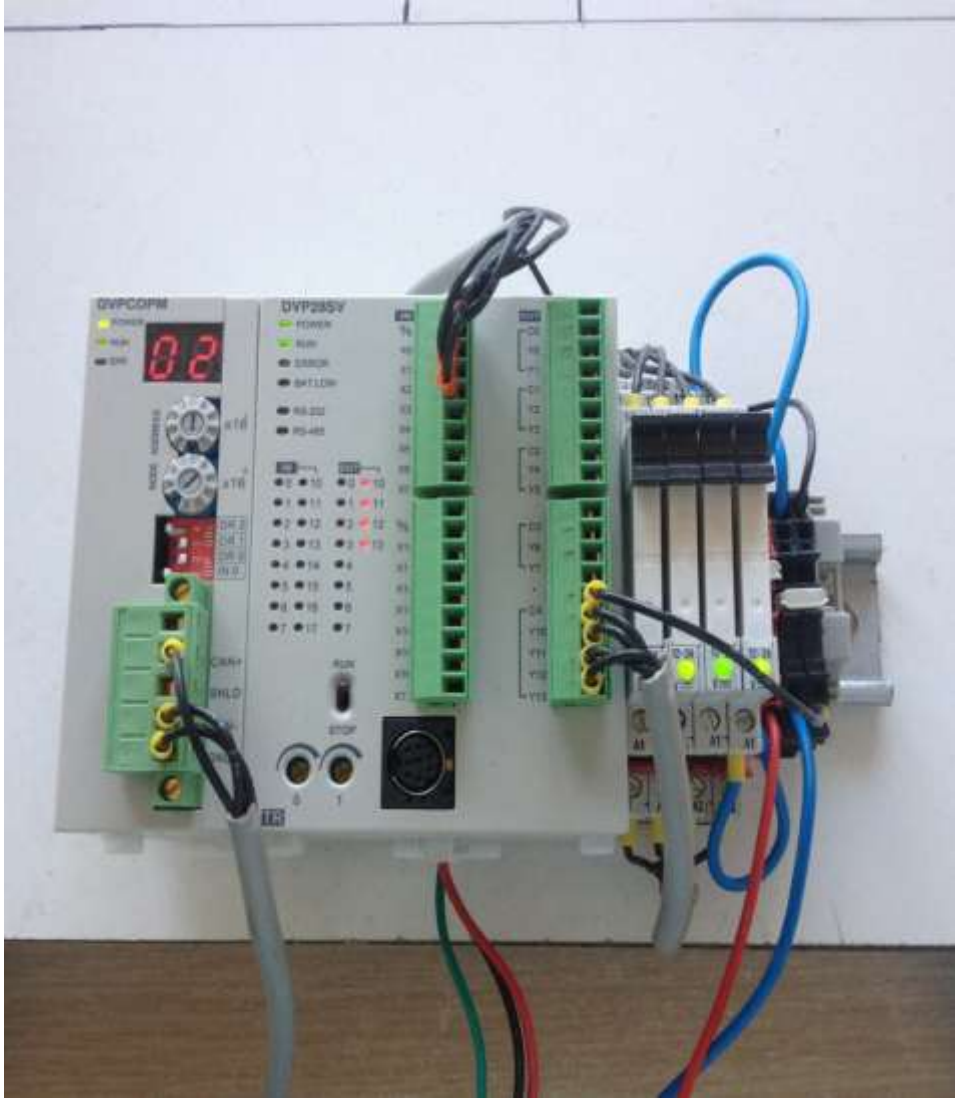
Şekil 5.5. Sistem bağlantısı



Şekil 5.6. Sistemin uygulama üzerindeki bağlantısı



Şekil 5.7. Master PLC

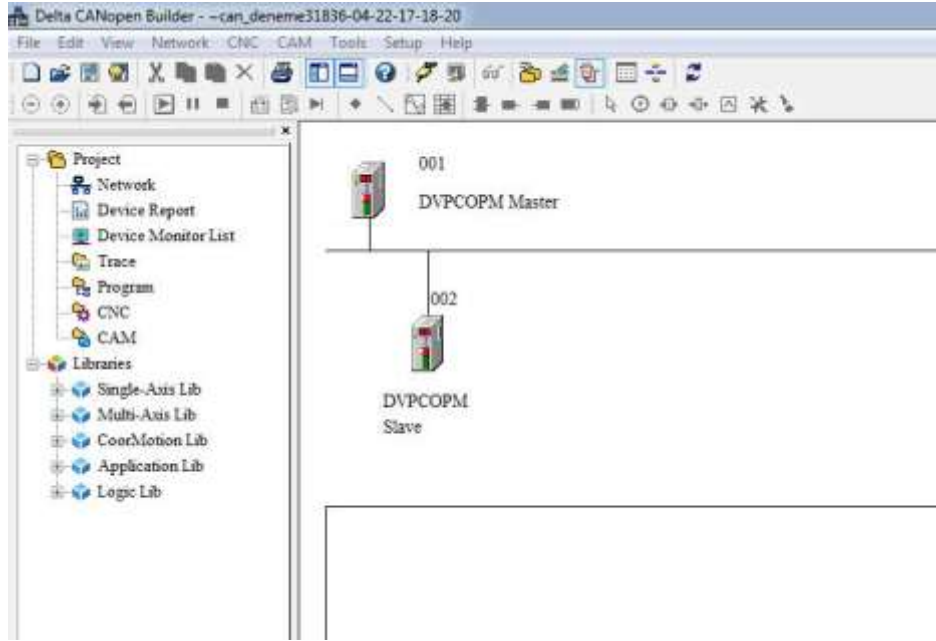


Şekil 5.8. Slave PLC

#### 5.4. CAN-BUS Haberleşmenin Oluşturulması

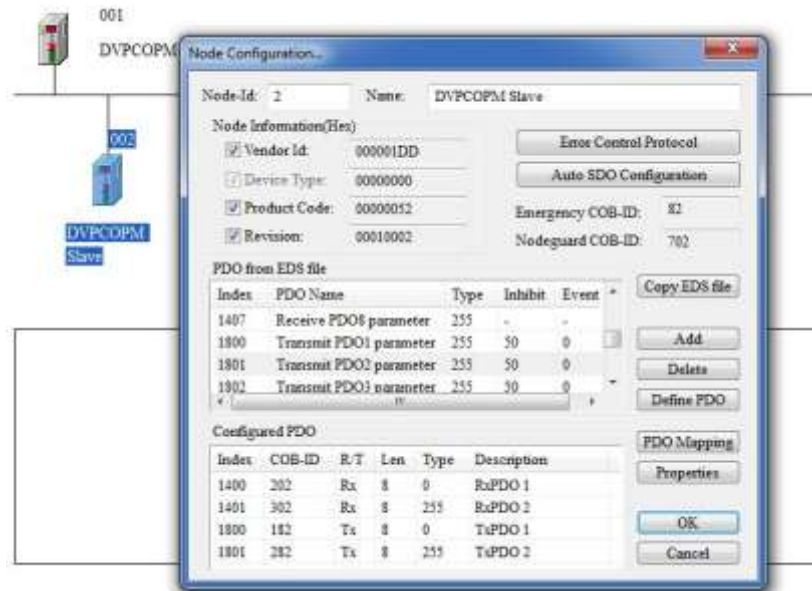
Delta CAN open builder programı ile master PLC'ye bağlanılarak slave PLC bulunur.





Şekil 5.9. Slave PLC'nin ağda bulunması

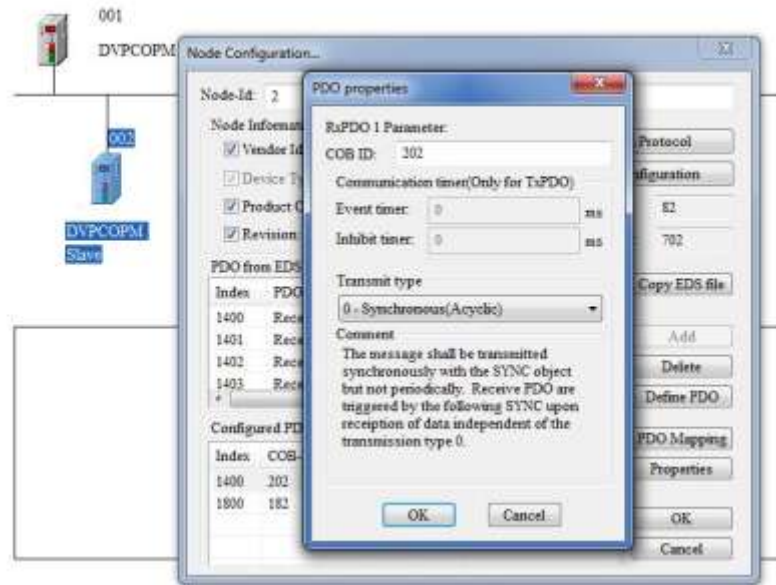
DVP COPM Slave ünitesine tıklayarak "Node Configuration" ekranı açılır.



Şekil 5.10. Node configuration ekranı

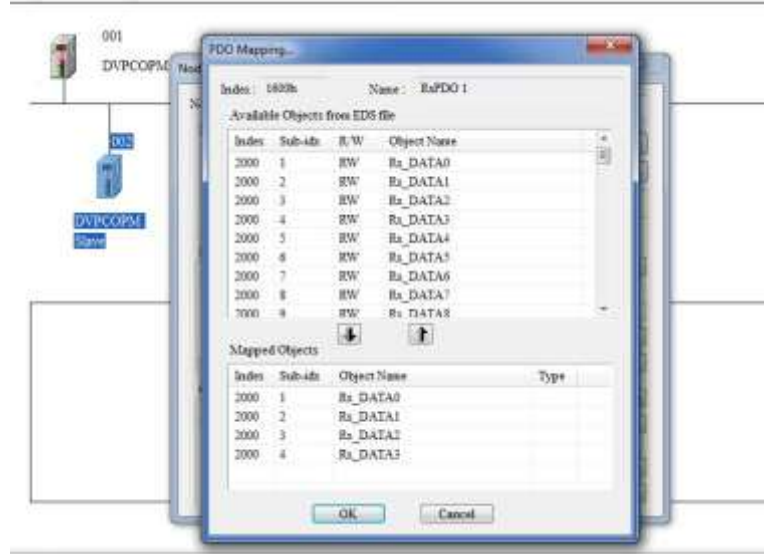
Açılan ekrandan “PDO from EDS file” menüsünden master ve slave modüller arasında yazılacak ve okunacak data adreslerinin olduğu dosyalar seçilerek ayarlanmak üzere “Configured PDO” menüsüne aktarılır.

Burada 1400 ile başlayan dosyalar master ve slave PLC’den yazılacak dataları, 1800 ile başlayan dosyalar ise okunacak dataların adresleri içermektedir. Aynı ekrandan her bir dosya ayrı ayrı seçilerek “Properties” butonu tıklanarak aşağıdaki ekran açılır ve buradan “Transmit Type” 0-Synchronous (Acyclic) yani senkron haberleşme tipi seçilir.



Şekil 5.11. PDO properties ekranı

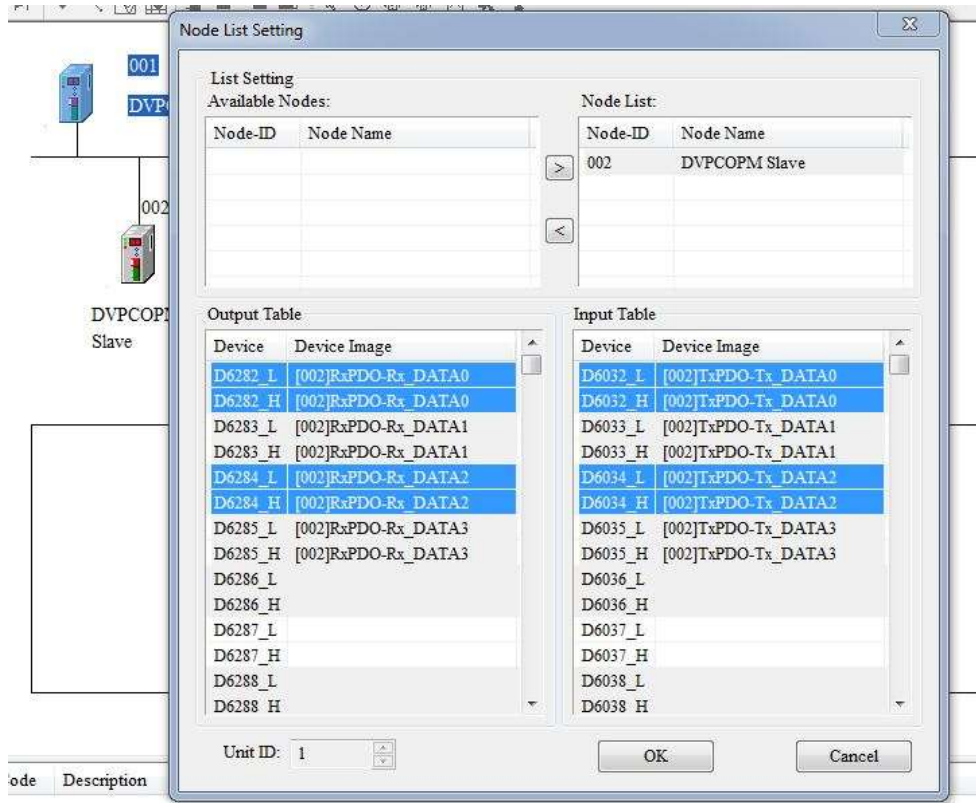
“Node Configuration” ekranından her bir dosya ayrı ayrı seçilerek “PDO Mapping” butonuna basılır ve aşağıdaki ekran açılır. Bu ekrandan okunacak ve yazılacak data adresleri ayrı seçilir. Bu aşamadan sonra slave plc’nin CAN-BUS haberleşme konfigrasyonu sağlanmıştır.



Şekil 5.12. PDO mapping ekranı

İkinci aşamada slave plc tarafında tanımlanan CAN-BUS haberleşme konfigrasyonunun master plc'ye tanıtılması gerekmektedir. Bunun için DVPCOPM master sembolüne tıklanır ve aşağıdaki ekran açılır. Slave modül seçilerek “Node List” tarafına aktarılır. Bu ekranda birbiriyle karşılıklı haberleşecek olan adresler Şekil 5.13’de “output ve input table” sütunlarında görülmektedir.

Örneğin: Master PLC’de D6282 adresine yazılan bir data slave PLC tarafında D6032 adresinden okunabilmektedir. Aynı şekilde slave PLC’de D6282 adresine yazılan bir data master PLC tarafında D6032 adresinden karşılıklı olarak okunabilmektedir.



Şekil 5.13. Node list setting ekranı

## 5.5. Operatör Panel Kullanımı

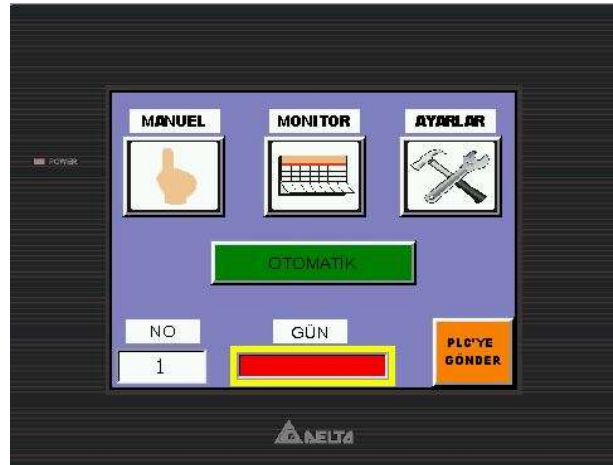
Sistem, kontrol Merkezinde bulunan operatör panel üzerinden kontrol edilmekte ve izlenmektedir. Binalara enerji, operatör panel üzerinden girilen açılış ve kapanış saatlerine göre otomatik olarak verilmektedir. Otomatik durumda çalışan sistem istenirse “Manuel” konuma alınarak panel üzerinden de kontrol edilebilmektedir.

Şekil 5.15’de görülen ana menü ekranından AYARLAR butonuna basılarak Şekil 5.14’de görülen ayarlar ekranı açılır ve her binanın haftalık çalışma programına göre, binalara verilecek enerjinin açılış ve kapanış saatleri girilir.



Şekil 5.14. Ayarlar ekranı

Şekil 5.16’de görülen ana menü ekranından “MONITOR” butonuna basılarak sistem izleme konuma alınır.



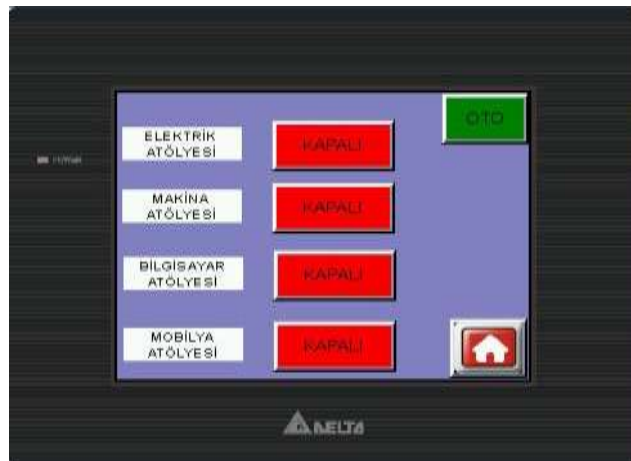
Şekil 5.15. Ana menü ekranı

Şekil 5.16’da görülen MONITOR izleme ekranından sisteme bağlı bütün binaların enerjilerinin açılış, kapanış saatleri ve enerjinin anlık durumu izlenmektedir.



Şekil 5.16. Monitör ekranı

Otomatik durumda çalışan sistem istenirse manuel olarak da kontrol edilebilmektedir. Ana menü ekranında MANUEL butonuna basılarak Şekil 5.17’de görülen manuel kontrol ekranı açılır ve her binanın enerji kontrolü ayrı ayrı kontrol edilebilir. Tekrar “Otomatik” butonuna basılarak sistem otomatik çalışma konumuna alınır.



Şekil 5.17. Manuel kontrol ekranı

## **BÖLÜM 6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER**

Bu tez çalışmasında PLC, operatör paneli ve CAN-BUS haberleşme protokolü kullanılarak enerji tasarrufu sağlayan, hızlı ve kararlı çalışan bir enerji yönetim sistemi kurulmuştur.

Bu çalışmada sistemin optimum tasarımı yapılarak kararlı çalışmayı gerçekleştirebilecek en uygun elektronik cihazlar seçilmiştir. Kullanılan bu cihazlar ve yazılımları fiyat açısından pazarda rekabetçi, kullanım açısından kolay, programlama ve fonksiyon açısından genişlemeye uygundur. Böylece sistemler üzerinde optimum çözümler üretilebilecek bir yöntem geliştirilmiştir.

CAN-BUS haberleşme sistemi ile 63 cihaza kadar kontrol ve haberleşme yapılabildiğinden, gerektiğinde sistemin kontrol edeceği bina sayısı arttırılabilir. Sistemin genişletilmesi ile sistemde kullanılan dijital giriş ve çıkış sayısı da artabilir. Ek giriş çıkış modülleri kullanarak ve bu modülleri PLC ile haberleştirerek artan giriş/çıkış ihtiyacı karşılanabilir. Yeni dijital giriş / çıkış sayılarına göre, yeni algoritmalar kurarak PLC içerisindeki program geliştirilmelidir.

Sisteme internet veya modem ile uzaktan erişim sağlanarak, binaların kontrolü ve sistemin izlenmesi yapılabilir. Sistemin bir veri tabanı ile entegrasyonu sağlanarak, binaların enerji girişlerinin açma kapama zaman aralıkları, bu veri tabanı üzerinden otomatik olarak güncellenebilir.

Bu tez çalışmasında araştırmacılara sunulan sistemi, otomasyon alanında çalışan kişiler kendi sistemine kolay bir şekilde uyarlayabilirler.

## KAYNAKLAR

- [1] Lee, K.C., Lee, H.H. Network-based fire-detection system via controller area network for smart home automation, Consumer Electronics, 1093-1100, 2004.
- [2] Bayılmış, C. EEE 802.11B KLAN kullanarak CAN segmentleri genişleten arabağlaşım birimi tasarımı. Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik Eğitimi Bölümü, Doktora Tezi, 2006.
- [3] Çeken, C. Real time data transfer with quality of service support using wireless ATM. Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 2004.
- [4] Santur, Y. Kontrol alan ağı protokolü tabanlı bir endüstriyel ağın kurulması ve yönetilmesi. Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, , 2006.
- [5] Özdemir, A. Industrial networks (An application protocol on canbus:Canup). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2004.
- [6] Tuncel, S. Deneleyici alan ağı endüstriyel iletişim protokolünün eğitim amaçlı benzetimi. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2002.
- [7] Karaca, A. Denetleyici alan ağı kullanılarak (CAN) bina güvenlik uygulaması . Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2003.
- [8] Dinçer, E. “CAN-BUS ile Dağıtık Kontrol Uygulaması” Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi 2010.
- [9] Kara, İ. CAN haberleşme protokolünün incelenmesi ve bir sıcaklık kontrol sistemine uygulanması. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2009.
- [10] Coşkun, U. Controller area network ve uygulaması. Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2008.



- [11] Karaman, C. Endüstriyel kontrol sistemleri ile kesme makinesi otomasyonu. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2007.
- [12] Bahtiyar, B., Çetin, A., Bombaycı, Ö.A. Data acquisition from looms using controller area network. Pamukkale Univ. Muh. Bilim Derg., 13(3): 319-326, 2007.
- [13] Çetin, A., Bahtiyar, B. Dokuma salonu ortam bağlı nem oranının denetleyici alan ağı ile denetimi. 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu, Karabük, 2009.
- [14] Akademik Bilişim Konferansları, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir, 2015.
- [15] Yabanova, İ., Taşkın, S., Ekiz, H., Çimen, H. Denetleyici alan ağı üzerinden mekatronik bir sistemin kontrolü. Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi Cilt: 7, No: 2, 63-72, 2010.
- [16] Salleh, M.S.b., Kadir, H.b.A., bin Abd Wahab, M.H. A modular controller area network vision system using programmable interface controller. International Conference on Electronic Design, Malaysia, 2008.
- [17] Othman, H.F., Aji, Y.R., Fakhreddin, F.T., Al-Ali, A.R. Controller area networks: evolution and applications. Information and Communication Technologies, Syria, 2006.
- [18] Roengruen, P., Suesut, T., Tipsuwanporn, V., Kongratana, V., Kulphanich, S. Design of PLC networks using remote I/O module based on controller area network. Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering, vol.2, 1023-1027, Canada, 2001.
- [19] Jung, J., Park, K., Cha, J.S. Implementation of a network-based distributed system using the CAN protocol, KES (1), 1104-1110, 2005.
- [20] Bayilmis, C., Kelebekler, E., Erturk, D., Ceken, C., Ozcelik, D. Integration of a speech activated control system and a wireless interworking unit for a CAN-based distributed application. Journal of Network and Computer Applications, Volume 32, Issue 6, 1210-1218, 2009.
- [21] Akıllı Elektrik Şebekeleri ve Veri İletişimi, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- [22] Aksakal, H. Bina otomasyon sistemlerinin enerji verimliliğine etkisinin analizi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2011.
- [23] Çetinkaya, E. Binalarda enerji verimliliğinin analizi. Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2012.

- [24] Özbakır, P. Enerji yönetimi. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2006.
- [25] Uzun, F.C. Akıllı binalarda otomasyon. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2009.
- [26] Şahinoğlu, G. Akıllı evlerde otomasyon. Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2006
- [27] Shinkawa, N. An outlook for energy in energy conservation point of view, Kyushu International Center, JICA&KITA, Kitakyushu, Japonya, 1998.
- [28] Shimizu, Y. To learn how to collect data of maintenance and to apply energy Conservation, Kyushu International Center, JICA&KITA, Kitakyushu, Japonya, 1998.
- [29] Hepbaşlı, A. Sanayide enerji yönetim programına sistematik yaklaşım. Tesisat Mühendisliği Dergisi, 2000a.
- [30] Witte, L. C., Schmidt, P. S. ve Brown, D. R. Industrial energy management and utilization, Bölüm 4, Hemisphere Publishing Corporation, U.S.A, 1988.
- [31] Avincan, G. Akıllı bina otomasyon sistemleri ve türkiye'deki uygulamaları. İstanbul Teknik Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 1999.
- [32] Project engineering for EIB installations, 4th edition, 1998
- [33] Enerji teknolojileri politikası çalışma grubu raporu. TÜBİTAK-TTG, Bilim Teknoloji-Sanayi Tartışmaları Platformu, Ankara, 1998.
- [34] Hepbaşlı, A. ve Eltez, M. A survey on building energy management systems at turkish universities. TIEES 98, Energy and the Environment Proceedings of the Second Trabzon International, Trabzon, 1999.
- [35] Hepbaşlı, A. Binalarda enerji verimliliği nasıl sağlanabilir? Termoklima, 2000.
- [36] Çetin, R. S7-200 PLC'lerle Otomasyon. Doğuşum Matbaacılık ve Tic.Ltd.Şti, Ankara, 2004.
- [37] <http://www.plcs.net/>, Erişim Tarihi: Şubat 2015.
- [38] [http://claymore.engineer.gvsu.edu/~jackh/books/plcs/pdf/plcbook4\\_9.pdf](http://claymore.engineer.gvsu.edu/~jackh/books/plcs/pdf/plcbook4_9.pdf), Erişim Tarihi: Ocak 2015.

- [39] [http://www.mekatronikkulubu.org/dosyalar/makale/plc\\_sise\\_dolum.pdf](http://www.mekatronikkulubu.org/dosyalar/makale/plc_sise_dolum.pdf), Erişim Tarihi: Ocak 2015.
- [40] Gösün, K. Elektrik kumanda laboratuvarı PLC eğitim seti tasarımı. Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2006.
- [41] Kurtulan, S. S7-200 ile endüstriyel otomasyon, temel kumanda sistemleri. İTÜ Elektrik-Elektronik Fakültesi, İstanbul, 1998.
- [42] Simatic S7-200 programlanabilir otomasyon cihazı kullanım kılavuzu. Sürüm1, Siemens A.Ş., İstanbul, 2002.
- [43] Lawrenz W. Worldwide status of CAN. Present and Future, Proceedings of 2nd international CAN Conference, Germany, 1995.
- [44] Özçelik, İ., Ertürk, İ., ve Ekiz, H. CAN – Ethernet uyumlu köprü tasarımı ve uygulaması, Elektrik-Elektronik-Bilgisayar Mühendisliği 9. Ulusal Kongresi Bildirileri, 2000.
- [45] Murphy, N. A short trip on the CAN bus, Embedded Systems Design, [http://www.embedded.com/columns/murphyslaw/13000304?\\_requestid=639577](http://www.embedded.com/columns/murphyslaw/13000304?_requestid=639577), Erisim Tarihi: Şubat 2015.
- [46] Automotive Handbook. BoschAH, 3. Edition, Robert Bosch GmbH.
- [47] Özçelik, İ. CAN/ATM ve PROFIBUS/ATM yerel köprülerinin tasarımı. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Sakarya, 2002.
- [48] Lawrenz, W. CAN system engineering: from theory to practical applications. Springer–Verlag, 1997.
- [49] Ekiz, H. Design, implementation, and performance analysis of CAN/CAN and CAN/Ethernet bridges. University of Sussex, Doktora Tezi, Brighton, England, 1997.
- [50] Farsi, M., Ratcliff, K., Barbosa, M. An overview of controller area network. Computing & Control Engineering Journal, 1999.
- [51] Aydoğan, T. WorldFIP/ATM yerel köprü tasarımı ve CAN / PROFIBUS / World FIP ağlarının ATM omurga üzerinden arabağlaşımı. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Sakarya, 2005.
- [52] Bayılmış, C., Ertürk, I., Çeken, C. and Özçelik, I. Modelling controller area networks using event discrete simulation technique. Complex Computing Networks CCN2005, İstanbul, 2005.

- [53] Navet, N., Song, Y. Validation of in-vehicle real-time applications. Computers in Industry, 2001.
- 54] Kutlu, A. CAN veri haberleşme sistemi ve askeri uygulama alanları. Silahlı Kuvvetler Dergisi, Genel Kurmay Askeri Tarih ve Stratejik Etüt Başkanlığı Yayınları, Sayı 362, 1999.
- [55] Bayır, R., Soylu, E. Endüstriyel haberleşme protokolleri, <http://www.elektrikport.com/teknik-kutuphane/endustriyel-haberlesme-protokolleri/16448#ad-image-0>, Erişim Tarihi: Kasım 2015.

## ÖZGEÇMİŞ

Onur Kalaycı, 03.04.1978'de Samsun'da doğdu. İlk ve orta eğitimini Zonguldak'ın Çaycuma ilçesinde, lise eğitimini ise 1995 yılında Kastamonu Anadolu Meslek Lisesi, Elektrik Bölümü'nden mezun olarak tamamladı. 1996 yılında başladığı Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Elektrik Öğretmenliği bölümünü 2000 yılında bitirdi. 2000-2002 yılları arasında Şırnak Endüstri Meslek Lisesinde görev yaptı. 2002'de bu yana da İMKB Sakarya Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesinde Elektrik Öğretmeni olarak görev yapmaktadır. 2009 yılında Sakarya Üniversitesi'nde Eğitim Yönetimi ve Denetimi alanında yüksek lisansını bitirmiştir. Evli ve iki çocuk babasıdır.