

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

AKILLI BİNALARDA OTOMASYON

Makine Mühendisi Fahri Cem UZUN

FBE Makine Mühendisliği Anabilim Dalı Makine Teorisi ve Kontrol Programında

Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı: Prof. Dr. İsmail YÜKSEK

İSTANBUL, 2009

İÇİNDEKİLER

KISALTMA LİSTESİ.....	vi
ŞEKİL LİSTESİ.....	viii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xi
ÖNSÖZ.....	xii
ÖZET.....	xiii
ABSTRACT.....	iv
1. GİRİŞ	1
2. BİNA OTOMASYONU.....	2
2.1. Bina Otomasyonuna Genel Bir Bakış	2
2.2. Bina Otomasyonu Tanımları	3
2.2.1. Uygulama Alanları	3
2.2.2. Genel Yapı	4
2.2.3. Çalışma Mekanizması	4
2.3. Bina Otomasyon Sistemlerinin Tarihsel Gelişimi.....	6
2.4. Bina Otomasyon Sistemlerinin Amaçları.....	8
2.5. Bina Otomasyon Sisteminin Avantajları.....	9
2.6. Bina Otomasyon Sistemlerinin Bina İşletimine Sağladığı Faydalar.....	10
2.7. Bina Otomasyon Sistemlerinin Tasarım Konuları	13
3. AKILLI BİNALAR.....	15
3.1. Küresel Çerçeve Akıllı Binalar	15
3.2. Akıllı Bina Tanımları	17
3.3. Akıllı Binaların Tarihsel Gelişimi.....	29
3.4. Akıllı Bina Sistemleri.....	32
4. BİNA KONTROL SİSTEMLERİ ve KONTROL UYGULAMALARI	33
4.1. HVAC Sistemleri	33
4.1.1. HVAC Sistemleri Tanımları ve Terimler.....	33
4.1.2. HVAC Sistemi Elemanları	36
4.1.2.1. Isıtma Sistemi Elemanları	36
4.1.2.1.1. Kazanlar	36
4.1.2.1.2. Boylerler.....	43
4.1.2.1.3. Brülörler	44
4.1.2.1.4. Isı Değiştiricileri.....	46
4.1.2.2. Soğutma Sistemi Elemanları	49
4.1.2.2.1. Çiller.....	49
4.1.2.2.1.1. Kompresörler.....	51

4.1.2.2.1.2.	Yoğuşturucu	54
4.1.2.2.1.3.	Buharlaştırıcı	59
4.1.2.2.1.4.	Soğutma Kuleleri	60
4.1.2.3.	İklimlendirme Sistemi Elemanları	62
4.1.2.3.1.	Klima Santralleri	62
4.1.2.3.2.	Fan-coil Üniteleri	64
4.1.2.3.3.	VAV Sistemleri	65
4.1.2.3.4.	VRV Sistemleri	68
4.1.2.3.5.	Nemlendiriciler	72
4.1.2.3.6.	Fanlar.....	72
4.1.2.3.7.	Serpantinler	73
4.1.3.	HVAC Sistemleri Kontrol Uygulamaları.....	73
4.1.3.1.	Minimum Dış Hava Miktarı Kontrolü	73
4.1.3.2.	Statik Basınç Kontrolü	76
4.1.3.3.	Isıtma Kontrolü	76
4.1.3.4.	Soğutma Kontrolü	80
4.1.3.5.	Nemlendirme Kontrolü	84
4.1.3.6.	Nem Alma Kontrolü.....	92
4.1.3.7.	Donma Kontrolü.....	94
4.1.3.8.	Elektrikli Isıtma Kontrolü	96
4.1.3.9.	Klima Santrali Kontrolü.....	96
4.1.3.10.	VAV Sistemleri Kontrolü	98
4.1.3.11.	Fan-coil Sistemleri Kontrolü.....	101
4.1.3.12.	Çiller Kontrolü	104
4.1.3.13.	Fan Kontrolü	105
4.1.3.14.	HVAC Sistemlerinde Optimum Kontrol ve Enerji Tasarrufu.....	108
4.2.	Aydınlatma Sistemleri.....	110
4.2.1.	Aydınlatma Sistemleri Tanımları ve Terimler	110
4.2.2.	Aydınlatma Sistemi Elemanları	111
4.2.2.1.	Lambalar	111
4.2.2.1.1.	Akkor Telli Lambalar.....	112
4.2.2.1.2.	Ark Lambaları	115
4.2.2.1.3.	Floresan Lambalar.....	116
4.2.2.2.	Armatürler	117
4.2.2.3.	Anahtarlar.....	118
4.2.2.4.	Balastlar.....	119
4.2.2.4.1.	Manyetik Balastlar	119
4.2.2.4.2.	Elektronik Balastlar.....	119
4.2.3.	Aydınlatma Sistemleri Kontrol Uygulamaları	120
4.2.3.1.	Aydınlatma Yönetimi Genel Yaklaşım	120
4.2.3.2.	Zamanlama Kontrolü	122
4.2.3.3.	Bölgesel Kontrol	123
4.2.3.4.	Doğal Aydınlatma	123
4.2.3.5.	Anahtarlama veya Loşlaştırma.....	124
4.3.	Yangın Önleme ve Alarm Sistemleri	125
4.3.1.	Yangın Önleme ve Alarm Sistemleri Elemanları.....	125
4.3.1.1.	Yangın Pompaları.....	125
4.3.1.2.	Yangın Su Depoları.....	126
4.3.1.3.	Yangın Dolapları	126
4.3.1.4.	Yangın Hidrantları	126
4.3.1.5.	Sprinkler.....	127

4.3.2.	Yangın Önleme ve Alarm Sistemleri Kontrol Uygulamaları.....	128
4.3.2.1.	Klasik Yangın Önleme ve Alarm Sistemleri Kontrol Yaklaşımı.....	128
4.3.2.2.	Duman Kontrolü.....	135
4.3.2.3.	Basınçlandırma.....	140
4.3.2.4.	Yağmurlama.....	141
5.	AKILLI BİNA KONTROL SİSTEMİ ELEMANLARI.....	142
5.1.	Kontrol Kartları.....	142
5.1.1.	PLC Tanımı.....	142
5.1.2.	PLC'lerin Tarihsel Gelişimi.....	143
5.1.3.	PLC'lerin Çeşitleri ve Genel Özellikleri.....	147
5.1.3.1.	PLC'lerin Çeşitleri.....	147
5.1.3.1.1.	Kompakt Tip PLC'ler.....	147
5.1.3.1.2.	Modüler Tip PLC'ler.....	148
5.1.3.2.	PLC'lerin Özellikleri.....	148
5.1.4.	PLC'lerin Genel Yapısı.....	149
5.1.4.1.	Merkezi İşlem Birimi (CPU-Central Processing Unit).....	150
5.1.4.2.	Giriş / Çıkış Arabirimleri.....	151
5.1.4.3.	Ayrı Giriş/Çıkış Birimi.....	152
5.1.4.4.	İlave Birimler (Giriş/Çıkış Genişletme Birimleri).....	153
5.1.4.5.	Zamanlayıcı ve Sayıcı Birimleri.....	153
5.1.4.6.	Hafıza bölgeleri Birimi (İşlemci-Bellek Modülü).....	154
5.1.4.7.	Memory Bölgeleri.....	155
5.1.4.8.	PLC Bayraklar.....	157
5.1.4.9.	İletişim.....	157
5.1.5.	PLC Programlama Yöntemleri.....	159
5.1.5.1.	Merdiven Diyagramı ile Programlama.....	159
5.1.5.2.	Boolean Dili ile Programlama.....	161
5.1.5.3.	Fonksiyon Blokları ile Programlama.....	162
5.1.5.4.	Ardışıl Fonsiyon Grafik Programlama.....	163
5.1.6.	PLC Kullanım Avantajları.....	164
5.2.	Sensörler.....	165
5.2.1.	Sensörlerin Tanımı.....	165
5.2.2.	Sensörlerin Sınıflandırılması.....	165
5.2.3.	Akıllı Binalarda Yoğun Olarak Kullanılan Sensör Tipleri.....	167
5.2.3.1.	Sıcaklık Sensörleri.....	167
5.2.3.1.1.	Termokupl.....	167
5.2.3.1.2.	Rezistans Sıcaklık Dedektörü.....	169
5.2.3.1.3.	Termistörler.....	169
5.2.3.1.3.1.	NTC Termistörler.....	170
5.2.3.1.3.2.	PTC Termistörler.....	170
5.2.3.2.	Basınç Sensörleri.....	171
5.2.3.2.1.	Kapasitif Basınç Sensörleri.....	171
5.2.3.2.2.	İndüktif Basınç Sensörleri.....	172
5.2.3.2.3.	Piezoelektrik Basınç Sensörleri.....	173
5.2.3.2.4.	Strain Gage Basınç Sensörleri.....	173
5.2.3.3.	Hız Sensörleri.....	174
5.2.3.3.1.	Pitot Tüpler.....	174
5.2.3.3.2.	Orifis Plakaları.....	175
5.2.3.3.3.	Ventüri Metreler.....	175

5.2.3.3.4.	Sıcak Tel Anenometresi	176
5.2.3.3.5.	Türbin Akış Metreler.....	177
5.2.3.3.6.	Vorteks Tipi Akış Ölçerler.....	178
5.2.3.3.7.	Elektromanyetik Akış Ölçerler	179
5.2.3.3.8.	Ultrasonik Akış Ölçerler	179
5.2.3.4.	Nem Sensörleri.....	179
5.2.3.4.1.	Higrometreler	179
5.2.3.4.2.	Psikrometreler	180
5.2.3.4.3.	Rezistif ve Kapasitif Nem Sensörleri	180
5.2.3.4.4.	Çiğ Noktası Nem Sensörleri.....	180
5.2.3.5.	Konfor Sensörleri	181
5.2.3.6.	Hava Kalitesi Sensörleri.....	182
5.2.3.7.	Hareket Sensörleri.....	183
5.2.3.7.1.	Ultrasonik Hareket Dedektörü	183
5.2.3.7.2.	Kızılötesi Hareket Dedektörü.....	183
5.2.3.7.3.	Duman Dedektörleri.....	183
5.2.3.7.4.	Dağıtılmış Işık Duman Dedektörü	184
5.2.3.7.5.	Doğrusal Duman Dedektörü	184
5.2.3.7.6.	Sabit Sıcaklık Dedektörleri	184
5.2.3.7.7.	Sıcaklık Artış Oranı Dedektörü.....	185
5.2.3.8.	Işık Dedektörleri.....	185
5.2.3.8.1.	Fotodiyot	186
5.2.3.8.2.	Fototransistör.....	187
5.2.3.8.3.	Fotorezistör	187
5.2.3.9.	Akustik Sensörler	187
5.2.3.10.	En Çok Tanınan Akıllı Sensör Örnekleri	188
5.3.	Otomatik Kontrol Vanaları, Servomotorlar, Sürücüler.....	191
5.3.1.	Otomatik Kontrol Vanaları	191
5.3.1.1.	İki yollu vanalar	192
5.3.1.2.	Üç yollu vanalar	192
5.3.2.	Servomotorlar.....	193
5.3.3.	Sürücüler	195
5.4.	SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition)	197
5.4.1.	SCADA'nın Tanımı	197
5.4.2.	SCADA Sistemi	199
5.4.2.1.	Kaynak Yönetim Katmanı.....	199
5.4.2.2.	İşletme Yönetim Katmanı	199
5.4.2.3.	Süreç Denetim Katmanı	200
5.4.2.4.	İşletme Kontrol Katmanı.....	200
5.4.3.	SCADA Sisteminin İşlevleri	200
5.4.4.	SCADA Sisteminin Yapısı.....	201
5.4.4.1.	Kontrol Merkezi (MTU)	201
5.4.4.2.	Uzaktan Bilgi Toplama ve Denetleme Birimi.....	210
5.4.4.3.	İletişim Sistemi.....	217
5.4.5.	Açık Haberleşme Protokolleri.....	218
5.4.5.1.	BACnet.....	219
5.4.5.2.	EIB/KNX.....	219
5.4.5.3.	LonWorks.....	219
5.4.5.4.	TCP/IP.....	220
5.4.5.5.	oBIX.....	220

6.	AKILLI BİNA ÖRNEKLERİ	221
6.1.	Polat Tower Residence.....	221
6.2.	Tekfen Tower	225
6.3.	Frankfurt Commerzbank Genel Müdürlük Binası	226
6.4.	İş Kuleleri.....	228
7.	UYGULAMA ÖRNEĞİ	230
8.	SONUÇ	240
KAYNAKLAR		241
ÖZGEÇMİŞ		248

KISALTMA LİSTESİ

AKM	Ana Kontrol Merkezi
AHU	Air Handling Unit
BAS	Building Automation Systems
BEMS	Building Energy Management Systems
BMS	Building Management Systems
BOS	Bina Otomasyon Sistemi
BYS	Bina Yönetim Sistemleri
CACH	Hızlı Tampon Bellek
CAFMS	Computer Aided Facility Management System
CPU	Central Processing Unit
DDC	Direct Device Control
DX	Direct Expansion
EAROM	Electrically Alterable Read Only Memory
EEPROM	Electrically Alterable Programmable Read Only Memory
EMS	Energy Management Systems
EPROM	Electrically Programmable Read Only Memory
EMV	Electro Magnetic Force
FMS	Facility Mangement Systems
FTP	File Transfer Protocol
GIS	Geographic Information System
GYV	Giriş Yönlendirme Vanası
HMI	Human Managed Interface
HTTP	Hyper Text Transfer Protocol
HVAC	Heating, Ventilating and Air Conditioning
IMA	İnsan Makine Arabirimi
IP	Internet Protocol
IR	Infra Red
LAN	Local Area Network
LCD	Liquid Crystal Display
MCC	Motor Control Center
MMI	Man Machine Interface
MTU	Master Terminal Unit
NTC	Negative Temperature Constant
OAS	Office Automation Systems
PLC	Programmable Logic Controller
PMV	Predicted Mean Vote
PN	Pressure Norm
PTC	Positive Temperature Constant
PROM	Programmable Read Only Memory
QEM	Quality Environment Modules
RAM	Random Access Memory
RIW	Read Write
ROM	Read Only Memory
RTD	Remote Terminal Device
RTU	Remote Terminal Unit
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition
SMTP	Simple Mail Transfer Protocol
TCMS	Trouble Call Management System
TCP	Transmission Control Protocol
TEMA	Tubular Exchanger Manufacturers Association

TS	Telecommunications System
WAN	Wide Area Network
VAV	Variable Air Volume
VOC	Volatile Organic Carbon
VRV	Variable Refrigerant Volume

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Örnek BOS mimarisi [55]	5
Şekil 3.1 Sera gazlarının yerküreye etkisi (Nikolaou, vd. 2007).....	17
Şekil 4.1 Çeşitli tip kazan örnekleri (Küçükçalı, 2007)	37
Şekil 4.2 Sıcak sulu döküm kazan	39
Şekil 4.3 Sıcak sulu çelik kazan	40
Şekil 4.4 Yoğuşmalı kazan (Küçükçalı, 2007)	41
Şekil 4.5 Yoğuşmalı kazan iç yapısı [5]	41
Şekil 4.6 Atmosferik brülörlü kazan (Küçükçalı, 2007)	42
Şekil 4.7 Üfleme brülörlü kazan [32]	43
Şekil 4.8 Çift serpantinli boyler [25]	44
Şekil 4.9 Brülör yapısı [55]	45
Şekil 4.10 Gaz Brülörü [3]	45
Şekil 4.11 Plakalı ısı eşanjörleri [12]	49
Şekil 4.12 Su soğutmalı çiller (Küçükçalı, 2007).....	50
Şekil 4.13 Hava soğutmalı çiller (küçükçalı, 2007)	51
Şekil 4.14 Doğal çekmeli soğutma kulesi yapısı [32]	61
Şekil 4.15 Soğutma kulesi (Bradshaw, 1993).....	62
Şekil 4.16 Klima santrali iç yapısı [2]	62
Şekil 4.17 Klima Santralleri (Küçükçalı, 2007)	63
Şekil 4.18 Fan-coil üniteleri (Küçükçalı, 2007)	64
Şekil 4.19 Geleneksel VAV sistemi [32]	67
Şekil 4.20 VAV üniteleri [15]	67
Şekil 4.21 Tam havalı VAV sistem prensip şeması (Küçükçalı, 2007)	68
Şekil 4.22 VRV iç üniteleri (Küçükçalı, 2007)	69
Şekil 4.23 VRV dış üniteleri [10].....	70
Şekil 4.24 Buharlı nemlendirici [8]	72
Şekil 4.25 Minimum dış hava kontrolü (Değirmenci, vd. 2003).....	73
Şekil 4.26 Dönüş ve tahliye damperli sistemler (Değirmenci, vd. 2003).....	74
Şekil 4.27 İki termostatlı ekonomik çevrim kontrolü (Değirmenci, vd. 2003)	75
Şekil 4.28 Sabitlenmiş min. dış hava damperli ekonomikçevrimkontrolü(Değirmenci, vd. 2003).....	75
Şekil 4.29 Statik basınç kontrolü (Değirmenci, vd. 2003)	76
Şekil 4.30 Ön ısıtma kontrolü (Değirmenci, vd. 2003)	77
Şekil 4.31 By-pass damperli ön ısıtma kontrolü (Değirmenci, vd. 2003).....	77
Şekil 4.32 Resirkülasyon pompalı ön ısıtma kontrolü (Değirmenci, vd. 2003)	78
Şekil 4.33 Alternatif pompalama düzenlemeli ön ısıtma kontrolü (Değirmenci, vd. 2003)	78
Şekil 4.34 Tek zonlu sistemlerde normal ısıtma kontrolü (Değirmenci, vd. 2003)	79
Şekil 4.35 Tek zonlu sistemlerde ayar değeri resetlenebilen normal ısıtma kontrolü.....	79
Şekil 4.36 Çift kanallı çok zonlu sistemlerde normal ısıtma kont. (Değirmenci, vd. 2003)	80
Şekil 4.37 Tipik direkt genişmeli serpantin kontrolü (Değirmenci, vd. 2003).....	81
Şekil 4.38 Yüzey ve by-pass damperli direkt genişmeli serpantin kontrolü (Değirmenci, vd. 2003).....	81
Şekil 4.39 Değişken debili vana ile direkt genişmeli serpantin kontrolü (Değirmenci, vd. 2003).....	82
Şekil 4.40 Sıcak gaz by-pass'lı kapasite kontrolü (Değirmenci, vd. 2003).....	82
Şekil 4.41 İki aşamalı termostat kullanılan serpantin kontrolü (Değirmenci, vd. 2003).....	83
Şekil 4.42 Tipik soğutulmuş sulu serpantin kontrolü (Değirmenci, vd. 2003)	84
Şekil 4.43 Pompa düzenekli soğutulmuş sulu serpantin kontrolü (Değirmenci, vd. 2003)	84
Şekil 4.44 Yıkayıcı nemlendirme kontrolü (Değirmenci, vd. 2003).....	85

Şekil 4.45 Yıkayıcı nemlendirme kontrolüne ait psikrometrik diyagram (Değirmenci, vd. 2003).....	85
Şekil 4.46 İki kademeli evaporatif sistem ekipmanları kontrolü (Değirmenci, vd. 2003)	86
Şekil 4.47 İki kademeli evaporatif sistem kontrolüne ait psikrometrik diyag. (Değirmenci, vd. 2003).....	86
Şekil 4.48 Tipik sulu nemlendirici kontrolü (Değirmenci, vd. 2003)	87
Şekil 4.49 Tipik sulu nemlendirici kontrolüne ait psikrometrik diyagram (Değirmenci, vd. 2003).....	87
Şekil 4.50 Atomize suyun eşanjör yardımıyla ısıtılması ve/veya soğutulması kontrolü (Değirmenci, vd. 2003).....	88
Şekil 4.51 Atomize suyun ısıtılması ve/veya soğutulması işlemine ait psikrometrik diyagram (Değirmenci, vd. 2003).....	88
Şekil 4.52 Atomizer serpantinli nem alma kontrolü (Değirmenci, vd. 2003)	89
Şekil 4.53 Dış havanın soğuk ve düşük nemli olduğu durumda nemlendirme kontrolüne ait psikrometrik diyagram (Değirmenci, vd. 2003)	89
Şekil 4.54 Yüksek sıcaklıkta dış hava olduğu durumda nemlendirme kontrolüne ait psikrometrik diyagram (Değirmenci, vd. 2003)	90
Şekil 4.55 Soğutma ve karışım havalı nemlendirme kontrolü (Değirmenci, vd. 2003).....	91
Şekil 4.56 Soğutma ve karışım havalı nemlendirme kontrolüne ait psikrometrik diyagram (Değirmenci, vd. 2003).....	91
Şekil 4.57 Buharlı nemlendirici kontrolü (Değirmenci, vd. 2003).....	91
Şekil 4.58 Nem alıcı şematik gösterim (Değirmenci, vd. 2003)	93
Şekil 4.59 Kimyasal nem alma kontrolü (Değirmenci, vd. 2003).....	93
Şekil 4.60 Soğutma yoluyla nem alma kontrolü (Değirmenci, vd. 2003).....	94
Şekil 4.61 Elektrikli ısıtma kontrolü (Değirmenci, vd. 2003)	96
Şekil 4.62 Tek zonlu klima santrali kontrolü (Değirmenci, vd. 2003).....	97
Şekil 4.63 Tek zonlu klima santrali üfleme havası termostatlı kont. (Değirmenci, vd. 2003).....	98
Şekil 4.64 Değişken debili kontrol sistemi (Değirmenci, vd. 2003)	100
Şekil 4.65 Karışım kutusu damper çalışması (Değirmenci, vd. 2003).....	101
Şekil 4.66 İki borulu fan-coil ünitesi (Değirmenci, vd. 2003)	102
Şekil 4.67 Dört borulu ayırık serpantinli fan-coil ünitesi (Değirmenci, vd. 2003)	103
Şekil 4.68 Dört borulu tek serpantinli fan-coil ünitesi (Değirmenci, vd. 2003).....	103
Şekil 4.69 Çiller kontrolü (Değirmenci, vd. 2003).....	105
Şekil 4.70 Sabit debi kontrolü (Yakut, vd. 2004).....	106
Şekil 4.71 Kanal statik kontrolü (Yakut, vd. 2004).....	107
Şekil 4.72 Dönüş fanlı kanal statik kontrolü (Yakut, vd. 2004).....	107
Şekil 4.73 Akkor telli lamba [26]	113
Şekil 4.74 Kömür telli lamba (Özkaya, 2004).....	113
Şekil 4.75 Düz telli lamba (Özkaya, 2004)	114
Şekil 4.76 Tungsten halojen lamba [26].....	115
Şekil 4.77 Floresan lamba [26].....	117
Şekil 4.78 Tavan tipi sıva üstü armatür [27]	118
Şekil 4.79 Anahtarlar [28]	118
Şekil 4.80 Yangın Pompası [29].....	126
Şekil 4.81 Yangın Dolabı [16].....	126
Şekil 4.82 Yangın hidrantı [30]	127
Şekil 4.83 Yangın söndürme tüpleri [29]	127
Şekil 4.84 Sprinkler [29]	128
Şekil 4.85 Duman perdeleri ve duman boşaltım delikleri (Kars, 2003).....	137
Şekil 4.86 Üçgen çatıda havalandırma	139
Şekil 4.87 Kelebek çatıda havalandırma	139

Şekil 5.1 PLC örneği [51].....	143
Şekil 5.2 PLC blok şeması (Topak, 2000).....	149
Şekil 5.3 Siemens S7-200 işlemci [4].....	151
Şekil 5.4 PLC giriş – çıkış birimleri (Topak, 2000).....	152
Şekil 5.5 PLC giriş – çıkış birimlerine örnekler [4].....	152
Şekil 5.6 Merdiven Programlama Örneği (Bayazıt, 2005).....	160
Şekil 5.7 Siemens PLC merdiven program örneği (Bayazıt, 2005).....	161
Şekil 5.8 Boolean dili ile programlama örneği (MEGEP, 2006).....	161
Şekil 5.9 Fonksiyon blokları ile programlama örneği (MEGEP, 2006).....	163
Şekil 5.10 Ardışıl fonksiyon grafik programlama örneği (Özcan ve Özkan, 2004).....	163
Şekil 5.11 Termokupl yapısı [32].....	168
Şekil 5.12 Sıcaklık farkı-gerilim diyagramı [32].....	169
Şekil 5.13 NTC termistör akım-gerilim diyagramı (Özsarı, 2005).....	170
Şekil 5.14 PTC termistör akım-gerilim diyagramı (Özsarı, 2005).....	171
Şekil 5.15 Kapasitif basınç sensörü yapısı (Gassmann ve Meixner, 2001).....	172
Şekil 5.16 Strain gage iç yapısı [45].....	173
Şekil 5.17 Strain gage tipleri [45].....	173
Şekil 5.18 Pitot tüpün yapısı [55].....	174
Şekil 5.19 Orifis plakasının yapısı [32].....	175
Şekil 5.20 Orifis plakası uygulaması [32].....	175
Şekil 5.21 Ventüri metre yapısı [55].....	176
Şekil 5.22 Türbin akış metre yapısı (Eren, vd. 2006).....	177
Şekil 5.23 Vorteks tipi akış ölçerin yapısı [1].....	178
Şekil 5.24 İlk konfor sensörü (Gassmann ve Meixner, 2001).....	182
Şekil 5.25 Işık duman dedektörü yapısı (Özsarı, 2005).....	184
Şekil 5.26 Işık spekturumu (Özsarı, 2005).....	185
Şekil 5.27 Renk spektrumu (Özsarı, 2005).....	186
Şekil 5.28 Oda kontrol üniteleri [17].....	188
Şekil 5.29 Sıcaklık sensörleri [4].....	188
Şekil 5.30 Kanal tipi sıcaklık ve nem sensörü [17].....	188
Şekil 5.31 Basınç sensörleri [4].....	189
Şekil 5.32 Kanal tipi hız sensörü [4].....	189
Şekil 5.33 Hava kalitesi sensörleri [4].....	189
Şekil 5.34 Termostatlar [4].....	190
Şekil 5.35 Higrostatlar [4].....	190
Şekil 5.36 Anahtarlar [4].....	190
Şekil 5.37 İki Yollu PN16 vana gövdesi [4].....	192
Şekil 5.38 Üç yollu PN16 vana gövdesi [4].....	193
Şekil 5.39 Tipik pnömatik servomotor ile vana kontrolü (Gilligan, 1997).....	194
Şekil 5.40 Pnömatik servomotor [18].....	194
Şekil 5.41 Tipik pnömatik servomotor ile damper kontrolü (Gilligan, 1997).....	194
Şekil 5.42 Tipik elektrikli servomotor ile damper kontrolü (Gilligan, 1997).....	195
Şekil 5.43 Tipik elektrikli damper servomotorları.....	195
Şekil 5.44 Frekans invertörü temel çalışma prensibi (Ristimaki, 2008).....	196
Şekil 5.45 Frekans İnvertörleri.....	196
Şekil 5.46 İletişim sistemi (Topak, 2000).....	217
Şekil 5.47 İletişim sisteminin temel elemanları (Topak, 2000).....	218
Şekil 6.1 Polat Tower Residence dış görünüş [31].....	221
Şekil 6.2 Polat Tower Residence örnek elektrik panoları [31].....	222
Şekil 6.3 Polat Tower Residence sıcak su sistemi [31].....	223
Şekil 6.4 Tekfen Tower dış görünüş (Engin, 2001).....	226

Şekil 6.5 Commerzbank Genel Müdürlük Binası dış görünüş (Yılmaz, 2006).....	227
Şekil 6.6. İş Kuleleri dış görünüş [51].....	229
Şekil 7.1 Karışım havalı klima santrali otomasyon prensip şeması	237
Şekil 7.2 Karışım havalı klima santrali kullanıcı arayüzü.....	238
Şekil 7.3 Vana kontrolü merdiven diyagramı ile programlanması.....	239

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 4.1 Boylerin sınıflandırılması (Jains ve Tao, 2005)	44
Çizelge 4.2 Çiller sınıflandırılması (Bradshaw, 1993)	50
Çizelge 4.3 VRV sistemlerinin gelişimi (Küçükçalı, 2007)	71
Çizelge 4.4 Bazı medenlerin ergime sıcaklığı (Özkaya, 2004)	112
Çizelge 4.5 Bazı akıllı binaların enerji tasarrufları (Küçükçalı, 2007)	121
Çizelge 4.6 Duman perdeleri arasında olması gereken uzaklık ve arada kalan alan (Kars, 2003)	138
Çizelge 4.7 Üretim yapılarında oluşabileceği varsayılan yangın düzeyleri (Kars, 2003)	138
Çizelge 4.8 İngiliz standartlarına göre bazı mekanların hava değişim mik. (Kars, 2003)	140
Çizelge 5.1 Boolean komut listesi (Özcan ve Özkan, 2004)	162
Çizelge 7.1 Karışım havalı klima santrali nokta listesi	234
Çizelge 7.2 Saha elemanları listesi	235

ÖNSÖZ

Günümüzde var olan enerjiyi en büyük ölçüde tüketen sistemlerin binalar ve bina sistemleri olduğunu düşündüğümüzde, enerjiyi en etkin şekilde kullanmak ve korumak amacıyla, "Akıllı Binalar" kavramı büyük önem taşımaktadır.

Yapılan bu çalışmada, bu sektörde elde edilen otomasyon projesi hazırlama, tasarım, uygulama, test ve devreye alma, bina işletmesi ve bakımı, en büyük etken olarak edinilen saha tecrübelerinin ışığında akıllı bina otomasyonu hakkındaki en önemli kavramlara değinilmiştir.

Bu düşüncelerle öncelikle çalışmalarımda yardım ve desteklerini esirgemeyen değerli hocam Yıldız Teknik Üniversite'si Rektörü Sn. Prof. Dr. İsmail YÜKSEK'e, yurtdışında eğitim gördüğüm 5 ay boyunca çalışmalarım devam ettiğim, deneyimlerini ve bilgisini esirgemeyen Viyana Teknik Üniversite'si Bina Fiziği ve Ekolojisi Enstitüsü Başkanı Sn. Prof. Dr. Ardeshir MAHDAVİ'ye, yazılı ve sözlü bilgilerimi, kaynaklarımı, desteklerini ve tecrübelerini esirgemeyen 3 seneye yakın bir süreç içerisinde çalıştığım Piem Otomasyon firması mesai arkadaşlarıma, bina sistemleri konusunda engin bilgiye sahip ve bu bilgilerimi benden esirgemeyen değerli meslektaşım Sn. İbrahim PEHLİVAN'a, beni bu günlere getiren aileme ve en önemlisi tüm bu çalışmalarım esnasında hayatıma giren, hep yanımda olan, beni destekleyen ve ömrüm boyunca beraber olmak istediğim Sn. Reyhan TEMEL'e teşekkürü bir borç bilirim.

ÖZET

Çağımızdaki enerji kaynaklarının azalması ve bu bağlamda mevcut enerjinin korunumu ve etkin kullanılması zorunluluğunun bir sonucu olarak hızla artan teknolojik gelişmeler hayatımızın her alanını etkilediği gibi, Akıllı Bina Sistemleri'nin gelişiminide büyük bir ölçüde etkilemektedir.

Bu çalışmada, “ Bina Otomasyonu ” kavramı ayrıntılı olarak açıklanmış, Bina Otomasyon Sistemleri'nin tarihsel gelişimi, sistem ayrıntıları, özellikleri, avantajlarına ve tasarım konularına değinilmiştir.

“Akıllı Bina” kavramından daha eski olan “Bina Otomasyonu” kavramı açıklandıktan sonra, “ Akıllı Bina” kavramı küresel çerçevede ayrıntılı olarak incelenmiştir. Bununla birlikte, akıllı bina tanımları üzerinde durulmuş ve akıllı binaların tarihsel gelişimi ve akıllı bina sistemlerine değinilmiştir.

Akıllı Bina Otomasyonu'nun büyük bir kısmını kaplayan, HVAC, aydınlatma ve yangın önleme ve alarm sistemlerini oluşturan elemanlar ve kontrol yöntemleri ayrıntılı olarak anlatılmıştır.

Akıllı Bina Otomasyon Sistemleri'nde kullanılan saha ekipmanları, bu ekipmanların tipleri ve özellikleri ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Bununla birlikte, otomasyon sisteminin kontrolünde en üst yönetim seviyesinde kullanılan yazılımlar ve özellikleri açıklanmıştır. Tüm bu ekipman ve yazılımların haberleşmesini sağlayan haberleşme protokollerine değinilmiştir.

Bu çalışmada ayrıca, tüm dünyada tanınmış ve bilinen akıllı binalar ve sistemlerinden bahsedilmiştir ve son olarak karışım havalı bir klima santralinin kontrolü uygulama örneği olarak verilmiştir.

Anahtar kelimeler : bina otomasyonu, akıllı bina, HVAC, aydınlatma, yangın önleme ve alarm, sensör, servomotor, frekans invertörü, PLC, SCADA, açık haberleşme protokolleri

ABSTRACT

As a result of the obligation of preservation and efficient use of available energy, and the diminishing current energy sources, the rapid growth of technological developments influence all areas of our lives. In relation with this, the developments of Intelligent Building Systems are also influenced.

In this study, the terminology of “Building Automation” is explained in details, the historical development of Building Automation Systems, system details, features, advantages, and design topic are considered.

After the explanation of the terminology of “Building Automation” which is former than the terminology of “Intelligent Building”, this terminology is investigated in details within the global frame. Furthermore, the definitions of Intelligent Building, the historical development of Intelligent Building and Intelligent Building Systems are considered.

The control methods and figures that build up the systems which make the huge part of Intelligent Building Automation such as HVAC, lighting, and fire protection, and alarm systems are mentioned in details.

The field equipments, the equipment types, and features used in Intelligent Building Automation Systems are explained in details. Furthermore, the software, and features used in management level under the control of automation systems are widely mentioned. The communication protocols supporting the communication of all equipments and softwares.

In addition, this study covers the well-known intelligent buildings and systems all over the world. Finally, an example of applied air handler with mixed air is given.

Key words : building automation, intelligent building, HVAC, lighting, fire protection and alarm, sensor, actuator, frequency inverter, PLC, SCADA, open communication protocol.

1. GİRİŞ

Çağımızda durmak bilmeyen bir hızla artan teknolojiye paralel olarak hızla gelişen ve sürekli olarak büyüyen inşaat sektörü sayesinde çok büyük boyutlarda bina kompleksleri, alışveriş merkezleri, iş merkezleri, oteller ve endüstriyel tesisler yapılmaya başlanmıştır. Bununla birlikte, artan insan gereksinimleri, sürekli olarak değişen ve gelişen konfor şartları ve yaşadığımız yüzyılın en önemli konusu ve problemi olan enerjiyi en verimli şekilde kullanma ve koruma olgularına bağlı olarak akıllı, enerji etkin binalar günümüzde popüler olmaya başlamıştır.

Yapıların sürekli artan ve değişen ihtiyaçları karşılama zorunluluğu, yapıların daha karmaşık bir hal almasına, çok farklı birçok sistem içermesine sebep olmuştur. Yapılarda bulunan ısıtma, havalandırma, iklimlendirme, aydınlatma, elektrik ve elektromekanik, asansör, arıtma gibi sistemler büyük ölçüde enerji tüketmekte, sistem sayılarının artmasıyla işletme maliyetleri yükselmekte ve bu sistemlerin kontrolü zorlaşmaktadır. Sonuç olarak en temel amaç olan enerjiyi en etkin biçimde kullanmak için güvenilir, sağlam ve ekonomik bir kontrol sistem kurmak kaçınılmaz olmuştur.

Bu karmaşık ve zorunlu olan kontrol sistemini kurmak günümüzde hızla gelişen teknoloji sayesinde mümkün olmaktadır. Bina sistemleri ve bina yönetimi konusunda hergün bizi bir adım daha öteye götürecek, bir miktar daha enerjiyi korumamızı sağlayacak çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmalar ve gelişmeler sonucunda çok karmaşık olan bina sistemlerini kontrol etmek için etkin bir şekilde çalışabilecek bir bina otomasyon sistemi kurulabilmektedir.

Bu bağlamda bu araştırmanın amacı, bu teknolojik gelişmeler ışığında ortaya çıkan akıllı bina, bina otomasyonu, bina içerisinde kullanılan sistemler, bu karmaşık yapının kontrolünde kullanılan cihazlar ve kontrol yöntemlerini üzerinde araştırmalar yapmak ve bu olguları açıklamaktır. Araştırmada genel olarak akıllı bina ve bina otomasyonu ile bağlantılı en çok bilinen terimlere ve sistemlere değinilmiş ve bu sistemlerin kontrolleri ayrıntılı olarak incelenmiştir. Araştırmada yer verilen bilgiler bu sektörde çalışan, bu konularda çok deneyimli ve konusuna çok hakim kişi ve kurumlara danışılarak, bunların yanısıra çeşitli kitap kaynakları, süreli yayınlar, makaleler, bildirimler, katılan konferans ve sempozyumlar, bu konular hakkında yapılan projelerin takibi ve içinde bulunulması, konuyla ilgili yurtiçinde ve yurtdışında deneyimli hocalardan alınan dersler ve internet üzerinden kaynak araştırması yapılarak elde edilmiştir.

2. BİNA OTOMASYONU

2.1. Bina Otomasyonuna Genel Bir Bakış

Son yıllarda gelişen inşaat sektörü sayesinde çok büyük boyutlarda binalar, oteller iş merkezleri ve fabrikalar yapılmaya başlanmıştır. Yapıların büyümesi ile birlikte ısıtma, soğutma, havalandırma, aydınlatma, ulaşım (asansör, yürüyen merdiven) sulama, depolama, arıtma gibi elektrik ve elektromekanik sistemlerin işletme maliyetleri de artmış, ayrıca birbirinden uzak olan bu sistemlerin kontrolü de zorlaşmıştır. Sonuçta hızlı, güvenilir, esnek ve ekonomik bir kontrol sistemi ile bahsedilen sistemlerin kontrolü kaçınılmaz olmuştur.

Bilgi ve teknoloji günümüz dünyasında insanlığın gelişime doymadığı konuların başında geliyor. Bina yönetim sistemleri hem bilgi ve bilgi işleme hem de teknolojiye meydana gelen gelişmelerin önemli sentezlerinden bir tanesi olarak karşımıza çıkıyor. İnsanlara konforlu, yaşanabilir ve kolay yönetilen ortamlar yaratma isteği binaları yönetim sistemleriyle donanır hale getiriyor. Isıtma-soğutma, aydınlatma, güvenlik, rahat inip çıkma, enerji tasarrufu yapma, havalandırma ve benzeri temel gereksinimler belirli bir ya da fazla sayıda merkezden yönetilen teknolojileri yaşama geçiriyor.

Kumanda ve kontrol cihazlarının sahaya dağınık halde monte edilmiş olmalarından dolayı, bilinen kontrol sistemleri ile bahsedilen etkin kontroller sağlanamamaktadır. Kablo maliyetini azaltmak için sistemleri oluşturan cihazlar ile kumanda-elektrik panoları, çok yakın monte edilmektedirler. Bahsedilen sistemlerde mimari ve fonksiyonel zorunluluk nedeni ile sahaya dağıtılmak zorunda kalındığında, işletmeciler cihazları, kontrol ve kumanda etmek için sürekli dolaşmak ve yazılı olarak kayıt tutmak zorunda kalmaktadırlar. Böylece kalifiye eleman zamanının büyük bir kısmını sahada harcamakta, ayrıca oluşan arızaların belirlenerek giderilmesi geçirmektedir.

Bina otomasyonu ve bina enerji yönetim sistemleri son on yılda 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. (Avinca, 1999)

2.2. Bina Otomasyonu Tanımları

Uluslararası terminolojide; BMS (Building Management Systems-Bina Yönetim Sistemleri), BAS (Building Automation Systems-Bina Otomasyon Sistemleri) veya FMS (Facility Management Systems-Özellik Yönetim Sistemleri) gibi tanımlarla anlatılan ve dilimizde genellikle BOS (Bina Otomasyon Sistemleri) olarak karşılık bulan kavram, temel olarak bina ya da bina gruplarındaki ısıtma kazanları, klima santralleri, soğutma grupları gibi mekanik cihazların, otomatik kontrolünü yapan düzenlere verilen isimdir.

BOS'un amacı, binadaki cihazlarla ilgili izleme, işletme ve yönetme işlerinin merkezileştirilmesidir. Binada bulunanlar için daha güvenli ve konforlu bir ortamı daha az işgücü ve enerji ile oluşturabilmek için BOS şarttır.

Bilgisayarın çok yaygın ve ucuz olmadığı dönemde yalnızca büyük ticari binalarda kurulabilen BOS, günümüzde her tip ve büyüklükteki bina için uygun bir çözüm ve iyi bir yatırım haline gelmiştir.

Doğru kurulmuş bir sistem, sağladığı iş gücü ve enerji tasarrufuyla ortalama 2-3 yıl içerisinde kuruluş maliyetini çıkartabilmektedir.

Klasik kontrol sistemlerinin aksine BOS, her projenin özelliğine ve ihtiyaçlarına göre değişik uygulamalar gerektiren bir sistemdir.

Kullanılan saha elemanları ve kontrol cihazları aynı olmakla birlikte her projede farklı uygulamalar gerekmesi sistem yazılımının önem ve ağırlığını artırır.

Bina otomasyonu, yüksek modern yapılarda veya küçük, fakat lüks villalarda, çalışmakta olan elektrikli sistemlerin otomatikleştirilmesi için yapılan yazılımsal ve donanımsal işleri kapsayan bir kavram olarak da görülebilir. [50]

2.2.1. Uygulama Alanları

Çok farklı uygulama alanları, tipleri ve kapsamı mevcuttur. Yüksek modern binalarda veya büyük alışveriş merkezlerinde, merkezi havalandırma sistemlerinin sıcaklık ve nem gibi parametre kontrolleri ile ilgili cihazların çalışma zamanlarının programlanması bu örneklerden biridir. Genel kurulum amacı binalarda kullanılan ısıtma soğutma ekipmanlarının kapasite kontrollerini yaparak enerji tasarrufu elde etmektir.

Başka bir uygulama alanı da villalar gibi lüks isteyen müşterilerin taleplerini karşılamaktır. Bu tip uygulamalarda merkezi ısıtma-soğutma ekipmanlarının kapasite kontrollerinin yanında aynı zamanda örneğin perdelerin, aydınlatma sisteminin, havalandırmanın uzaktan bir kumanda ile açılıp kapatılması gibi isteklerin karşılanmasıdır. [51]

2.2.2. Genel Yapı

Genel yapıyı üç basamaklı olarak düşünmek mümkündür. En alt basamakta, kumanda edilecek fiziksel ekipmanlar ile ilişkide bulunan "Saha Ekipmanları" olarak adlandırılan elektrikli kumanda ve ölçüm elemanları vardır. Kumanda elemanlarına örnek olarak "Vana Motoru", "Damper Motoru" gibi analog sinyaller ile kumanda edilen cihazlar örnek gösterilebilir. "Sıcaklık Sensörü", "Nem Sensörü", "Basınç Sensörü", "Aydınlık Seviye Sensörü" gibi saha ekipmanları da analog giriş sinyalleri olarak örnek gösterilebilir.

İkinci basamakta saha ekipmanlarından alınan ve saha ekipmanlarına gönderilen bilgilerin elektriksel sinyallere çevrilmesine yardımcı olan "Giriş-Çıkış Modülleri" yer almaktadır. Kontrol cihazlarında yorumlanacak giriş-çıkış bilgileri "Analog" ve "Dijital" olmak üzere iki ana grupta yorumlanabilir. Dijital sinyaller 0 ve 1'ler ile ifade edilen kesin değerleri ifade etmek için kullanılabilir. Örneğin bir havalandırma kanalında hava akışı olup olmadığını ölçmek için kullanılan "Fark basınç anahtarı" ilgili kanalda hava akışı var ise 1, yok ise 0 bilgisi üretmektedir. Farklı olarak bir hava kanalında statik hava fark basıncını ölçmeye yarayan "Fark basınç sensörü" o anda hava kanalının ölçüm yapılan iki noktası arasındaki statik basınç farkını örneğin 50 Pa olarak ölçmektedir. Dolayısıyla Analog sinyaller bir aralıkta sürekli değerler vermektedir. "Giriş-çıkış modülleri" saha ekipmanları ile bilgi alışverişi yaparken "0-10 VDC", "2-10 VDC" veya "4-20 mA" gibi standartlaşmış farklı sinyal tiplerini kullanır. Saha ekipmanları ile bağlantıları her bir cihaz için ayrı ayrı fiziksel olarak elektrik kabloları ile gerçekleştirilir. Her bir modül tek bir cihaz için kullanılabilen gibi bir modüle birden fazla cihaz da bağlanabilen modelleri vardır.

Üçüncü basamakta kontrol cihazı yer almaktadır. Kontrolör, giriş çıkış modülleri ile tek bir haberleşme kablosu ve haberleşme protokolü kullanarak haberleşir ve kısa zaman çevrimlerinde aldığı bilgileri yorumlayıp, önceden programlandığı şekilde çıkışlar üretir. [51]

2.2.3. Çalışma Mekanizması

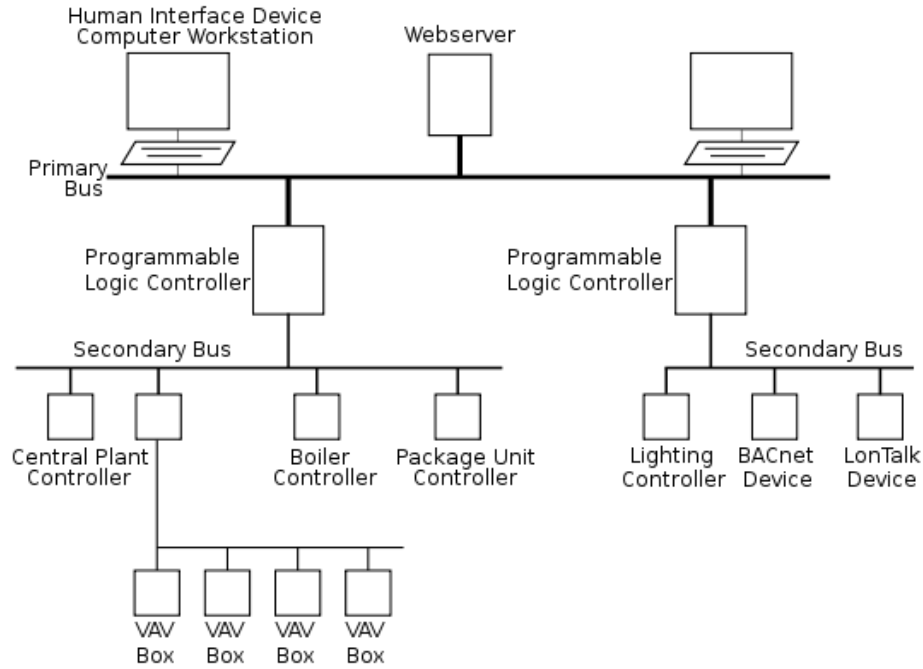
Büyük ve birden fazla kontrolör gerektiren sistemlerde bir üst basamak olarak, kontrolörler arası haberleşme hattı mevcuttur. Bu seviyede kontrolörler aralarında bilgi alışverişi

yapmaktadırlar. Ayrıca bu hatta yerleştirilecek bir "Merkezi Bilgisayar" da, uygulama mühendisinin hazırlayacağı arayüzler sayesinde kullanıcılara, tüm sistemi gruplar halinde bir arada görme ve kumanda etme fırsatı verecektir.

Bu tip uygulamaları yapan çok sayıda, çok uluslu firma mevcuttur ve genelde her firma kendine has programlama dili, kullanıcı arayüzü programı ve haberleşme protokolüne sahiptir.

Sektördeki yeni eğilimler doğrultusunda firmalar artık "LON-Bus", "BACNet" gibi belirli başlı bir takım standart haberleşme protokollerini desteklemektedir. Ayrıca yeni çıkan kullanıcı arayüzü programları "Web" tabanlı grafikler ile internet üzerinden ulaşımı da desteklemektedir. [51]

Şekil 2.1'de basit bir örnek BOS mimarisi görebilirsiniz.



Şekil 1.1 Örnek BOS mimarisi [55]

Bir binanın akıllı olma olgusu tüm bilgi servislerinden bilgileri toplayan, bu bilgileri görüntüleyen ve bu bilgiler ışığında bina içerisindeki sistemleri kontrol eden BOS ile başlar. Bu sistem sıcaklık, basınç, nem, zaman ve diğer bazı bilgileri işleyerek otomatik olarak ısıtma, havalandırma ve hava şartlandırma vs. gibi ekipmanların enerji tüketimini minimize ederken diğer yandan da bina sakinlerinin konforunu maksimum derecede tutar. Bunların yanısıra, bu sistem ekonomik ve verimli bir aydınlatma kontrolü sağlar. Diğer sistem

fonksiyonları da (güvenlik ve yangın önleme vs. gibi) bu sisteme entegre edilebilir, hatta bilgisayarlı bina bakım yönetim sistemide bu sistemin bir parçası olabilir.

Aslında günümüzde birçok bina bir BOS sisteminin başlangıç aşamasına sahiptir. Birçok binada termostat, zaman saati, duman dedektörü, kapı alarmı vb. bina otomasyonunun ana öğelerinden olan cihazları görebilirsiniz. Fakat tabiki de bu cihazlar komple bir bina otomasyonunu sağlamak için yeterli değildir. Bütün bu tanımlardan da anlaşılacağı gibi tüm bina otomasyonu uygulamaları bir akıllı binanın oluşturulmasında en önemli adımlar olarak görülmelidir. (Neubauer, 1998)

2.3. Bina Otomasyon Sistemlerinin Tarihsel Gelişimi

1950' li yıllarda ortaya çıkan BOS kavramı, elektronikteki baş döndürücü gelişmelerin sonucunda içerik ve konfigürasyonu olarak büyük değişimlere uğrayarak günümüze gelmiştir. Günümüz sistemlerinin öncüleri olan ilk BOS sistemleri, tüm bilgi ve kontrol noktalarının kablolarla ana bir kontrol paneline bağlandığı, operatörün sistemine kendi panosunun yanısıra ana panodan da müdahale edebildiği kablolu sistemlerdi.

50'li yıllarda, pnömatik sensörlerin yerel göstergelere ve uzaktan ayar olanağı olan alıcı ve kontrolcülere izin vermesi pnömatik merkezli kontrol sistemlerinin kullanılmasına sebep olmuştur. Çok sayıda olan lokal kontrol panelleri kontrol odasında bulunan bir yada birkaç merkezde toplanmaya başlanarak, sayıları oldukça azaltıldı. Bu yüzyılda diğer bir eğilim ise cihazların fiziksel boyutlarının küçültülmesiydi. Elektronik sensörlerin ve analog kontrol çevrimlerinin kullanılmaya başlanması tüm sistemin kablolarla tek bir merkeze bağlanması ve buradan kontrol edilmesini sağladı.

1960' lı yıllarda seri bilgi taşıma sistemleri ve elektronik ekipmanlar BOS sistemleri önemli bir adımdır. Bu sayede 2 telli bir haberleşme hattı üzerinden, binanın değişik noktalarına ulaşmak mümkün olmuştur. Bu sistemlerde bir saha bilgi toplama paneli sahadaki sıcaklık, basınç vb. gibi bilgileri toplar ve ana merkeze gönderir, ana merkez bu bilgiyi yorumlar ve yapılması gerekeni, saha bilgi toplama paneline gönderir.

60'lı yıllarda, kontrol firmalarının ticari binalara yönelmesi yeni teknolojileri geliştirilmesini tetiklemiştir. Elektromekanik çoklama sistemleri bu yıllarda ortaya çıkmıştır ve bu durum montaj, bakım maliyetlerini ve kablo sayılarını oldukça azaltmıştır. Kontrol panelleri, kontrol konsolu şekline dönüştürülmüş ve bu durum dijital göstergelerin ve kayıt sistemlerinin konsol üzerine alınarak daha rahat takip edilmesini sağlamıştır. Sistemlerin otomatik olarak kontrolü,

klima santralleri vb. gibi mümkün olmuştur. Sıcaklık, akış, basınç ve diğer ekipman parametreleri konsol üzerinde görüntülenmeye başlanmıştır. Bu yıllardaki en önemli gelişme, ilk bilgisayarlı bina otomasyon kontrol merkezi pazarlanmaya ve haberleşmeler için koaksiyel ve bükümlü kablolar kullanılmaya başlanmıştır.

1970' lerin ortalarında mini bilgisayarlar ana merkezde kullanılmaya başlanmış, bu birkaç merkezden izleyebilme ve yazıcı gibi ara birimlerin bağlanabilmesini sağlamıştır. Fakat maliyet ve yüksek eğitilmiş işletmeci ihtiyaçlarından dolayı, bu sistemler ancak çok büyük ofis binaları, askeri ve endüstriyel tesisler gibi kısıtlı uygulama alanlarında kalmışlardır. (Avincan, 1999)

Mini bilgisayarların, işlemcilerin (CPU-Central Processing Unit) ve programlanabilir lojik kontrolcülerin (PLC-Programmable Logic Controller) yeni kullanılmaya başlanması çarpıcı bir biçimde 1973 yakıt ambargosuyla artmıştır. EMS (Energy Management Systems-Enerji Yönetim Sistemleri) terimi ilk olarak kullanılmaya başlanmış ve üreticilerin tanıtım broşürlerinde yer almıştır. Basit paket otomasyon sistemleri pazarlanmaya ve kullanılmaya başlanmıştır. Optimum açma/kapama, optimum sıcaklık, gündüz ve gece kontrolü ve entalpi kontrolü gibi paketler ortaya çıkmıştır. Bunlara ek olarak yangın ve güvenlik sistemleri bina otomasyon sisteminde yer almaya başlamıştır. Doğrudan sistemlere ulaşılabilmesi ile enerji kullanımı ve maliyetinin takibi daha rahat yapılmaya başlanmıştır. 70'li yılların ortalarında, donanım maliyetleri azalmaya başlamıştır. Sistemler kullanıcı dostu olmaya başlamış ve aynı sistem üzerinde yeni bir veri tabanı oluşturma ve programlama olanağı sağlanmıştır. (Wong ve So, 1997)

Mikroişlemci tabanlı doğrudan sayısal kontrollü (DDC-Direct Digital Control) sistemlerin pazarda ilk belirmeye başladığı dönem 1980'lerin başlarına denk gelir. Bu teknolojinin bina endüstrisinde öncü ve başarılı olduğu uygulama alanlarının başında Isıtma-Havalandırma ve Klima (HVAC-Heating, Venatilating and Air Conditioning) sistemleri gelmiştir. Elektronik ve pnömatik kontrol sistemleriyle kıyaslandığında daha hassas kontrol ve uygulamada sağladığı geniş esneklik potansiyeliyle, bir yandan konfor seviyesini yükseltirken diğer yandan enerji maliyetlerini düşürmesi, DDC sistemlerin kabul görmesini ve yaygınlaşmasını kolaylaştırmış, kendi başına iş gören HVAC, aydınlatma, güvenlik, yangın algılama, söndürme ve asansör gibi sistemlerin birbirleriyle iletişim ve etkileşim içerisine girmesini sağlayan bu kontrol ağı, "akıllı bina" kavramını hayatımıza sokmuştur.

Özellikle son on beş yılda, bu teknolojinin sağladığı avantajlar ve maliyetlerindeki azalmalar daha belirgin ve etkili hale gelmiş, ancak buna rağmen "akıllı bina" kapsamının tam anlamıyla

gerçekleşmesi daha çok niyet aşamasında kalmıştır. Bunda da en belirgin eksik parça, "iletişim protokolü standardı" olmuştur.

İlk kıpırdanmaların ardından, rekabet baskıları ve ihtiyacı giderecek standartların yokluğu, bina otomasyon sistem üreticilerini kendi özel iletişim protokollerini yaratmaya zorlamıştır. Ancak bu olumlu gelişmeler bir dezavantaj olarak bina sahipleri / işletmecileri için, binalarında tercih ettikleri konforu sağlayacak farklı firmaların ürünlerinin seçiminde kısıtlama ve zorlamaları da beraberinde getirmiştir.

Enerji yönetimi, aydınlatma kontrol sistemleri ve yangın algılama sistemleri binalarda yaygın ve alışıldık uygulamalar haline gelmiş olmasıyla birlikte bunların entegrasyonunun gerçekleştiği projeler bu tip sınırlamalar nedeniyle yeterli ivme kazanamamıştır.

İletişimdeki kısıtlamalar, bina otomasyonu kapsamında olan tek bir sistemin kendi iç fonksiyonunda dahi kendini göstermektedir. Kurulu bir sistemin genişlemesi veya yenilenmesinin gerektiği durumlarda, mal sahibinin, sistemi kuran firmaya / markaya bağımlı kalması veya ihtiyacını karşılamak için farklı marka seçmesi halinde, mevcut sistemin iletişim standardıyla uyumlu olamayacağından, ya kurulu sistemi, seçeceği markaya göre tamamen değiştirmesi ya da eklenen cihazların ayrı bir sistem olarak çalışması kaçınılmaz olmuştur. Hatta kimi zaman bir firmanın geliştirdiği yeni ürünlerinin eski ürünleriyle haberleşememesi de karşılaşılan bir durumdur.

Mikroişlemcilerin kapasitelerinin artması ve fiyatlarının düşmesiyle birlikte, kontrol zekasının yakalayıp içine aldığı konular da çoğalmıştır. HVAC üreticileri, kendi cihazlarına özel geliştirdikleri kontrol panelini artık cihazlarıyla birlikte temin etmekte ve hatta kendi özel iletişim protokollerini yaratmaktadırlar. Bu gelişmeler, bu cihazların bina otomasyon sistemleri ile entegrasyonunu artık bir zorunluluk haline getirmiş, otomasyon firmalarını kendi iletişim dillerini en azından belli ölçekte paylaşmaya doğru itmiş ve aradaki iletişimi kurma görevini üstlenen farklı tiplerde sistem entegratörleri türemeye başlamıştır.

Ara birimler, entegrasyon problemine bir miktar nefes aldırdıysa da uzun vadeli ve tatmin edici bir çözüm olamamıştır. Dikkate değer tek uzun vadeli çözüm standart iletişim protokolleri olarak gözükmektedir. [52]

2.4. Bina Otomasyon Sistemlerinin Amaçları

İsminden de anlaşıldığı gibi bina otomasyon sistemi, herhangi bir üretim sürecinde doğrudan üretim işlemine etki eden ve bu anlamda üretimi gerçekleştiren araçların ve sistemlerin kontrol

edilmesinden farklı olarak, içinde bulunulan ortamın genel şartlarının şekillendirilmesi amacı ile yapılır. Bina otomasyon sistemlerinde alınan bilgi ile kontrol sisteminin buna karşı yapacağı etki arasındaki ilişki ve bilgi akışı sadece elektronik donanımla değil, yazılımla da belirlendiğinden, sistemde olabilecek ilerdeki ekleme ve değişiklikler çoğu kereler sadece bilgisayar yazılımının değiştirilmesi ile rahatlıkla karşılanabilir. Halbuki böyle bir değişiklik bina otomasyonuna geçirilmemiş sistemlerde bazen çok büyük ve masraflı altyapı değişiklikleri gerektirebilir.

Bina otomasyon sistemleri yaşam alanlarında; yani otel, okul, hastane, iş merkezi benzeri çok sayıda insanı aynı anda içinde barındıran büyük binalarda klima-havalandırma, ısıtma-soğutma işlerinde ve binaların otomatik olarak işleyen kısımlarının tek merkezden yönetilmesi için (asansörler, kapılar, aydınlatma, yangın ihbar sistemi gibi) uygulanmaktadır.

Endüstri uygulamalarında ise, altyapı açısından son derece gerekli olan enerji üreten sistemlerin denetlenmesi, sıcak su - buhar üretim merkezlerinin otomatik kontrolü, kullanıma giren suyun şartlandırılması, atık suyun temizlenerek geri kazanılması ve sistemin tamamında enerji tasarrufu programlama için bina otomasyon sistemi kullanılması toplam kalite açısından kaçınılmazdır.

Özet olarak, bir bina otomasyon sistemi, kontrol ettiği sistemlerdeki en yüksek verimi ve güvenliği sağlar, daha az çalışana gerek gösterir. Üretim sürecini denetleyen proses otomasyon sistemine sağladığı altyapı ile bu sistemin de verimini artırarak ve üretimde de bir kalite artışı getirir. (Avinca, 1999)

2.5. Bina Otomasyon Sisteminin Avantajları

- Merkezi kontrol, daha az işgücü kullanarak daha fazla iş yapılabilmesini sağlar,
- Daha hassas ve zamanında kontrol, enerji harcamalarını azaltır,
- Aynı koşullarda hep aynı şekilde tekrarlanan işler, programlanabileceği için daha basit bir işletme sağlar,
- İşletmecilerin eğitimi ve sisteme hakimiyeti grafik arabirimler sayesinde çok basitleşir,
- Binada bulunanların ihtiyaçları en hızlı ve uygun şekilde karşılanabilir,
- Uyarı ve arızalardan anında haberdar olunması bakım ve onarımı çabuklaştırır,
- Geçmişe dönük kayıtlar, alarm raporları ve bakım programları daha etkin bir işletme sağlar,
- Esnek programlanabilme ve genişleyebilme özellikleri, değişen ihtiyaçların karşılanmasını ve sisteme ekler yapılmasını kolaylaştırır,

- Yangın algılama, aydınlatma kontrolü gibi diğer sistemlerle entegrasyon, binada bulunanlar için daha güvenli ve konforlu bir ortam sağlar. (Şenalp, 2003)

2.6. Bina Otomasyon Sistemlerinin Bina İşletimine Sağladığı Faydalar

Binalarda çalışan, yaşayan insanlara gerekli konfor şartlarının sağlanarak performanslarının artırılması için büyük yatırımlar yapılarak ısıtma, soğutma, havalandırma aydınlatma gibi tesisatlar kurulmaktadır. Bu yatırımlardan en yüksek faydanın alınabilmesi için bu tesisatların kontrolü büyük önem kazanmaktadır. 1980'li yılların başlarında, bina işletiminde artan enerji ve işgücü maliyeti, daha karmaşık hale gelen tesisatlardan yola çıkılarak bina otomasyon sistemleri geliştirilmiştir. Tüm tesisatların tek bir merkezden izlenebilme ve kumanda imkanı, binanın özelliklerine göre sistem dizayn ve programlama yeteneği sayesinde Bina Otomasyon Sistemleri bilhassa çok katlı veya geniş alana yayılmış binalarda kaçınılmaz hale gelmiştir. Yıllarca, günde 24 saat aktif olan bu sistem, çalışma ömrünün her saniyesinde işletme maliyetini düşürmekte; kapsamına ve binanın yapısına göre 1,5 ila 3 yıl arasında maliyetini amorti etmektedir

Bina otomasyon sistemlerinin işletmeye getireceği faydalar ve maliyet indirimi aşağıda belirtilen ana başlıklar altında görüşlerinize sunulmuştur:

- Enerji Tasarrufu; Bina Otomasyon Sisteminin sağladığı faydaların en önde geleni enerji tasarrufudur. Binalarda işletme maliyetinde en yüksek kalemi oluşturan yakıt ve elektrik enerjisi, bu sistem sayesinde sadece ihtiyaç ölçüsünde kullanılmaktadır,
- Mahallerin iklimlendirilmesinde (klima santrallerinde) öncelikli olarak bedava enerji olan dış hava kullanımınıdır. Dış hava şartları (sıcaklık ve nem) uygun ise, mahal önce dış hava ile konfor şartlarına getirilmeye çalışılmaktadır. Eğer dış hava yeterli değil ise, sadece ihtiyaç kadar ısıtma veya soğutma enerjisi kullanılmaktadır,
- Binada mevcut ısıtma, soğutma, havalandırma, aydınlatma tesisat ve ekipmanları ancak ihtiyaç olduğu zaman sistem tarafından devreye sokulacaktır. Bu, sisteme girilecek çalıştırma/durdurma zaman programına göre olabileceği gibi ölçülen sıcaklık, hava kalitesi, nem değerlerinin belirlenen değerlerin altına düşmesine veya üzerine çıkmasına göre otomatik olarak yapılabilecektir,
- Otomasyon Sistemi; kontrolü altındaki ekipmanların, yüklenecek program çerçevesinde, insan inisiyatifine bırakmadan kontrol ettiği için insan hatalarından veya gecikmelerinden oluşabilecek gereksiz enerji tüketimini ortadan kaldıracaktır,

- Merkezi operatör terminali ve işletmeye yönelik yazılımı sayesinde, verimsiz çalışan tesisat ve ekipmanlar anında belirlenebilmekte, böylece belki yıllarca verimsiz çalışına dolayısıyla fazla enerji tüketimi ortadan kaldırılacaktır,
- Konfor şartlarının kesintisiz sağlanarak çalışanların performansının artırılması; Mekanlarda gerekli sıcaklık, nem ve hava kalite gibi konfor şartların sağlanması için tasarlanan klimalar; otomasyon sisteminden kontrol edilmektedir,
- Mahallerdeki insan sayısının yoğunluğu ve diğer etkenlerden dolayı gün boyunca değişkenlik gösteren şartlar, sistemin binanın özelliklerine göre programlanabilme yeteneği sayesinde en kısa zamanda düzeltilebilmekte ve arızaların anında sistemden izlenebilmesi sayesinde mahallerde, konfor şartları kesintisiz olarak sağlanabilmektedir,
- Optimum Start/stop özelliği insanların daha mesai başlangıcında konfor şartlarına sahip mahallere girmesini sağlamaktadır. Böylece kötü çalışma şartlarından dolayı oluşabilecek performans düşüklüğü ortadan kaldırılacaktır,
- İşgücü tasarrufu sağlaması; çok katlı ve çok geniş bir alana yayılmış binalarda sahadaki ekipmanların kontrolü ve mahallerin konfor şartının sağlanması, mahalde sürekli olarak değişen insan sirkülasyonu ve ortam sıcaklık ve hava kalite değerlerini sabit bir değerde tutmak klasik bir sistemde, hem zaman kaybı hem de işgücü fazlalığı olarak karşımıza çıkacaktır,
- Alışveriş merkezi gibi çok geniş alana yayılmış bir komplekste sahadaki ekipmanların kontrolü ve mahallerin konfor şartının sağlanması için tüm sistemin tek bir noktadan kontrolünün ve gözleminin yapılması işgücü açısından büyük tasarruf sağlayacaktır. Böyle bir sistemde otomasyon sistemini kontrol eden bir operatör ve beraberinde çalışacak bir veya iki teknik personel ile bütün binanın kontrolü ve işletmesi sağlanabilmektedir. Tesisatlarda oluşan problemler, sistemi kontrol eden operatör tarafından teknik personele iletilerek problemlerin giderilmesi ve probleme müdahale ve işin bitirilme zamanı da yine otomasyon sistemi tarafından operatöre bildirilmektedir. Burada operatör bütün sistemi tek başına gözlemleyebilmekte ve binadaki konfor şartlarını ayarlayabilmektedir. Bu sayede sahada oluşabilecek arızalar anında görülebilmekte ve müdahalesi de çok hızlı bir şekilde yapılabilmektedir,
- Kontrol edilen ekipman ve cihazların verimliliğinin ve çalışma ömürlerinin maksimize edilmesi; ekipmanlarda (fan, pompa vb) oluşabilecek arıza ve alarmlar, otomasyon sistemi tarafından sürekli olarak izlenmekte ve anında grafik ekranlı operatör terminali üzerinde ve yazıcıda, teknik servis elemanlarına iletilmektedir. Böylece arızalı

ekipmanın çalışmamasından kaynaklanabilecek verimsizlik, arızanın büyümesi, arızanın diğer ekipmanların etkilenmesi gibi durumlar ortadan kaldırılmakta ve cihazların ömrü uzatılmaktadır,

- Kademeli ve yedekli çalışan (kazan, pompa, chiller gibi) ekipmanların çalışma sıraları belirli sürelerde değiştirilerek, ekipmanların bir dönem sonunda eşit sürelerde çalışması sağlanacaktır. Buda örneğin; yedekli çalışan pompaların birisinin daha fazla, diğerinin daha az yıpranması önlemektedir. Böylece her iki pompadan da aynı oranda verim alınması sağlayacaktır,
- Sürekli bakım gerektiren ekipmanların takip edilmesi; Otomasyon sistemi tarafından, sahada çalışan ekipmanların (fan motoru, pompa, kazan, chiller, filtre, vana, damper gibi) çalışma süreleri sürekli olarak toplanmaktadır. Çalışma süreleri toplanan ekipmanların set edilen çalışma sürelerini doldurma durumunda, sistem söz konusu ekipmanın bakımının yapılma zamanı geldiğini görsel ve yazılı olarak operatöre bildirmektedir. Zamanında bakım yapılması sayesinde, ekipmanların arızalanması engellenerek, verimliliği arttırmakta ve çalışma ömürleri uzatılmaktadır,
- Teknik personel performansının değerlendirilebilmesi; Tesisatlarda oluşan arızalar anında bilgisayar ekranında görsel ve yazılı olarak izlenmekte ve yazıcıdan yazılı dökümü alınabilmektedir,
- Tesisatlarda oluşan her bir arızanın oluşumu, operatör tarafından arızayı gördüm anlamında onaylaması ve arızanın düzeltilmesi zamanı tarih/saat/dakikasıyla birlikte kaydedilmektedir. Bu tür kayıtlar teknik personelin kişisel bazda performansının değerlendirilmesini sağlamaktadır. Dolayısıyla meydana gelen arıza uzun bir süre giderilmemiş ve bunun sonucunda oluşabilecek verimsiz çalışma, enerji kaybı, konfor şikayeti gibi problemler meydana gelmiş ise, olaya müdahale etmekte geciken veya müdahale etmeyen teknik personel uyarılabilmektedir. Bu da hem işletme açısından hem de bir arada çalışan personel arasında sıkı bir disiplin sağlayarak konfor, kalite ve güvenlikten ödün vermeden en üst düzeyde hizmeti sağlayacaktır,
- Tesisat zayıflıklarının ve verimsizliklerin belirlenebilmesi; arıza ve bununla birlikte oluşan alarmin giderilme süresi veya arızanın ne sıklıkla meydana geldiği bir rapor halinde kullanıcıya sunulurken, ileriki aşamalarda böyle bir arızanın önlenmesine yardımcı olacağı gibi, bu tür arızaların ne kadar sürede düzeltildiğini de hesaplamak mümkün olmaktadır. Sistem tarafından her bir noktanın ayrı-ayrı kayır ve tarih bilgileri sürekli olarak tutulmakta ve operatöre grafik ortamda hazırlanmış eğriler doğrultusunda raporlar vererek, tesisatların doğru çalışırılığını ve verimliliği hakkında

istatistiği bilgiler sunmaktadır. Örneğin, kazanın sisteme göndereceği sıcak su bilgisayar ekranında set edilmekte ve ısıtma suyu sıcaklık değerine göre kazan devreye sokulmaktadır. Burada hem kazanın set değer noktasının hem de kontrol sıcaklık değerinin zamana bağlı olarak trend eğrileri otomatik olarak alınarak, kazanın istenilen değeri ne kadar sürede yakaladığı veya hangi sıcaklık farkında ne kadar süre çalıştığı, renkli grafiklerle hesaplanıp detaylandırılmaktadır. Bu sayede ilgili kazanın verimli çalışıp çalışmadığı veya herhangi bir problemin olup olmadığı anlaşılabilir. Çünkü, kazan, chiller, klima santral gibi cihazların yetersiz kalmasını veya düşük verimle çalıştığını herhangi bir arıza olarak algılamak mümkün değildir. Ancak zaman içerisindeki performanslarına bakılarak bu şekilde bir değerlendirme yapılabilmektedir. Bu sistemlerin verimsiz veya yetersiz kalması, çok daha fazla enerji harcanarak az verim alınması ve zaman kaybı anlamına gelmektedir,

- İnsan hatalarının ortadan kaldırılması; sahada her tip ekipmanın (klima santrali, kazan, chiller, pompa, aspiratör gibi) kontrolü, sisteme yüklenen program tarafından sürekli olarak gözetilip, kumanda edilmektedir. Herhangi bir cihazda oluşan arıza ve alarmların, diğer ekipmanların etkilememesi için gerekli önlemler ve müdahaleler (örneğin, klima santrali donma alarmı durumunda fanların durdurulup santral hava giriş damperlerinin kapatılarak, ısıtma vanasının açılıp ısıtma bataryasının patlamasını önlenmesi gibi.) otomatik olarak sistem tarafından alınmaktadır. Oldukça geniş bir alana yayılmış olan komplekslerde, otomasyon sistemi klasik müdahaleleri ortadan kaldırdığı için insan hatalarını ve gecikmelerini de ortadan kaldırmaktadır. Burada sistem sadece arıza ve alarm durumlarında değil, örneğin teknik merkeze uzak bir bölgedeki cihazın zamanında çalıştırma ve durdurma işleminin zamansız yapılması gibi Böyle bir durumda cihaz ya başlaması gereken saatten daha geç devreye sokularak konfor şartlarını ayarlayamayacak ya da durması gereken saatten daha geç bir saatte durdurularak gereksiz elektrik enerjisi veya yakıt harcayarak işletmeye hem mali yük getirecek hem de gereksiz çalışmadan dolayı cihazın ömrü kısılacaktır. [53]

2.7. Bina Otomasyon Sistemlerinin Tasarım Konuları

Bina otomasyonunun temel çalışma şekli dijital kontrolörlere bağlı bulunan giriş ve çıkış noktalarının taranması ve beklenmeyen durumlarda alarm ve rapor verilmesi ile birlikte kontrol fonksiyonlarının otomatik olarak yerine getirilmesidir. Merkezi sistemlerle kontrollarda konvansiyonel doğrudan bağlantılı sistemlerle kıyaslanamayacak derecede esnek

kontrollar sağlanır ve sistemi s¼rekli izleyen bir personele gerek duyulmaz. B¼ylece insan g¼c¼ daha verimli kullanılmış olur.

Bina otomasyon sistemlerinde en iyi performansı sağlamak i¼in dikkat edilecek noktalar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Bina tasarım i¼eriđi ¼nceden d¼ř¼n¼lmelidir aksi halde sonradan eklenen elemanlar kendi i¼inde bir b¼t¼n oluşturan elemanlarla ¼akıřabilir,
 - M¼řteri merkezi sistemi kontrol edebilecek yetenekte personel bulundurmalıdır,
 - Sistemdeki algılayıcı, enstr¼manlar, kontrol¼rler (dış istasyonlar) gibi donanım ve yazılımın maliyeti ¼nceden belirlenmelidir,
 - Sistemin sağlayacağı enerji tasarrufu bilinmelidir,
 - İlk bir veya birkaç yıl i¼inde enerji t¼ketimeinin yazılımda optimizasyonu yapılmalıdır.
- (Avinca, 1999)

3. AKILLI BİNALAR

3.1. Küresel Çerçeve de Akıllı Binalar

Sürdürülebilirlik terimi günümüzde en çok kullandığımız kelimeler arasına girmiştir. Bu terim ile ekosistemi korumanın tek yolunun doğal kaynakları korumaktan geçtiğini anlıyoruz.

Sürdürülebilir gelişme, sürdürülebilir planlama, bir kaynak olarak çevrenin tüketilmesi ve yitirilmesine önem vermeden kullanımına karşı geliştirilen bir planlama anlayışıdır. Böylece bu anlayış içerisinde çevrenin sadece o dönem kullanıcılarının istek ve gereksinmelerini karşılayacak biçimde değil, fakat aynı zamanda, çevresel kaynakların gelecek kuşaklar tarafından da kullanım hakkını gözeterek çağdaş bir değerlendirmedir. Sürdürülebilir gelişme ve planlama, doğal çevre ve ekonomik etkinlikler çerçevesinde olmak üzere, genelde doğal kaynakların tüketilmesine neden olan davranışları engelleme ve bu davranış biçiminden kaynaklanan yerel, bölgesel, ülkesel, ülkelerarası kayıplara neden olacak sorunlara çözüm bulabilmek amacı ile geliştirilen düşünce sistemleridir."

Sürdürülebilir kalkınma, ekonomik büyüme ve refah seviyesini yükseltme çabalarını, çevreyi ve yeryüzündeki tüm insanların yaşam kalitesini koruyarak gerçekleştirme yöntemidir. Çevreye olan etkinin büyük bir bölümü bir ürünün kullanım sürecinde tüketilen enerjiden kaynaklanmaktadır.

Sürdürülebilir enerji kullanımı, gereksinim duyulan enerjinin en az finansmanla, en az çevresel ve sosyal maliyetle ve sürekli olarak elde edilmesini sağlayan politika, teknoloji ve uygulamaları kapsamaktadır.

Bir diğer tanıma göre de sürdürülebilir kalkınma, insan ile doğa arasında denge kurarak doğal kaynakları tüketmeden, gelecek nesillerin ihtiyaçlarının karşılanmasına imkan verecek şekilde bugünün ve geleceğin yaşamını ve kalkınmasını programlama anlamını taşımaktadır. Sürdürülebilir kalkınma sosyal, ekolojik, ekonomik, mekansal ve kültürel boyutları olan bir kavramdır.

Enerji alanında sürdürülebilirlik üç ana ilkeye dayanmaktadır:

- Enerjinin etkin kullanımı ve tasarrufu,
- Enerji üretimi ve kullanımının çevrede meydana getirdiği olumsuz etkilerin ve kirlenmenin en aza indirilmesi için çevre dostu enerji stratejilerinin geliştirilmesi,
- Yenilenebilir enerji kaynakları kullanımının artırılması ve bu alandaki teknolojik gelişmelere hız verilmesi.

Eğer binalardan bahsedicek olursak, bir binanın ekonomik sürdürülebilirliği iki parçaya incelenebilir. Birincisi, “yatırım”, dizayn-projelendirme-yapım maliyetleri, ikincisi, “işletme”. Yatırım ve işletme maliyetlerini düşürmekteki en önemli kriterler aşağıda sıralanmıştır:

- Düşük enerji tüketimi,
- Kolay temizlenebilir ortamlar,
- Kolay işletilebilen ortamlar,
- Kolay bakım yapılabilen ortamlar.

Sürdürülebilirlik olgusu sosyal ve kültürel açıdan bina sakinlerinin konfor, güvenlik ve rahatlık ihtiyaçlarını içermektedir. Bunların yanı sıra en önemli ihtiyaç sağlık ihtiyacıdır. Kültürel kaynakları korumak mimarlara, şehir planlamacılarına çok geniş bir çalışma ve araştırma alanı olmuştur.

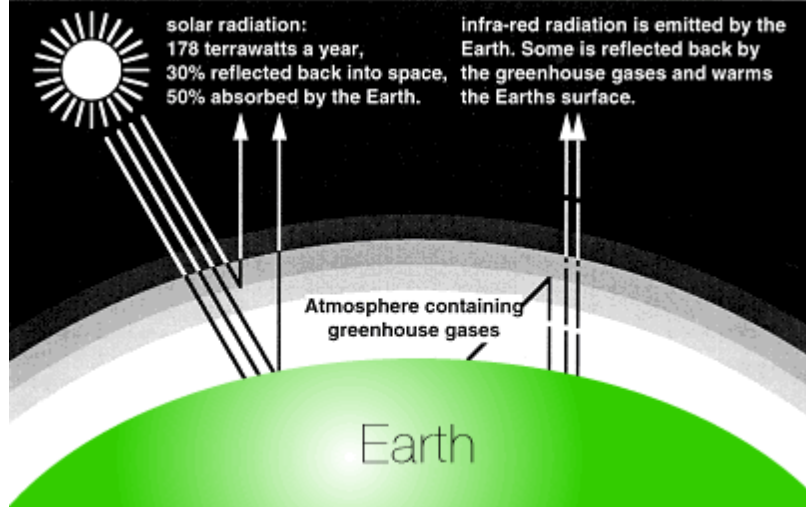
Günümüz dünyasında, binalar birçok doğal kaynağı kullanmakta ve bu kaynakları tüketmektedir ve aynı zamanda bu tüketim sonucunda ekosisteme büyük bir etkisi vardır. Bu nedenle çağımızda tasarımcıların, bilim adamlarının en büyük amacı bina kalitesini artırmak ve binaların doğal kaynak kullanımını, çevreye verdikleri olumsuz etkileri minimize etmektir. Bu nedenle binaların kapalı bir çevrim içerisinde farklı enerjileri sürekli geri dönüştürerek kullanması amaç edinilmiştir. Çevresel etkileri ortadan kaldırmak demek mevcut enerjiyi en verimli şekilde kullanmak ve bina kalitesini yükseltmektir.

Ekosistemin sürdürülebilirliğini tehdit eden en önemli faktör sera gazlarıdır. Sera gazları sizinde bildiğiniz gibi küresel ısınmaya, iklim değişikliklerine sebep olmakta ve ekosistemin doğal dengesini oldukça bozmaktadır. Ekosistemin dengesindeki bu bozulmalar tüm canlı alemini olumsuz yönde etkilemektedir.

En önemli sera gazı olarak karbondioksiti örnek verebiliriz. Sera gazlarının atmosferdeki yoğunluğunun artması, atmosfer katmanlarının zarar görmesine sebep olmakta ve bu durumda yerkürenin dış etkilere karşı dayanıklılığının azalmasına sebep olmaktadır.

Sera gazlarının yerküreye olan etkisini Şekil 3.1’de görebilirsiniz.

Bu sebepten dolayı günümüz dünyasında enerjiyi korumak ve verimli kullanmak en önemli konuların başında gelmektedir. Enerjinin büyük bir kısmını tüketen binalarda enerjiyi verimli kullanmak için BOS kullanılmaya başlanmış, bu sistemler sayesinde bina içerisindeki enerji tüketen öğelerin kontrolü sağlanmıştır.



Şekil 3.1 Sera gazlarının yerküreye etkisi (Nikolaou, vd. 2007)

BOS bina sistemlerini kontrol ederken göz önünde bulundurduğu en önemli parametreler termal konfor, iç hava kalitesi olmuştur. Bu enerjiyi verimli kullanma olgusu ve bu yönde yapılan araştırmalar, teknolojik gelişmeler günümüz binlarını akıllı binalar olma yoluna itmiştir. (Nikolaou, vd. 2007)

3.2. Akıllı Bina Tanımları

Son yıllarda dünyada yaşanan birçok enerji krizleri sonucunda anlaşıldı ki, dünya üzerindeki enerji kaynakları sonsuz değil ve tükenebilir. Bu gerçeğe bağlı olarak son yıllarda daha temiz bir çevre yaratma ve enerjiyi son derece verimli kullanma amaçları birçok teknolojik gelişmenin oluşmasına sebep oldu. Bu durum inşaat sektörüne “ Building Energy Management Systems” (BEMS – Bina Enerji Yönetim Sistemi) olarak yansdı. BEMS’den bina içerisindeki enerji tüketen tüm sistemlerin bilgisayar üzerinden kontrol edilmesi olarak bahsedilebilir. Bu sistemler ısıtma, soğutma, havalandırma, aydınlatma vb. sistemler olarak sıralanabilir. Bu sistemler ayrı ayrı kontrol edilebileceği gibi bir bütün olarakta kontrol edilebilir, burada asıl amaç tüm bu sistemleri en verimli şekilde kontrol edebilmektir.

Bugünlerde, “akıllı bina” teriminin popülerliği oldukça artmıştır, bu terim son yüzyılda ve günümüzde büyük bir market yaratmaktadır. “Akıllı” terimi aslında birçok farklı anlama gelebilen bir kelime olmasına rağmen, bu sektörde özellikle insan yapımı sistemler için kullanılmaktadır. “Akıllı olma” olgusu kesinlikle umulmadık bir durum altında yapılabilecek olası hareketlerden birini seçerek, oluşan duruma doğru tepkiler veren elemanlar için kullanılan bir terim olarak kabul edilebilir. Hataları tolare etme ve doğru zamanda doğru tepkiler verebilme kavramı “ yapay zeka”nın önemli bir ögesi olarak görülebilir. Bunun yanı sıra “Akıllı olma” olgusu ayrıca insan zekasının

kullandığı metotları hatırlatan bir kavramlar bütünü olarakta görülebilir (yapay sinir ağları, bulanık mantık vb. gibi).

Akıllı bina teknolojileri genellikle 4 sistemin entegrasyonu olarak görülebilir. Bunlar, Building Automation System (BAS-Bina Otomasyon Sistemi), Telecommunications System (TS-Telekomünikasyon Sistemi), Office Automation System (OAS-Ofis Otomasyon Sistemi) ve Computer Aided Facility Management System (CAFMS-Bilgisayar Destekli Özellik Yönetim Sistemi). Karmaşık bir Bina Otomasyon Sistemi akıllı binanın temellerini oluşturur.

“Akıllı“ terimi ilk olarak 1980’lerin başlarında ABD’de bir binayı tanımlamak için kullanılmıştır. “Akıllı bina” kavramı bilgi teknolojisinin gelişimi ve konforlu yaşam alanları ve konfor gerekliliklerinin bir sonucu olarak ortaya çıkmıştır.

Akıllı bina teknolojileri ve performans değerlendirmesi metotları konusunda birçok araştırma yapılmıştır. Akıllı bina yatırımlarının artması ve akıllı binaların karlılığının anlaşılması akıllı bina yatırımlarının değerlendirilmesi için yapılan araştırmalara öncü olmuştur.

Wigginton ve Harris’in araştırmasına göre, şu an dünya üzerinde 30’un üzerinde farklı akıllı bina tanımı vardır. Bu araştırmaya göre ilk akıllı bina tanımları bina teknolojileriyle bağlantılı olmuştur, kullanıcılarla etkileşim göz önünde bulundurulmamıştır.

Aşağıda örnek akıllı bina tanımları sıralanmıştır:

- Cardin, akıllı binayı “ tamamiyle otomatikleştirilmiş bina servis ve kontrol sistemi” olarak tanımlamıştır,
- The Intelligent Building Institution in Washington, akıllı binayı “birçok farklı sistemi koordineli bir biçimde kaynakları verimli bir şekilde kontrol etmek ve teknik performansı artırmak, yatırım ve işletme maliyetlerini düşürmek ve esnekliği sağlamak amacıyla bir araya getiren sistemler bütünü” olarak tanımlamıştır,
- Robathan, Preiser, Schramm, Wigginton and Harris, akıllı binayı “ kullanıcı ihtiyaçlarına karşılık vermek” olarak tanımlamışlardır,
- Clements-Croome, akıllı binalar konusunda “ günümüzde insanların sağlıklı ve mutlu olmaları ile bina hizmet servislerinin ve iş yönetiminin çok yakın bir ilişkisi olduğunun farkındalığı artmıştır. Bina ortamı içerisinde yaşayan insanların psikolojisini, verimliliklerini ve tatminlerini kesinlikle etkilemektedir” demişlerdir,
- Bazı yazarlar ise akıllı binayı “ bina yapılarını, sistemlerini, servislerini ve yönetimini, insanların daha verimli çalışabilecekleri ortamlar yaratmak için yönetilmesi ve optimize edilmesidir” olarak tanımlamışlardır,

- Son zamanlarda bir çok yazar akıllı binayı, “ öğrenme kabiliyeti olan”, “ çevre ve yaşayanlara uygun olarak performansı kontrol eden” olarak tanımlamışlardır.Bu yazarlara göre akıllı bina “ yalnızca kişisel, organizasyonel ve çevresel gerekliliklere cevap veren değil, ayrıca öğrenmeyi ve performansı ayarlamayı bilen sistemler” olarak tanımlamışlardır,
- The Intelligent Building Institute of the United States, akıllı binayı, “ yapılar, sistemler, servisler, yönetim ve bunların ilişkilerini içeren 4 temel öğesinin optimizasyonu ile verimli, üretken ve uygun maliyetli çevreler sağlayan bir sistemler bütünü” olarak tanımlamıştır,
- The UK-based European Intelligent Building Group, akıllı binayı, “ bina sakinlerinin verimliliğini maksimum yapacak çevreler yaratan, aynı zamanda minimum maliyetlerle kaynakların çok verimli bir şekilde kontrol edilmesini sağlayan sistemler bütünü” olarak tanımlamıştır,

Tam bir akıllı bina tanımı bulma ihtiyacı kritik bir durumdur, çünkü doğru bir tanımlama yapılamazsa gelecek yapılacak binaların dizaynı zorlaşacaktır. Bu sorunun cevabı olarak, yani uygun akıllı bina tanımını belirlemek için iki aşamalı bir strateji önerilmektedir.

İlk aşama 9 adet “ Quality Environment Modules-QEM-Kalite Çevre Modülü” içermektedir (M1-M9). İkinci aşama fonksiyonel gereklilikler, fonksiyonel alanlar ve teknolojileri üç anahtar ögeyi içermektedir.

Chow, sağlık gereklilikleriyle ilgili olarak var olan modüllere eklemeler yapmayı önermiştir (M10).

Quality Environment Modules-QEM-Kalite Çevre Modülü

- n M1: çevre dostu - sağlık ve enerji korunumu
- n M2: alan kullanımı ve esneklik
- n M3: uygun maliyetler – işletme ve bakım
- n M4: insan konforu
- n M5: verimli çalışma
- n M6: güvenlik – yangın, deprem, doğal felaketler, yapısal zararlar vs.
- n M7: kültür
- n M8: yüksek teknoloji
- n M9: yapım prosesi ve yapı
- n M10: sağlık ve hijyen

Akıllı bina tanımı yukarıdaki 10 anahtar öge göz önünde bulundurularak yapılmalı, bunlara göre dizayn edilmeli ve inşa edilmelidir. (Wong, vd. 2005)

Teknolojik gelişmelerin mimarlıkta ortaya çıkardığı kavramlardan olan “akıllı bina”lar bina tasarımına getirdiği yenilikler doğrultusunda birçok çalışmaya konu olmaktadır ve akıllı binalar enerji kullanımları yönünde incelenmektedir. Araştırmalar sonucunda akıllı binaların yapım ve kullanım aşamalarındaki maliyetleri nedeniyle daha yüksek bina uygulamalarında tercih edildiği ve yüksek bina uygulamalarının da çoğunluğunu iş merkezleri ve büro binalarının oluşturduğu görülmektedir.

“Akıllı Bina” teknolojik gelişmeler doğrultusunda mimarlıkta ortaya çıkan bir kavramdır. Akıllı binalarda amaç, enerjinin en verimli şekilde kullanılması ve çevresel sistem teknolojileri ile bütünleştirilerek çalışma performanslarının artırılması olarak belirtilmektedir. Çağdaş yapım teknikleriyle gerçekleştirilen akıllı binalar, tasarım aşamasından kullanım aşamasına kadar çok çeşitli alt sistemler ile bunların tasarım ve üretimini üstlenen disiplinlerin uyum içinde birarada ve titiz bir çalışmasını gerektirmektedir.

Binaları akıllı hale getirmek veya bu yönde planlamak her şeyin çözüldüğü anlamına gelmemektedir. Bütün bu senaryoların hazırlanması, sistemin kontrolü, denetimi ve uygulanması aşamaları profesyonel bir ekip gerektirmektedir. Henüz hiçbir akıllı sistemin yanında insan olmadan sağlıklı çalışmadığı bilinmektedir.

Bu yüzyılda akıllı binalar hızla yaygınlaşmaktadır. Ofis, konut, müze, fabrika, alışveriş merkezi, kütüphane, kamu binası gibi değişik işlevlere sahip her tür binaya, akıllı bina olma yeteneği eklenebilir hale getirilmesi planlanmaktadır. Hatta daha sınırlı işlevlere yönelik olmakla birlikte, konutlarda da tercih edilmeye başlanmıştır. Enerji kullanımı açısından bakıldığında, konut çözümlerinde daha rahat uygulanabilen pasif akıllı yapı çözümleri yüksek katlı binalara da taşınabilmelidir.

Akıllı binalar kendilerini kullananların değişen taleplerine uyabilen ve değişebilen yapılar olmalıdır. Akıllı binalardan beklenen, teknolojinin gerektirdiği yeni gereksinimlerine akılcı çözümler sunmaları ve gelecekte esnek davranabilecek şemalarda çözümlenerek bina maliyetlerini minimumda tutmaları yönündedir. Enerji verimliliği, konfor, en son bilgi teknolojisi gelişmelerinin kullanılabilmesi, gelecekteki gereklilikler için yenilenebilirlik kapasitesi, bir binanın akıllılığından bahsedilirken değinilmesi gereken unsurlardır.

Akıllı bina tasarımında farklı bina tipolojilerine özgü olarak farklı tasarım sorunları gündeme getirilmiştir. Teknolojik ilerleme tarafından desteklenmiyorsa, iş sürecindeki teknikleri iyileştirmeye yönelik çabalar verimlilik açısından sınırlı olacaktır, fakat bazı durumlarda işle ilgili sorunlara teknoloji dahi bir çözüm üretememektedir. Toplumun genel anlamda iyiye doğru

evrimine en çok katkıda bulunacak yol, doğru teknolojilerin var olan en iyi çalışma usulleriyle verimli bir şekilde birleştirilmesidir. Yapılarda, değişen ihtiyaçlar göz önüne alındığında zamanla değişime imkan verebilmesi amaçlanacaktır.

Günümüzde genellikle metropol kentlerde yoğunlaşan akıllı bina kavramının, zamanla daha küçük yerleşme birimlerine de taşınacağı görülmektedir. Enerji açısından pasif akıllı sistemlerle desteklenen büro binaları, teknolojik gelişmelere bağlı olarak yaygınlaşmaktadır. Akıllı binalar kavramsal açıdan bir kimlik krizi yaşamaktadır. Binalar gelişebilir olmayan, az fonksiyonel, yüksek maliyetli alanlar olmaktan çıkıp, verimli, etkin iletişim ve kontrol alanları olmaya doğru yol almaktadır. Ancak binalar bu özelliklerin çoğunu içinde barındırmasa da akıllı olarak tanımlanmaktadır. Bu nedenle de kavram yönünden karışıklıklar ortaya çıkmaktadır.

Teknolojik ilerleme hız kaybetmeden devam etmekte, fakat ilerlemenin yönü sabit kalmaktadır. Teknolojinin sürekli ilerleme içinde olduğunu kabul etmek ve teknolojinin geçici talepleri yerine bireylerin kalıcı gereksinimlerine cevap veren binalar sunmak mimarların ve tasarım uzmanlarının sorumluluğu olmalıdır. Teknolojik gelişme ile bilgisayarlardan enerji merkezine, havalandırmadan tesisata kadar uygulamadaki zorluklar ortadan kaldırılıp, tasarım aşamasından itibaren insanlara daha rahat ve verimli ortamlar sunulması mümkün olmaktadır.

Akıllı bina tasarımında farklı bina tipolojilerine özgü olarak farklı tasarım sorunları gündeme gelmektedir. Gelişen teknolojik ilerlemelerle desteklenmeyen tasarım ve uygulama sürecindeki çabalar verimlilik açısından sınırlı olmaktadır. Toplumun genel anlamda gelişimine en çok katkıda bulunacak yol, doğru teknolojilerin var olan en iyi çalışma usulleriyle verimli bir şekilde birleştirilmesidir. Yapılarda, değişen ihtiyaçlar gözönüne alındığında zamanla değişime imkan verebilmesi amaçlanmaktadır. Bu anlamda akıllı binalar da teknolojiyi en çok kullanan bina türü olmaları nedeniyle önemli yer tutmaktadır.

Akıllı bina teknolojilerinin birinci önceliği enerji (ısı ve ışık) tasarrufudur. Akıllı bir binada %25-35 arası enerji tasarrufu sağlanmaktadır. İkinci öncelik insanların yaşadığı mekanlardaki üretimini artırmak ve güvenliğini sağlamaktır. Bunun için özellikle iş ortamında her türlü konforun ve hızın sağlanması ile çalışanlara daha küçük alanlar yetebilmektedir. Bu bakımdan akıllı binalar bina tasarımlarına yenilikler getirmektedir. Bu nedenle de özellikle son dönemlerde bu konularda araştırmalar yaygınlaşmaktadır. Yerel olanakları değerlendiren ve kendine yetebilen sistemler, doğal enerjileri yararlı hale dönüştüren dönüşümlü malzemelerin kullanımı, az enerji ile elde edilen malzeme seçimi, enerji akımlarını (su, ısı, ses izolasyonu) akıllıca yönlendirme, izolasyon malzemelerinin doğru seçimi, kendi kaynaklarının bazılarını üretebilen ve atıklarını işleyebilen binaların tasarlanması gibi tasarım ölçütlerinin akıllı binalarla bütünleştirilmesi mimarlıkta önemli

bir konu olarak görülmektedir. Gelecekteki gelişmelere yönelik olarak enerji sakınımı ve akıllı binalar konularının incelenmesi ile yeni büro binaları tasarımlarında uygulamalarında bu konuların üzerinde durulması yönünde bu çalışmanın kaynak olabileceği görüşü çalışmanın önemini ortaya koymaktadır. (Sezgin, 2005)

Endüstri toplumlarında, bina yapımında, kullanımında ve işletilmesinde, bilgisayarların giderek ağırlık kazandıkları ve hizmet alanını genişlettikleri gözlenmektedir. Yapım sonrasında kurulan merkezi bilgisayar sistemi, işletme ve kullanıma yönelik tüm hizmetlerin gerçekleştirilmesinde yoğun olarak kullanılmaktadır (güvenlik, yangın, telefon, işletme, enerji kullanımı, asansörlerin yönetimi, hatta çevre koruma çalışmalarında bilgisayar kullanımı gibi). Bina içine yerleştirilen optik kanallar, tüm bilgilerin anında bina yönetim merkezindeki ekranlara yansıtılmasını sağlamaktadır. Böylece kullanım amacı doğrultusunda en verimli çalışma ortamının sağlandığı, işletme masraflarının en aza indirildiği, işletmede en ileri teknolojilerin kullanıldığı problemsiz binalar “akıllı binalar” olarak tanımlanmaktadır. Bu akıllılığın sağlanmasında, kullanım gereksinimlerine bağlı olarak farklı düzenlemelerin yapılabileceği açıktır. Hepsinde ana amaç bina ortamında gerekli kontrolün sağlanmasıdır. Böylece yerel ve merkezi kontroller arasında denge kurulmakta, kullanıcıların kendi ortamlarını ayarlayabilmeleri sağlanmaktadır.

Akıllı bir bina, bina performansının artırılmasına yönelik çalışmalar kapsamında, tasarımda kullanılan yapı malzemelerinde, seçilen sistem ve teknolojilerde ekolojik ilkelerle bir bütünlük oluşturmaya ve tasarımların-kullanıcıların gereksinimlerini taleplerini yerine getirmeye veya karşılamaya çalışır. Akıllı binalarda performansın artırılmasına, çevresel sistemlerin kaynak olarak ele alınması ve enformasyon sistemleri olarak bina ile bütünleştirilmesiyle ulaşılır.

“Bu tanımlar bina yapım sürecindeki belli aşamaları ve/veya bölümleri tanımlamaktadır. Akıllı yapım binanın uygulama aşamasındaki işlemleri tanımlayan bir süreci tariflerken, akıllı donanım bina içi konforu ve binanın içindeki işlevlerin gerçekleştirilmesinin kolaylaştırılmasını sağlamak amacıyla binaya uygun olarak tasarlanmış dijital teknoloji ürünü olan bina yönetim sistemleridir.”

“Bina yönetim sistemi bir anlamda binanın beynidir. Bu sistemler binanın güvenlik, ısıtma, klima, sıhhi tesisat, yangından korunma, haberleşme sistemlerin kontrollerini bir merkezden yönetebilir.”

Ekolojik tasarımın bir üst ve gelişmiş ürünü olan akıllı binalarda, yapım ve kullanım sırasında enerjinin kısıtlanması önemlidir, ancak bu işin nasıl yapılacağı da aynı derecede önemlidir. Binayı akıllı kılan pahalı ileri teknoloji ürünlerinin kullanımı, bunların üretiminde kullanılan yüksek enerji, bakım maliyetlerinin yüksekliği gibi nedenlerden dolayı bu binalar enerji sakınımı sağlayamamaktadır. Bu konudaki araştırmalar ve tartışmalar sürmektedir. Bu konudaki görüşler akıllı bina prototip örneklerinin yıllar sürecektir deneysel sonuçlarını aldıktan sonra netleşeceği

görülmektedir. Bu tartışmaların bu alandaki çalışmaları hızlandıracağı ve çalışmalara yön vereceği gözüyle bakılmaktadır.

Bina akıllılığı değerlendirildiğinde aktif ve pasif sistemler arasında ayırım yapılabilmektedir. Aktif sistemler, ek hizmetlerin dahil olması, pasif sistemler ise bina yapısı ve şeklinin kendisinin dahil olması anlamına gelir. Pasif sistemler hiç enerji gerektirmeyen, hatalara karşı hassas ve zedelenebilir olmayan ve kendilerini doğal sistemler yoluyla kontrol edebilen sistemlerdir. Bu bakımdan akıllı binalar pasif ve aktif akıllı binalar olarak iki başlıkta incelenebilmektedir. Aktif akıllı binalar donatıları yönünden ele alınan, pasif akıllı binalar ise enerji kullanımını yönünden ele alınan binalardır. Pasif akıllı binalar gerekli olan enerjiyi doğrudan doğal kaynaklardan karşılamak amaçlı tasarlanan binalardır.

Pasif sistem özellikleri olarak, izolasyon ve termal kütleler yoluyla ısı kaybı ve kazancını azaltan bir bina dış kabuğu; gün ışığının kullanımını arttıran pencere tasarımı, bina derinliği ve güneş kırınlar; güneşin fazla ısıtmasının en aza indirgeyen pencere tasarımı ve gölgelendirme kullanımı; binanın temel kütlelerinin kullanımı; serinlemek için gece havası kullanımı; nemlilik ve hava kirliliği kontrolü için bitki kullanılması gibi özellikler sayılabilmektedir. Akıllı bina sistemlerin, özellikle aktif sistemlerin, en çok kullanıldığı bina türlerini büro binaları oluşturmaktadır. Çok katlı büro binaları, sanayi devrimi sonrası, modernizmle birlikte süren gelişmesini ekolojik duyarlılık, ileri teknolojiye dayalı donanım ve enerji etkinliğinin artırılmasını hedefleyen yönde devam ettirmektedir. Bu binalar, konfor ve iç ortam hava kalitesi, güneş pilleri, yakıt hücreleri, bilgi ve iletişim teknolojileri gibi hızla gelişen alanlardaki yeniliklerinde ilk yansıdığı binalardır. Akıllı büro binaları konusu, bir modern ofis bloğunda sağlanacak çeşitli kolaylıklardan biri olan etkin enerji kullanımını olgusuyla ortaya çıkmıştır.

Akıllı büro binaları uygulamaları enerji yönetimi sistemlerini geliştirmektedir. Amaç sadece enerji tüketimini kontrol etmek değil, aynı zamanda binadaki diğer sistemlerin bir çoğunu da en iyi şekilde işletmektir.

Nesneye yüklenen akıl, nesnenin yapabildikleri, kabiliyetleri çerçevesinde anlam bulur. Bir binanın akıllı olarak tanımlanabilmesi için, geleneksel binalarımızdan farklı yetenekleri-özellikleri olmalıdır. Akıllı bina, kullanıcı ihtiyaçlarına cevap verebilen, çevre (iç-dış faktörlerin) etkilerini denetleyen, teknolojik ortama adapte olabilen, değişime açık, kullanıcıların kişisel yeteneklerini ve üretkenliği maksimum dereceye çıkararak, güçlü ve dinamik bir makinedir. Çevresine uyum göstermekten çok onu kontrol etmeye çalışan, yeni ihtiyaçlara cevap veren yapay zekalı bir oluşumdur. Bu suni zekanın, kullanıcılara ve nesnelere yüklediği en önemli kavram “ denetim “ kavramıdır. (Bilgin, 2001)

Gelişmiş ülkelerde, bina yapımında, kullanımında ve işletilmesinde, bilgisayarların, paket programlar şeklinde, giderek ağırlık kazandıkları ve hizmet alanını genişlettikleri gözlenmektedir. Yapım sonrasında da kurulan merkezi bilgisayar sistemi, işletme ve kullanıma yönelik tüm hizmetlerin gerçekleştirilmesinde yoğun olarak kullanılmaktadır. Güvenlik, yangın, telefon, işletme, enerji kullanımı, asansörlerin yönetimi, hatta çevre koruma çalışmalarında bilgisayar kullanımı, yönetici ve çalışanların işlerinde yoğunlaşmalarını sağlayarak verimi büyük ölçüde artırmaktadır. Bina içine yerleştirilen optik kanallar tüm bilgilerin anında bina yönetim merkezindeki ekranlara yansıtılmasını sağlamaktadır. Böylece kullanım amacı doğrultusunda en verimli çalışma ortamının sağlandığı, işletme masraflarının en aza indirildiği, işletmede en ileri teknolojilerin kullanıldığı problemsiz binalar "Akıllı Bina" olarak nitelendirilmektedir. Bu akıllılığın sağlanmasında, kullanım gereksinmelerine bağlı olarak farklı düzenlemelerin yapılabileceği açıktır. Hepsinde ana amaç bina ortamında kontrol ağının egemen kılınmasıdır. Bu yoldan yerel ve merkezi kontroller arasında denge kurulmakta, kullanıcıların kendi ortamlarını belli sınırlar çerçevesinde ayarlamaları sağlanmaktadır.

Elektrik, elektronik, bilgisayar, ısıtma, soğutma ve telefon donanımları gibi işletme kapsamındaki tüm hizmetlere bakacak personel, binada ya da yakınındaki tesislerde çalışacaktır. Böylece sorunlar ortaya çıkmadan, özel aletlerle saptanarak önüne geçilmesi mümkün olacaktır. Diğer taraftan servis ve bakım işlerinin daha da ağırlık kazanması beklenmektedir. Bu doğrultuda uzmanlaşmış hizmet sektörünün önemi de artacaktır. Bu sektör uzman eleman yetiştirmenin yanında uygun donanımın seçilmesini ve değişen hizmetlere çözüm üretimini de sağlamak durumundadır. Akıllı binada iç düzen kanal içine yerleştirilmiş sistemlerde gizlidir. Bu durumda eklenen güç gereksinmelerini ve diğer mekanik sistemleri karşılamak için döşeme yüksekliklerinin artması zorunlu olmaktadır. İleri teknoloji için gerekli kablolu hacmi, yükseltilmiş döşemelerin örneğin 23 cm' den 46 cm' ye çıkarılmasını zorunlu kılmaktadır. Günümüzde ve gelecekte büro binalarını ileri teknoloji donanımıyla donatmak büyük önem kazanmıştır. Tasarım aşamasında güç ve iletişim gereksinmelerinin mümkün olduğunca ileriye dönük planlanması şarttır. Akıllı binalar için tek bir tanım bulmak oldukça zor olmaktadır. En başta, akıllı bir binanın bir çok teknolojiyi bir arada kullanıyor olması gerekir. Aslında binalar halen kullanılan ve birçok ileri teknolojiye sahiptirler, burada önemli unsur, teknolojilerin entegrasyonunun ya da birlikte çalışabilirliğinin göz ardı edilmesidir. Teknolojinin imkanlarını bunları birbiriyle bağdaştırarak kullanmak ve onlardan gelen verilere göre yanıt vermek akıllı bina kavramının ana koşullarından biridir. Akıllı bir bina değişen iç ve dış çevre koşullarına göre kendini korumasını bilmeli ve bu koşullara göre insanlara hizmet vermelidir. Hava durumu, yerleşim, nüfus, servis, yönetim ve denetim mekanizmaları binaların

içinde ve dışında sık sık değişir. Bu durumda akıllı binalardan beklenen, bu değişikliklere cevap vermesi dışında, kontrol parametrelerini de çevre koşullarına göre uyarlamasıdır.

Geçmiş yıllarda aydınlatma, elektrikli aletlerin güç taleplerini karşılamak için kolon hattı ve topraklamadan oluşan bina içi elektrik sistemleri günümüzde gelişen teknoloji ile birlikte mekanik ve güvenlik sistemlerinin de bir araya gelmesiyle sistematik bir hal almıştır. Bina Otomasyonu evlerde, iş yerlerinde, tüm kapalı mekanlarda günümüz teknolojisinin üstün avantajlarını sunmaktadır. Bina Otomasyonunda bütün alt sistemler ayrı ayrı kontrol edilebileceği gibi tüm sistemler tek merkezden BİNA YÖNETİM SİSTEMLERİ ile de kontrol edilebilir. Bu kontroller manuel olarak yerinde veya bilgisayar ve modem aracılığı ile uzaktan yapılabilir.

Bu sistemlerin entegrasyonu sonucunda, evler veya işyerleri kontrol edebilir. Enerji yönetimi ile enerji tüketimi tasarrufu ve arıza takibi, klimalandırmanın kontrolü hava sıcaklığına bağlı olarak termostatın ayarı, CCTV (Closed-Circuit Television – Kapalı Devre Televizyon) kontrolü, güvenlik kontrolü vb., bütün sistemlerin tek merkezde kontrol edilmesi mümkün hale gelmektedir.

Binalardaki gelişmeler önce yükselme şekilde ortaya çıkmıştır. Yükselme çabaları sürerken, gelişen teknoloji önce yapıma-yapım sistemine, sonra da binayı oluşturan bileşenlere ve kullanıma yönelmiştir. Bilgisayarlarda ve iletişim sistemlerindeki gelişmeler alabildiğine hızlanmıştır. Bu durumda bina tasarımlarında güncel gereksinmelerin yanında geleceğe yönelik olasılıklar da hesaba katılmalıdır. Bu doğrultuda değerli alanlardan en iyi şekilde yararlanmakla kalmayıp, çalışanların bilgi dosyalarına her an kolayca ulaşmalarının sağlanması düşünülmelidir. Bu düşünce ile büyük büro sistemlerinde hızla bu yola gidildiği gözlenmektedir. Gelişen teknoloji ve artan gereksinimler geleneksel bina yapım ve düzenlerinin aşılmasını zorunlu kılmakta, "akıllı bina" olgusunu öne çıkarmaktadır. Yaşanan ve giderek hızlanan bilgi ve iletişim çağı akıllı bina yapımını kolaylaştırmıştır. Öyle ki yakın gelecekte, eski binalarda da akıllıya yönelme doğrultusunda bir değişimin başlaması kaçınılmaz görünmektedir.

Son zamanlarda bina kalitesinin sağlanmasında ülkemizde de bu yönde çabalar göze çarpmaktadır. Binaların ve alt sistemlerin tasarlanması, kullanıcılara ve kalite gereksinimlerine uyacak şekilde değişecektir. Bu doğrultuda bilgisayarlarda ve iletişim teknolojisinde daha da büyük gelişmeler beklenmektedir. Bunun sonucunda otomasyon her alanda olduğu gibi binada da ağırlık kazanacak, böylece akıllı binaların oluşturulması kolaylaşacaktır. Değişen işlevsel gelişmelerin yanı sıra bina içi konforunda da kalitenin büyük ölçüde artacağını öngörmek mümkündür. Geliştirilmiş mekanik, elektrik ve elektronik sistem tasarımları, binada daha verimli çözümler, daha çok yararlılık/kalite elde edilmesini sağlayacaktır.

Binaların içinde yer alan aktivitelerin verimliliğine ve bina ortamının kendi kalitesinin artırılmasına verilen önemle birlikte yeni bir çağa girilmektedir. Bu çağda seçenklere ve kaliteye daha fazla önem verilecektir. Bu çağ mikro işlem / tele haberleşme / bina otomasyonu çağıdır. Bu dönem elektronik / bilgisayar / bilgi çağıdır. Bu daha kaliteli malzemelerin ve gelişmiş tasarımların dönemidir. Bu yeni çağ "yüksek kalite beklentilerinin" dönemi olarak da nitelendirilebilir.

Teknoloji ya da otomasyon yatırımları doğru kullanıldığında yarar, yanlış kullanıldığında zarar getirecek bir araçtır. Şirketler otomasyon yatırımlarını ellerinde fon olduğu veya rakipleri yapmış olduğu için değil, rekabet güçlerini ve buna bağlı olarak da karlılıklarını artırmak amacıyla yapmalıdırlar. Otomasyon yatırımlarına ilişkin kararlar değişik ve fonksiyonel olarak birbirlerini tamamlayan niteliklere sahip üyelerin bulunduğu takımların bilimsel yöntemleri kullanmaları sonucunda verilmelidir. (Şenalp, 2003)

Son yıllarda teknolojiye, buna bağlı olarak da inşaat sektöründe meydana gelen büyük gelişmeler, çok katlı veya büyük boyutlu ofis binaları, konutlar, oteller, alışveriş merkezleri ve fabrikalar yapılmasına olanak sağlamıştır. Yapıların büyümesi bu yapılarda kullanılması zorunlu olan iklimlendirme (Isıtma, soğutma, havalandırma), aydınlatma, ulaşım (asansör, yürüyen merdiven ve yollar, pnömatik sistemler), güvenlik, depolama, arıtma gibi sistemlerin işletme maliyetlerini arttırmış; ayrıca birbirinden uzak olan bu sistemlerin kontrolünü de zorlaştırmıştır. Bu gibi ihtiyaçlardan dolayı, doğru akılla beslenen elektronik sistemlerin kullanılması kaçınılmaz olmuştur.

Teknolojik gelişmeler, gereksinimleri de değiştirmiştir. Bu değişim, işlevsel içerikli parametrelerde mekan organizasyonlarına, teknik içerikli iki parametrede ise sağlık ve güvenlik başlıklarına yansımıştır. Tüm bu gereksinimler "Denetim Parametresi" nde yeniden tanımlanmaktadır. Bu anlamda Uzakdoğu, enerji etkin, biyoklimatik vb. yaklaşımları ile teknik içerikli; Avrupa ve Amerika, donanıma yansıyan yaklaşımları ile işlevsel içerikli gereksinimlerdeki değişime öncülük eden bina örnekleri vermektedir. Her iki durumda da denetim parametresi "akıllı binalar" olarak tanımlanan ürünleri ortaya çıkarmıştır. Teknolojik gelişime paralel olarak anlık değişimleri algılayan, ölçen, değerlendiren ve değişime göre gerekli tepkiyi veren akıllı sistemler, günümüzde hızla gelişmektedir. Bu sistemlerden yararlanan, sistem entegrasyonu ve otomasyonuna dayalı olarak; değişen koşulları algılama, cevaplama, uyum sağlama ve denetim yeteneği sağlamış binalar akıllı binalar olarak tanımlanmaktadır. Akıllı binalar, bir taraftan kullanıcı konforunu ve yaşam kalitesini yükseltirken; diğer taraftan kullanım, işletim, bakım-onarım ve yenilemeye ilişkin süreçler çerçevesinde, binanın gereksindiği enerji dahil tüm kaynakların etkin kullanımını sağlamaktır.

Bina kullanıcıları farklı yaşam tarzlarına göre, hem herkes tarafından kabul edilen bazı genel gereksinimlere, hem de kişisel olarak değişen birtakım isteklerde bulunabilirler. Ayrıca binaların kullanımları sırasında karşılaşılabilecek sorunlar da önceden belirlenmelidir. Bu çıkabilecek problemler ve kullanıcıların istekleri göz önünde bulundurulmalı, bu sorunlara karşı önlemler alınmalıdır. Bu güvenlik açısından da çok önemlidir. Bu sorunlar ne kadar çok sayıda düşünülürse o kadar çok önlem alınır ve pek çok tehlikeye karşı hazırlıklı olunur.

Akıllı binalar kullanıcıların karşılaşılabilecekleri her türlü probleme çözüm bulabilmelidir. Standart fiziksel özelliklere sahip insanlardan çok fiziksel engelli kullanıcıların yada yaşlıların gereksinimlerine cevap verebilmelidir.

Binaların akıllı bina tanımına uyması için kullanıcıların ihtiyaçlarını karşılaması, konfor sağlaması ve otomasyon sistemlerini kullanması yeterli değildir, ekolojik tasarım ilkelerine de uygun olmalıdır. Enerji tüketimini ve atık madde üretimini minimuma indiren, mümkün olması halinde aydınlatma, havalandırma ve ısıtma gibi ihtiyaçlar için doğal yöntemler kullanan ya da gerekli enerjisini kendi üreten sistemler geliştirilmelidir. (Çıkrıkçıoğlu, 2004)

Dışı giydirme cam cepmeli, en az 10-15 katlı, girişinde kartlı geçiş turnikeleri bulunan, resepsiyona kimlik bırakarak girdiğiniz; merkezi klima sistemiyle sıcaklığı kontrol edilen, kapısında son zamanlardaki moda deyimleriyle "iş merkezi", "plaza" ya da "center" yazan her bina, yine son zamanlardaki moda deyimle "akıllı bina" olarak kabul edilebilir mi?

Bunun cevabını vermek için öncelikle bu binalarda çalışanlara, yaşayanlara, bu binaları yönetenlere bazı soruları sormak gerekiyor. Örneğin pencerelerin açılmasının pek de mümkün olmadığı bu binalarda aşırı sıcaktan, havasızlıktan ya da aşırı serinlikten şikayet ediliyor mu? Klima sistemleri gereksiz saatlerde çalışıp gereksiz enerji tüketimine yol açarken, gerekli olduğu saatlerde duruyor mu? Yazdan kışa, kıştan yaza geçerken dışarıdan bir müdahaleye ihtiyaç duyuluyor mu? Bu binaları yönetenler her gün nedenini bilmedikleri şikayetleri cevaplamakla, arızaları ve aksaklıkları ortaya çıkartmakla mı uğraşıyorlar? Yangın ve güvenlik sistemleri tehlike durumlarında ne gibi önlemler alabiliyor?

İşte bu tür sorulara verilen yanıtlar, bir binanın "akıllı" olup olmadığını belirliyor. Çünkü öncelikle içinde yaşayanların konforunu artıran, güvenliğini sağlayan ve enerji maliyetlerini önemli ölçüde düşüren binalar, "akıllı bina" olarak kabul ediliyor. Örneğin, HVAC (Heating, Ventilating, Air Conditioning) olarak adlandırılan ısıtma, havalandırma, iklimlendirme sistemlerinde binanın sıcaklığı çeşitli bölgelere yerleştirilen klima santralleriyle kontrol ediliyor. Küçük binalarda sıcaklık her klima santralinin üzerine takılı basit bir termostatla ayarlanırken, büyük hacimli binalarda bu

klima santrallerinin merkezi bir bilgisayardan kontrol edilmesi gerekiyor. Ancak merkezi kontrol de binanın her tarafının sıcaklığının eşit düzeyde olmasını sağlayamıyor. Sıcaklık tek noktadan kontrol edilmeye çalışılıp; örneğin 21 derecede tutulmak istendiğinde binanın her tarafının aynı derecede tutulması mümkün olmuyor. Bir taraf daha fazla güneş aldığı anda, bir katta çalışan insan sayısı daha fazla olduğunda ya da bir bölümdeki bilgisayar sayısı farklı olduğunda, güneşin, insanların ve bilgisayarların yaydığı ısı nedeniyle sıcaklık yükseliyor. Bu nedenle merkezden kontrol edilen her klimanın, aynı zamanda ısıttığı ya da soğuttuğu bölgenin sıcaklığına göre kendini ayarlaması gerekiyor. Bu ayarlama da her klimanın ısıttığı bölgeye ayrı ayrı konulan kontrolörlerle sağlanıyor. Eğer o bölgenin sıcaklığı camlardan giren güneş ışınları, insan, ya da bilgisayar sayısı nedeniyle istenilen düzeye geliyorsa klima santralının daha az çalışması, sıcaklık düşük düzeyde kalıyorsa daha çok çalışması gerekiyor. Tabii her klimayı sıcaklık düzeyine göre çalıştırıp durduran her kontrol cihazının da yine merkezi bilgisayara bağlı olması gerekiyor. Böylece her noktanın sıcaklığı tek merkezden izlenebildiği gibi her noktanın sıcaklığı da istenilen düzeye ayarlanabiliyor. Bu sayede örneğin aynı katta bir köşe 22 derecede, bir başka köşe ise 15 derecede tutulabiliyor. Bu sistemlerde elbette yaz-kış ayarı da yine merkezi bilgisayar tarafından kontrol diliyor.

Programa girilen verilerle iç mekanlar için yaz ve kış sıcaklıkları belirleniyor, dış hava sıcaklığına göre, klimaların ısıtma ya da soğutma yapması sağlanıyor.

Akıllı binalarda klima santrallerinin çalışma saatleri de yine merkezi bilgisayar aracılığıyla denetleniyor. Örneğin binanın bir katında işe sabah 9:00'da başlanıyorsa, o kattaki klima saat 8:00'de çalışmaya başlıyor ve insanlar gelene kadar ortamın sıcaklığı istenilen düzeye getiriliyor. Akşam iş çıkış saatine ya da gece çalışma düzenine göre de her katın hatta her bölümün sıcaklığı istenilen düzeyde tutuluyor, insanların bulunmadığı saatlerde klimalar devre dışı bırakılarak enerjinin boşa harcanması önleniyor. Tabii bu arada ısıtma ya da soğutma yapılırken binada iyi bir havalandırma sağlanabilmesi için havalandırma kanallarında dolaşan havanın belirli oranlarda dışarıdan alınan taze havayla karıştırılması, bu karışımın ortamdaki toz, sigara dumanı, koku vb. kirleticilerden arındırılması için filtrelerden geçirilmesi, son aşamada da istenilen sıcaklığa getirilip katlara dağıtılması gerekiyor. Tüm bu işlemleri yaparken en yüksek konforu ve tasarrufu sunan, buna karşılık kontrol edilmesi, ayarlarının değiştirilmesi en kolay olan sistemler "akıllı sistemler" olarak adlandırılıyor.

Bir binanın "akıllı bina" olarak nitelendirilebilmesi için yalnızca "ısıtma, havalandırma, iklimlendirme" sisteminin akıllı olması yetmiyor. Kartlı geçiş sisteminin, yangın algılama ve alarm sisteminin, güvenlik sisteminin, aydınlatma sisteminin hatta asansörlerinin bile "akıllı" olması, ayrıca bu sistemlerin tümünün birbiriyle entegre edilerek tek merkezden kontrol edilebilmesi

gerekiyor. Örneğin yangın algılama ve alarm sistemlerinin "adresiz", "adresli" ve "Akıllı dedektörlü" çeşitleri bulunuyor. Adresiz sistemler yalnızca binada yangın çıktığı alarmının verip bunun yerini bildirmezken adresli sistemler yangının başladığı noktayı güvenlik merkezindeki ekranda gösterebiliyor. Akıllı dedektörlü sistemlerde ise dedektörün kendisi yangın olduğuna karar verip, adresiyle birlikte çok kısa bir zaman dilimi içinde bunu merkezi bilgisayara bildirebiliyor. Bir binanın gerçekten akıllı olup olmadığı, başka bir deyişle tüm bu kontrol sistemlerinin birbirleriyle entegre olarak çalışıp çalışmadığı da işte bu noktada ortaya çıkıyor. Entegre kontrol sistemiyle donatılmış bir binada bir tehlike anında, örneğin yangın algılayıcılardan yangın sinyali alındığında olayın tam yeri güvenlik merkezine bildirilirken otomatik olarak yangın çıkan katta anonslar yapılabilir, kilitli yangın kapıları kendiliğinden açılabilir, asansörler kendiliğinden zemin kata inip içinde kimseyi hapsedmeden durabilir, ilgili kattaki elektrikli cihazların devre dışı kalması sağlanabilir; kısaca tehlike anı için belirlenen senaryolar, merkezi bilgisayar tarafından yerine getirilerek olası tehlikelerin en az zararla atlatılması sağlanıyor.

Akıllı bir binada klima, karlı geçiş-güvenlik ve yangın sistemleri birbiriyle entegre edilebildiği gibi değişik firmalar tarafından geliştirilen; aydınlatmadan, ısıtmaya kadar birbirinden ayrı çalışan kontrol sistemlerinin birbirleriyle haberleşmesi de mümkün olabiliyor. "Echelon Bus" adı verilen ve tüm büyük üreticiler tarafından desteklenen bir protokol sayesinde değişik üreticilerin otomatik kontrol sistemleri ya da otomatik kontrol ürünleri birbirleriyle uyumlu olarak çalışabiliyor. "Açık sistem" adı verilen bu tür uygulamaların, önümüzdeki günlerde "Akıllı binaları" daha da "akıllı" hale getireceğine hiç kuşku yok. Akıllı bir binayı oluşturan sistemlerin birbiriyle entegre edilebilmesi ve tek merkezden yönetilebilir bir bina otomasyon sisteminin oluşturulabilmesi günümüzde bina sahiplerine sanıldığı kadar büyük bir maliyet de getirmiyor. Klima sistemini, yangın sistemini, güvenlik ve karlı geçiş sistemini, geliştirilen özel yazılımlarla, bir PC üstünde, Windows NT işletim sistemiyle yönetmek, istenen sayıda terminalden sistemin izlenmesini kontrol edilmesini sağlamak mümkün. Bu olanaklar sayesinde hem kullanıcıların kolayca yönetebilecekleri bina kontrol sistemleri kurulabilir, hem de bu sistemlerin sağladığı konfor ve enerji tasarrufu kurulan sistemin kısa sürede kendini amorti edebilmesini sağlıyor. [54]

3.3. Akıllı Binaların Tarihsel Gelişimi

İnsanlığın binlerce yıllık tarihine bakıldığında en önemli uğraşın doğal çevreyi kendi ihtiyaçları doğrultusunda değiştirmek ve geliştirmek olduğunu görüyoruz. Doğadaki tüm canlılar gibi insanlarda dışarıdan gelecek tüm tehlikelere karşı bir yere sığınma ve barınma gereksinimi duymuşlardır. Dolayısıyla, akıllı binaların tarihsel gelişimine bakıldığında ilk olarak karşımıza çıkan yapılar, insanın ilkel çağlardan beri en önemli gereksinimi olan konutlardır.

Konut, insan yaşamıyla bütünleşmiş bir olgudur. İnsanlar evlerinde ekonomik ve sosyal yaşamlarının bir parçası olarak doğar, büyür, yaşlanır ve ölürlür. Konutlar, insanların yaşam biçimlerini, tercihlerini, davranışlarını, zevklerini yansıtır. Aslında, sadece insanların bireysel özelliklerini değil, içinde buldukları etnik grubun karakteristik özelliklerini, davranış kurallarını, geçmişten gelen birikimlerini de ifade ederler. Bu özellikler, bulunulan coğrafi konuma, sahip olunan kültürel birikime göre de farklılık gösterir. Bu nedenle ne kadar çok tanımlanabilir kültür varsa, o kadar da farklı konut tipolojileri vardır denilebilir.

Dünyadaki zengin konut tipolojileri bize, toplumların zaman içerisinde değişen dünya görüşlerini de anlatırlar. Bir coğrafyadan diğerine, bir dönemden başka bir döneme değişen şey ise, sadece mekanın biçimi değil; sosyal sınırlar, egemenlik alanları, tampon bölgeler, kısacası konutun insanları yada etkinlikleri birbirinden "ayırma" ve/veya "birleştirme" düzenidir. Aynı kültür içerisinde rastlanan çeşitlenmeler; iklimsel ve topografik veriler, ailenin sosyal ve kültürel yapısı gibi nedenlere bağlıdır. Zaman içinde görülen çeşitlenmeler ise; modernleşme, insanların kentleşme düzeyleri, kısacası kültürel değer ve sosyal normlardaki değişimle açıklanabilir. Bilgi ve iletişim çağında bu etmenler arasında küreselleşmeyi de önemli bir değişim etmeni olarak saymak yanlış olmayacaktır.

Akıllı binaların en önemli özelliklerinden biri olarak enerjinin etkin kullanımı düşünürsek olursak, yapılacağı bölgede yaygın olarak bulunan ve binanın nefes almasını sağlayan malzemelerin kullanıldığı, yine o bölgenin iklim özelliklerine göre çeşitli önlemler alınarak tasarlanmış binalar da bir anlamda akıllı binalardır diyebiliriz. Bu tip bina örnekleri tarihte çok eski dönemlerde bile yaygın olarak görülmektedir. Bulunduğu bölgeye göre kerpiç, taş ve ahşap kullanılan binalar, hem sıcak, soğuk ve nemin olumsuz etkilerini azaltarak enerji tasarrufu sağlayan, hem de doğal ve nefes alan malzeme kullanıldığı için kullanıcılara daha sağlıklı ve konforlu koşullar hazırlanan yapılardır. Çatalhöyük yerleşmesindeki yapıların bitişik olarak inşa edilmeleri, Urfa ve Mardin evlerinde sığa karşı geliştirilen teknikler, Göreme'de taşla oyularak inşa edilmiş yapılar hep bu anlayışın ürünleridir.

Tarih boyunca bütün keşifler ve yenilikler, insanların kendilerini geliştirme, hayatlarını daha konforlu ve rahat hale getirme çabalarından ortaya çıkmıştır. Akıllı binalar için de aynı şey söylenebilir. Öncelikle doğal etkenlerden ve tehlikelerden korunmak amacıyla geliştirilmiş yukarıda bahsedilen teknikler zaman ilerleyip teknoloji geliştikçe, değişen yaşam tarzlarıyla beraber gelişmiş ve yerini yine insanın yaşam konforunu arttıran, güvenliğini sağlayan, insan gücünün daha az kullanılmasını sağlayan elektronik sistemlere bırakmıştır.

Akıllı binalarda kullanılan hatta bu binaların temelini oluşturan "Bina Otomasyon Sistemleri" nin tarihçesine bakıldığında kısa sürede büyük gelişmeler sağlandığını gözlemlemekteyiz. "1950'li yıllarda ortaya çıkan BOS kavramı, elektronikteki baş döndürücü gelişmelerin sonunda içerik ve konfigürasyon olarak büyük değişimlere uğrayarak günümüze gelmiştir. Günümüz sistemlerinin öncüleri olan ilk BOS sistemleri, tüm bilgi ve kontrol noktalarının kablolarla ana bir kontrol paneline bağlandığı, operatorün sistemine kendi panosunun yanı sıra ana panodan da müdahale edebildiği kablolu sistemlerdi."

60'lı ve 70'li yıllarda bu sektörde önemli adımlar atılmış; 70'li yılların ortalarında mini bilgisayarlar ana merkezde kullanılmaya başlanmış, bu birkaç merkezden izleyebilme ve yazıcı gibi ara birimlerin bağlanmasını sağlamıştır. Fakat maliyet ve yüksek eğitimli işletmeci ihtiyaçlarından dolayı, bu sistemler ancak çok büyük ofis binaları, askeri ve endüstriyel tesisler gibi kısıtlı uygulama alanlarında kalmışlardır. Kişisel bilgisayarların yaygınlaşmasıyla, BOS sistemleri her büyüklükte ve tipteki binalar için cazip bir yatırım haline gelmiştir. 1980'lerin ortalarında bilgisayar teknolojisindeki gelişmeler sonucunda, saha bilgi toplama panelleri akıllandırılmış, artık bu paneller bilgiyi aldıktan sonra kendileri yorumlayıp, gerekli kontrolleri kendileri yapar ve bu bilgileri izlenmesi için ana merkeze gönderir hale gelmişlerdir. Bu sayede maliyetlerde büyük düşüşler sağlanmıştır.

Günümüzde ise tüm bu gelişmeler sonucunda bina otomasyon sistemleri, ofis binaları, hastaneler, alışveriş merkezleri gibi kamusal alanların yanı sıra evlerimize kadar girmektedir. Bu sayede yaşadığımız mekanlardaki ısıtma, havalandırma, aydınlatma gibi istediğimiz konfor koşullarını hazırlamakta, güvenliğimizi sağlamakta ve enerji tasarrufunu da mümkün kılmaktadır. Ayrıca tüm bu sistemlerin tek bir merkezden kontrol edilebilir olması kalifiye eleman ihtiyacının da azaltmaktadır.

Akıllı binalar, ülkemizdeki yaygın anlayışa göre; çok sayıda elektronik aletin bulunduğu, yapı içerisinde ışıkların ve panjurların otomatik olarak açılıp-kapandığı, bazı elektronik aletlerin mekan dışındayken bile kumanda edilebildiği teknolojik yapılar olarak bilinmektedir. Bu durum, "Teknolojik bina akıllı bina mıdır?", "Bu binaların yapım maliyetlerine karşın getirisi nedir, yeterli midir?", "Günümüzde bu binalar amaçlarına uygun olarak mı yapılıyor, yoksa lüks mekanlarda yaşıyor olmanın çevre üzerindeki etkisi mi ön plana çıkıyor?" gibi pek çok soruyu akla getirmektedir. Akıllı binalar denilince; dünyadaki enerji kaynaklarının gitgide tükendiği göz önünde tutulacak olursa öncelikle ekolojik, ekonomik ve yaşama kolaylığı sağlayan binalar düşünülmelidir. Teknoloji kullanılacak diye insanların kolaylıkla yapabileceği işler çeşitli elektronik sistemlere bağlanmamalıdır. (Çıkrıkçıoğlu, 2004)

3.4. Akıllı Bina Sistemleri

Akıllı Bina Sistemlerini genel anlamda aşağıdaki gibi sıralayabiliriz:

- Jeneratör Sistemleri,
- Kesintisiz Güç Kaynağı Sistemleri (UPS),
- Acil Aydınlatma Sistemleri,
- Aydınlatma Kontrol Sistemleri,
- Telekomünikasyon Sistemleri,
- Ofis Otomasyonu veya Yönetim Bilgi Sistemleri,
- HVAC Kontrol Sistemleri,
- Yangın Yönetim Sistemleri,
- Güvenlik Yönetimi Sistemleri,
- Ulaşım Kontrol Sistemleri,
- Kayıt Sistemleri,
- Bakım Yönetim Sistemleri,
- Asansör Kontrol Sistemleri,
- Bilgisayar Sistemleri,
- Ağ Sistemleri,
- Enerji Yönetim Sistemleri.

Bu sistemlerden içerisinde bir akıllı binada sistem ve otomasyon bazında en fazla yer tutan 3 sistem çalışmanın ilerleyen aşmalarında ayrıntılı olarak anlatılmaktadır. Bu sistemler HVAC, Aydınlatma ve Yangın Önleme ve Alarm Sistemleri'dir.

4. BİNA KONTROL SİSTEMLERİ ve KONTROL UYGULAMALARI

4.1. HVAC Sistemleri

4.1.1. HVAC Sistemleri Tanımları ve Terimler

Isı, belirli sıcaklıktaki bir sistemin sınırlarından, daha düşük sıcaklıktaki bir sisteme, sıcaklık farkı nedeniyle transfer edilen enerjidir. Isı da iş gibi bir enerji transfer biçimidir. Isı ve iş hiçbir cisimde depo edilemez, ancak sistem sınırlarında ve geçiş halinde iken belirlenebilir. Her ikisi de birer eğri fonksiyonudurlar. Bir başka deyişle, ısı ve iş geçiş halindeki enerjilerdir. Isı sıcak bir maddenin soğuk maddeye ilettiği sıcaklığı sağlayan bir enerji türüdür.

Isı birimi iş birimi ile aynıdır yani joule (j) ya da kaloridir (cal).

Görünür ısı, maddenin sıcaklığını değiştirmek için gereken ısı miktarıdır. Maddenin sıcaklığında farklılık yaratır. Diğer bir deyişle, görünür ısı, verilen kütlenin moleküler hareketliliğinin derecesinin bir ifadesi olarak tanımlanabilir. Bu moleküler hareketliliğin radyasyona maruz kalma, iki nesnenin birbirine sürtünmesi, kimyasal reaksiyonlar veya daha sıcak nesnelere temas etme gibi birçok kaynağı olabilir.

Gizli ısı, bir maddenin bulunduğu fiziksel halden başka bir fiziksel hale geçmek için maddeye verilmesi gereken ısıdır. Gizli ısı, maddeden dışarı salındığı veya maddenin içine alındığı sürece sıcaklıkta bir değişme gözlenmez.

Entalpi, maddenin yapısında depoladığı her türden enerjilerin toplamıdır. H ile simgelenir. Bir mol maddede depolanmış enerjiye o maddenin molar entalpisi denir. Maddelerin kesin entalpilerinin hesaplanması çok zordur. Bu yüzden çoğu çalışmada entalpi değeri olarak, maddenin değiştirilebilen ısı potansiyelinin kapsadığı termal entalpileri kullanılır. Bu entalpi değeri maddenin sıfır derece Kelvin sıcaklıktan mevcut sıcaklığına yükseltilmesi için yüklenen ısılarla faz değiştirme ısılarının toplamına eşittir.

Bu bağlamda kısaca özetleyecek olursak, entalpi ; bir kütlenin görünür ve gizli ısıları toplamıdır. Örneğin, hergün yaşadığımız mahallerde soluduğumuz hava, bir hava ve su buharı karışımıdır. Eğer mahal içerisindeki toplam ısı içeriğini veya entalpiyi biliyorsak ve mahalde konforu sağlamak için gerekli entalpi miktarı belirliyse, bu iki miktar arasındaki fark bize konfor şartlarını sağlamak için odaya vermemiz gereken ısı miktarını verir ve bu değere göre, ısıtma, soğutma, nemlendirme veya nem alma gibi işlemleri uygulayabiliriz.

Isı birimleri, İngiliz Birim Sistemine göre ısı birimi “Btu” , SI Birim Sistemine göre ısı birimi “joule” dır.

Sıcaklık, ısı yoğunluk derecesinin, bir cismin sıcaklığının ya da soğukluğunun, bir sistemin ortalama moleküler kinetik enerjisinin bir ölçüsüdür.

Kuru termometre sıcaklığı, Havanın içindeki nemin ve radyasyonun etkisi olmaksızın herhangi bir termo eleman, termometre, termokupl vb. bir sıcaklık ölçme aleti ile yapılan ölçmede elde edilen sıcaklığa denir.

Yaş termometre sıcaklığı, Belirli bir su kütlesinin doymun olmayan hava tarafından etkilendiğini varsayalım suyun sıcaklığı bu havanın sıcaklığından daha büyük olursa sudan havaya ısı geçişi başlar ve su ağır ağır buharlaşarak soğur. Suyun sıcaklığı havanın sıcaklığına eşit olunca sudan havaya ısı akımı durur. Ancak hava doymunlaşmadığı için buharlaşma devam eder. Buharlaşmanın devam etmesi suyun sıcaklığının havanın sıcaklığının altına düşmesine neden olur. Bu durumdada havadan suya ters ısı akımı başlar . Belli bir noktadan sonra ısıl denge sağlanır. Havayla suyun arasındaki ısıl dengenin sağlandığı sıcaklığa termodinamikte ve klima tekniğinde yaş termometre sıcaklığı denir. Üzerine ıslak pamuk sarılmış bir termometrenin gösterdiği sıcaklık yaş termometre sıcaklığıdır. Kısaca mevcut havanın ısını değiştirmeden doyma durumuna getirilerek ölçülen sıcaklığa yaş termometre sıcaklığı denir.

Ortalama radyant sıcaklığı, kapalı bir mahali çevreleyen yüzeylerin sıcaklıkları ile mahal içinde yaşayanların vucüt sıcaklıkları arasında bir ilişki vardır. Konfor şartlarını sağlamada yüzey sıcaklıklarında önemi büyüktür. Bir mahaldeki tüm yüzeylerin sıcaklıklarının ortasına ortalama radyant sıcaklığı denmektedir.

Çiğ noktası sıcaklığı, Nemli hava sabit basınçta soğutulduğunda, içindeki su buharının yoğuşmaya başladığı andaki sıcaklığa çiğ noktası sıcaklığı denir.

Isıl denge, bir sistem kaybettiği ısı kadar ısıyı aynı hızda ve aynı miktarda geri alıyorsa bu sistem termal dengede demektir. Isıl denge, matematiksel olarak alınan ısının verilen ısıya eşit olması durumudur.

Buharlaşma, sıvı fazından gaz fazına geçiş durumudur.

Yoğuşma, gaz fazından sıvı fazına geçiş durumudur.

İletim, kondüksiyon, madde veya cismin bir tarafından diğerk tarafına ısının iletilmesi ile oluşan ısı transferinin bir çeşididir. Isı transferi daima yüksek sıcaklıktan, düşük sıcaklığa doğrudur. Yoğun maddeler genelde iyi iletkenlerdir; örneğin metaller çok iyi iletkenlerdir.

Taşınım, konveksiyon, katı yüzey ile akışkan arasında gerçekleşen ısı transferinin bir çeşididir. Akışkan içindeki akımlar vasıtası ile ısı transfer edilir. Akışkan içindeki veya akışkanla sınır yüzey arasındaki sıcaklık farklarından ve bu farkın yoğunluk üzerinde oluşturduğu etkiden doğabilmektedir.

Işınım, fotonlar (elektromanyetik radyasyon) yolu ile olan ısı transferidir. elektromanyetik dalgalar veya parçacıklar biçimindeki enerji emisyonu (yayımı) ya da aktarımıdır.

Nem, hava içerisinde bulunan su miktarına denir.

Nem oranı, özgül nem, Birim kg kuru hava içindeki su buharı miktarına denir.

Mutlak nem, birim hacimdeki nem miktarıdır.

Bağıl nem, havadaki nem miktarının aynı miktar havanın alabileceği maksimum nem miktarına oranıdır.

Debi, akışkanın aktığı herhangi bir kesitten birim zamanda geçen akışkan miktarına denir.

Hava değişim katsayısı, havalandırılan bir mahaldeki toplam hava miktarının saatteki değişim sayısına denir.

İç hava kalitesi, yaşanan hacimlerde solunan havanın temizliği ile ilgili olup, “kaliteli iç hava”, otoritelerce belirlenen zararlı derişik seviyelerinin üzerinde bilinen hiçbir kirletici madde içermeyen ve bu havayı soluyan insanların %80’inden fazlasının havanın kalitesi ile ilgili herhangi rahatsızlık hissetmediği hava olarak tariflenmektedir.

Hava kirleticileri, CO₂ , CO, solunabilen tanecikler, organik buharlar, NO₂, SO₂, VOC, TOC, sigara dumanı hariç toplam asılı parçacıklar, kokular, sülfat, formaldehit, radon gazı, elyaf, mikro organizmalar, ozon gazı hava kirleticiler olarak sayılabilir.

Psikrometri, Nemli havanın termodinamik özellikleri ile, bu özellikleri kullanarak nemli havadaki işlemler ve şartlar ile ilgilenen, termodinamiğin bir dalıdır. (Bradshaw, 1993)

4.1.2. HVAC Sistemi Elemanları

4.1.2.1. Isıtma Sistemi Elemanları

4.1.2.1.1. Kazanlar

Yakıtın kimyasal enerjisinin yanma yoluyla ısı enerjisine dönüştüren ve bu ısı enerjisini taşıyıcı akışkana aktaran makinalara genel olarak kazan diyoruz. Kazanların verimi ise yanma sonucu oluşan bu ısı enerjisinin hangi oranda kullanma mahalline taşınmasına bağlıdır. Biz yanma sonucu oluşan ısı enerjisinden ne kadar yüksek yararlanırsak o oranda yakıt tüketimimiz düşük, atmosfere attığımız atık gazlar o kadar az ayrıca kazan için yapacağımız işçilikte o oranda az olacaktır.

Kazanlar, ufak binalardan büyük iş merkezlerine, fabrikalara kadar birçok alanda genellikle sistemlerde kullanılan su ve havanın ısıtılması için kullanılmaktadır. Günümüz sistemlerinde kullanılan kazan tipleri çok çeşitlidir.

Kazan tiplerini aşağıdaki gibi sınıflandırabiliriz:

Kazan malzemesinin cinsine göre:

- Dökme Dilimli Kazanlar
- Çelik Kazanlar

Kazan ocağının tipi, tasarım biçimini ve gazın ocaktan dışarıya atılmasına göre malzemesinin cinsine göre:

- Tam Yanırlı Kazanlar
- Alttan Yanırlı Kazanlar

Kullandıkları yakıt cinsine göre:

- Gaz Yakıtlı Kazanlar
- Sıvı Yakıtlı Kazanlar
- Katı Yakıtlı Kazanlar
- Elektrikli Kazanlar

Yakıt odasının basıncına göre:

- Karşı Basıncılı Kazanlar
- Karşı Basıncısız Kazanlar

Isıtıcı akışkanın cinsine göre:

- Sıcak Sulu Kazanlar
- Kaynar Sulu Kazanlar
- Alçak Basınç Buharlı Kazanlar
- Yüksek Basınç Buharlı Kazanlar

Kazan malzemesinin cinsine göre:

- Sıcak Sulu Kazanlar
- Kaynar Sulu Kazanlar
- Alçak Basınç Buharlı Kazanlar
- Yüksek Basınç Buharlı Kazanlar

Kazanın yapısal tasarım açısından:

- Alev Borulu Kazanlar
- Alev Duman Borulu Kazanlar
- Duman Borulu Kazanlar
- Su Borulu Kazanlar
- Radyasyon Kazanları

Kazan biçimi açısından:

- Yarı Silindirik Kazanlar
- Yatık Konumlu Silindirik Kazanlar
- Dik Konumlu Silindirik Kazanlar
- Prizmatik Paket Kazanlar



Şekil 4.1 Çeşitli tip kazan örnekleri (Küçükçalı, 2007)

Bu kazanlardan en yoğun kullanılan bazılarını açıklamak istersek. (Küçükçalı, 2007)

Sıcak Sulu Döküm Kazanlar

Dökme demirden yapılmış dilimlerin birleştirilmesi suretiyle oluşturulan ve ısıtma tesisatına ve/veya kullanma sıcak suyu üretme tesisatına ısıtıcı akışkan sağlayan tesisat elemanıdır. Döküm kazanlar sıcak su ve alçak basınçlı buhar üretiminde kullanılabilirler. Bu kazanlarda işletme basıncı $4 - 6 \text{ kg/cm}^2$ değerlerindedir. Döküm kazanlar genellikle dilimler halinde üretilir. Kazanların dilimli olmasının önemli avantajları vardır. Birincisi inşaat sırasında kazan dairesinin öncelikle tamamlanması ve kazanın inşaat dışında kazan dairesine sokulması gereği ortadan kalkar. İkincisi herhangi bir kapasite artımı, basitçe dilim ilavesiyle gerçekleştirilebilir.

Dökme dilimli kazanlarda gaz geçiş kesitlerinin ve kanatların oluşturulmasında basınç düşümüne dikkat edilmelidir. Geçiş kesitleri dar ve kanatlar fazla ise basınç düşümü fazladır. Böylece kazanlar ancak yüksek basınçlı brülörlerle çalıştırılabilir. Aynı kapasitede basınç kaybı fazla olan kazan, basınç kaybı az olan kazana göre daha küçük ve ucuz olacaktır. Buna karşılık kullanılacak yüksek basınçlı brülörlerde, basınç kaybı ile orantılı olarak (yaklaşık 4 misli) daha fazla güç harcanacaktır. Yani yatırım maliyetinde elde edilen avantaj işletme giderleri ile kaybolacaktır. Ayrıca ortaya çıkan ses problemini ve bunun çözümü için ilave susturucu yatırımlarını unutmamalıdır.

Dökme dilimli kazanlarda tip değişmedikçe gaz geçiş kesiti sabittir. Kazana dilim eklendikçe kazan direnci artar. Pratik olarak sabit iyi döküm kazan şartlarından biri de 2/ 1 oranının aşılmasıdır. Yani aynı tip kazanın maksimum kapasitesi, minimum kapasitesinin iki katını aşmamalıdır.

Kalorifer kazanlarını karşılaştırırken gaz tarafı basınç kayıplarına özel bir dikkat göstermek gerekir. Dökme dilimli kazanların katalogda yazan kapasitelerinin, maksimum veya işletme ekonomisi dikkate alınarak hesaplanan optimum değerlerden hangisini yansıttığı çok önemlidir. Maksimum değerde belirlenen kapasitenin karşılığı fazla yakıt tüketimidir. Döküm kazan katalogunda kazan ağırlığı (kg) / kazan gücü (kw) değeri bulunmalıdır. kg/ kw değerinin yüksekliği kazan kalitesini gösteren önemli bir faktördür. [32]



Şekil 4.2 Sıcak sulu döküm kazan

Sıcak Sulu Çelik Kazanlar

Çelik esnek bir malzeme olduğu için ısı tekniğinde en uygun malzeme olarak bilinmektedir. Yüksek ısıl gerilimlere dayandığından çatlama riski yoktur. Çelik kazanların uluslar arası standartlara uygunluk şartı aranmalı, doğalgaza uygun dizaynedilmiş olmalıdır. Çelik kazanlar, fiyatları diğer seçeneklere göre ucuz, tamirata daha kolay ve kireçlenme riski düşük, döküm kazanlara göre hafiftir ve yüksek ısı güçlerinde yapılabilirler. Blok olarak üretildikleri için naklieleri, dar yere sokulmaları dökme dilimli kazanlar gibi kolay değildir. Kazan imalatında kullanılan asil çelikler dökme demire nazaran daha hafif ve korozyona dayanıklı olup yüzeyleri pürüzsüzdür, kolay temizlenirler. Fakat diğer çelik kazanlara göre daha pahalıdırlar.

Çelik kazanların düşük sıcaklıklarda çalışma halinde soğuk yüzeyler üzerinde asit ve su buharı yoğunlaşması meydana gelir. Kazanlar çabuk çürür. Bu olay özellikle fuel oil yakan çelik kazanların korozyon nedeniyle kısa zamanda işe yaramaz hale gelmesine yol açar. Bu korozyonun önlenmesi için kazan sı sıcaklığının 55 °C'den, baca gazı sıcaklığının ise 150 °C'den aşağı düşmemesi gerekir. Bunun için de 3 veya 4 yollu karıştırma vanaları ile kazandaki su sıcaklığının yüksek tutulması yararlıdır. Çelik kazanlar, özel alaşım çelikten imal edilmelidir. Özellikle birinci geçişte duman boruları aynaya kaynak edilmeli ve boru uçlarındaki fazlalıklar traş edilmelidir. Kazan tamamen sızdırmaz olmalı, duman kutusu kapakları özel conta ile donatılmalıdır. Duman boruları küçük kesitli olmalı, içlerine türbülötör yerleştirilmelidir. Brülör adaptörü ve kapaklar refrakter malzeme ile kaplanmalı ve duman kapakları ayırıcı sıcaklığa dayanıklı malzeme ile ısıya karşı yalıtılmalıdır.



Şekil 4.3 Sıcak sulu çelik kazan

Silindirik çelik kazanlarda, 600 kw gücün üzerinde silindirik külhanın hiç olmazsa bir bölümü dalgalı alev borusu şeklinde olmalıdır. Böylece ısıl genleşmeler kolayca karşılanabilir. [32]

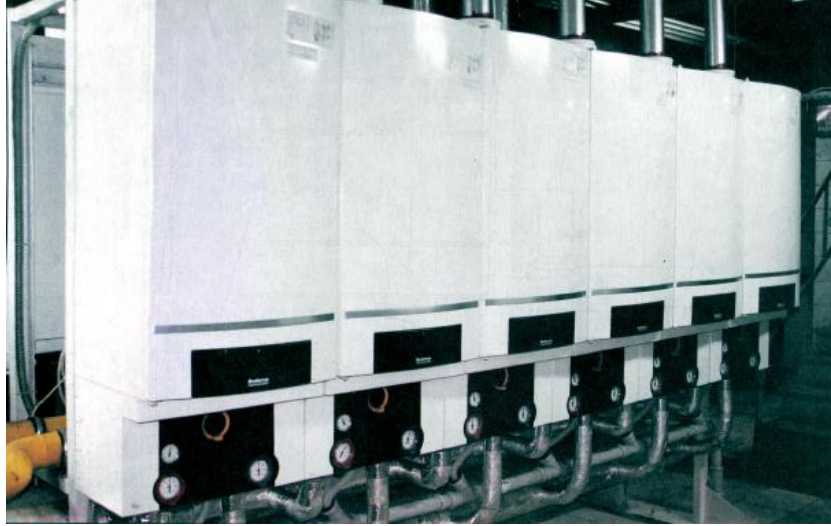
Yoğuşmalı Kazanlar

Baca gazı içindeki yüksek su buharının büyük bir kısmının yoğuşturulması ile su buharının gizli buharlaşma ısısından yüksek oranda yararlanılarak, kazan veriminin yükseltilmesini amaçlayan tarzda tasarlanmış kazanlardır.

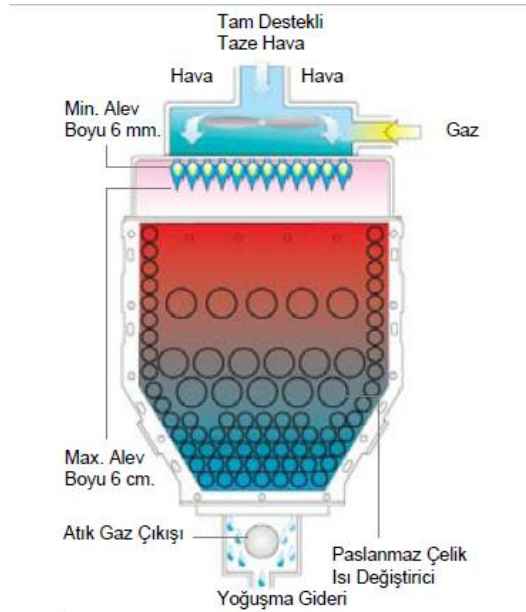
- Doğalgaz hemen hiç kükürt içermediği için bu tip kazanlarda asit korozyonu daha az önemlidir. Sadece nitrik asit ve karbonik asit etkilerinden söz edilebilir,
- Doğalgaz yakılması halinde duman tarafında kurum ve kül oluşmaz ve periyodik temizlik gereksinimi ortadan kalkar,
- İşletme ve bakım giderlerindeki azalma dolayısıyla doğalgaz kazanlarında en az % 2 ısıl verim eşdeğeri bir avantaj söz konusudur.

Yoğuşmalı kazanların çalışma prensibi hemen hemen normal fanlı cihazlar gibidir. En önemli fark ısı esanjörlerinin yakıcıdan ve baca gazlarından daha fazla ısıyı absorbe edebilecek yapıda daha büyük bir alana sahip olmasıdır. Ana esanjör, kazan dönüş suyu sıcaklığı yeteri kadar düşük olduğunda baca gazlarını 54 °C'nin altına düşürecek ve baca gazlarını soğutabilecek özelliğe sahiptir. Sıcaklığı 54 °C'nin altına düşürülen baca gazları içerisindeki su buharı yoğunlaşır ve su buharı içerisindeki gizli ısı geri kazanılarak kazanda kullanılır. Eğer bu kazanım yapılmamış olsa bu ısı baca gazlarıyla atık ısı olarak atılacaktır. Baca gazı sıcaklıkları klasik kazanlarda 200-250 °C iken bu değer yoğuşmalı kazanlarda 50-60 °C civarındadır ve potansiyel kazanç buradan elde edilmektedir.

Baca gazları içerisindeki su buharı 54 °C'de yoğuşmaya başlar.Yoğuşma olabilmesi için kazan geri dönen suyun sıcaklığının 50 °C'nin altında olması gerekir. Bu tiptekazanlarda geçerli olanönemli kural,kazan dönüş sıcaklığı ne kadar düşük ise kazan veriminiokadar yüksek olmasıdır. Bununla kazanın uzun süre ve düşük sıcaklıkta çalışacak şekilde tesisat tasarımı çok önem kazanmaktadır.Dönüş suyu sıcaklığının asgari sıcaklığı 30 °C'dir. (Küçükçalı, 2007)



Şekil 4.4 Yoğuşmalı kazan (Küçükçalı, 2007)



Şekil 4.5 Yoğuşmalı kazan iç yapısı [5]

Atmosferik Brülörlü Kazanlar

Bu kazanlarda yanma olayı düşey doğrultuda gerçekleşir ve göreceli olarak daha küçük bir yanma odası yeterlidir. Yanma için gerekli hava ortamdan sağlanır. Gaz ile hava karışımının yakılması

atmosferik yakıcılarda gerçekleşir. Gaz yakıt normal basıncı ile bir lüleden geçerek yanma odasına üflenir. Birincil hava lülide enjeksiyon prensibi ile emilir ve yakıtla karışır. İkincil hava ise baca çekişi ile sağlanır. Bu nedenle yanma odası altı açıktır. İkincil hava emişinin etkilenmemesi için kazan duman çıkış ağzına gaz akım sigortası denilen özel bir eleman konur. Atmosferik brülörlü kazanlarda hava fazlalık katsayısı yüksektir. Dolayısıyla duman gazlarındaki su buharı yoğunlaşması kazanda ve bacada daha az olur. Ayrıca döküm kazanlarda, konveksiyon yüzeylerinde kanat ve çıkıntılar yapılarak yüzey sıcaklıkları yükseltildiğinden, yoğunlaşma tamamen önlenmektedir. Özellikle mevcut bacaların kullanılması gerektiği durumlarda atmosferik brülörlü kazanlar tercih edilmelidir.

Atmosferik brülörlü kazanlar doğal çekişle çalıştığından sessizdir. Atmosferik brülörlü kazanlarda NO_x ve CO emisyonu kontrolü, yakma tekniği açısından en önemli problemdir. Bu iki bileşenin birden istenilen limitlerin altında kalabilmesi için yakıcıda özel önlemler alınmalıdır. 350 – 700kw güç aralığında özellikle sessizlik istendiğinde üflemeli brülörlü kazanlar tercih edebilir. 700 kw üzerinde ise üflemeli brülör tercih edilmelidir. Bu değerlendirmede esas kriterler ses ve maliyettir. Yanma tekniği açısından her iki tip de eşdeğerdir. [32]



Şekil 4.6 Atmosferik brülörlü kazan (Küçükçalı, 2007)

Üflemeli Brülörlü Kazanlar

Üflemeli brülörlü kazanlarda su ile çevrili kapalı bir yanma odası söz konusudur. Gerekli hava cebri olarak fanla temin edilir ve yüksek basınçlı brülör kullanıldığında ocakta karşı basınç adı da verilen artı bir basınç oluşur. Brülör ve yanma odası birbirine uygun olmalıdır. Gaz yollarının direnci fazla olan kazanlarda önemli bir problem ilk ateşleme sırasında ortaya çıkar. İlk kalkışta ocakta ani ısınan gazların sıkışması ile normal çalışma basıncının 6 misli mertebesinde basınç olur ki, bu kazanda

titreşim ve sarsıntılara yol açar. Bu nedenle bu tip kazanların düşük alev başlangıçlı brülörler ile donatılması veya iki kademeli brülör kullanılması gereklidir.

Doğalgazlı kazanlarda asıl ısı geçişi konveksiyon yüzeylerinde gerçekleşir. Yüzeyler üzerinde yoğuşma olmaması için kazan su sıcaklığının 55 °C' nin altına düşmemesi gerekir. Özel alaşımli döküm kazanlar duman tarafındaki yoğuşma dolayısıyla ortaya çıkan korozyona dayanıklıdır. Ayrıca kazan konstrüksiyonu önem kazanmaktadır.

Döküm doğalgaz kazanlarında, otomatik kontrol sistemi ile ısıtma sisteminde yük azaldıkça kazan suyu sıcaklığını ve yakılan yakıt miktarını (oransal olarak) azaltmak mümkün olmaktadır. Böylece düşük yüklerde hem yakıt tüketimini azaltmak hem de kazan verimini yükseltmek mümkün olabilmektedir. Halbuki normal olarak düşük yüklerde çalışmada kazan verimi azalır.

Klasik tip çelik kazanlarda yoğuşmanın önlenmesi için kazan su sıcaklığı yüksek tutulmalıdır. Bu amaçla, ısıtma sisteminde, 3 veya 4 yollu otomatik karıştırma vanaları ve kontrol paneli kullanarak kazan su sıcaklığı hep 90 °C' de tutulurken, sisteme gönderilen su sıcaklığı yüke göre değiştirilmelidir. Bu koşullarda yoğuşma önlenirken verim düşecek, yakıt tüketimi artacaktır. [32]



Şekil 4.7 Üfleme brülörlü kazan [32]

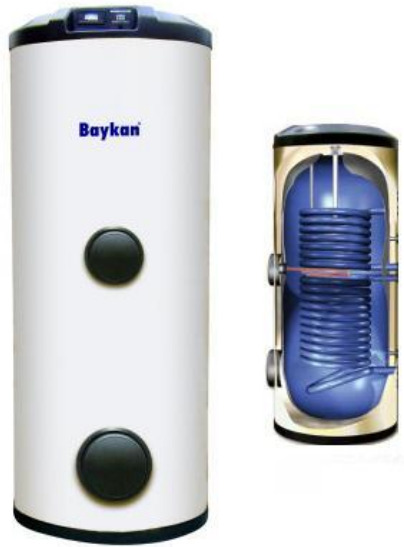
4.1.2.1.2. Boylerler

Binalarda merkezi su hazırlayıcısı olarak genellikle boylerlerler kullanılır. Günümüzde binalarda kullanılan boyler sistemleri genelde birbirine benzerdir. Günümüz binalarında kullanma sıcak suyunu ayarlamak için yoğun olarak kullanılırlar. (Bradshaw, 1993)

Boyerleri aşağıdaki tabloda gösterildiği gibi sınıflandırabiliriz.

Yakıt	Yakıt Sayısı	Akışkan	Basınç	Malzeme	Dizayn	Baca	Uygulama
Kömür	Tek	Buhar	Düşük	Dökme	Bölmeli	Doğal	Mahal
Benzin	Çift	Sıcak su	(15	demir	Dairesel	Zorlanmış	ısıtma
yada	Çoklu		psi'nin	Çelik	Özel		Güç
mazot			altında)				üretimi
Gaz			Orta (15-				Kullanma
Elektrik			125 psi				sıcak suyu
Odun			arası)				
Katı			Yüksek				
atıklar			(125 psi				
			üstü)				

Çizelge 4.1 Boylerin sınıflandırılması (Jains ve Tao, 2005)

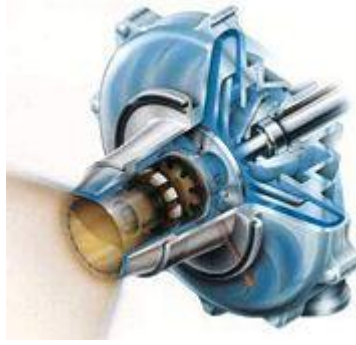


Şekil 4.8 Çift serpantinli boyler [25]

4.1.2.1.3. Brülörler

Brülör, yakıtın hava ile uygun oranda karıştırılarak tam olarak yakılmasını sağlayan cihazdır. Bina sistemlerinde brülör kazanlarda kullanılır ve yakıtın yakılmasını sağlar.

Brülörler değişik kriterlere göre sınıflandırılmaktadır. Bunlardan başlıcaları:



Şekil 4.9 Brülör yapısı [55]

Brülörleri aşağıdaki gibi sınıflandırabiliriz:

Kullanılan Yakıt Cinsine Göre:

Tek Yakıtlı Brülörler

- Katı Yakıt Brülörleri (kömür, talaş vb. yakıtlar)
- Sıvı Yakıt Brülörleri (fuel-oil, motorin, gaz yağı)
- Gaz Yakıt Brülörleri (doğalgaz, LPG)
- Özel Yakıt Yakan Brülörler (gliserin, hayvansal yağlar, yüksek fırın gazı)

Çift Yakıtlı Brülörler

Çok Yakıtlı Brülörler

Yakıtın Atomizasyon (Parçalanması)Yöntemine Göre:

- Yüksek Basınç ile Püskürtmeli Brülörler (Memeli Brülörler)
- Buhar/Hava Atomizasyonlu Brülörler(Buhar/Hava Parçalama Brülörler)
- Rotatif Çanaklı Brülörler



Şekil 4.10 Gaz Brülörü [3]

4.1.2.1.4. Isı Değiştiricileri

Mühendislik uygulamalarının en önemli ve en çok karşılaşılan işlemlerinden birisi, farklı sıcaklıklardaki iki veya daha fazla akışkan arasındaki ısı değişimidir. Bu değişimin yapıldığı cihazlar, ısı değiştirici ve eşanjör olarak adlandırılmakta olup, pratikte termik santrallerde, kimya endüstrilerinde, ısıtma, iklimlendirme, soğutma tesisatlarında, taşıt araçlarında, elektronik cihazlarda, alternatif enerji kaynaklarının kullanımında ısı depolanması vb. birçok yerde bulunabilmektedir.

Isı değiştiricileri içinde yoğuşma ve buharlaşma gibi bir faz değişimi yoksa, bunlara duyulur ısı değiştiricileri, içinde faz değişimi olanlara ise gizli ısı değiştiricileri denir. Ayrıca buhar kazanları, nükleer santrallerde elektrikli ısıtıcılar da içinde ısı üretimi olan birer ısı değiştiricisi olmasına rağmen ayrı olarak incelenmektedir.

Genelde ısı değiştiricilerinde akışkanlar, birbiriyle karıştırılmadan ısı geçişinin doğrudan yapıldığı çoğunlukla metal malzeme olan katı bir yüzey ile birbirinden ayrılırlar. Bu tip ısı değiştiricileri yüzeyli veya reküparatif olarak adlandırılır. Dolgu maddeli veya rejeneratif olarak adlandırılan diğer tip ısı değiştiricilerinde, ısı geçişi doğrudan olmayıp, ısının önce sıcak akışkan etrafında dönmesiyle yada sabit bir dolgu maddesine verilmesiyle depo edildikten sonra soğuk akışkana verilmesiyle meydana gelir. Genel olarak reküparatif ısı değiştiricilerinde ısı değiştiricilerinde incelemeler zamandan bağımsız olarak yapılırken, rejeneratif ısı değiştiricilerinde incelemeler zamana bağlı olarak yapılır.

Pratikte çok değişik tiplerde bulunabilen ısı değiştiricileri , ısı geçiş şekline , konstrüksiyon özelliklerine , akış düzenlenmesine , akışkan sayısına veya akışkanların faz değişimlerine göre , çeşitli şekillerde sınıflandırılabilir.

Isı değişim şekline göre sınıflandırma;

- Akışkanların doğrudan temasta olduğu ısı değiştiricileri : Bu tip ısı değiştiricileri içinde farklı sıcaklıklardaki akışkanlar veya bir akışkan ile katı maddeler birbirleriyle doğrudan doğruya karıştırılır veya temasla geçirilir. endüstriyel işlemler sonucu ortaya çıkan ısının atılması için pratikte çok kullanılan soğutma kuleleri bu tip ısı değiştiricilerine iyi bir örnektir,
- Akışkanlar arası doğrudan temasın olmadığı ısı değiştiricileri : Bu tiplerde ısı , önce sıcak akışkandan iki akışkana ayıran bir yüzeye veya bir kütleyle geçer. Daha sonra bu ısı bu yüzeyden veya kütlede soğuk akışkana iletilir. Yüzeyli ,dolgu maddeli ve akışkan yataklı olmak üzere üç grupta incelenebilir.

Isı geçiş yüzeyinin ısı geçiş hacmine oranına göre sınıflandırma;

Bu sınıflama için ısı değiştiricilerinde b şeklinde yüzey alanı yoğunluğu adı verilen bir büyüklük tanımlanır.

$$b = \text{Isı geçiş yüzeyi (m}^2\text{)} / \text{Isı değiştirici hacmi (m}^3\text{)} \quad (4.1)$$

Bu tanıma göre literatürde $b > 700 \text{ m}^2/\text{m}^3$ olan ısı değiştiricileri kompakt , $b < 700 \text{ m}^2/\text{m}^3$ olan ısı değiştiriciler ise kompakt olmayan ısı değiştiriciler olarak göz önüne alınır. Kompakt ısı değiştiricileri ağırlıktan , hacimden kazanç sağladığı ve daha esnek bir projelendirmeye olanak sağladığı için kompakt olmayan ısı değiştiricilerine göre tercih edilir. Buna karşılık akışkanlardan en az birinin gaz olması , yüzeyi kirleten , korozif olan akışkanların kullanılmaması ve akış esnasında oluşan aşırı yük kayıplarını yenebilmek için ilave vantilatör veya pompa gücüne ihtiyaç duyulması bu tip ısı değiştiricilerinin başlıca sakıncalarıdır.

Farklı akışkan sayısına göre sınıflandırma;

Pratikte birçok uygulamada , ısı değiştiricilerinde genellikle iki akışkan arasındaki ısı geçişi göz önüne alınır. Bununla birlikte az da olsa bazı kimyasal işlemlerde , soğutma tekniğinde , havanın ayrıştırılmasında , hidrojenin saflaştırılması ve sıvılaştırılması gibi olaylarda üç akışkanlı ısı değiştiricileri ile karşılaşılabilir. Üç akışkanla çalışan ısı değiştiricilerine kullanan bir sisteme örnek olarak , evsel ve taşıt araçlarında küçük kapasiteli , (NH₃ + su) eriyikli absorpsiyonlu tesislerde , H₂ gibi üçüncü bir nötr gaz kullanılarak elde edilen ısı enerjisi ile çalışan pompasız soğutma makinesi gösterilebilir. Bu tip ısı değiştiricilerinin teorik analizleri oldukça karmaşık olup tasarımları da güçtür.

Isı geçiş mekanizmasına göre sınıflandırma;

- İki tarafta da tek fazlı akış : Isı değiştiricilerinin iki tarafındaki tek fazlı akışlardaki ısı taşınımı bir pompa veya vantilatör ile tahrik edilen zorlanmış yada yoğunluk farkının doğurduğu doğal olarak olabilir. Oda ısıtıcıları , buhar kazanları ekonomizörleri ve hava ısıtıcıları , taşıt radyatörleri ve hava soğutmalı ısı değiştiricileri önemli uygulamalarıdır,
- Bir tarafta tek fazlı , diğer tarafta çift taraflı akış : Bu ısı değiştiricilerinin tek taraflarında zorlanmış veya tek fazlı akış varken , diğer tarafta kaynamakta veya yoğunlaşmakta olan iki fazlı akış vardır. Bunlara ait örnekler , termik santrallerin yoğunlaştırıcıları , soğutma sistemlerinin yoğunlaştırıcısı veya buharlaştırıcısı ile buhar kazanları sayılabilir,

- İki tarafta da çift fazlı akış : Bir taraflarında buharlaşma ve diğer taraflarında yoğuşma işlemi olan ısı değiştiricileridir. Bunlar hidrokarbonların distilasyonunda , yüksek basınçlı buhar kullanılarak alçak basınçlı buhar elde edilmesi için kullanılır,
- Taşınım ve ışınım ile beraber ısı geçişi : Özellikle bir tarafında yüksek sıcaklıkta gaz olan ısı değiştiricilerinde taşınım ve ışınım ile ısı geçişi bir arada görülür. Yüksek sıcaklıkta dolgu maddeli rejeneratörler , fosil yakacak yakan ısıtıcılar , buhar kazanları ve bunların kızdırıcıları ile piroliz ocakları bu tip ısı değiştiricilerine örnektir.

Akıma göre sınıflandırma;

- Tek geçişli ısı değiştiricileri: İki akışkanın ısı değiştirici içinde birbirine göre sadece bir kere karşılaştığı tiplerdir. Paralel , ters ve çapraz akımlı olmak üzere üç grupta incelenebilir,
- Paralel akımlı ısı değiştiricileri : Bu düzenlemede ısı değiştirici içindeki iki akışkan değiştiricinin aynı ucundan girip , birbirlerine paralel olarak akarlar ve değiştiricinin diğer ucundan çıkarlar. Isı değiştirici boyunca akışkan sıcaklığının değişimi tek boyutludur. Isı değiştiricinin ısı geçişi olan cidar sıcaklığı fazla değişmediğinden , ısı gerilmelerinin istenmediği yerlerde tercih edilir,
- Ters akımlı ısı değiştiricileri : Bu tipte akışkanlar ısı değiştirici içinde birbirine göre aksel olarak paralel , fakat ters yönde akarlar. Ters akımlı ısı değiştiricilerinde , değiştiricideki ortalama sıcaklık farkı ve etkenlik , diğer bütün akış düzenlemelerine göre daha büyüktür. Bu üstünlüğünden dolayı bu tip ısı değiştiricileri pratikte tercih edilir. Fakat ısı geçişi olan malzeme sıcaklığının değiştirici boyunca fazla değişmesi , bunun sonucu ısı gerilmelerin artması ve imalattaki konstrüksiyon güçlükleri sebebiyle bu düzenleme bazen tercih edilmeyebilir,
- Çapraz akımlı ısı değiştiricileri: Bu düzenlemede ısı değiştirici içindeki akışkanlar birbirlerine dik olarak akarlar. Yapılan konstrüksiyona göre , kanatlar veya şaşırtma levhaları yardımıyla , akışkanlar değiştirici içinde ilerlerken kendi kendileri karşılaşabilir veya karşılaşmayabilir. akışkan değiştirici içinde borular içinde akıyorsa ve bitişik kanal içindeki akışkan ile karışmıyorsa , bu akışkana karışmayan adı verilir. Ters durumda ise karışan akışkan adı verilir.

Çok geçişli ısı değiştiricileri;

- Çapraz-ters ve çapraz-paralel akımlı düzenlemeler: Bu düzenlemeler genellikle kanatlı yüzeyli ısı değiştiricilerinde tercih edilir. İki veya daha fazla sayıda çapraz geçiş arka

arkaya ters veya paralel akımlı olarak seri halde bağlanır. Yüksek sıcaklıklardaki uygulamalarda , ısı değiştircilerinde ısıl gerilmeler malzemeler açısından , sıcaklığın fazla olduğu bölgelerde sıcağa dayanıklı pahalı malzemeler , diğer bölgelerde ise ucuz malzemeler kullanılarak imalat masrafları azaltılabilir,

- Çok geçişli gövde borulu ısı değiştircileri : Gövde akışkanının karıştırıldığı , paralel-ters , bölünmüş akımlı , ayrıık akımlı düzenlemeler pratikte en çok kullanılan tiplerdir. Bu düzenlemeler TEMA (Tubular Exchanger Manufactures Association) boru sayısı arttığında sistemin etkenliği , iki akışkanın da karıştığı çapraz akımlı ısı değiştircisine yaklaşmaktadır. Bir gövde içinde tek sayıda boru geçiş düzenlemelerinin etkenliği , çift sayıdaki düzenlemelere karşı biraz daha iyi olmasına rağmen imalat güçlükleri ve ısıl gerilmeler sebebiyle pratikte fazla tercih edilmez,
- n Paralel levha geçişli düzenlemeler : Levha tipi ısı değiştircilerinde , levhaların çeşitli şekilde düzenlenmesi ile çok geçişli akımlar elde edilebilir.



şekil 4.11 Plakalı ısı eşanjörleri [12]

4.1.2.2. Soğutma Sistemi Elemanları

4.1.2.2.1. Çiller

Sulu ısıtma soğutma sistemleri olarak da açıklanan iller sistemler, konutlarda ve endüstriyel ortamlarda ısıtma ve soğutma amaçlı kullanılmak için ideal cihazlardır. Çiller sistemleri suyu soğuturken iki yöntemden faydalanır, bunlardan biri buhar sıkıştırma diğeri ise soğutucu absorpsiyonudur. Çiller sistemleri 4 ana elemandan meydana gelir, bunlar; kompresör, kondenser

(yoğuşturucu), evaporatör (buharlaştırıcı) ve genişleme valfidir. Çiller sistemleri bina içerisindeki klima santrallerine, fan-coil vb. iklimlendirme cihazlarına soğuk su sağlar.

Genel anlamda chiller sistemlerini aşağıdaki gibi sınıflandırabiliriz.

	Kapasite
Resiprokan çillerler	200 ton ve 100kW'a kadar
Santrifüj çillerler	60 ton ve 210 kW üstü
Rotari çillerler	50 ila 400 ton ve 175 ila 1400 kW arası
Absorpsiyon çillerler	60 ton ve 210 kW üstü

Çizelge 4.2 Çiller sınıflandırılması (Bradshaw, 1993)

Çiller sistemlerinin kullandığı iki yöntemden bahsetmiştik. Birinci yöntem olan buhar sıkıştırma sistemlerinde, soğutucu akışkan kullanılmaktadır, ikinci yöntem olan absorpsiyonlu sistemlerde ise soğutucu akışkan olarak su kullanılmaktadır.



Şekil 4.12 Su soğutmalı çiller (Küçükçalı, 2007)



Şekil 4.13 Hava soğutmalı çiller (küçükçalı, 2007)

4.1.2.2.1.1. Kompresörler

Soğutma kompresörünün sistemdeki görevi, buharlaştırıcı-soğutucu ısı ile yüklü soğutucu akışkanı buradan uzaklaştırmak ve böylece arkadan gelen ısı yüklenmemiş akışkana yer temin ederek akışın sürekliliğini sağlamak ve buhar haldeki soğutucu akışkanın basıncını kondenserdeki yoğuşma sıcaklığının karşıtı olan seviyeye çıkarmaktır.

Pistonlu kompresörler

Bir silindir içerisinde gidip gelme hareketi yapan bir pistonla sıkıştırma işlemini yapan bir tip kompresörlerde tahrik motorunun dönme hareketi bir krank-biyel sistemi ile doğrusal harekete çevrilir. Eski tip bazı çift etkili kompresörlerin yatık tip pistonlu buhar makinaları ile hareketlendirilmesinde hiç dönel hareket olmadan da çalışma durumlarına rastlamak mümkündür. Bugünkü pistonlu soğutma kompresörleri genellikle tek etkili, yüksek devirli ve çok sayıda silindirli makinalar olup açık tip veya hermetik tip motor-kompresör şeklinde dizayn ve imal edilmektedirler.

Pistonlu kompresörlerin uygulanma şartları, birim soğutucu akışkan soğutma kapasitesine isabet eden silindir hacmi gereksinimi az olan ve fakat emiş/basma basınç farkı oldukça fazla olan refrijeranlar için uygun düşmektedir. Amonyak , R-12, R-22, R-502 bu refrijeranların en başta gelen türleridir.

Açık tip pistonlu kompresörlerin bugünkü silindir tertip şekilleri genellikle düşey I,V ve w tertibinde 1 ila 16 silindirli ve tek etkili olup, yatık ve çift etkili kompresör dizaynı hemen

tamamıyla terkedilmiştir. Tam kapalı-hermetik tip motor-komresörlerde düşey eksenli krank mili ve motor ile yatay eksenli silindir tertibi çok sık uygulanmaktadır.

Paletli dönel kompresörler

Dönel kompresörler, pistonlu kompresörlerin gidip gelme hareketi yerine sıkıştırma işlemini yaparken dönel hareketi kullanırlar. Bu dönel hareketten yararlanma şekli ise değişik türden olabilir (tek ve çift dişli, tek paletli, çok paletli). Çift dişli prensibine göre çalışan ve çok sık rastlanan Helisel Vida tipi dönel kompresörler de vardır.

Helisel tip dönel kompresörler

Pozitif sıkıştırımalı kompresörler genel grubuna giren bu kompresörlerin değişik konstrüksiyonu haiz birçok türüne rastlamak mümkündür. Soğutma uygulamalarında halen en çok rastlanan helisel tip dönel kompresörleri, bariz farklara sahip iki ana grupta toplamak mümkündür; (1)tek vidalı/helisli tip, (2)çift vidalı /helisli, dönel kompresörler. Ancak her iki tip kompresörün de çalışma prensibi ve konstrüktif yönden birçok müşterek yanları vardır. Örneğin , basınçla yağın püskürtülmesi suretiyle hem yağlama işleminin yapılması, hem sıkıştırma işlemi sırasında sızdırmazlığın sağlanması hemde meydana gelen ısının gövdeden alınıp uzaklaştırılması , her iki tür kompresörde de yerleşmiş bir uygulama şeklidir. Keza oranları, kapasite kontrolü mekanizmaları ve ısı ekonomizeri tertipleri her iki tip kompresörde de benzer durumdadır.

Santrifuj kompresörler

Buhar sıkıştırma çevrimiyle soğutma işlemi yapan santrifuj kompresörlerin, pistonlu ve dönel paletli veya vida tipi kompresörlerden farkı pozitif sıkıştırma işlemi yerine santrifuj kuvvetlerden faydalanarak sıkıştırma işlemini yapmasıdır. Santrifuj kompresörlerde özgül hacmi yüksek olan akışkanların (daha geniş hacimlerin) kolayca hareket ettirmesi mümkün olduğu için sık sık büyük kapasiteli derin soğutma (-100⁰C kadar) işlemlerinde uygulandığı görülür. Santrifuj kuvvetlerin büyüklüğü hızların karesi ile doğru orantılı olduğundan giriş-çıkış basıncı farklarının büyütülmesi devirin artırılması ile veya rotor çapının büyütülmesi ile yahutta kademe sayısı artırılarak sağlanabilir. Bu nedenle santrifuj makinalarda nadiren de olsa 90.000 d/d gibi çok yüksek rotor devirlerine rastlamak mümkündür. Bu yüksek devirlerin sağlanması için tahrik motoru ile komprösör mili arasına deviri yükseltici bir dişli kutusu konulur. Yüksek devirli buhar veya gaz türbünleri ile direkt akuple şekilde tahrik edilen santrifuj kompresörlere uygulamada rastlamak mümkündür.

Genel olarak tahrik gücü elektrik motorlarıyla sağlanır. İçten yanmalı motorlarla tahrik edilen santrifuj kompresörlere seyrek de olsa rastlanabilir. Uygulamadaki kapasite sınırları bugün 85 ila 10.000 Ton/Frigo arasında değişmektedir. Santrifuj kompresörlerde emiş ile basma tarafı arasındaki basınç farkının santrifuj kuvvetlerden yararlanılarak sağladığı yukarıda belirtmişim. Bu basınç sağlanırken refrijerana önce bir hız (kinetik enerji) verilir ve sonra bu hız basınca (potansiyel enerji) dönüştürülür. Bu dönüştürme işlemleri sırasında mutlaka birçok kayıplar olacaktır ve basma tarafı basıncı dahada yükseldikçe bunlar dahada artacaktır. Bu nedenle, santrifuj kompresörlerde basma basıncının mümkün olduğu kadar emişten az bir farkla olması istenir. Buna rağmen uygulamada emiş-basma basınç farkı değerleri 2 ila 30 arasında değişmekte ve her tür refrijeran ile santrifuj kompresör kullanılabilir. Fakat yukarıda izah edilen sebepten dolayı daha ziyade yoğunlaşma basıncı düşük olan refrijeranlar santrifuj kompresörler için uygun olmaktadır (R-11 ve R-113 gibi) ve bu şartlar ancak klima uygulamalarına cevap verebilmektedir. Bu nedenle santrifuj kompresörlere en çok klima sistemi uygulamalarında rastlanmasına şaşmamak gerekir. Derin soğutma uygulamalarında genellikle çok kademeli kompresör kullanılır ve 10 kademeye kadar yapılan santrifuj kompresörlere rastlamak mümkündür. Ayrıca santrifuj kompresörlerin paralel ve seri bağlantı tertibinde hatta ara kademelerden değişik sıcaklık uygulamaları için refrijeran bağlantısı yapılarak kullanıldığı zaman zaman görülmektedir.

Santrifuj kompresörlerin kapasite kontrolü genellikle refrijeranın emişte kısmak suretiyle sağlanır. Bu maksatla emiş ağzına ayarlanabilir kanatlar konur. Kanatların ayarlanması pnömatik, elektrik veya hidrolik vasıtalarla yapılabilir. Kapasite kontrolü maksadı için santrifuj kompresörlerde de rotor devrini değiştirme tarzı kullanılmaktadır. Az da olsa uygulanan diğer kapasite kontrol sistemleri; Difüzör (çıkış) kanatlarının açılarının ayarlanması, difüzör kanalının daraltılıp genişletilmesi, Rotorun (çark) geçiş kanallarının daraltılması ve bunların birkaçının beraberce uygulanmasıdır.

Santrifuj kompresörlerin dizaynında çalışma kapasite sınırlarının ve devirlerinin gerek kritik devir sayısı yönünden ve gerekse şok dalgalanmasının başlaması yönünden çok iyi etüt edilmesi gerekir. Kritik devir sayısının 0.8 ila 1.1 katı değerleri arasındaki devirlerde kati surette sürekli çalışmaya müsaade edilmez.

Şok dalgalanmasının durumu ise, değişik devirlerdeki Debi/Basınç koordinatları üzerine inşa edilecek politropik verim ve Mach katsayısı eğrilerinin etüdü ile görülebilir. Buradan bulunacak şok dalgalanması zarfının altındaki değerlerde çalışma şok dalgalanması yapacaktır. Şok dalgalanması (surging) olayı varken refrijeran kompresör çıkışında sık sık bir ileriye bir geriye yönelir. (takriben 2 saniyede yön değiştirir). Bu olayın neticesinde aşırı gürültü , aşırı titreşim ve kompresörde aşırı

ısıma meydana gelir ki devam etmesi halinde gerek sistem tarafı gerekse kompresör tarafı bundan zarar görebilir. Keza tahrik motoru da alternatif şekilde yüklenir ve yükü azalır ki bunun sonucu dönme hızı bir azalır bir artar. Surging olayının tespitinde bu durumun mevcudiyeti bir ipucu olabilir. Motorun çektiği akımın ölçülmesi de bu olayı teyit edecektir. Kompresördeki aşırı titreşimler ve gürültüler daima bir anormal çalışmaya ve arızanın yaklaştığına işaret olarak kabul edilmelidir.

Santrifuj kompresörlerin rotorları (çark) açık tip veya örtülü tip şeklinde dizayn edilir ve dökme alüminyum, kaynaklı alüminyum, dökme çelik, kaynaklı çelik, perçinli çelik gibi malzemeden yapılır. Alüminyum, çeliğe nazaran daha yüksek bir dayanıklılık/ağırlık oranına sahiptir ve daha hafif rotor ile daha yüksek devirlerde çalışmasını mümkün kılar. Çelik rotorlar ise 150°C üzerindeki çalışma şartlarında üstünlük kazanır. Korosif refrijeran uygulamalarında paslanmaz çelik uygun bir çözüm getirmektedir. Santrifuj kompresörlerde de vida tiplerinde olduğu gibi eksenel ve radyal yükleri taşıyacak şekilde ayrı ayrı iyi bir yataklama gereklidir. Eksenel yükler burada daha da fazladır.

4.1.2.2.1.2. Yoğuşturucu

Soğutma sisteminde refrijeranın evaporatörden aldığı ısı ile kompresördeki sıkıştırma işlemi sırasında ilave olunan ısının sistemden alınması kondenserde yapılır. Böylece refrijeran sıvı hale gelerek basınçlandırılır ve tekrar genişletilerek evaporatörden ısı alacak duruma getirilir.

Buhar ve gazların bir yüzeyde yoğuşması, yüzeyin vasıflarına bağlı olarak “Damla veya film teşekkülü” tarzlarında oluşur. Damla teşekkülü ile yoğuşma (Dropwise condensation) durumunda çok daha yüksek (Film teşekkülünden 4-8 defa daha fazla) ısı geçirgenlik katsayıları sağlanabilmekte ve bu tercih edilmekte ise de uygulamada refrijeran özellikleri ve kondenser imalatının ekonomik faktörlerle sınırlanmaları nedeniyle ancak film tarzı yoğuşma ve az ölçüde de damla teşekkülü ile yoğuşma birlikte olmaktadır.

Kondenserdeki ısı alış verişinin 3 safhada oluştuğu düşünülebilir, bunlar (1) Kızgınlığın alınması (2) Refrijeranın yoğuşması (3) Aşırı soğutma. Kondenser dizaynına bağlı olarak aşırı soğutma kondenser alanının %0-10’unu kullanacaktır. Kızgınlığın alınması için ise kondenser alanının %5’ini bu işleme tahsis etmek gerekir. Bu üç değişik ısı transferi şekline bağlı olarak kondenserdeki ısı geçirme katsayıları ile sıcaklık araları da farklı olacaktır. Ancak kızgınlığın alınması safhasındaki ortalama sıcaklık aralığının fazlalığına karşı daha düşük bir ısı transferi katsayısı mevcut olacak, fakat aşırı soğutma sırasında bunun aksine sıcaklık aralığı daha az ve ısı geçirme katsayısı daha fazla olacaktır. Yoğuşma sırasında ise her iki değer de alt-üst seviyelerinin arasında bulunacaktır.

Yapılan deneylerde ısı transferi katsayısının artmasının karşısında sıcaklık farkının azalması (veya tersi) yaklaşık olarak aynı çarpım sonucunu vermektedir ve bu değerlerin ortalamasını kullanmak mümkün olmaktadır. Hesaplama sağladığı basitlik de göz önüne bulundurularak kondenserlerin hesabında tek bir ısı geçirme katsayısı ile tek bir ortalama sıcaklık aralığı değerleri uygulanmaktadır.

Genel olarak 3 değişik tip kondenser mevcuttur; (A) Su soğutmalı kondenserler (B) Hava ile soğutmalı kondenserler (C) Evaporatif (Hava-Su) kondenserler. Uygulamada , bunlardan hangisinin kullanılacağı daha ziyade ekonomik yönden yapılacak bir analiz ile tespit edilecektir. Bu analizde kuruluş ve işletme masrafları beraberce etüt edilmelidir. Diğer yandan, su soğutmalı ve evaporatif kondenserlerde yoğuşum sıcaklığının daha düşük seviyelerde olacağı ve dolayısıyla soğutma çevrimi termodinamik veriminin daha yüksek olacağı muhakkaktır, bu nedenle yapılacak analizde bu hususun dikkate alınması gerekir.

Su Soğutmalı Kondenserler

Bilhassa temiz suyun bol miktarda, ucuz ve düşük sıcaklıklarda bulunabildiği yerlerde gerek kuruluş ve gerekse işletme masrafları yönünden en ekonomik kondenser tipi olarak kabul edilebilir. Büyük kapasitedeki soğutma sistemlerinde genellikle tek seçim olarak düşünülür. Fakat son yıllarda yüksek ısı geçirme katsayıları sağlanan hava soğutmalı kondenserlerin yapılmasıyla 100 Ton/fr. kapasitelerine kadar bunların da kullanıldığı görülmektedir.

Su soğutmalı kondenserlerin dizaynı ve uygulamasında boru malzemesinin ısıl geçirgenliği, kullanılan suyun kirlenme katsayısı, kanatlı boru kullanıldığında kanat verimi su devresinin basınç kaybı, refrijeranın aşırı soğutulmasının seviyesi gibi hususlar göz önünde bulundurulur.

Bakır boru kullanılan kondenserlerde (halojen refrijeranlar) genellikle borunun et kalınlığı azdır. Bakırın ısı geçirgenliği de yüksek olduğu için kondenserin tüm ısı geçirme katsayısına kondüksüyonun etkisi azdır ve bu katsayı daha ziyade dış (refrijeran tarafı) ve iç (su tarafı) film katsayılarının değerine bağlı olur. Halbuki, et kalınlığı fazla ve ısıl geçirgenliği az (demir boru gibi) olan borular kullanıldığında, örneğin amonyak kondenserlerinde, borudaki kondiktif ısı geçişi de tüm ısı geçirme katsayısına oldukça etken olur.

Kirlenme katsayısı, kullanılan suyun zamanla su tarafındaki ısı geçiş yüzeylerinde meydana getireceği kalıntıların ısı geçişini azaltıcı etkisini dikkate almak maksadını taşır. Kirlenme katsayısını etkileyen faktörler Şunlardır: (1) Kullanılan suyun , içindeki yabancı maddeler bakımından evsafi (2) Yoğuşum sıcaklığı (3) Kondenser borularının temiz tutulması için uygulanan koruyucu bakımın derecesi. Bilhassa 50°C'nin üzerindeki yoğuşum sıcaklıkları için kirlenme

katsayısı, uygulamanın gerektirdiğinden biraz daha yüksek alınmalıdır. 38°C 'nin altındaki yoğuşum sıcaklıklarında ise bu değer normalin biraz altında alınabilir. Su geçiş hızının düşük olması da kirlenmeyi hızlandırır ve 1m/s 'den daha düşük hızlara meydan verilmemelidir. Yüzey kalıntıları periyodik olarak temizlenmediği takdirde kirlenme olayı gittikçe hızlanacaktır, zira ısı geçirme katsayısı git gide azalacak ve gerekli kondenser kapasitesi ancak daha yüksek yoğuşum sıcaklığında sağlanabilecektir. Bu ise kirlenme olayına sebebiyet verecektir. Artan kirlenme ile su tarafı direncinin artacağı ve bunun sonucu su debisinin azalarak yoğuşum sıcaklığını daha da arttıracığı muhakkaktır.

Hava Soğutmalı Kondenserler

Bilhassa 1 hp'ye kadar kapasitedeki gruplarda istisnasız denecek şekilde kullanılan bu tip kondenserlerin tercih nedenleri; basit oluşları, kuruluş ve işletme masraflarının düşüklüğü, bakım-tamirlerinin kolaylığı şeklinde sayılabilir. Ayrıca her türlü soğutma uygulamasına uyabilecek karakterdedir (Ev tipi veya ticari soğutucular , soğuk odalar, pencere tipi klima cihazları gibi). Çoğu uygulamalarda hava sirkülasyon fanı açık tip kompresörün motor kasnağına integral şekilde bağlanır ve ayrı bir tahrik motoruna ihtiyaç kalmaz.

Hava soğutmalı kondenserlerde de ısı transferi 3 safhada oluşur, bunlar; (a) Refrijerandan kızgınlığın alınması (b) Yoğuşturma (c) Aşırı soğutma. Kondenserin alanının takriben %85 yoğuşturma olayına hizmet eder ki kondenserin asli görevi budur. %5 civarında bir alan kızgınlığın alınmasına ve %10 ise aşırı soğutma (subcooling) hizmet eder. Hava soğutmalı kondenserlerde yoğuşan refrijerantı kondenserdan almak ve depolamak üzere genellikle bir refrijerant deposu kullanılması artık usul haline gelmiştir. Bundan maksat kondenserin faydalı alanını sıvı depolaması için harcamamaktır.

Havalı kondenserler, halokarbon refrijerantlar için genellikle bakır boru / alüminyum kanat tertibinde, bazen de Bakır boru / Bakır kanat ve bakır veya Çelik boru / çelik kanat tertibinde imal edilirler. Alüminyum alaşımı boru / kanat imalatlarına da rastlamak mümkündür. Kullanılan boru çapları $\frac{1}{4}$ " ile $\frac{3}{4}$ " arasında değişmektedir. Kanat sayısı beşer metrede 160 ile 1200 arasında değişir, fakat en çok kullanılan sıklık sınırları 315 ile 710 arasında kalmaktadır. Bu tip havalı kondenserlerin ısı geçiş alanı ihtiyacı ortalama olarak $2.5\text{ m}^2/\text{sn}$ hava geçiş hızında, beher ton/frigo (3024 kcal/h) için 9 ile 14 m kare arasında değişmektedir. Çok küçük, tabii hava akışlı kondenserler hariç tutulursa, hava ihtiyacı ortalama beher kcal/h için 0.34 ile $0.68\text{ m}^3/\text{h}$ arasında değişmekte olup buna gereken fan motor gücü beher 1000 kcal/h için 0.03 ile 0.06 HP civarında olmaktadır. Fan devirleri 900 ile 1400 d/d arasında olmalıdır. Kondenser fanları genellikle aksiyal tip olup sessiz istenen yerlerde radyal tip kullanılabilir. Refrijerant yoğuşma sıcaklığı ise, hava giriş sıcaklığının 10 - 20°C

üzerinde bulunacak şekilde düşünölmelidir. Genelde boruların durumu, kanat aralıkları, derinlik (boru sırası) alın alanı gibi dizayn özellikleri hava debisi ihtiyacını, hava direncini ve dolayısıyla fan büyüklüğü, fan motor gücünü ve hatta grubun ses seviyesiyle maliyetleri etkiliyecektir. Bugünkü kondenser dizayn şekli sıcak refrijeranın üstten bir kollektörle birkaç müstakil devreye verilmesi, yoğunlaşma gravite ile aşağı doğru inmesi ve aşırı soğutma sağlanarak gene bir kollektörden alınması şeklindedir.

Hava soğutmalı kondenserler, grup tertip şekline göre (a) kompresör ile birlikte gruplanmış (b) kompresörden uzak bir mesafeye konulacak tarzda tertiplenmiş (split kondenser) olmak üzere iki sınıfa ayrılmaktadır. Kondenserdan hava geçişi düşey ve yatay yönde olacak tarzda tertiplenebilir. Diğer yandan, hava fanı, havayı emici veya itici etkiyle hareketlendirecek şekilde konulabilir.

Bir soğutma sisteminin bekleneni verebilmesi, büyük ölçüde yoğunlaşma basınç ve sıcaklığının belirli sınırlar arasında tutulabilmesiyle mümkündür. Bu ise kondenserin çalışma rejimi ile yakından ilgilidir. Aşırı yoğunlaşma sıcaklık ve basıncının önlenmesi kondenserin yeterli soğutma alanına sahip olmasıyla ilgili olduğu kadar hava sık rastlanan bir durumdur. Bu nedenle, bilhassa soğuk havalarda çalışma durumu devresinde yeterli debi ve sıcaklıkta havanın bulunmasıyla da ilgilidir. Yoğunlaşma sıcaklık ve basıncının çok düşük olması halinde ise yeterli refrijeran akışı olamamasına bağlı olan sorunlar çıkmaktadır. Örneğin, termostatik ekspansiyon vafinde yeterli basınç düşümü sağlanamamasından dolayı kapasitenin düşmesi sık olduğunda, çok düşük yoğunlaşma basıncını önleyici tedbirler alınır ki bunları iki grupta toplamak mümkündür; (a) Refrijeran tarafını kontrol etmek, (b) Hava tarafını kontrol etmek.

Evaporatif kondenserler

Hava ve suyun soğutma etkisinden birlikte yararlanılması esasına dayanılarak yapılan evaporatif kondenserler bakım ve servis güçlükleri, çabuk kirlenmeleri, sık sık arızalanmaya müsait oluşları nedenleriyle gittikçe daha az kullanılmaktadır.

Evaporatif kondenser üç kısımdan oluşmaktadır; (a) Soğutma serpantini, (b) Su sirkülasyon ve püskürtme sistemi, (c) Hava sirkülasyon sistemi. Soğutma serpantininin içinden geçen refrijeran, hava soğutmalı kondenserde olduğu gibi, yoğunlaşarak gaz deposuna geçer. Serpantinin dış yüzeyinden geçirilen hava, ters yönden gelen atomize haldeki suyun bir kısmını buharlaştırarak soğutma etkisi meydana getirir.(Aynen soğutma kulesinde olduğu gibi). Böylece kondenserdeki yoğunlaşma sıcaklığı ve dolayısıyla basıncı daha aşağı seviyelere düşürölmüş olur. Serpantinin dış yüzeyi, ısı transferi film katsayısının düşük oluşunun etkisini karşılamak üzere, alanı arttırmak için kanatlarla teçhiz edilmektedir. Ancak, modern evaporatif kondenserlerde, boru dış yüzeylerinde iyi

bir ıslaklık elde edilmesi neticesi yüksek ısı transfer katsayılarına ulaşmakta ve kanatsız düz borular kullanılmaktadır. Kondenserin alt seviyesinde bulunan su toplanma haznesinden su devamlı şekilde bir pompa ile alınıp soğutma serpantininin üst tarafında bulunan bir meme grubuna basılır ve memelerden püskürtülür. Bu suyun takriben %3-5 buharlaşarak (takriben 6 ila 7.5 litre/h beher ton /frigo için) havaya intikal ettiğinden, su haznesine, flatörlü valf aracılığıyla devamlı su verilir. Ancak bu kondenserdeki su ilavesi, su soğutmalı kondenseri bulunan soğutma kulesi ile mücehhez bir sisteme oranla çok daha azdır ve bunun %5 ila 10'u mertebesinde olmaktadır. Soğutma kulelerinde olduğu gibi, evaporatif kondenserlerde de, buharlaşma sebebiyle geride kalan suyun sertliği ve kirliliği gittikçe artacağından, su toplanma haznesinden bir miktar suyu sürekli sızdırmak gerekir. İyi vasıflı su kullanıldığında sızdırılan su miktarı 9 (klima) ila 12 (soğutma) litre/h beher ton/frigo civarında olmalıdır. Su haznesinde verilen suyun yumuşatılmış su olması halinde bu miktar sifıra indirilebilir ve bu tercih edilmelidir.

Bir evaporatif kondenserin ısıl perfonmansı, sadece havanın kuru veya yaş termometre sıcaklıkları veya havanın giriş-çıkış entalpi farkları baz alınarak gösterilemez. Zira püskürtülen suyun ve üflenen havanın sıcaklıkları girişten çıkışlarına kadar çok değişik değerler gösterirler. Havanın yaş termometre sıcaklığı normal olarak sürekli artar ve çıkışta en yüksek seviyeye ulaşır. Suyun sıcaklığı ise refrijerandan alınan ısı ile yükselme eğilimi gösterirken suyun buharlaşma ısı almasıyla sıcaklığı düşmeye başlar. Bunun sonucu, su sıcaklığı soğutma serpantininin girişinde yükselir (hava yaş termometre sıcaklığı bu kısımda oldukça yükseldiğinden) ve sonradan, havanın giriş yerine yaklaşınca sıcaklığı düşmeye başlar. Toplanma havuzunda su sıcaklığı, stabil bir çalışmaya erişilince fazla değişmez.

Evaporatif kondenserler genellikle binanın dışına ve çatıya konulur, fakat bina içine konularak hava giriş-çıkışları galvanizli saçtan kanallarlarda sağlanabilir. Bina dışındaki cihazların kışın da çalışması söz konusu ise donmaya karşı tedbir alınmalıdır. Bina içindeki uygulamalarda ise, ıslak havanın atıldığı kanalın soğuk hacimlerden geçmesi halinde kanalın içinde yoğuşma olacağı hatırd tutulmalı ve bu suyun toplanıp atılması için önlem alınmalıdır. Bina içi uygulamaları, bir egzost sistemi ile entegre olarak uygulandığında egzost fanı ve elektrik enerjisinden tasarruf sağlayacaktır.

Hava soğutmalı kondenserlerde olduğu gibi evaporatif kondenserlerde de soğuk havalarda çalışma sırasında çok düşük yoğuşma basınçları oluşumunun önlenmesi gerekir. Bu maksatla uygulanan tertipler; (a) Vantilatör motorunun durdurulup çalıştırılması (b) Hava debisini azaltıp çoğaltmak üzere hava akımına bir damper ve ayar servomotoru kullanılması (c) Vantilatör motorunun devrinin azaltılıp çoğaltılması olarak sayılabilir.

4.1.2.2.1.3. Buharlaştırıcı

Bir soğutma sisteminde evaporatör sıvı refrijeranın buharlaştığı ve bu sırada bulunduğu ortamdan ısıyı aldığı cihazdır. Diğer bir ifadeyle evaporatör bir soğutucudur. Kondenserden direkt olarak veya refrijeran deposundan geçerek ve direkt ekspansiyonlu sistemde (kuru tip) ekspansiyon valfi, kılcal boru veya benzer bir basınç düşürücü elamanda adyabatik olarak genişledikten sonra evaporatöre sıvı-buhar karışımı şeklinde giren refrijeranın büyük bir kısmı sıvı haldedir. Evaporatörde ısı olarak buharlaşan refrijerana, emiş tarafına geçmeden önce bir miktar daha ısı verilmesi ve 3-8°C arasında kızgınlık verilerek kızgın buhar durumuna gelmesinin birçok faydaları vardır. Bunların en başta, kompresöre büyük zarar verebilen sıvı refrijeranın kompresöre gelmesi gösterilebilir. Sıvı taşmalı tip evaporatörlerde ise refrijeran evaporatörde sıvı halde bulunur ve ısıyı olarak buharlaşan kısmı bir sıvı-buhar ayrıştırıcısından (surge tank) geçtikten ve sıvı kısmı ayrıldıktan sonra buhar halinde kompresöre ulaşır. Sıvı refrijeranın evaporatöre beslenmesi seviye kumandalı (flatörlü,manyetik vs.) bir vana ile yapılır. Sıvı ayrıştırıcı tankta biriken sıvı refrijeran tekrar evaporatöre geri gönderilir ve soğutma işleminde yararlanır. Direkt veya sıvı taşmalı tertiplerde çalışan evaporatörlerin hepsinde de refrijeran basınca, kondenser tarafındaki basınca oranla çok daha düşüktür. Bu nedenle, evaporatör tarafına sistemin alçak basınç tarafı adı verilir.

Evaporatörün yapısı; refrijeranın iyi ve çabuk buharlaşmasını sağlayacak, soğutulan maddenin (hava su, salamura, vs.) ısını iyi bir ısı geçişi sağlayarak, yüksek bir verimle alacak ve refrijeranın giriş ve çıkıştaki basınç farkını (kayıpları) asgari seviyede tutacak tarzda dizayn edilmelidir. Ancak, bunlardan sonuncusu ilk ikisiyle genellikle ters düşmektedir. Şöyle ki; iyi bir ısı geçişi ve iyi bir buharlaşma için gerekli şartlar iç ve dış yüzeylerin daha girintili ve daha kolay ıslanır (kılcallığı fazla) olmasını gerektirirken bu durum basınç kayıplarını arttırmaktadır. Bu nedenle, evaporatör dizaynı geniş tecrübe ve dikkat isteyen, ayrıca deneylere sık sık başvurulmuş bir çalışma şeklini gerektirir. Bu çalışmaların yönlendirilmesinde en başta gelen etken soğutulacak maddenin cinsi ve konumudur (sıvı, katı, gaz). Ayrıca, refrijeran ısı alışverişi yaparken içinde bulunduğu ve hareket ettiği hacmin durumu da evaporatör dizaynında önemli değişiklikler meydana getirir. Burada refrijeranın bir boru serpantininde hareket etmesi ve soğutulacak maddenin boruların dışından geçmesi veya bunun tersi söz konusu olmaktadır ki bunlardan ilki genellikle kuru tip-direkt ekspansiyonlu evaporatörlerde, ikincisi ise sıvı taşmalı tip evaporatörlerde uygulanmaktadır. Refrijeranın boru içinden geçmesi halinde, akış hızının artırılmasının içteki film katsayısını ve dolayısıyla ısı geçişini artırıcı yönde bir etkisi beklenir, fakat bu durum refrijeranın basınç kayıplarını arttıracığı için akış debisini azaltacak ve kapasiteyi düşürecektir. Burada, her iki etkenin durumu beraberce göz önünde bulundurulup ısı geçiş ve kapasitenin optimum olduğu değerler saptanmalıdır.

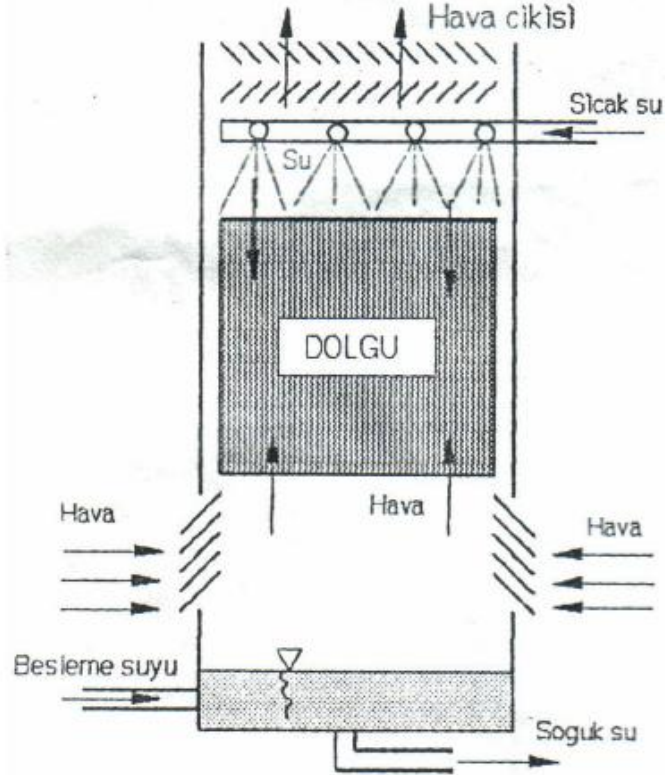
Evaporatör tipleri, uygulamanın özelliklerine göre 3 ana grupta toplanabilir; (A) Gaz haldeki maddeleri soğutmak için kullanılan evaporatörler (genellikle hava) (B) Sıvı haldeki maddeleri soğutucu evaporatörler (su, salamura, antifriz, kimyasal akışkanlar vs.) (C) Katı maddeleri soğutucu evaporatörler (Buz, buz paten sahası, metaller, vs.).

Buhar sıkıştırma çevrimli bir soğutma sisteminin, alçak basınç ve yüksek basınç tarafı şeklinde iki kısma ayrılabilceği bilinmektedir. Kompresörün alçak basınçlı refrijeran gazı yüksek basınç altındaki kondensere basmak maksadına hizmet ettiği de izah edilir. Refrijeranın evaporatörde buharlaşarak ısı alabilmesi için basıncının, evaporatör sıcaklıklarında buharlaşmasına imkan verecek seviyeye düşürülmesi gerekir. Keza sıvı taşmalı sistemlerde de refrijeranın, evaporatör sıcaklığında buharlaşmaya hazır halde (Doymuş buhar-sıvı) bulunmasını sağlayacak bir basınca düşürülmesi gerekecektir. Bunu sağlayan kontrol elemanları direkt ekspansiyonlu sistemlerde Ekspansiyon (genişleme) valfleri veya kılcal boru, sıvı taşmalı sistemlerde ise seviye kontrollü valf olarak tanımlanabilir. Her iki tür uygulamada da bu kontrol elemanlarından beklenen husus, evaporatörde buharlaşan refrijeran kadar sıvı refrijeranı evaporatöre aynen beslemektir.

Evaporatör dizaynı çok tecrübe ve dikkati gerektiren bir iştir. Uç boruların çapları, refrijeran geçiş hızları, boru iç yüzeyindeki film katsayısını arttırıcı önlemlerin uygulanması, dış zarfın çapı, su tarafındaki türbülans perdelerinin sıklığı, imalat işçiliği kalitesi gibi kapasiteyi etkileyici bir çok değişken mevcuttur. Isı geçirme katsayısı K_u 'yu etkileyen en önemli faktör muhakkak ki refrijeran tarafındaki film katsayısıdır. Bu katsayıyı arttırmak üzere boruya boğum şeklinde şekil verilmesi, borunun içine yıldız şeklinde türbülötör konulması, iç yüzeye kanat yapılması gibi önlemler alınmaktadır.

4.1.2.2.1.4. Soğutma Kuleleri

Endüstride birçok işlemde su soğutma amacı ile kullanılmaktadır. Çesitli işlemlerden geçmiş bu suyu mevcut kaynakları tüketmeden tekrar kullanabilmek, sudan istenmeyen ıyıyı uzaklaştırmak, bunu zararsız ve ucuz olarak çevreye atabilmek ancak kurulacak bir soğutma kulesi ile mümkündür.



Şekil 4.14 Doğal çekmeli soğutma kulesi yapısı [32]

Soğutma sistemlerinde kondenselerin soğutma suyu, termik santrallerin kondenselerinin soğutma suyu ve endüstride soğutma yapmak amacıyla kullanılan soğutma suları görevlerini yerine getirmeleri esnasında ısınır, yani sıcaklıkları artar. Bu ısınan sular soğutma kulelerinde soğutularak tekrar kullanılmak üzere kondenselere gönderilir. Ters akımlı soğutma kulelerinde, çevre havası kulenin altından girerek düşen su damlacıklarına zıt yönde akar ve kulenin üstünden çıkar.

Hava akımı sıcak su ile temas ederek ısınan havanın yoğunluğunda meydana gelen fark nedeniyle gerçekleşiyorsa doğal çekmeli, bir vantilatör yardımıyla sağlanıyorsa zorlanmış çekmeli soğutma kulesi söz konusu olur. Şekil 4.14'de doğal çekmeli bir soğutma kulesinin şeması görülmektedir.

Bir soğutma kulesinde çevre havası ile temas haline gelen suyun bir kısmı buharlaşır ve su sıcaklığının düşmesine neden olur. Buharlaşan su, hava içine nem olarak girerek, havanın özgül neminin ve izafi neminin artmasına sebep olur.

Soğutma kulesinde su teorik olarak en fazla giriş havasının yaş termometre sıcaklığına kadar soğutulabilir. Kule ne kadar etkili ise pratikte yaş termometre sıcaklığına o kadar yaklaşılabılır. Pratikte su sıcaklığı giriş havasının yaş termometre sıcaklığının 4 veya 5°C üzerindeki sıcaklığa kadar soğutulabilir. Soğutma kulesinin su havuzuna, buharlaşan su miktarına eşit miktarda besleme suyu ilave edilmelidir. [32]



Şekil 4.15 Soğutma kulesi (Bradshaw, 1993)

4.1.2.3. İklimlendirme Sistemi Elemanları

4.1.2.3.1. Klima Santralleri

Gerek tümten havalı sistemlerde gerekse diğer sistemler için taze hava hazırlamak amacı ile kullanılır. Yapısı: Hücreler genelde alüminyum profil karkas taşıyıcılı olup, hücre yüzeyleri çift kat galvaniz sac arası 25 mm - 50 mm kalınlığında cam yünü, kaya yünü veya poliüretan dolguludur. Hücre iç yüzeyi hassas yerlerde kullanım için istenirse paslanmaz sacdan yapılabilir.

Fanlar, filtreler ithal, serpantinler bakır boru alüminyum kanatlıdır. Nemlendirici havuz tipi su püskürtmeli, dolgu tipi sulu veya buharlı olabilir. Belirtilen proje şartlarını karşılamak amacı ile 1.500 m³/h ile 90.000 m³/h kapasite aralığında, ısı geri kazanımlı (Plakalı, tamburlu, serpantinli), susturuculu, yatık tip, dik tip, L tipi gibi pek çok versiyonda üretim yapılabilir.



Şekil 4.16 Klima santrali iç yapısı [2]

Hava filtrasyonu için istenen özelliklerde filtre kademeleri kullanılabilir. Santral içi elemanların dizilişi prosese uygun olarak yapılır.

Fanlar ihtiyaç dışı basınç değerleri göz önüne alınarak öne veya geriye eğik olarak seçilir. Sistem dizaynına bağlı olarak inlet, vana veya frekans konvertörlü olabilir.

Klima santrali projelendirilmesinde fan seçimine esas olan cihaz dışı basınç değerleri doğru verilmelidir. Basınç değerlerinde oynama olması durumunda işletmeye alma esnasında problemler yaşanmakta kasnak hatta bazı durumlarda motor değiştirme zaruryeti doğabilmektedir. Klima santralleri monte edilirken terazisinde monte edilmeli, yoğuşma devresi çıkışlarına uygun luplarla yapılmalıdır. Devreye alınırken kayış gerginlikleri kontrol edilmelidir. Santral emiş ve basma ağızlarına hava kanalı başlarken esnek bağlantılar kullanılmalı, kanal direk oturtulmamalı, mutlaka asılarak ağırlığı flanşa verilmelidir. Santrallerin bulunduğu bölge rutubetten korunmalıdır. Su birikmemesi için önlemler alınmış olmalı, santral altına minimum 10 cm yükseklikte beton kaide yapılmalıdır. Tüm cihazlar gibi mutlaka periyodik bakım yapılmalıdır. İşletmede servis için gerekli sayıda eleman istihdam etmeli, filtre temizlikleri işletme koşullarına uygun periyotta yapılmalı, Otomasyon Sisteminden temin edilen işletme ömrü dolan parçalar raporundan kontrol edilerek ömrü dolanlar değiştirilmelidir. Aksi halde kısa sürede serpantinler tıkanır, cihazdan verim alınmaz. Aşırı tıkanması durumunda motor dahi yanabilmektedir.

Kanal Tipi Klima Santrali; Orta ve küçük ölçekli yerlerin ısıtma, soğutma, havalandırma ihtiyacını karşılamak üzere imal edilirler. Özellikle cihaz yerleşimi ile ilgili mimari problemlerin bulunduğu alanlarda kompakt ölçüleriyle uygun proje çözümleri yaratır. Yükseklikleri 40 cm. civarında olup, bir santral olabilecek her türlü hücreye sahip olabilir. Hava debisi 2.500-3.000 m³/h civarındadır. Düşük yükseklikleri sayesinde asma tavan içine monte edilebilir. Asma tavan içine monte edilen soğutma devresine sahip tüm cihazlar gibi drenaj sistemi, tekniğine uygun gözükmelidir. Kullanılacak cihazlardaki ses seviyeleri ve monte edileceği bölüm göz önüne alınarak sesi azaltmak için susturucu kullanılabilir.



Şekil 4.17 Klima Santralleri (Küçükçalı, 2007)

4.1.2.3.2. Fan-coil Üniteleri

Mahal içi tipi iklimlendirme ünitelerinin fiziksel ve kapasite açısından küçük olanları genelde fan-coil ünite olarak adlandırılır. İç tip ünitelerden en büyük farklılıkları; kolay ve dekoratif monte edilebilmeleri yanısıra karışım veya taze hava damper kontrolünün olmayışıdır.

Fan-coil üniteler apartman, ofis, hastane ve otel odaları gibi tek zonlu alanların ısıtılması ve/veya soğutulması için kullanılır.

Tipik bir fan-coil ünite; fan, filtre , ısıtma-soğutma serpantini ve yoğuşma tavasından oluşur.

Fan-coil üniteler;

- Montaj tiplerine göre: tavan tip, döşeme tip
- Kaset yapılarına göre: kasetli tip, gizli (kasetli) tip ve kanallı tip
- Batarya yapılarına göre: 2 borulu, 4 borulu
- Fan devirlerine göre: çok devirli, değişken debili
- Akışkan tipine göre (ısıtma): sıcak su, kızgın su, buhar, elektrikli
- Akışkan tipine göre (soğutma): soğutulmuş su, direk genleşmeli olarak katagorize edilebilirler.



Şekil 4.18 Fan-coil üniteleri (Küçükçalı, 2007)

Günümüzde binalarda en yoğun olarak sulu fan-coil sistemleri kullanılmaktadır. Sulu sistemler esas olarak fan-coil (2 veya 4 borulu) sistemleridir. Soğuk tavan uygulamalarında sulu sistemlerdir. Fan-coil sistemlerinde bir merkezde hazırlanan soğutulmuş su ve sıcak su, bina içine dağıtılmış fan-coil cihazlarına gönderilir. Soğuk su bir su soğutma grubunda, sıcak su ise bir sıcak su kazanında üretilir. Fan-coil cihazları bir fan ve ısı geçiş süzeyi olarak serpantin içeren elemanlardır. Fan

yardımı ile odadan alınıp, serpantinler üzerinden geçirilerek soğutulan veya ısıtılan hava tekrar odaya üflenir. Serpantin içinden soğuk su geçiyorsa soğutma, sıcak su geçiyorsa ısıtma yapılır. Dönüş borularıyla merkeze döndürülen su tekrar soğutularak veya ısıtılarak sirküle ettirilir. Bunu için sirkülasyon pompaları kullanılır. Özellikle çok odalı binalarda ve kanal geçirmek için yeterli hacmin bulunmadığı uygulamalarda tercih edilir. Fan-coil üniteleri otel, hastane, ofis ve yüksek katlı binalarda kullanılmaktadır. Fan-coil üniteleri cam önlerine, asma tavan içlerine veya tavan altına veya döşeme içine konulabilir. Eğer kullanılan fan-coil cihazının içinde tek serpantin varsa kurulan sisteme 2 borulu fan-coil sistemi, eğer fan-coil cihazının içinde ısıtma ve soğutma olarak iki serpantin varsa sisteme 4 borulu fan-coil sistemi adı verilir. 2 borulu fan-coil sistemlerinde dağıtım ve toplama yapan iki boru dolaşır. 4 borulu fan-coil sistemlerinde iki dağıtım ve iki toplama borusu vardır.

2 borulu fan-coil sistemlerinde aynı anda ya soğutma yada ısıtma yapılabilirken, 4 borulu fan-coil sisteminde aynı anda her fan-coil cihazında birbirinden bağımsız ısıtma veya soğutma yapılabilir. Klasik fan-coil sistemlerinde havalandırma yoktur. (Küçükçalı, 2007)

4.1.2.3.3. VAV Sistemleri

1970'lerde ortaya çıkan enerji krizi VAV (Variable Air Volume- Değişken Hava Debisi) sistemlerinin önemini artırmıştır 1970'ten beri sistemler gelişmesini sürdürmektedir. Ofis binalarında, alışveriş merkezlerinde, laboratuvarlar v.b. gibi yerlerde yaygın olarak kullanılmakta olan VAV sistemleri, %20 ila %30 civarında enerji tasarrufu sağlarlar. Ayrıca, bu sistemler VAV terminallerinin artırılıp eksiltilebilmesi yeteneği yüzünden modüler ve esnek bir sistem olarak karşımıza çıkar.

Gerek mevsim geçişleri olsun, gerek farklı kullanım nedeniyle, mekanlar farklı soğutma ve ısıtma yüklerine ihtiyaç duyarlar. Bazı alışveriş merkezlerinde kış sezonunda bile soğutma ihtiyacı baş gösterir. Bu gibi mekanlarda bedelsiz soğutma yapmak için VAV en uygun çözümdür. VAV sistemlerinde üflenen havanın sıcaklığı sabit tutulup hava debisi değiştirilmektedir. Merkezi klima santralının hitap ettiği zonlardaki sıcaklık değeri değiştiği zaman ana üfleme hava sıcaklık değeri değiştirilirse, sıcaklık rejimi oturmuş diğer zonların dengesi bozulur. Bu durumda hava debisini değiştirmek gerekecektir.

Hava değişimi (toplam kanal direnç değişimi) ile ortaya çıkan statik basınç diferansları, üfleme havasına yerleştirilen statik basınç sensörü yardımıyla ölçülerek, gerekli kontrol sinyali üretilir ve santral fanları debi reglajı gerçekleştirilir. Böylece değişken hava debisi elde edilmiş olur.

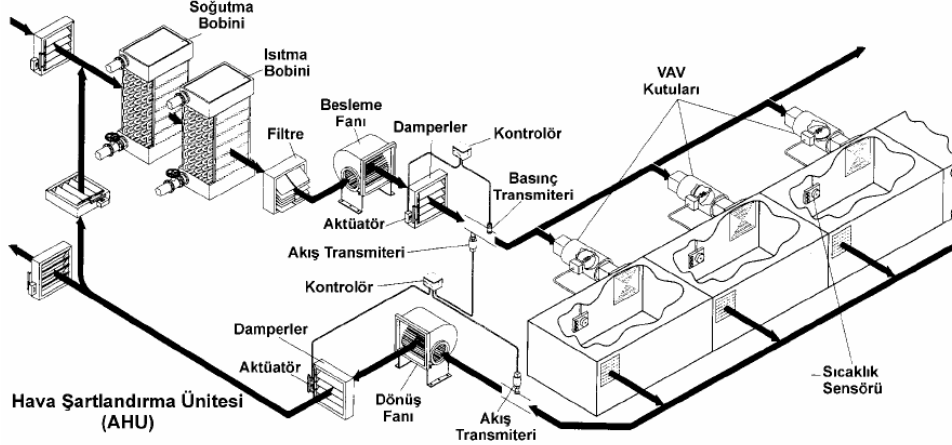
VAV sistemlerinin başlıca çeşitleri ; tek kanallı, indüksiyon, by-pass'lı, son ısıtıcı ve çift kanallı olarak karşımıza çıkar. Tek kanallı (single duct) sistemde damperlerde %30'lar'a varan kısılma esnasında taze havanın yetersiz kalmasından dolayı taze hava yetersizliği olmayan çift kanallı (dual duct) sistemler geliştirilmiştir.

Değişken hava hacimli, VAV havalandırma sistemlerinde hava şartlandırma üniteleri, AHU (Air handling unit-Hava İşleme Ünitesi), sistemin havalandırma ve sıcaklık isteklerine AHU fanının kapasitesini değiştirerek cevap verir. Sistem genellikle, havalandırma kanalı girişindeki statik basıncı sabit tutmak ve havalandırılan hacim içinde pozitif statik basınç yakalamak üzere giriş ve çıkış fan debilerinin kontrol edilmesi temeline dayanır. VAV kutuları sabit sıcaklıkta değişken debili şartlandırılmış havayı kontrol edilen hacme yollarlar.

Merkezi VAV sistemleri bina hava şartlandırılması açısından verimliliği en yüksek yöntemdir. Bunun sebebi çiller, kazan, dağıtım üniteleri ve diğer hava şartlandırma ünitelerinin merkezi olarak ve optimum şekilde kullanılabilmesidir. VAV sistemleri, dış ortamdaki havanın sıcaklık ve nemliliğin kontrol edildiği AHU'lara getirilmesini içerir. Hava öncelikle ısıtıcı ve soğutuculardan geçer. Akabinde hava kanallarından geçerek binanın hava şartlandırılması yapılan bölgelerine VAV kutuları üzerinden yönlendirilir.

Her bölgede set edilen sıcaklığı kontrol edebilmek için o bölgeye ait sıcaklık sensöründen gelen bilgi dahilinde VAV kutusundaki damper açar ya da kapanır. Sıcaklık istenilen değere ulaştığında damper tamamen kapalı konuma geçer. Kapanan damper ve hava akışındaki direncin artmasına dolayısı ile de hava kanalındaki basıncın artmasına sebep olur.

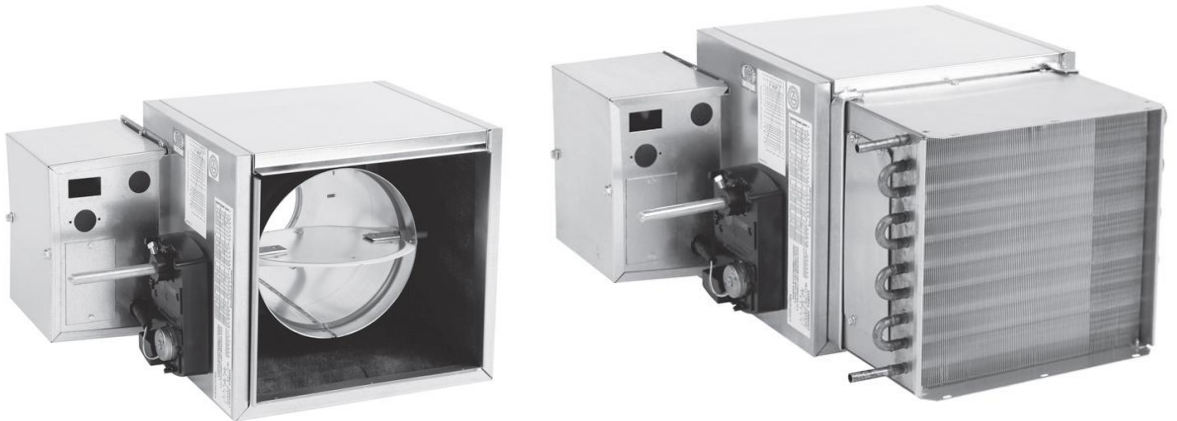
Genellikle fan kapasitesinin değiştirilmesinde giriş damperleri, çıkış damperleri ve giriş yönlendirme vanaları (GYV) kullanılmaktadır. Bunlar hava kanalları girişinde direnç yaratmak ya da fanın verimliliğini düşürme prensibine göre çalışırlar. Giriş ve dönüş fanlarına ait damper ve GYV'ler kendi kontrolörleri tarafından ayarlanırlar. Kontrolörler fan çıkışı hava kanalındaki statik basıncı sabit tutmak ve havalandırılan hacmin giriş ve çıkışındaki hava akışları arasındaki farkı sabit tutarak binanın basınçlandırılmasını kontrol altında tutmak üzere çalışırlar. Ancak tasarlanan görevleri yerine getirirken enerjiden tasarruf ettikleri pek söylenemez. (Küçükçalı, 2007)



Şekil 4.19 Geleneksel VAV sistemi [32]

Tam havalı VAV Sistemleri; Tam havalı VAV sistemleri birçok değişik alternatifleri ile yüksek binalarda gerek enerji ekonomisi gerekse konfor açısından en fazla kullanılan sistemlerden biridir. VAV sistemi için şartlandırılmış hava merkezi bir fan odasından veya kat bazındaki klima sisteminden sağlanır. VAV sisteminde oda sıcaklığı kontrolü, odadaki soğutma ihtiyacına göre odaya gönderilen soğuk hava miktarı değiştirilerek sağlanır.

Daha önceleri yüksek binalarda kullanılan tam havalı sistemlerde ise, sabit hava debisi ve bu havanın tekrar ısıtma ile veya iki kanallı sistemlerde sıcak hava kanalı ile soğuk hava kanalı arasında karışım yaparak zonlarda veya müstakil odalarda sıcaklık kontrolü yapılırdı. Bu alternatiflerin fazla enerji tüketmeleri ve ilk yatırımın yüksek olması sebebiyle, bu sistemler artık yüksek ve yaygın binalarda kullanılmaktadır.

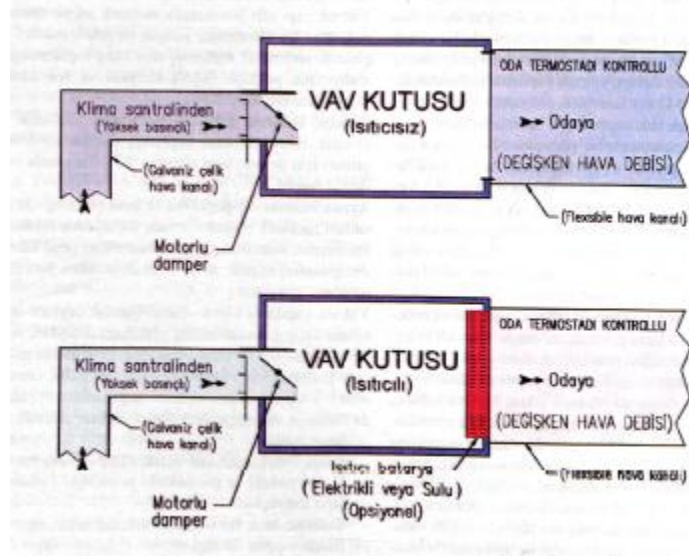


Şekil 4.20 VAV üniteleri [15]

VAV terminalleri ve kutuları birçok değişik alternatifleri ile yüksek yapılarda kullanılmaktadır. Tüm bu alternatiflerde oda sıcaklığı kontrolü, üflenen soğuk hava miktarı değiştirilerek sağlanır.

VAV sistemi yıl boyu soğutmaya çalışan bir sistem olduğundan hacim içi hava dağılımı da çok iyidir.

VAV sistemler; free cooling, cool down, warm up ve yıllık ortalama iç hava kalitesi bakımından ofis yapılarında diğer sistemlere göre avantajlıdır. Ancak genellikle daha yüksek asma tavan boşluğuna ihtiyaç vardır. (yaklaşık 600mm).



Şekil 4.21 Tam havalı VAV sistem prensip şeması (Küçükçalı, 2007)

4.1.2.3.4. VRV Sistemleri

Tek bir dış üniteye tek bir bakır boru hattı ile bağlanabilen çok sayıda iç ünite ile tüm bağımsız mekânlarda ısıtma ve/veya soğutma ve kısmi havalandırma yaparak istenilen iklim koşullarını sorunsuz sağlayan üstün bir klima teknolojisidir. VRV (Variable Refrigerant Volume-Değişken Soğutucu Akışkan Debisi), İngilizce Variable Refrigerant Volume (Değişken soğutucu akışkan debisi) kelimelerinin kısaltmasıdır.

Son yıllarda enerji tasarrufunun, konforun, işletme maliyetlerinin ve hassas kontrolün ön plana çıkmasıyla VRV sistemler HVAC sektöründe önemli bir yer almıştır.

Modüler, kompakt ve esnek yapıları ile çok katlı binalardan tek bir villaya kadar tüm yapılarda esnek uygulama imkanı sunmaktadır. Bu sistemler bir tek gidiş ve dönüş bakır boru hattı ile birden çok iç üniteyi çalıştırabilen sistemlerdir. Bu özellik VRV sistemler ile multi sistemlerin birbirinden ayıran en temel özelliktir. Yıllar boyunca VRV sistemleri büyük gelişmeler göstermiştir. (Çizelge 4.3). Günümüzde 5 seri VRV sistem bulunmaktadır.



Şekil 4.22 VRV iç üniteleri (Küçükçalı, 2007)

Sadece Soğutma (Cooling only) : Sistem sadece soğutma amaçlı kullanıma imkan verir.

Isıtma + Soğutma (Heat Pump) : Sistem hem ısıtma hem de soğutma amaçlı kullanılabilir. Ancak bu seriler soğutmada çalışırken tüm iç üniteler soğutma modunda çalışmak zorundadır.

Herhangi bir iç üniteyi ısıtma modunda çalıştırmak mümkün olmaz. Aynı durum ısıtma modunda ikende geçerlidir.

Isı Geri Kazanımlı (Heat Recovery) : Sistem aynı anda hem ısıtma hem de soğutma amaçlı kullanıma imkan verir.

Su Soğutmalı VRV Isıtma + Soğutma (Water Cooled Heat Pump) : Heat pump VRV'den farkı, ısının hava soğutmalı kondenser ile dışarı atılmayıp, su soğutmalı kondenser yoluyla dışarı atılmasıdır. Sistem hem ısıtma hem de soğutma amaçlı kullanılabilir. Bu serilerde heat pump VRV sistemler gibi soğutmada çalışırken tüm iç üniteler soğutma modunda çalışmak zorundadır.

Herhangi bir iç üniteyi ısıtma modunda çalıştırmak mümkün olmaz. Aynı durum ısıtma modunda ikende geçerlidir.

Su Soğutmalı VRV Isı Geri Kazanımlı (Water Cooled Heat Recovery) : Heat recovery VRV'den farkı ısının hava soğutmalı kondenser ile dışarı atılmayıp, su soğutmalı kondenser yoluyla dışarı atılmasıdır. Sistem aynı anda hem ısıtma hem de soğutma amaçlı kullanıma izin verir. Sistemin ısı geri kazanımlı hale dönmesi için yön değiştirme kutularının ilave edilmesi yeterli olacaktır.



Şekil 4.23 VRV dış üniteleri [10]

		VRV 1. Jenerasyon	VRV 2. Jenerasyon	VRV 3. Jenerasyon
Soğutucu akışkan		R22 ve R407C	R410A	R410A (gaz hacmi 2. Jenerasyona göre %40 daha az)
COP	Soğutma	2,67	3,78	4,03
	Isıtma	2,92	4,13	4,27
En büyük kapasiteli dış ünite		10 HP	16 HP	18 HP
Maksimum sistem kapasitesi		10 HP	16 HP x 3 = 48 HP	18 HP x 3 = 54 HP
Kapasite kontrol aralığı		%15...%100	%3...%100	%3...%100
Maksimum kot farkı	Dışünite yukarıda	50 m	50 m	90 m
	Dış ünite aşağıda	40 m	40 m	90 m
Toplam borulama uzunluğu		-	500 m	1000 m
Eşdeğer boru uzunluğu		125 m	175 m	190 m
Gerçek boru uzunluğu		100 m	150 m	165 m
İki branşmandan sonraki maksimum boru uzunluğu		40 m	40 m	90 m
Bir dış üniteye bağlanabilen maksimum iç ünite sayısı		16	40	64
Dış ünite ölçüleri (10 HP için)		128x144x69	90x160x76	93x157x76
Otomatik gaz şarjı		-	-	Var
Dış ünite fan motoru		Speed controlled AC	Speed controlled AC	Inverter DC
Dış ünite ses seviyesi		57 dBA	57 dBA	45 dBA'ya kadar Gece sessiz modu
Kondenser fanı cihaz dışı statik basıncı		50 Pa	60 Pa	80 Pa

Çizelge 4.3 VRV sistemlerinin gelişimi (Küçükçalı, 2007)

4.1.2.3.5. Nemlendiriciler

Nemlendirme sistemlerini iki ayrı tipte gruplayabiliriz:

Buharla nemlendirme; su buharını direkt olarak püskürterek hava ile karışması dolayısıyla havanın neminin artmasını sağlamaktadır. Kullanılan buharın elde edilme yöntemi farklılık gösterir. Buhar kazanında üretilmiş hazır buhar kullanılabilir.

Su spreyi; havaya suyun püskürtülerek buharlaştırılması yöntemidir. Havuzlu nemlendirici olarak adlandırılan bu yöntem yüksek kapasiteler için uygulanan; özellikle tekstil sektöründe uygulana bir yöntemdir. Bir pompa yardımıyla su, santral hücresindeki havuza fiskiye yardımıyla püskürtülür.Çıkışa damla tutucular yerleştirilir.



Şekil 4.24 Buharlı nemlendirici [8]

4.1.2.3.6. Fanlar

Havanın nakledilmesi için havaya gerekli enerjiyi veren cihazlar fanlardır. Fanlar arzu edilen debi, statik basınç değerlerini karşılayacak yönde farklı konstrüksiyonda ve farklı tipte olabilir. Tipleri iki ana grupta inceleyebiliriz.

Radyal Fanlar: Klima cihazlarında genel olarak radyal fanlar kullanılır. Hava, yandan veya iki yandan emilip, fanın üfleme ağzına radyal olarak nakledilip atılır. Kanat konstrüksiyonuna göre öne eğik sık kanatlı ve arkaya eğik seyrek kanatlı olabilir.

Aksiyal Fanlar: Çok büyük debilere karşılık küçük statik basınçlar söz konusu olduğunda ve ses şiddetinin önemli olmadığı durumlarda kullanılır. Genelde proses kliması tekstil endüstrisinde geniş uygulama alanı bulmaktadır.

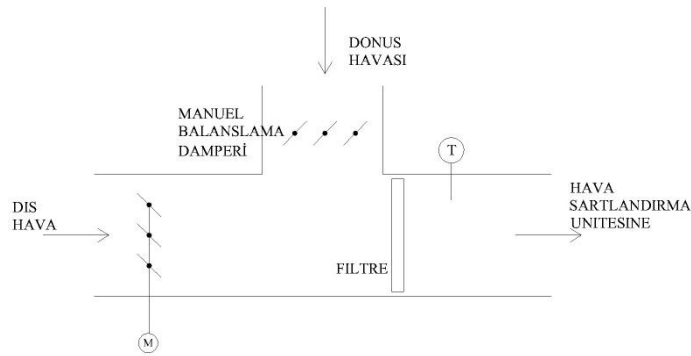
4.1.2.3.7. Serpantinler

Serpantinler, sistemin ana kaynağında üretilmiş (soğutma grubu veya kazan) ısının klima santralinde bakır-alüminyum veya demir boru içinden akışkan geçirilir. Hücre içinden geçen hava ile borudaki akışkan arasında ısı alışverişi meydana gelir. Soğutucu serpantinlerin altında bir yoğuşma tavası bulunur. Hava hızı 2.8m/s nin üzerine çıkması durumunda seperatör kullanılır.

4.1.3. HVAC Sistemleri Kontrol Uygulamaları

4.1.3.1. Minimum Dış Hava Miktarı Kontrolü

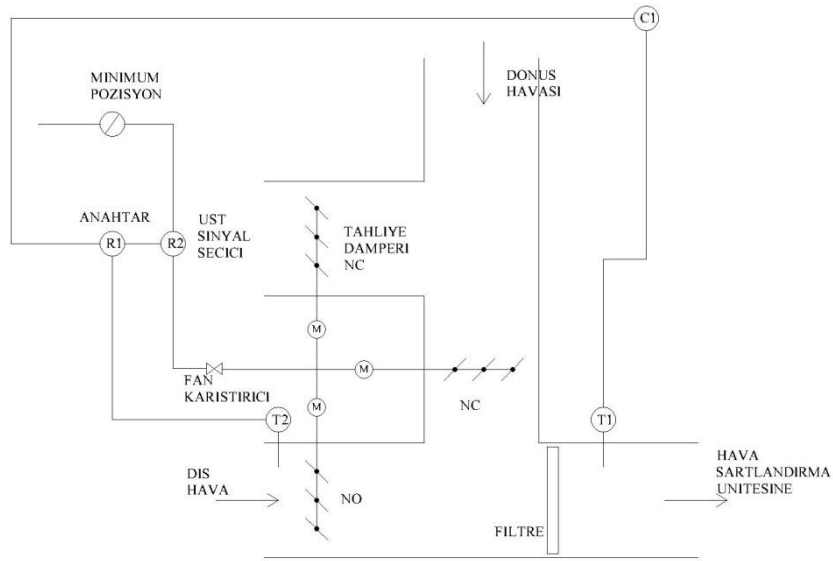
Dış hava kontrolü için en basit metot besleme fanı çalıştığında “minimum dış hava” damperini açmaktır. (Şekil 4.25). Bu iki konumlu bir kontrol olup; sistem için gereksinim duyulan minimum taze hava almayı veya egzost düzenlemesini sağlar. Mekanik soğutma gereksinimini azaltmak için dış havanın uygun olduğu koşullarda daha fazla miktarda serin dış hava kullanımına izin vermez, çünkü taze hava damperi ve kanalı sistemin ihtiyaç duyduğu minimum taze hava miktarına bağlı olarak seçilir.



Şekil 4.25 Minimum dış hava kontrolü (Değirmenci, vd. 2003)

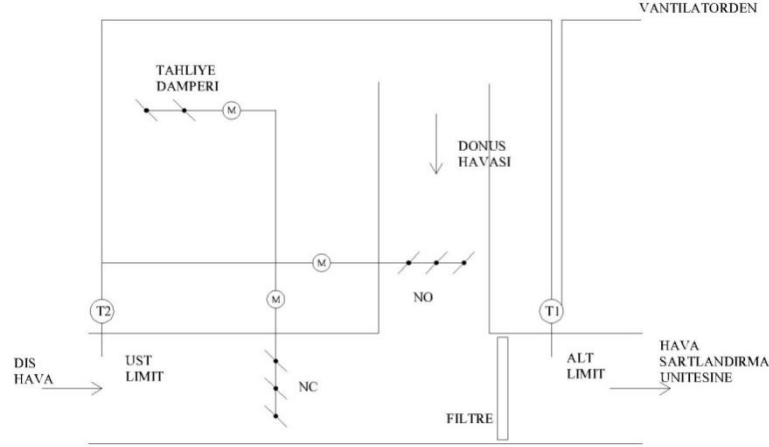
Sabit miktarda dış hava kullanıldığında, dış hava sıcaklığının serin olduğu zamanlarda bile soğutucu serpantinin çalıştırılması gerektiği bazı zamanlar olabilir. Bu gereklilik hava sıcaklığı tarafından kontrol edilen dış, dönüş ve tahliye damperli sistemlerde ekonomi çevrimi ile ortadan kaldırılabilir. (Şekil 4.26). Dış hava, kış sıcaklığı dizayn değerinde iken; dış hava damperi ve tahliye damperleri genelde minimum açık pozisyonudadır (havalandırma ve egzost ihtiyacının belirlediği oranda), ve dönüş damperi ise daha fazla açıktır. Dış hava sıcaklığı arttıkça, karışım havası termostatu (T1)

karışım havası sıcaklığını sabit seviyede tutmak için yavaş yavaş dış hava damperini açar. Dönüş ve tahliye damperleri karşılıklı olarak buna göre kendilerini ayarlarlar. Genelde 10°C ve 16°C gibi bazı dış hava sıcaklıklarında %100 dış hava sağlanacak ve soğutma için kullanılacaktır. Dış hava sıcaklığı artmaya devam ettiğinde ve 21°C ila 24°C'ye geldiğinde dış hava termostatı (T2) soğutma yükünü azaltmak için sistemi minimum dış hava alacak şekilde tekrar konumlandırır. Birçok dış hava kontrol sistemlerinde fan çalışmadığında dış hava damperini kapansın diye besleme fanından bir kilitleme sağlanır. Şemada gösterilen selenoid röle, pnömatik damper motorlarına giden besleme havasının akışını keser.



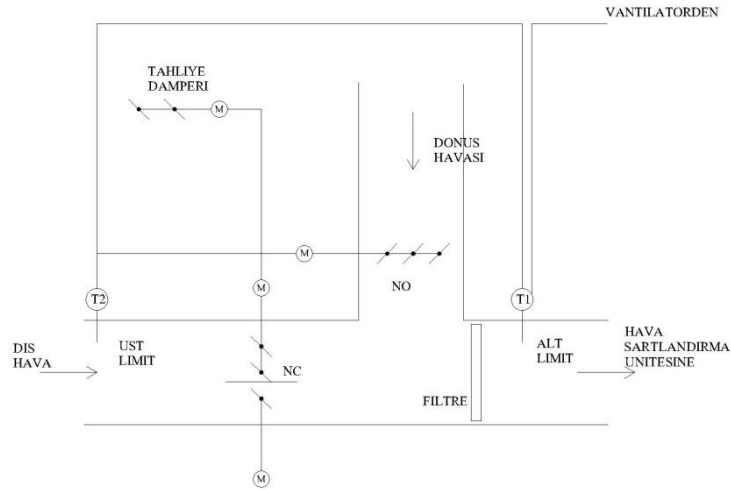
Şekil 4.26 Dönüş ve tahliye damperli sistemler (Değirmenci, vd. 2003)

Şekil 4.27 ve 4.28 ekonomi çevrim kontrolünün diğer iki metodunu gösterir. Şekil 4.27, damperleri kontrol eden birisi direkt hareketli diğeri ters hareketli iki kontrol edici gösterir. T1 üst sınıra ulaşmaya kadar istenen karışım havası sıcaklığını sağlamak için dış ve dönüş havası damperlerini ayarlar. T2 hava basıncını düşürmeye başlayarak dönüş havası damperini açıp dış hava ve tahliye damperlerini kapatmaya başlar. Minimum miktarda dış hava istenirse, damper motoru normal kapalı pozisyonunda olsa bile damper bağlantısı bu miktarı sağlamak üzere set edilmiştir. Bu sistem sadece donma tehlikesinin olmadığı yerlerde çalışır.



Şekil 4.27 İki termostatlı ekonomik çevrim kontrolü (Değirmenci, vd. 2003)

Şekil 4.28 sabitlenmiş minimum dış hava damperli başka bir uygulama gösterir. Damper fan çalıştığı zaman açılır ve sıcaklık kontrolünden etkilenmez. Sistemin geri kalanı da yukarıda açıklandığı üzere çalışır.

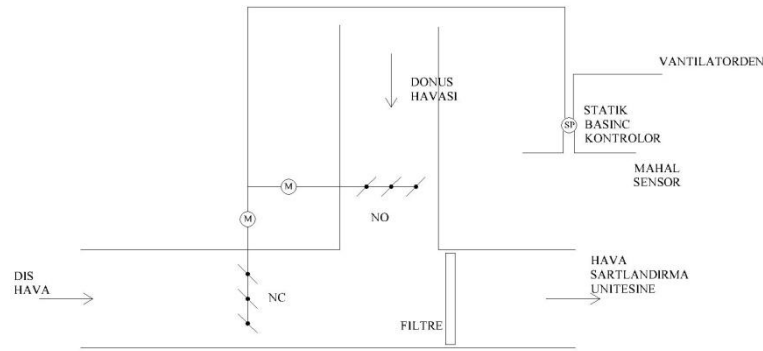


Şekil 4.28 Sabitlenmiş minimum dış hava damperli ekonomik çevrim kontrolü (Değirmenci, vd. 2003)

Yukarıdaki irdelemelerde karışım havası sıcaklığı set değerinin sabit olduğu varsayılmıştır. Enerji korunumu için en iyi yaklaşımın bu olmadığı söylenebilir. Çünkü sabit minimum dış hava sistemin ısıtma gereksinimlerini artırır. Bu problemin çözümü için, bina ısıtma ve soğutma yük değerlerine bağlantılı olarak minimum dış hava kontrollerinin set değerinin yeniden ayarlanması gerekir.

4.1.3.2. Statik Basınç Kontrolü

Çevresine göre sabit pozitif veya negatif basınca gereksinim duyan mahallerde dış, dönüş ve tahliye havası damperleri statik basınç kontrolcülerıyla kontrol edileceklerdir. Bu bölümün sonunda açıklandığı gibi büyük sistemlerin bir parçasıdır. En basit şekliyle (Şekil 4.29) statik basınç kontrolcüsü kontrol edilen alanla referans bölge (ya kontrol edilen alana yakın bir bölge yada dışarı) arasındaki basınç farkını hisseder ve bu basınç diferansiyelini korumak için damperleri ayarlar. Sağlanan dış hava miktarı egzost oluşturmak ve alanı basınç altında tutmak için yeterli olmak zorundadır. Kapılar açıldığında meydana gelen basınç dalgalanmalarından dolayı kararsızlığı önlemek için düşük oransal kazanç gerektiğinden oransal integral kontrolü istenir.



Şekil 4.29 Statik basınç kontrolü (Değirmenci, vd. 2003)

4.1.3.3. Isıtma Kontrolü

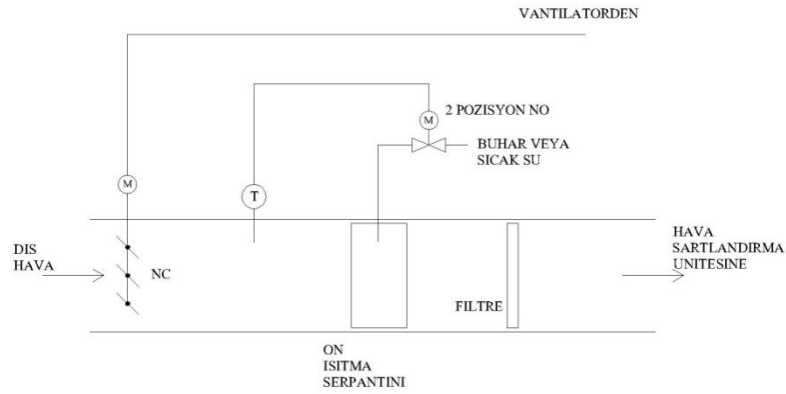
HVAC sistemlerinde ısıtma işlemi genelde buhar veya sıcak su serpantiniyle sağlanır. Elektrik ısıtıcı serpantinler, ısı pompaları, ve direkt gaz ateşlemeli kanal ısıtıcılarında kullanılır.

Dış havaya ön ısıtma yapmak, karışım havasını ısıtmak, hava akıntısının bir kısmını ısıtmak, nem kontrolünde tekrar ısıtma yapmak veya tek bir bölge sıcaklık kontrolü için ısıtma işlemi yapılır.

Ön ısıtma, büyük oranlarda dış hava alındığında, alınan dış havanın ısıtma ve soğutma serpantinlerinin donmasına sebebiyet verdiği durumlarda kullanılır. Ön ısıtmada temel problem ön ısıtma serpantininin donmasıdır. Bunu önlemek için bazı yöntemler kullanılır.

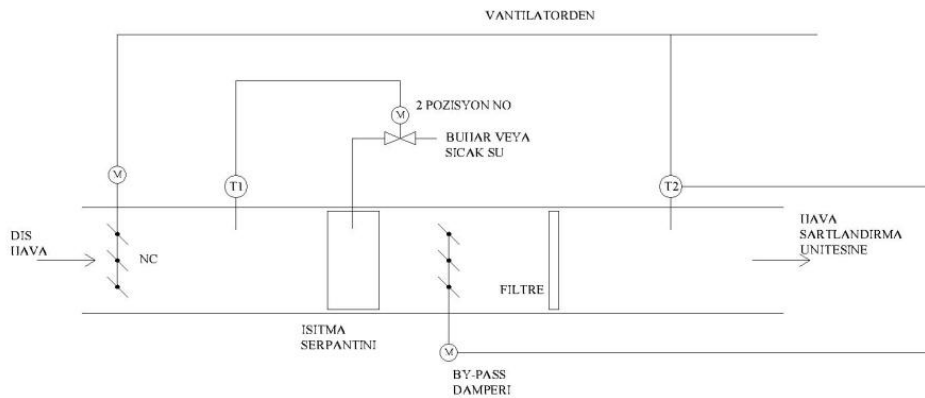
Şekil 4.30 en kolay yaklaşımı göstermektedir. Dış hava sıcaklığı 2°C veya $4,5^{\circ}\text{C}$ altına düştüğünde, buhar veya sıcak su sağlayıcısı üzerindeki iki yönlü bir vana kullanılmaktadır. (bu bir açık devre kontrolüdür). Filtre, kışın şiddetli fırtına havasında serpantine kar dolmasını önlemek için akışın alt tarafındadır. Terk eden hava sıcaklığı kontrolü sağlanmadığından ön ısıtma serpantini diyelim ki dış hava sıcaklığı -1°C olsun ve halen yeterli kapasiteyi belki -25°C veya -30°C dış ortam dizayn

şartlarına göre sağlarken aşırı ısınmayı önlemek için dikkatlice seçilmelidir. Bu, olanaksız olmasa bile başarılması oldukça zordur.



Şekil 4.30 Ön ısıtma kontrolü (Değirmenci, vd. 2003)

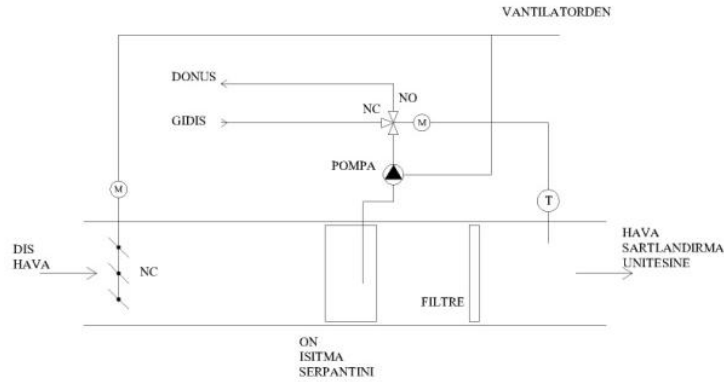
Ön yüz ve by-pass damperleri serpantine eklenir ve akışın alt tarafındaki termostat vasıtasıyla sabit bir karışım sıcaklığı sağlamaya yönelik kontrol edilirler. (T2, Şekil 4.31). Buradaki zorluk iki hava akımının tabakalaşmasıdır. Bazı durumlarda ön ısıtma serpantini tam çalışmadayken akışık alt tarafındaki soğutma serpantini by-pass havası yüzünden dondurulmuştur. Ön ısıtma serpantini her zaman hava kanalının dibine doğru yerleştirilmelidir ve hatta hava karıştırıcı yönlendirici kanatçık sağlanması arzu edilendir. Yeterli karışımın sağlanması için yeterli aralığın verilmesi durumunda bu sistem iyi çalışır.



Şekil 4.31 By-pass damperli ön ısıtma kontrolü (Değirmenci, vd. 2003)

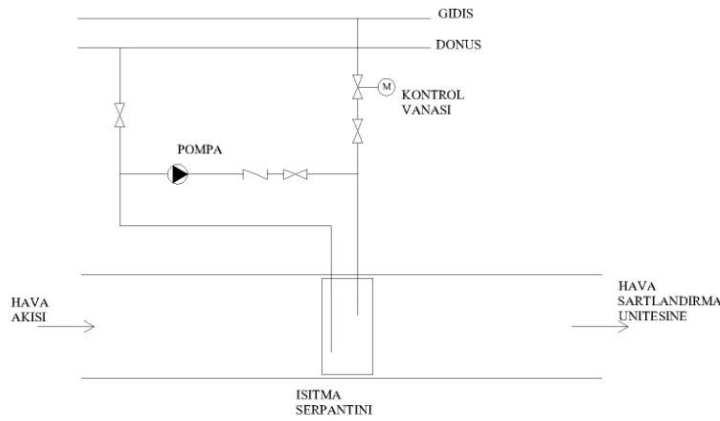
Serpantin ve damperlerin önünde çoğunlukla daha çok yeterli aralık elde edilebilir değildir. Buradaki en iyi çözüm resirkülasyon pompası ile sıcak su kullanmaktır. (Şekil 4.32). Şimdi serpantin üzerinden, sistem sıcaklık gereksinimlerine uygun olmak için değişken su sıcaklığıyla her zaman tam hava akışı olabilir. Hava by-pass olmaz; böylece hava karışımı problemi yoktur. Çok

doğru hava sıcaklığı kontrolü olasıdır. Serpantinin, besleme sıcak suyu kenarından giren ile havanın terk ettiği yerde karşıt akış düzenlemesine dikkat ediniz.



Şekil 4.32 Resirkülasyon pompalı ön ısıtma kontrolü (Değirmenci, vd. 2003)

Alternatif bir pompalama düzenlemesi Şekil 4.33'de gösterilmiştir. Bu sistem iki yönlü vana kullanımına izin verir. Pompa basıncı ve güç üç yönlü vana düzenlenmesinde biraz daha az olabilir. Bu sistem, birden çok serpantinli büyük sistemlerde, boylerler ve sirkülasyon pompaları için kısmen doğrudur. Üç yönlü vanalar hafif yüklerde bile tam pompalama kapasitesinin olmasına gereksinim duyarlar. İki yönlü vanalarla akış parçalı yüklere düşer ve enerji kullanımında bir tasarrufa gidilerek bazı pompalarla serpantinler kapatılabilir.

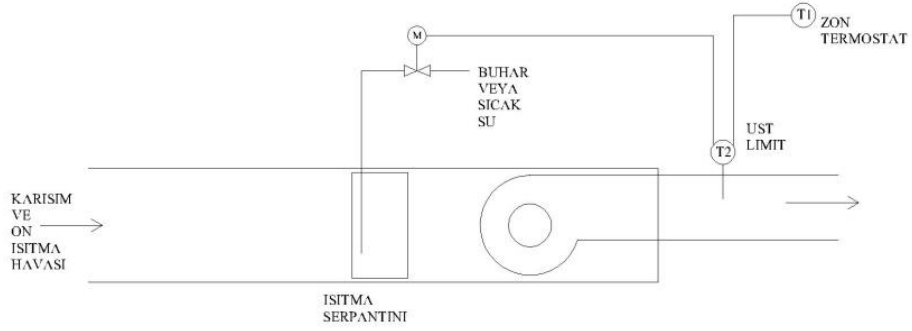


Şekil 4.33 Alternatif pompalama düzenlemeli ön ısıtma kontrolü (Değirmenci, vd. 2003)

Havanın donmasından bahsediliyorsa, bazı kesin önlemlerin alınması gerekir. Sıcak su için deneysel olarak gösterilmiş ki serpantin tüplerindeki 2,5 ila 3 feet/s'lik su hızları, -30⁰F civarındaki dış hava sıcaklığına kadar donmayı önlemek için bir miktar sıcak su eklemesi koşusuyla yeterlidir. Bununla birlikte pompa hatası serpantin donmasına sebebiyet verebilir. Glycol solüsyonu kullanmak daha güvenli bir alternatiftir. -40⁰F veya daha altındaki sıcaklıklarla uğraşmak gerekirse direkt ateşlemeli sistemler, gaz, mazot veya elektrik kullanımı tavsiye edilir.

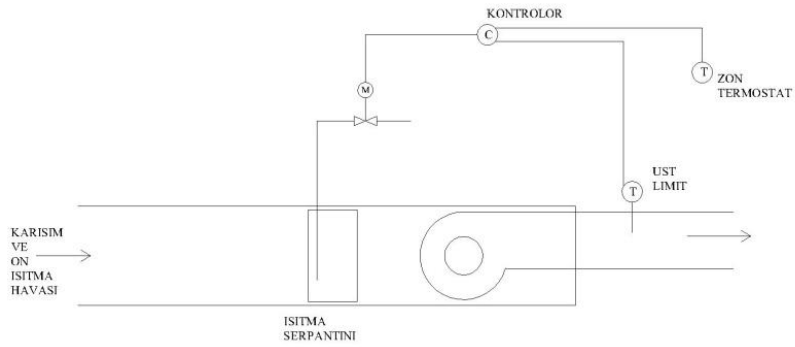
Donma havasına maruz kalacak buharlı serpantinler yeterli kondensat kapasitesinde ve vakum kırıcılardaki gibi yoğuşma suyunu akıtmak için eğimli veya yatay düzenlemeli iki tüple dağıtan tip olmalıdır. Buna rağmen bile buhar akışı kısıldığında problemler ortaya çıkabilir. Kontenstop ve boşaltma hatları donma havasına açıksa izole edilmelidir.

Normal ısıtma, tek zonlu, çok zonlu veya iki kanallı hava sistemlerinde 45⁰F ila 50⁰F veya daha yüksek sıcaklıklardaki havanın girdiği serpantinden bahseder. Tek zon ünitesindeki (Şekil 4.34) ısıtıcı buhar veya sıcak su kontrol vanası, çıkış havasındaki yüksek sıcaklık limit termostatının (T2) limitlediği bir oda termostatu (T1) tarafından kontrol edilir.



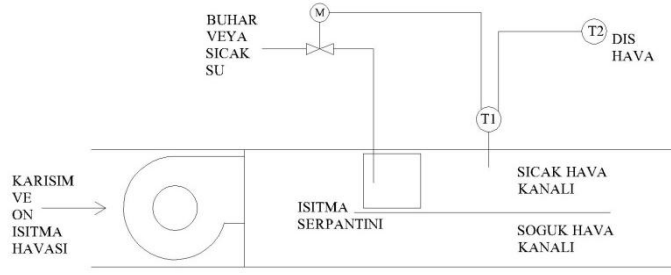
Şekil 4.34 Tek zonlu sistemlerde normal ısıtma kontrolü (Değirmenci, vd. 2003)

Alternatif olarak kontrol vanası, oda sıcaklığından ayar değeri resetlenebilen çıkış havası sıcaklığına bağlı kontrol edilebilir.(Şekil 4.35). Bu sistemlerin her biri ile her ikisinin kombinasyonunu; soğutma, ısıtma veya ısıtma ve soğutma serpantinlerinin sıralı olarak kontrolünde kullanılabilir.



Şekil 4.35 Tek zonlu sistemlerde ayar değeri resetlenebilen normal ısıtma kontrolü

Çift kanallı veya çok zonlu sistemlerde kontrol vanası sıcak hava kanalı termostatyyla kontrol edilir. (Şekil 4.36). Kapsamlı kontrol edilebilirliğini geliştirmek için dış ortam sıcaklığı arttıkça sıcak hava kanalı sıcaklığını düşüren dış hava sıcaklığı reseti eklemek tercih edilir.



Şekil 4.36 Çift kanallı çok zonlu sistemlerde normal ısıtma kontrolü (Değirmenci, vd. 2003)

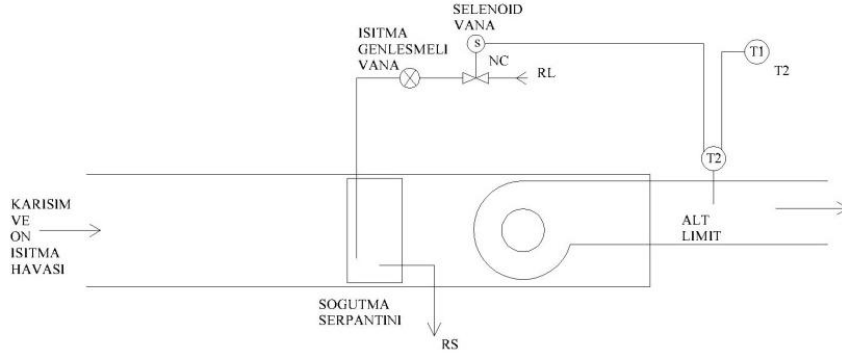
Şekil 4.32 veya Şekil 4.33’de olduğu gibi resirkülasyon pompalı sistem kullanılırsa tek zonlu hava taşıyıcı ünite de bir serpantin bazen hem ön ısıtma hem de normal ısıtma için servis yapabilir. İstenen kontrol derecesine ve ekonomiye bağlı olarak tercih yapılır.

Tekrar ısıtma, nem kontrolü veya bireysel zon sıcaklığı kontrolü için kullanılır. Her iki durumda da buhar veya sıcak su vanalarının kontrolü genelde oda termostatu ile bazen de üfleme kanalındaki yüksek sıcaklık limit termostatu ile seri bağlı oda termostatu ile yapılır.

4.1.3.4. Soğutma Kontrolü

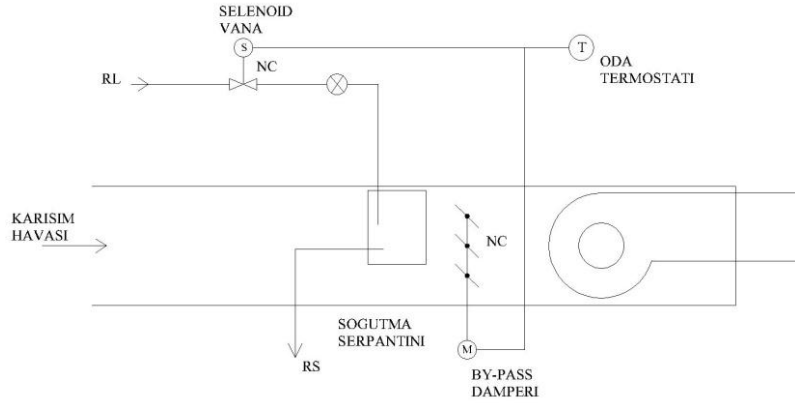
Soğutma serpantinleri, bazen kimyasal nem alıcılarla beraber tekrar soğutma serpantinlerinin bulunması istense de genelde hava taşıyıcı ünite (AHU) içerisinde tek olarak bulunurlar. İki tip soğutma serpantini vardır ; direkt genişmeli serpantinler (DX) ve soğutma suyunu veya salamura suyunu kullanan serpantinler.

Direkt genişmeli serpantinler, doğası gereği kendine özgü geniş işletim aralığına sahip iki konumlu kontrol türünü kullanmak zorundadır. Bununla birlikte, özellikle küçük birimlerde ve kapalı kontrolün istenmediği yerlerde sıkça kullanılan bir sistemdir. Şekil 4.37 tipik bir direkt genişmeli serpantin kontrolünü göstermektedir. Oda termostatu soğutucu akışkanın genişleme vanasından serpantine akmasına izin veren selenoid vanayı açar. Genleşme vanası minimum soğutucu emme sıcaklığını korumaya çalışmak için set değerine göre ayarlama yapar. Üfleme havası alt sıcaklık limit termostatu T2, besleme havası sıcaklığını çok soğuk olmaktan korur.



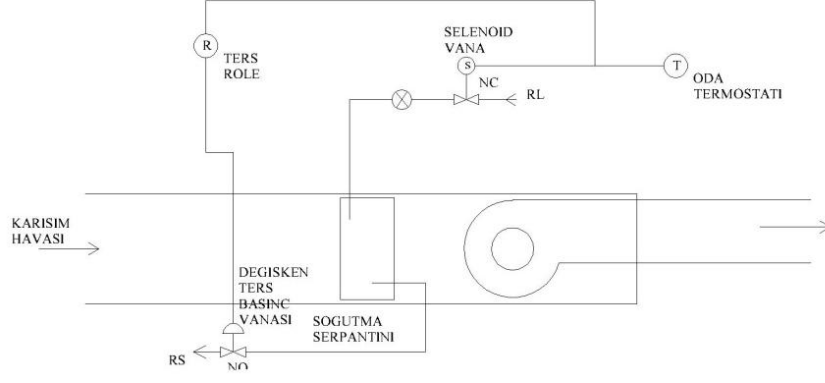
Şekil 4.37 Tipik direkt genişlemeli serpantin kontrolü (Değirmenci, vd. 2003)

Kontrol edilebilirlik yüzey vr by-pass damperleriyle geliştirilebilir (Şekil 4.38), fakat nem kontrolü kilitlenmesi ve yüksek by-pass oranlarında serpantin buzlanması gibi karmaşıklıklara yol açabilir. Maksimum by-pass oranları saptanmalı ve sistem çok hafif yüklerde yeterli kontrol sağlamayabilir.



Şekil 4.38 Yüzey ve by-pass damperli direkt genişlemeli serpantin kontrolü (Değirmenci, vd. 2003)

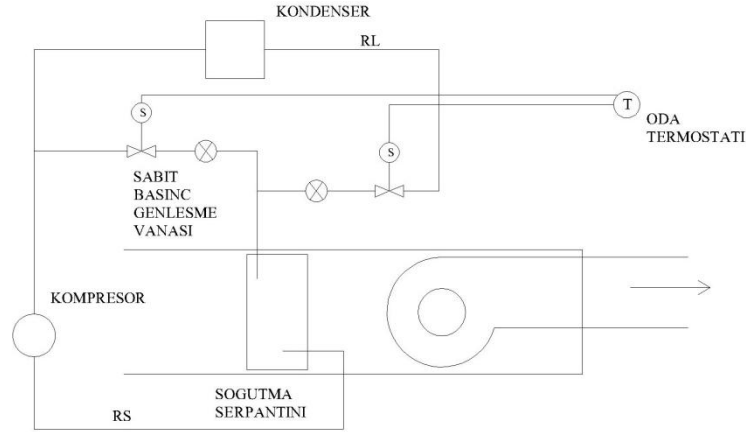
Farklı bir yaklaşım, soğutucu akışkan emiş hattında oda termostadı tarafından kontrol edilen değişken debi yeteneğinde bir vana ilave etmekle (Şekil 4.39) yapılır. Oda sıcaklığı düştükçe vana kısılarak serpantinindeki emme sıcaklığı azaltılır ve serpantin soğutma kapasitesi düşürülür. Ters çevirici röle vasıtasıyla, selenoid vananın ilk açılma koşulunda gerekli şart olan basınç vanasının açık konumda olmasına imkan sağlanır.



Şekil 4.39 Değişken debili vana ile direkt genişlemeli serpantin kontrolü (Değirmenci, vd. 2003)

Bu düzen soğutucu devresinde problemlere yol açabilir ve soğutucu boru dizaynında uzman birisi tarafından kullanılmalıdır.

Şekil 4.40'ın gösterdiği gibi sıcak gaz by-pass'ı kapasite kontrolü için kullanılabilir.

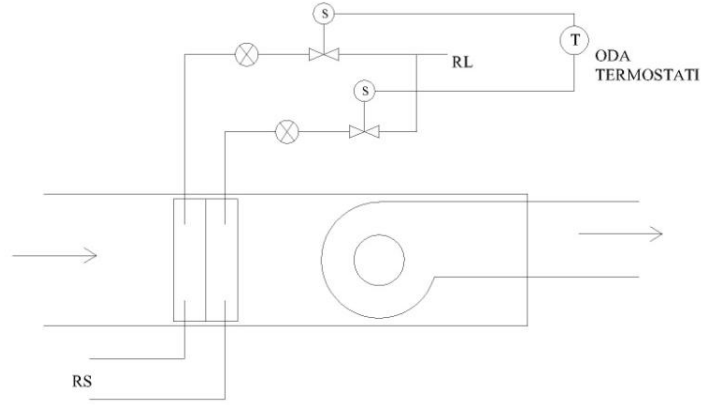


Şekil 4.40 Sıcak gaz by-pass'lı kapasite kontrolü (Değirmenci, vd. 2003)

Sabit basınç genişleme vanası yükten bağımsız olarak evaporatör basıncını ve sıcaklığını sabit bir seviyede korumak için kullanılır. By-pass edilebilir toplam soğutma akışı yüzdesinin üzerinde ve boru döşeme sistemindeki basınç düşümü üzerinde sınırlamalar vardır. Soğutma uygulamalarında uzman üretici firma kullanım ve tasarım dökümanlarını göz önünde tutunuz.

İki kademeli direkt genişleme, çoğu kez yeterli kapasite kontrolü sağlayacaktır. Serpantinlerin yatay kısımlara ayrılındansa, kademelerin serpantin boru dizinleri ile yapılması gerekir. Aksi takdirde aktif bölüm hava akışının çoğunu aktif olmayan bölümden geçirmeye zorlayacak ve serpantin kapasitesini düşürerek buzlanabilir.

Üç veya dört sıralı bir serpantinde ilk sıra soğutmanın en az yarısını yaptığı için çok sıralı serpantinlerde ilk devre hava akışı yönündeki ilk devre ve diğer sıralar ikinci devre olmalıdır. İki aşamalı termostat kullanılır.(Şekil 4.41).

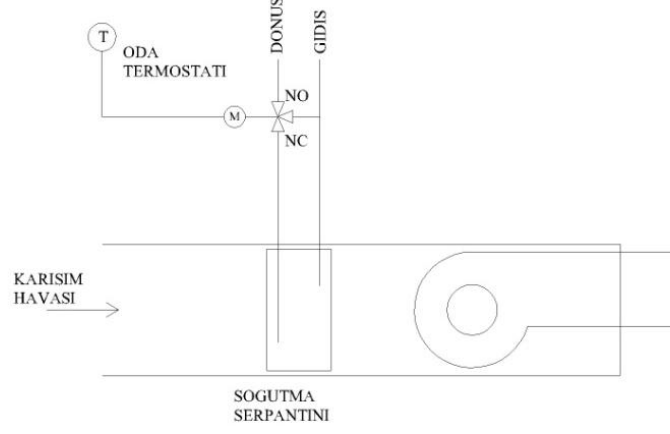


Şekil 4.41 İki aşamalı termostat kullanılan serpantin kontrolü (Değirmenci, vd. 2003)

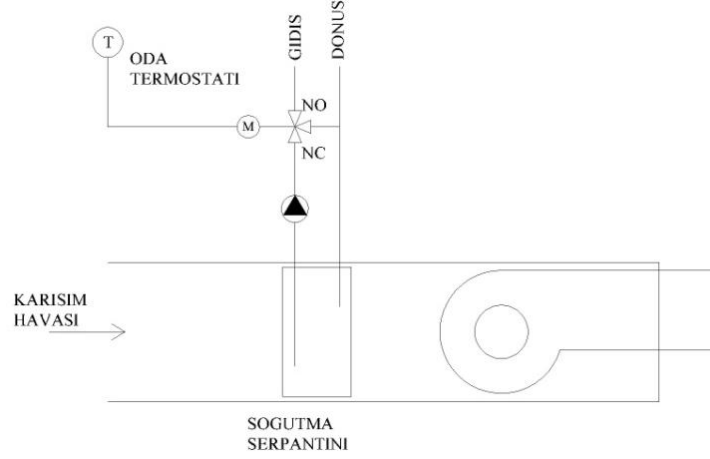
Soğutulmuş sulu veya salamuralı serpantinler, üç yollu veya iki yollu vana ile ısıtma serpantinlerinin kontrolüne oldukça benzer bir şekilde oransal veya iki konumlu olarak kontrol edilirler. Genelde soğutma serpantini vanaları, doğru hareketli kontrolörlerin kullanımına izin verdiğinden normalde kapalı olarak monte edilirler. Onun için resirkülasyon pompası kullanılmışsa Şekil 4.43’de olduğu gibi veya Şekil 4.42’de görüldüğü gibi üç yollu vana düzenlemesi ortaya çıkar.

Sirkülasyon pompası düzenlemesi iki yönden dolayı çok kullanışlıdır:

1. Aşırı derecede doğru sıcaklık kontrolü için
2. Karışım veya ön ısıtmalı hava tabakalaşımından kaçınmayı sistem geometrisinin olanaksız kıldığı yerlerde donma durumlarından kaçınmak için.



Şekil 4.42 Tipik soğutulmuş sulu serpantin kontrolü (Değirmenci, vd. 2003)

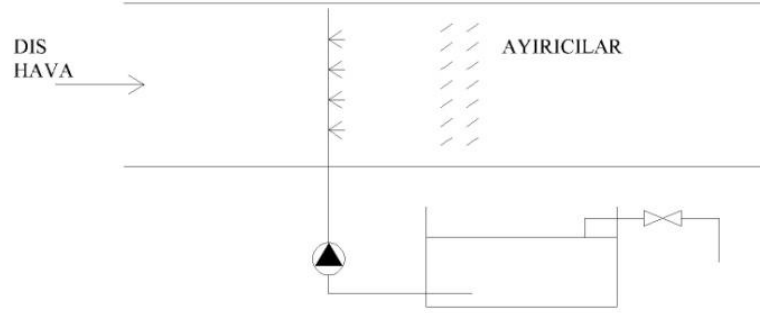


Şekil 4.43 Pompa düzenekli soğutulmuş sulu serpantin kontrolü (Değirmenci, vd. 2003)

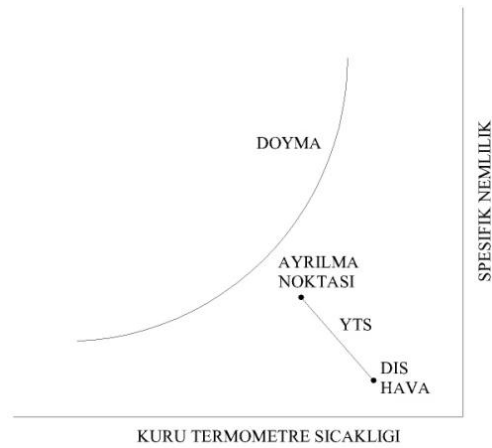
4.1.3.5. Nemlendirme Kontrolü

Havası şartlandırılan mahalin, seçilmiş nem şartlarında kalmasını sağlamak için havanın nemini artırmak gerekebilir. Bu durumu sağlayabilmek için birkaç yöntemden bahsedebiliriz.

Yıkayıcı, genelde duyulur soğutma kabiliyeti nedeniyle evaporatif soğutucu olarak bilinir. Pahalı olmayan ve elverişli bir nemlendirme sağlayan ve büyük endüstriyel tesislerde ince spreyleme ve damla tutucu sistemi ile uygulanabilir olsa da tüm yıkayıcılar, adiyabatik soğutma prensibine göre çalışır. Çünkü soğutma buharlaşan suyun havanın duyulur ısını çekmesi ile olur. Böylece yıkayıcıdan geçen hava şartları sabit bir yaş termometre sıcaklığı boyunca değişir. Yıkayıcı çıkışındaki durum, havanın yıkayıcı giriş şartları ve yıkayıcının doyum verimine bağlıdır. Genelde yıkayıcı doyum verimi %70 ila %90 arasındadır. Nem kontrol altında değildir. Bu psikrometrik diyagramda Şekil 4.45’de gösterilmiştir.



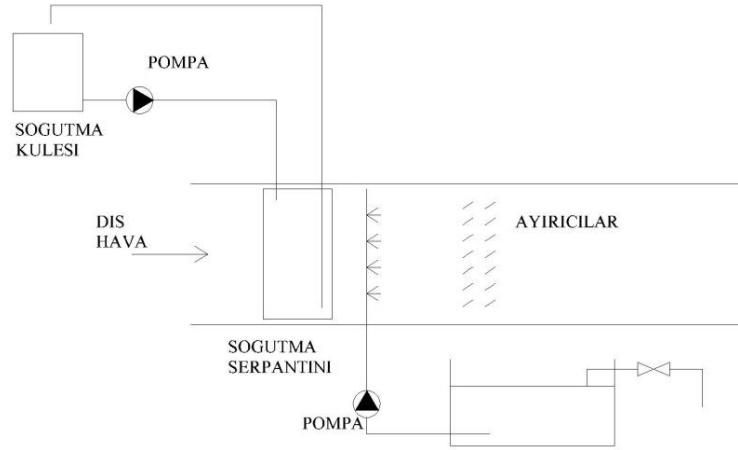
Şekil 4.44 Yıkayıcı nemlendirme kontrolü (Değirmenci, vd. 2003)



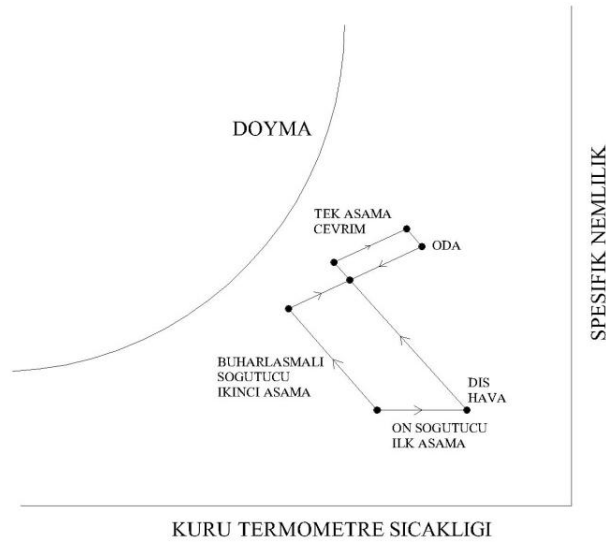
Şekil 4.45 Yıkayıcı nemlendirme kontrolüne ait psikrometrik diyagram (Değirmenci, vd. 2003)

İki kademeli evaporatif soğutma, mekanik soğutmaya bir alternatif olarak, dış hava şartlarının izin verdiği durumda kullanılabilir. Bu sistemle normal evaporatif soğutma ile elde edilen daha düşük kuru termometre sıcaklıkları ve izafi nem değerleri sağlanabilir. Şekil 4.46'da iki kademeli evaporatif bir sistem ekipmanları ve kontrolü görülebilir. Şekil 4.47 çevrimin psikrometrik diyagramıdır. Diyagramdaki kesikli çizgiler Şekil 4.45'deki gibi tek aşamalı çevrimi gösterir.

Soğutma kulesi ve ön soğutma serpantini ilk aşamadır. Bu hissedilebilir soğutma ikinci aşamada daha düşük bir kuru termometre sıcaklığı meydana gelebilir diye yaş ve kuru termometre sıcaklığının her ikisini de düşürebilir. Oda termostatı iki konumlu ve opsiyonel olarak iki kademeli kontrol için uygun olacaktır. Sistemin kontrol edilebilirliği dış ortam havasına bağlıdır.

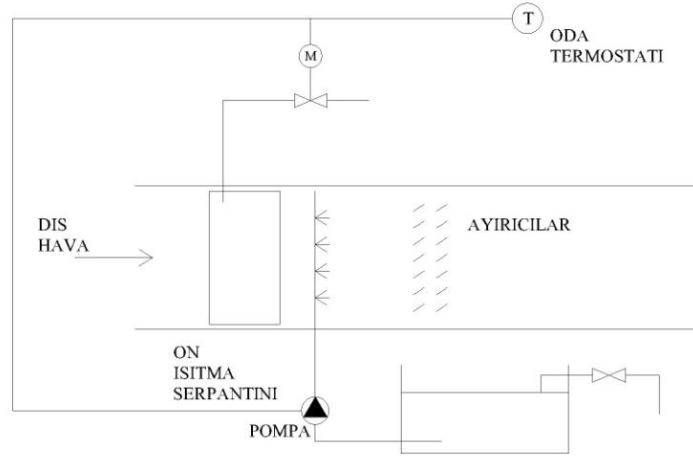


Şekil 4.46 İki kademeli evaporatif sistem ekipmanları kontrolü (Değirmenci, vd. 2003)

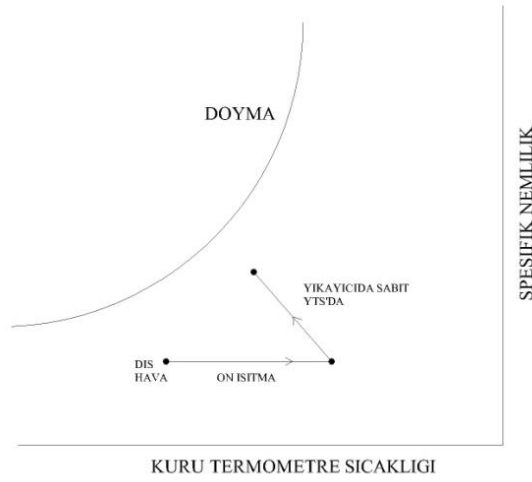


Şekil 4.47 İki kademeli evaporatif sistem kontrolüne ait psikrometrik diyagram (Değirmenci, vd. 2003)

Ön ısıtmalı yıkayıcı/sulu nemlendirici, sıradan bir sulu nemlendiriciye uygulanabilecek tek kontrol senaryosu, su pulverizasyonunu (yada pompayı) açmak veya kapamaktır. Eğer en düşük nem seviyesi gereken durumlarda, havanın istenen ıslak termometre sıcaklığına kadar ısıtılması gerekebilir. Şekil 4.48’de buna benze bir sistem gösterilmiştir. Odada bulunan higrostat, düşük nem değerini hisseder ve yıkayıcı/atomizer pompasına yol verir. Sonra da ön ısıtıcı serpantin besleme vanasını açar. Odadaki nem değeri yükseldikçe, önce ön ısıtıcı serpantin vanası, daha sonra da atomizer kapanır. Yüksek dış hava rutubeti değerlerinde, soğutma kapasitesi çok kısıtlıdır. Mahallerdeki sıcaklık kontrolü, son ısıtıcı serpantinler aracılığıyla yapılır. Şekil 4.49’daki psikrometrik diyagram bu çevrimi göstermektedir.



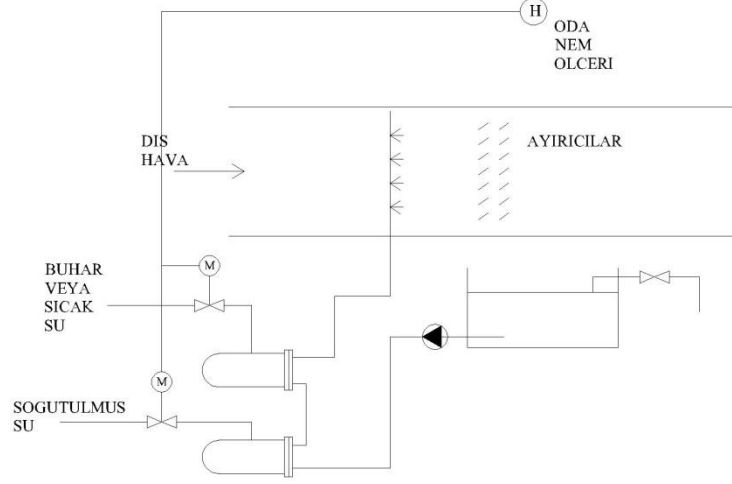
Şekil 4.48 Tipik sulu nemlendirici kontrolü (Değirmenci, vd. 2003)



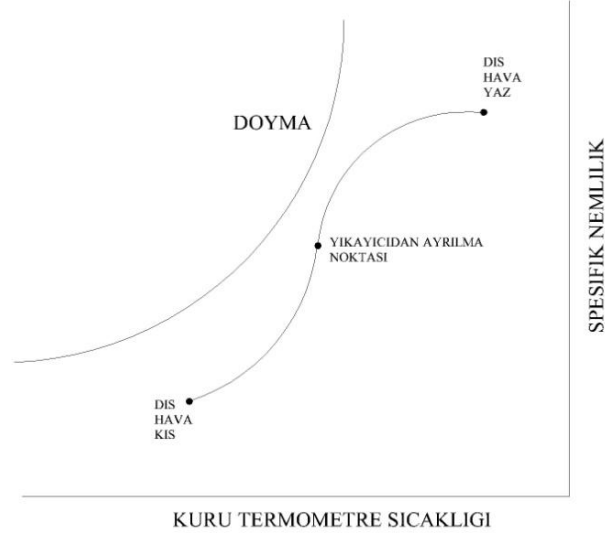
Şekil 4.49 Tipik sulu nemlendirici kontrolüne ait psikrometrik diyagram (Değirmenci, vd. 2003)

Ön ısıtmalı ve soğutmalı bir hava yıkayıcı, yüksek nem sınırlarını kontrol etmeyecektir. Bunu yapabilmek için iki seçimi vardır (ikisinde soğutma gerektirir).

1. Atomize suyun, herhangi bir tipte eşanjör yardımıyla ısıtılması ve/veya soğutulması.(Şekil 4.50). Oda higrostatının eşanjör besleme vanasına kumanda etmesi yoluyla nemin ve yıkayıcı çıkış havasının oldukça hassas şekilde kontrolünü sağlamak mümkündür. Söz konusu prosesin psikrometrik diyagramı Şekil 4.51’de gösterilmiştir. Sistemde son ısıtıcı gereklidir, çünkü yıkayıcı çıkışındaki hava sıcaklığı sabit olup bina yükünün bir fonksiyonu değildir.



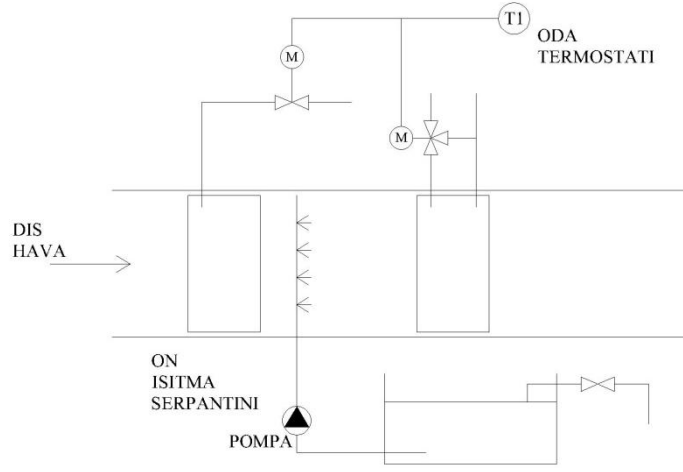
Şekil 4.50 Atomize suyun eşanjör yardımıyla ısıtılması ve/veya soğutulması kontrolü (Değirmenci, vd. 2003)



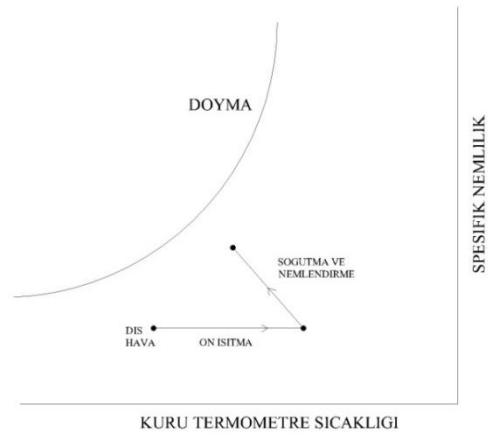
Şekil 4.51 Atomize suyun ısıtılması ve/veya soğutulması işlemine ait psikrometrik diyagram (Değirmenci, vd. 2003)

2. Hava yıkayıcı ünitenin içine, soğutucu serpantin konulması, atomizer-serpantinli nem alıcının oluşmasına sebep olur.(Şekil 4.52). Bu tasarım yanlış değildir, çünkü yüksek nem seviyelerinde nem alma prosesi oluşurken, sistem gerektiği zaman nemlendirici ünite olarak ta görev yapar. Serpantin ilavesi doyma verimliliğini %95 ila %98'ler seviyesine çıkarttığı için higrostat yerine daha basit ve daha ucuz olan kuru termometre sıcaklığını ölçen termostat (T1) kullanılabilir. Bu termostat serpantin çıkışındaki havayı hissedeceği için çiğ noktası termostadı olarak da anılır. Termostat, kuru termometre sıcaklığının ve bağıl nemin sabit değerlere oturacağı şekilde set edilir. Karışım havası yaş termometre sıcaklığı gereken değer üstündeyse soğutma gereklidir. Son ısıtıcı ise son mahal sıcaklık kontrolü için kullanılmaktadır. Tüm kontrol ayarları doğru seçilmişse, mahalın sıcaklık ve nem kontrolü çok hassas bir şekilde gerçekleştirilebilir. Şekil 4.53 çevrimi, dış

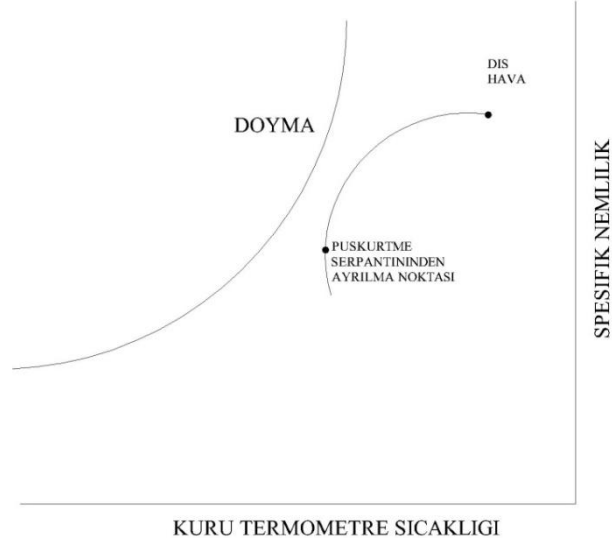
havanın soğuk ve düşük nemli olduğunu varsayarak psikrometrik diyagramda gösterir. Çiğ noktası termostatı serpantini terk eden hava sıcaklığında bir düşüş hisseder ve soğutulmuş su akışını keser ve daha sonra ön ısıtma serpantini vanasını açar. Evaporatif soğutma kullanılır. Serpantini terk eden hava sıcaklığı arttığı gibi, ön ısıtma vanası yavaş yavaş kapanır. Termostat set değerinin üzerinde kontrol edilen sıcaklıktaki daha fazla bir artış soğutulmuş su vanasının donmayı soğutma için kullanarak açılmasına sebebiyet verecektir. Şekil 4.54 psikrometrik diyagramda yüksek sıcaklıkta dış hava olması durumunda ne olacağını göstermektedir. Giren hava yağ termometre sıcaklığı çiğ noktası termostatının set değerinin üzerinde olduğu müddetçe soğutulmuş suya gereksinim duyulacak ve serpantinden geçen soğutulmuş su akıntısının değişmesiyle serpantini terk eden hava sıcaklığı korunacaktır. Soğutulmuş su yerine direkt genişleme kullanılabilir.



Şekil 4.52 Atomizer serpantinli nem alma kontrolü (Değirmenci, vd. 2003)



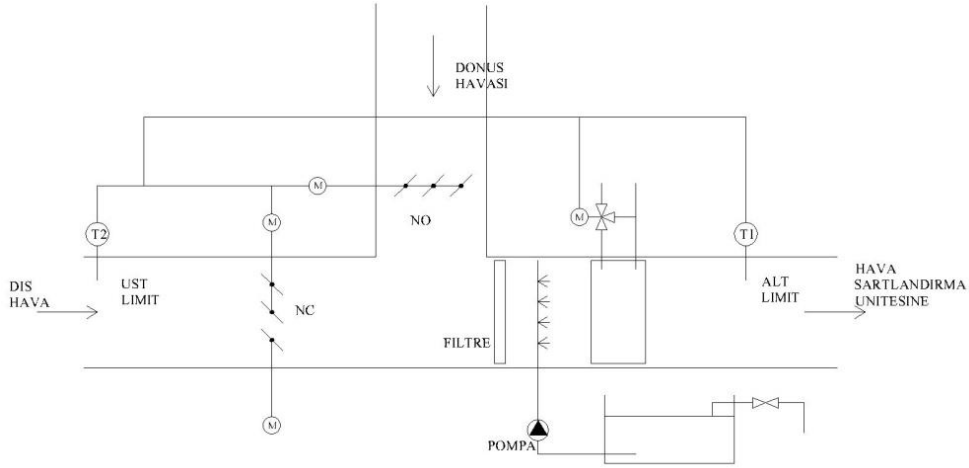
Şekil 4.53 Dış havanın soğuk ve düşük nemli olduğu durumda nemlendirme kontrolüne ait psikrometrik diyagram (Değirmenci, vd. 2003)



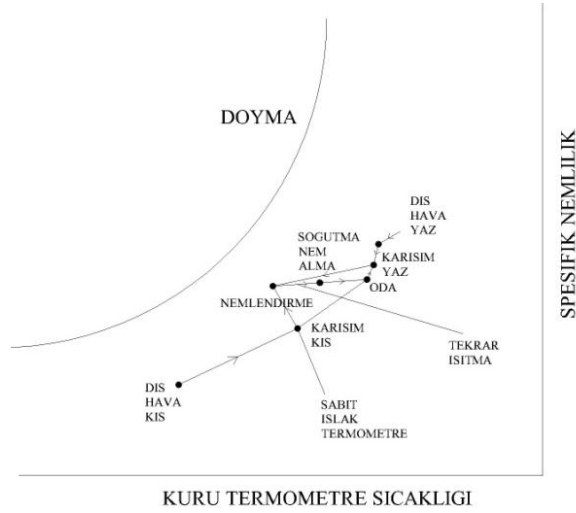
Şekil 4.54 Yüksek sıcaklıkta dış hava olduğu durumda nemlendirme kontrolüne ait psikrometrik diyagram (Değirmenci, vd. 2003)

Soğutma ve karışım havalı yıkayıcı, kontrol sistemi Şekil 4.55 ve 4.56 deki gibi ayarlanırsa %100 taze havadan ziyade karışım havası kullanılabilir. Dış hava yaş termometre sıcaklığı serpantini terk eden havanın set değeri olan T1'den düşük olduğu sürece serpantini terk eden havanın yaş termometre sıcaklığı çizgisinin üzerine düşen bir karışım elde etmek için karışım damperlerini ayarlayarak ve püskürtmeli serpantinin buharlaşmalı soğutma etkisini kullanarak istenen şart sürdürülebilir. Dış hava damperi tamamen açık ve serpantini terk eden hava sıcaklığı set değeri olan T1'in üzerine çıkarsa, o zaman ya soğutulmuş suyla yada direkt genişlemeyle soğutma yapılmalıdır. Yine belirtmek gerekirse, tekrar ısıtma mahal sıcaklık kontrolü için istenir.

Bütün bu açık sprey kullanan sistemler katı birikintilerini minimize etmek için sprey suyunun kimyasal bir işleme tabii olmasına gereksinim duyarlar. Lamel serpantinli sistemler birikintilerden dolayı şiddetli tamir problemleri ortaya çıkartırlar. Tek tatmin edici çözüm sprey sisteminde tuzlarından arındırılmış su kullanmaktır. Spreyli serpantinler, bakteri bulaştırma potansiyellerinden dolayı bazı yapı kodları tarafından kullanılmasına izin verilmez.

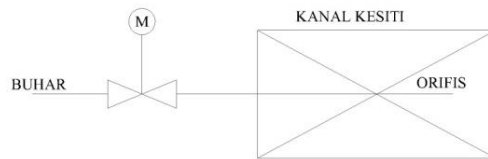


Şekil 4.55 Soğutma ve karışım havalı nemlendirme kontrolü (Değirmenci, vd. 2003)



Şekil 4.56 Soğutma ve karışım havalı nemlendirme kontrolüne ait psikrometrik diyagram (Değirmenci, vd. 2003)

Buharlı nemlendiricileri kolaylıklarından dolayı sıkça kullanılırlar. Borularla taşınan küçük orifisli dağıtıcı hava kanalının veya hava toplama kutusunun içinde bulunur.(Şekil 4.57). Buhar besleme vanası mahal veya kanal tipi nem ölçer vasıtasıyla kontrol edilir. Zehirli kimyasallarla işleme maruz kalmış buhar kullanımından kaçınılmalıdır. Doyma noktasına kadar herhangi bir nem oranı, nemlendirici çıkışında elde edilebilir. Mahal tipi nem ölçer kullanılırsa kanalda yoğuşma oluşmasından kaçınmak için kanal tip yüksek nem limitörü kullanılmalıdır.



Şekil 4.57 Buharlı nemlendirici kontrolü (Değirmenci, vd. 2003)

Ultrasonik nemlendiriciler, su içerisine daldırılmış bir piezo-elektrik çevirici, yüksek frekanslı elektronik sinyalleri yüksek frekanslı mekanik titreşime dönüştürür.

Bu yüksek frekanslı mekanik titreşimleri takip etmeye çalışan su, kütle ataletinden dolayı bu olaya ayak uyduramaz ve böylece su içerisinde anlık bir vakum ve kuvvetli bir sıkıştırma etkisi yaratılmış olur.

Çeviricinin negatif titreşimi durumunda oluşan anlık vakum kavitasyon etkisi ile düşük basınç ve sıcaklıkta buhar elde edilmesine sebep olur.

Pozitif titreşim durumunda ise, yüksek basınç dalgalarının üretilmesi ve bu basınç dalgalarının su yüzeyine doğru odaklanması yoluyla su partikülleri (ortalama 1 mikron çapında) hava tarafından kolaylıkla absorbe edilebilen bir sis oluştururlar. Çünkü, ultrasonik nemlendirilerde buhar; faz değişimi olmaksızın tamamıyla ultrasonik dalgalar tarafından üretilir.

Ultrasonik nemlendiriciler aynı kapasite ve oranlardaki elektrikli buhar nemlendiriciler için gerekli olan elektrik enerjisinin %7'sinden daha az enerji harcarlar.

HVAC uygulamalarında, evaporatif soğutma etkisi sayesinde ekonomizer çevrimine katkıda bulunan ultrasonik nemlendiriciler, böylece damperlerdeki karışımda taze hava miktarının azalmasını ve nemlendirme kapasitesinin azalmasına sebep olurlar.

Islah edilmiş yumuşatılmış su kullandıkları için bir yanda nemlendirilen ortamda mineralsiz, atmosfere zengin bir zemin hazırlarken diğer yandan da buharlı nemlendirici üniteler gibi periyodik bakım ve temizlik gerektirmezler.

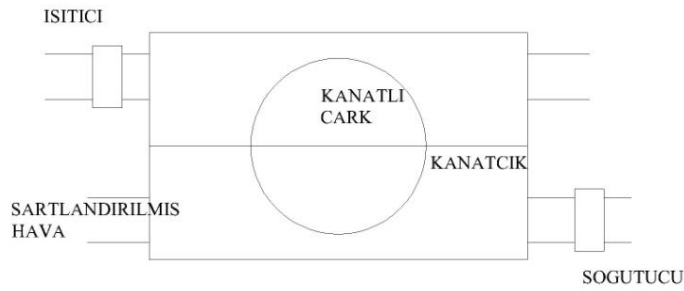
Atomizer (pülverize) veya slinger (fırlatan) nemlendiriciler bir nem hissedicisiyle veya elle on-off olarak kontrol edilebilirler. Mahal izafi nemi çok nadiren %40'ı geçer."Kapalı" durumlarında su buharlaşmasından geriye kalan kireç birikintileri hava akıntısına toz olarak karışır. Buharlaşmalı veya atomizer nemlendiriciler kullanıldığında besleme suyu damıtılmalı veya iyonlarına ayrıştırılmalıdır. Yoğuşmadan dolayı meydana gelen mineral birikintileri ciddi bir bakım problemidir ki bunun önlenmesinde "Rental" iyon ayırıcıları küçük tesisatlar için çok tatmin edicidir.

4.1.3.6. Nem Alma Kontrolü

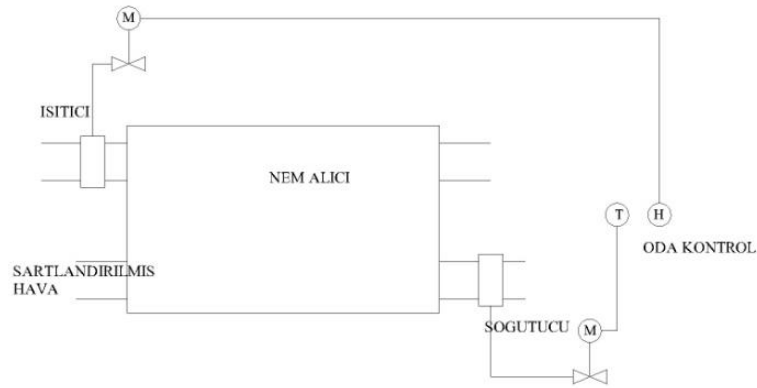
Daha öncede kaydedildiği gibi, giren hava yeterince nemli ise spreylili soğutma serpantini nem alıcı olarak çalışabilir. Bununla birlikte normal hava şartlandırma sıcaklıklarında düşük nem

sağlayabilmek için kimyasal nem alıcıları çalıştırmak veya düşük sıcaklık soğutması yapmak gerekir.

Kimyasal nem alıcılar, genellikle sistem durmasından kaçınmak için sürekli tekrar üretim (kurutma) koşulu ile kimyasal adsorbent (yüzergen) kullanılırlar. Nem alıcıların bir çeşidi (Şekil 4.58) ilk önce şartlandırılmış hava akıntısının içinden dönerek geçip oradaki nemi alan ve daha sonra jeli kurutmak için ısıtılmış dış havanın rejeneratif hava akıntısı içinden dönerek dönen silisjel içeren bir tekerlek kullanır. Proseste ısı şartlanmış havaya transfer edilir ve tekrar soğutma gereklidir. Nem alma verimi çoğunlukla rejeneratif hava akımı sıcaklığının bir fonksiyonudur.



Şekil 4.58 Nem alıcı şematik gösterim (Değirmenci, vd. 2003)



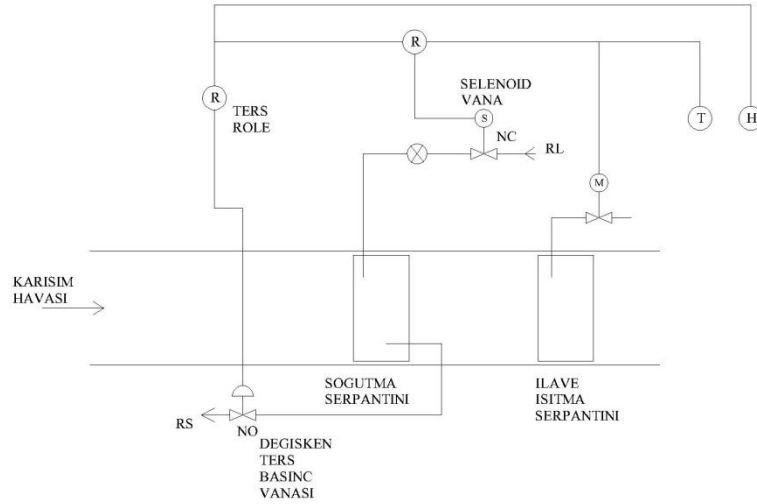
Şekil 4.59 Kimyasal nem alma kontrolü (Değirmenci, vd. 2003)

Şekil 4.59 kontrol sistemini göstermektedir. Mahal nem hissedicisi rejeneratif hava akımındaki ısıtıcı serpantinini kontrol eder. Mahal sıcaklığının son kontrolü oda termostatu ve tekrar ısıtma serpantini tarafından başlanır. Çok düşük dercede nem bu şekilde elde edilir.

Diğer bir çeşit sistem ise şartlandırılmış hava akıntısındaki soğutma serpantinine üzerine sprey edilen ve böylece havanın nemini emen kimyasal bir su emme çözeltisi kullanılır. Çözeltinin bir bölümü sürekli olarak ısıtma serpantinlerinin üzerine sprey edildiği ve nemi dışarıya taşıyan skavanger hava akımına nemi verildiği rejeneratöre pompalanır. Şartlandırılmış olarak terk eden havanın spesifik

nem kontrolü çözeltinin sıcaklığının kontrolü ile başılır. Patentli, tescilli bir sistem olduğundan üretici tarafından önerilen kontrol sistemi kullanılmalıdır.

Soğutma yoluyla nem alma, düşük sıcaklıktaki soğutma serpantinleri nemi düşük değerlere düşürmek için kullanılabilirler. Serpantin yüzey sıcaklığı buz oluşumundan dolayı donma sıcaklığının altında olacağından, geniş yüzgeç aralıklı özel direkt genişlemeli serpantinlerin kullanılması gerekir ve sıcak gaz, elektrik ısı ve sıcak hava vasıtasıyla buzları çözmek için hazırlık yapılmalıdır. Bu yaklaşım çok düşük sıcaklıklarda yetersiz kalmaya yönelir ve buzların çözülmesi için aralıklı kapanmaya veya birisinin buzları çözünürken diğerinin çalıştığı paralel serpantinlere gereksinim duyar. Mahal sıcaklığını kontrol etmek için tekrar ısıtma gereklidir. Mahal nemi çoğunlukla serpantin sıcaklığının bir fonksiyonu olduğu için, değişken ters basınç vanasının nem hissedicisinin kontrolüyle oldukça iyi bir kontrol başarılabilir.(Şekil 4.60). Nem hissedicisi yeterli seviyeye geldiğinde seçici röle, oda termostatının soğutma serpantinini minimum kapasitede çalıştırmasına izin verir.



Şekil 4.60 Soğutma yoluyla nem alma kontrolü (Değirmenci, vd. 2003)

4.1.3.7. Donma Kontrolü

Serpantinleri donmadan koruma özellikle soğuk yerlerde ve %100 dış hava ile çalışan santrallerde önemli bir konudur. Serpantinleri donmadan korumak için donma termostatları kullanılır. Ama öncelikle bu termostatların sık sık alarm vermemesi için alınacak bazı tedbirler vardır.

Özellikle soğuk yerlerde bulunan santrallerde donmayı engellemek için ısıtma serpantinlerinde mutlaka sirkülasyon pompası kullanılmalıdır. Özellikle çok soğuk yerlerde ve %100 taze havalı santrallerde santralin ilk çalışmasında donmayı engellemek için santrale çalış emri verildiğinde önce ısıtma sirkülasyon pompasının çalışması ve otomatik ısıtma kontrol vanasının tam açık konum

geçerek ısıtma serpantininde önce bir sıcak su sirkülasyonunun sağlanması, bundan sonrada dış hava damperlerinin açılarak fanın çalışmaya başlamasını sağlayacak kilitlemelerin yapılması gereklidir.

Serpantinleri donmadan korumak için su ve hava tarafında donma termostatları kullanılır. Hava tarafında kullanılan donma termostadı kuyruk veya kamçı denilen 3-6 m uzunluğunda bir hissedici elemana sahiptir. Bu kamçı özel aparatlarıyla mümkün olduğu kadar serpantin yüzeyinin tamamını kaplayacak şekilde monte edilir. Böylece serpantin herhangibir noktasında oluşabilecek donma önlenmiş olur. Hava tarafına konan termostatlar genellikle 5⁰C'ye ayarlanırlar ve serpantin herhangi bir noktası üzerinden geçen hava sıcaklığı bu değerin altına düştüğünde alarm verirler. Bu serpantin o noktasında veya bütününde sıcak su sirkülasyonunun olmadığını gösterir. Bunun nedeni yanlışlıkla kapatılmış bir vana, çalışmayan sıcak su sirkülasyon pompası, temizlenmemiş bir pislik tutucu veya serpantinindeki herhangi bir tıkanıklık olabilir. Serpantin önündeki karışım hücresinde hava karışımının iyi olmamasından dolayı soğuk dış havanın serpantin sadece bir noktasına gelmesi nedeniyle de donma riski oluşabilir.

Su tarafında kullanılan donma termostatları sıcak su serpantini çıkışına monte edilir ve genellikle 10-10⁰C civarına ayar edilirler. Bazen su tarafında termostat yerine daldırma tip sıcaklık hissedicisi de kullanılabilir. Yukarıda belirtilen sebeplerden dolayı serpantinden çıkan su sıcaklığı ayarlanan değerin altına düşerse bu termostatlar alarm verirler.

Her iki termostatın da manuel resetli ve otomatik resetli modelleri vardır. Manuel resetli modellerde donma alarmına neden olan aksaklık bulunduktan sonra termostat resetlenir ve santral çalışmaya başlar. Otomatik resetlilerde eğer sıcaklık ayarlanan değerin üzerine çıkmış ise termostat normal konumuna otomatik olarak geçer.

Donma termostatında alarm alındığında donmayı engellemek için santrallerde şu kilitlemeler yapılır:

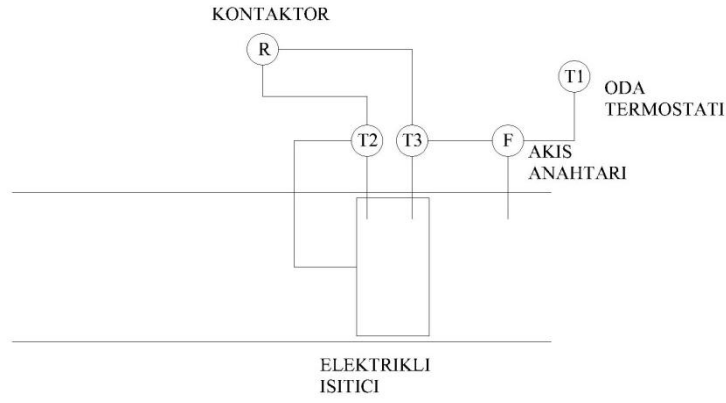
- Santral fanları durdurulur,
- Taze hava damperleri kapatılır,
- Otomatik ısıtma vanası tam açık konuma getirilerek serpantinde sıcak su dolaşması sağlanır.

Yine özellikle soğuk yerlerde ön ısıtıcılarda glikollü, antifrizli su kullanımı donmaya karşı alınabilecek diğer bir tedbirdir.

4.1.3.8. Elektrikli Isıtma Kontrolü

Elektrikli ısıtıcılar diğer ısıtma cihazları gibi iki konumlu, zaman ayarlı iki konumlu ve oransal olarak aynı temel çevrime göre kontrol edilebilirler. Elektrik enerji kaynağı olarak kullanıldığından, bazı özel emniyet gereksinimleri gereklidir. Bütün elektrikli ısıtıcılar, yüksek limit kontrolüyle beraber temin edilmelidir. Bazı kodlar yüksek sıcaklık limiti ile birlikte hem otomatik hem de manuel reset gerektirir. Cebri havalı ısıtıcılarda elektrik elemanının aşırı ısınmasını önlemek için öngörülen hava akışı minimum oranda olduğu zaman fan durduğunda ısıtıcıyı korumak için hava akışı anahtarı olmalıdır.

İki konumlu kontrol, ısıtıcı elektrik enerjisini sağlayan kontaktöre kumanda eden bir termostat tarafından sağlanır. (Şekil 4.61). Büyük ısıtıcılarda çok kademeli termostat veya herbiri ısıtma serpantininin bir kısmındaki mevcut akışı kontrol eden birkaç kontaktörlü ardışık dizili anahtar kullanımı yaygındır.



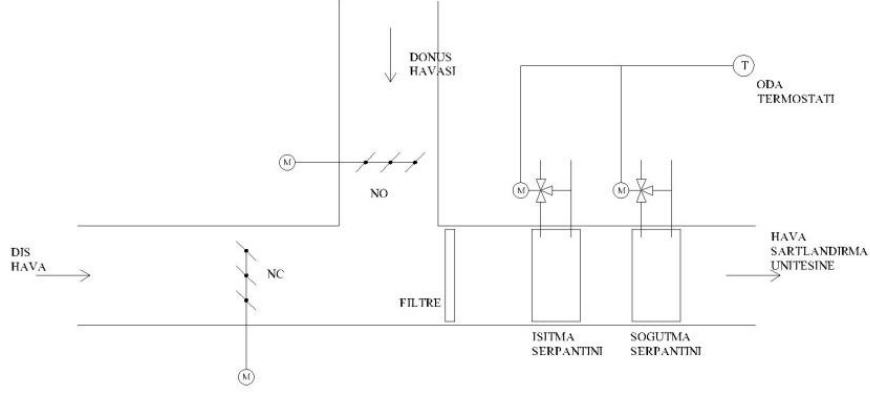
Şekil 4.61 Elektrikli ısıtma kontrolü (Değirmenci, vd. 2003)

Oransal kontrol, doymuş hale gelebilir çekirdek reaktör veya değişken otomatik transformatör vasıtasıyla elde edilebilir. DC kontrol akımındaki küçük bir değişiklik yük akımında büyük bir değişikliğe sebebiyet verebilir. Kontrolcünün tam yükü idare etmesi zorunlu olduğundan fiziksel açıdan çok büyük olabilir. Verimlilik kısmi yüklemelerde zayıftır.

4.1.3.9. Klima Santrali Kontrolü

Sadece bir klima santrali ve temel denetleyici olarak da bir oda sıcaklık denetleyicisinden oluşan basit bir sistemi göz önüne alalım. Tüm yıl boyunca gereken hava koşullandırması için bu klima santrali, ısıtma ve soğutma bataryaları ile havalandırma için yeterli miktarda dış havaya sahip olmalıdır. Eğer bataryalar soğuk ve sıcak su kullanıyorsa, basit sistem Şekil 4.62'de gösterildiği gibi olabilir.

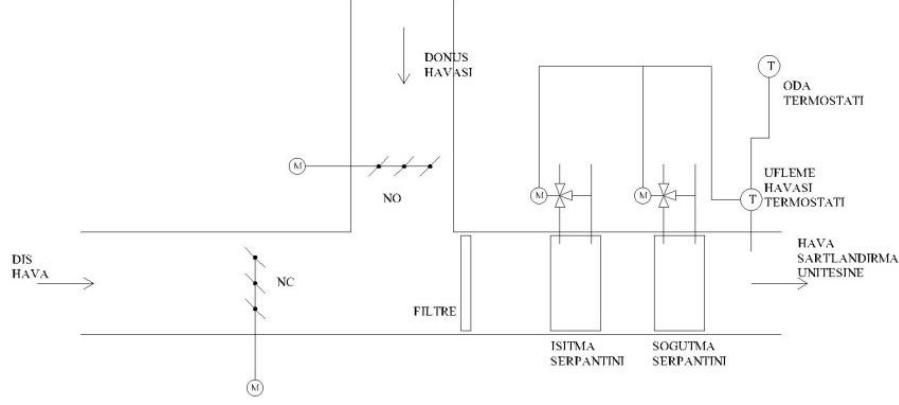
Besleme fanı çalışmaya başladığında, minimum dış hava damperi açar ve sıcaklık kontrol devresi enerjilendirilir. Oda sıcaklık denetleyicisi sıcak ve soğuk su vanalarını, gereken ısıtma ve soğutmayı sağlamak için gerekli şekilde açar ve kapatır. Dikkat edilmesi gereken şey herhangi bir anda bu vanalardan sadece birinin açık olmasıdır. Eski binalarda, dönüş havası sıcaklığının ölçüldüğü yerde bulunan bir yangın emniyet anahtarı, dönüş havası sıcaklığı 52°C 'nin üzerine çıktığı zaman devreyi açıp fanı durdurmak için kullanılırdı.



Şekil 4.62 Tek zonlu klima santrali kontrolü (Değirmenci, vd. 2003)

Modern binalarda duman algılayıcıları kullanılması pek çok yapı kodu tarafından zorunlu kılınmaktadır. Şekildeki çizimde ısıtma bataryasının soğutma bataryasından önce geldiği gözükmemektedir. Bu bataryalardan birinin donma ihtimalini en aza indirmek için kullanılan bir yöntemdir. Nem kontrolünün gerektiği koşullar dışında, ısıtma bataryası hava akışı yönünde soğutma bataryasından önce gelmelidir.

Şekil 4.62'deki kontrol sistemi havanın ısıtılmasındaki yada soğutulmasındaki herhangi bir değişikliğin, oda sıcaklığını hızla değiştirdiği, beslenen hava sıcaklığı ile oda sıcaklığının çok bağlantılı olduğu durumlar için geçerlidir. Bu hızlı geri besleme, çok geniş bir kontrol aralığı olmadığı durumlarda oldukça kararlı bir kontrol sağlar. Koşullandırılan ortamların büyük yada kanalların uzun olduğu durumlarda, oda çok yavaş yanıt verebilir ve sistem çok geniş bir çalışma aralığına sahip olabilir. Bundan kaçınmak için, klima santralinin hava çıkışına konulan bir sıcaklık denetleyicisi yaygın şekilde kullanılan bir uygulamadır.



Şekil 4.63 Tek zonlu klima santrali üfleme havası termostatlı kontrol (Değirmenci, vd. 2003)

Oda sıcaklık denetleyicisi soğutma ihtiyacı sezdiği zaman, doğrudan soğutma vanasını kontrol etmek yerine, besleme havası üzerindeki sıcaklık denetleyicisinin ayar değerini düşürmek için kullanılır. Isıtma istendiğinde ise tersi bir işlem geçerli olacak ve besleme havası sıcaklık denetleyicisi besleme havası sıcaklığındaki değişikliği hızla sezeceği için, çalışma aralığı küçülecektir.

4.1.3.10. VAV Sistemleri Kontrolü

Değişken debili sistemler, tek bir kanal ile zon bazında kontrol sağlayabilir. Klima santrali çıkışında sabit üfleme sıcaklığı sağlanır. Oda sıcaklık kontrolü, her bir mahal girişindeki VAV kutusunda odaya verilen havanın debisinin değiştirilmesi ile gerçekleşir.

Zaman zaman ısıtma gerektirebilen dış cephe zonlarında ilave elektrikli yada sıcak sulu son ısıtma serpantinleri kullanılabilir. Ya da bu tür mahallerde radyatör, fan-coil benzeri bir mahal içi ısıtma sistemi gerekmektedir.

Tipik uygulamada oda sıcaklığı düşüğe, VAV kutusundaki damper vasıtasıyla hava debisi minimum değerine kadar kısılır (taze hava ihtiyacı dolayısıyla hiçbir zaman sıfırlamaz), oda sıcaklığının dahada düşmesi durumunda son ısıtma vanası açılır.(serpantin, radyatör, fan-coil vb. gibi).

Hava debisinin değişken olması, sistem verimliliğine çok boyutlu olarak etki eder. Herşeyden önce klima santralindeki soğutma serpantinindeki yük, mahallerin soğutma ihtiyacı ile birebir orantılıdır. Ek ısıtma ile oda kontrolü sağlayan sabit debili sistemlerde soğutma yüküde sabit idi.

VAV kutuları minimum debi ayarlarına kısana kadar, soğutma yükünde azalma devam eder. Taze hava ihtiyacı ve sağlıklı hava dağıtımını sağlamak için asgari bir miktar hava debisi her zaman gereklidir. Bu debiye düşüldükten sonra bazı mahallerde ilave ısıtma gerekebilir. Ancak sabit debili

sistemlerdeki ek ısıtmadan farklı olarak, düşük bir hava debisinde ek ısıtma yapıldığı için yine tasarruf sağlanmaktadır.

Son olarakta soğutma yükü azaldığında düşen hava debisi, fanlarda da enerji tasarrufu sağlamaktadır. Özellikle frekans invertörlerinin kullanımı ile bu enerji tasarrufu artmıştır.

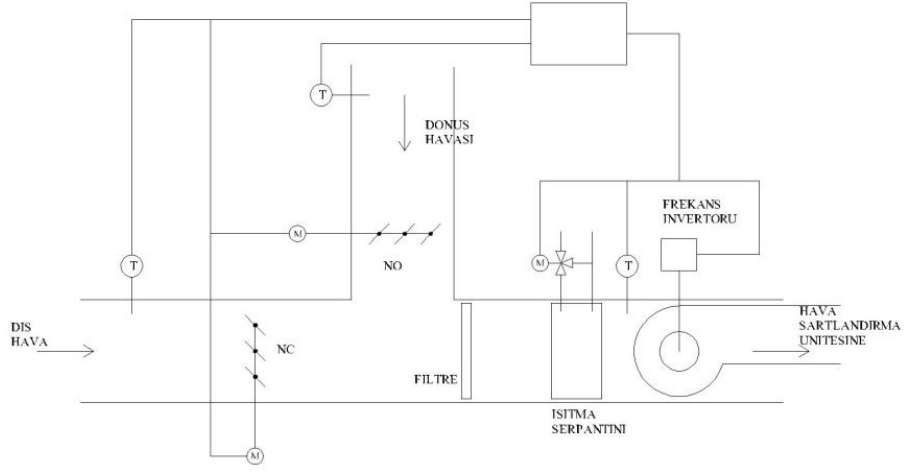
Değişken hava debili sistemlerden beklenen tasarrufların sağlanabilmesi için otomatik kontrol senaryolarının çok iyi kullanılması gereklidir.

Tek kanallı değişken hava debili sistem, Şekil 4.64'de görülmektedir. Her odanın sıcaklık sensörüne bağlı olarak kendi VAV kutusundaki damperin oransal olarak açıp kapaması sağlanmıştır. Ek ısıtma gerekebilen zonlarda ısıtıcı serpantinler vasıtasıyla ısıtma kontrolü sağlanmaktadır.

Gidiş kanalındaki sıcaklık duyar elemanına bağlı oluşturulan bir döngüde üfleme sıcaklığının sabit tutulması sağlanır. Oransal+integral kontrol uygulaması doğru olur ve dış hava kompanzasyonunda kullanılabilir. Ancak kontrol sistemi, değişik hava debilerinde çalışmak zorundadır ve her koşulda dengeli çalışabilmesi için doğru ayarlanmalıdır.

Örneğin, hava debisi dizayn koşullarının yarısına düştüğünde, vana konumunda yapılacak bir değişimin üfleme sıcaklığına etkisi daha fazla olacaktır. Bu durumda otomatik kontrol cihazındaki oransal bandın iki katına çıkması gerekebilir. Oransal bant yeterince geniş olmadığı durumda, özellikle düşük debilerde, kontrol döngüsü dengesiz çalışabilir. Sensöründe düşük debilerde daha yavaş tepki verecek olması, problemi daha da kötüleştirir. Oransal bandın geniş kullanılmak zorunluluğu nedeniyle, üfleme kanalında sağlıklı bir kontrol yapmak için oransal+integral kontrol kullanımı gereklidir.

Enerji tasarrufu amaçlı dış hava ve karışım damperlerinin otomatik kontrolüde önemlidir. Ancak değişken hava debisi nedeniyle her koşulda mahallere yeterli taze hava sağlanması için özel önlemler alınmalıdır. Bazı sistemlerde taze hava kanalında hava debisi ölçülerek, ayarlanmış minimum taze hava debisinin sağlanamaması durumunda damperlerin açılmaya zorlanması gibi senaryolar uygulanmaktadır.



Şekil 4.64 Değişken debili kontrol sistemi (Değirmenci, vd. 2003)

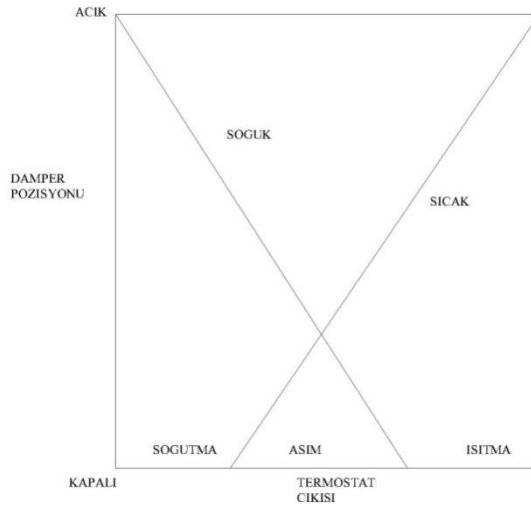
Gelişmiş bina otomasyon sistemlerinde kullanıldığında soğutma ihtiyacı en yüksek olan odanın sıcaklığına göre üfleme sıcaklığı ve taze hava/karışım damper kontrolünü ayarlamak iyi bir strateji olabilir. Bu tür karmaşık bir kontrol senaryosu uygulandığında devreye alma çok dikkatle yapılmalıdır. Her oda için tanımlanan kontrol döngüsünde üç ayrı kademe dikkate alınmalıdır. Alt kademe ısıtma vanasını konumlandırır, orta kademe hava debisini ayarlar, üst kademe ise santraldeki üfleme sıcaklığını belirlemede kullanılır. Bu tür karmaşık bir senaryonun sağlayacağı yarar uygulamaya göre değişebilir. Örneğin VAV kutularında minimum hava debisi ayarları yüksek ise yada soğutma yükü aşağı yukarı sabit olan büyük zonlar söz konusu ise, sağlanacak yarar fazla olmayacaktır.

Hava debisinin değişken olması, kanal basıncına bağlı olarak fanlarda debi kontrolü yapılmasını gerekli kılar. Geçmişte yaygın olarak üfleme kanalı damperleri veya fan emiş ağız damperleri ile sağlanan debi kontrolü, günümüzde frekans invertörleri vasıtasıyla fan motorunun devrini ayarlıyarak yapılıyor.

Basınç kontrol sisteminin görevi, kanal boyunda “temsili” bir noktadaki statik basıncı ayarlanan değerde sabit tutmaktır. Buradaki amaçlar, VAV kutuları debiyi kısıtıkça kanal içi basıncın aşırı artarak sisteme zarar vermesini önlemek, VAV kutuları girişlerinde görece sabit basınç koşulları temin etmek ve fanın enerji tüketimini düşürmektir. Basınç değişimleri, sıcaklık kontrolüne göre çok daha hızlı gerçekleştiğinden geniş oransal bantlar ile birlikte integral kontrol kullanımı gereklidir.

Çift kanallı değişken hava debili sistemler, çoğu zaman sabit debili olarak kurulmuş çift kanal eski sistemlerin enerji tasarrufu amaçlı olarak yenilenmesi durumunda kullanılmaktadır. Daha önce anlatılan çift kanal sistemi ile çok benzerdir. Temel fark, oda ısındıkça önce soğuk havanın

minimum değerine kadar kısılması, ondan sonra sıcak kanalın açılmaya başlayarak karışımın gerçekleşmesidir. Dolayısıyla sıcak ve soğuk kanal damperleri için iki ayrı motor kullanımı şarttır. Zon karışım kutularındaki kontrol sıralaması Şekil 4.65’de gösterilmiştir. Soğutma yükünün fazla olduğu durumda soğuk kanal damperi sonuna kadar açık, sıcak kanal damperi ise tam kapalıdır. Soğutma ihtiyacı azaldıkça soğuk kanal damperi kapanmaya başlar ve minimum hava debisine düşene kadar sıcak kanal damperi kapalı kalır. Bu noktadan sonra oda sıcaklığı dahada düşerse, sıcak kanal damperi açmaya başlar ve soğuk kanal damperi kapamaya devam eder. Isıtma ihtiyacı arttıkça soğuk kanal damperi tam kapalı konumuna kadar inip, sıcak kanal damperi ise sonuna kadar açabilir.



Şekil 4.65 Karışım kutusu damper çalışması (Değirmenci, vd. 2003)

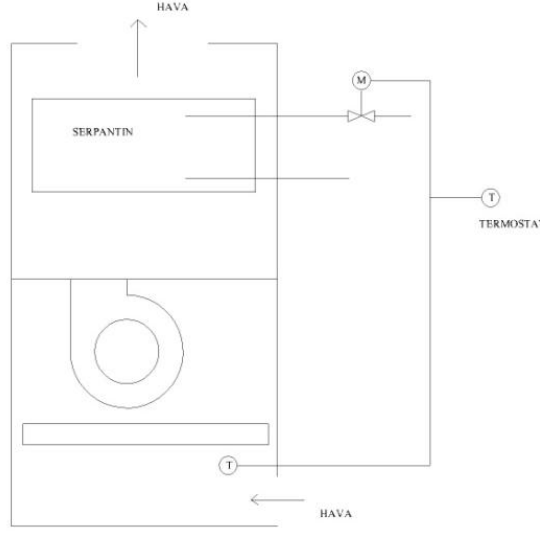
4.1.3.11. Fan-coil Sistemleri Kontrolü

Fan-coil üniteleri otellerde, binalarda ve ofislerde yaygın olarak kullanılırlar. Aslında onlar fanlı, filtreli ve ısıtma veya soğutma suyu için kullanıla tek serpantinli veya ayrı serpantinlide olabilen tek sırası ısıtma için iki veya üç sırası soğutma için kullanılan küçük tek zonlu klima santralleridir. İlk belirtilen düzenleme, diğerinkinden daha az pahalı olmasından ve daha az kontrol istemesinden dolayı daha yaygındır.

Herbirinin kaçınılmaz avantajı ve dezavantajı olan iki borulu veya dört borulu kontrol sistemi düzenlenir. Hem ısıtma hem de soğutma suyu için tek serpantin kullanıldığında, sıcak su sıcaklığı, standart ısıtma serpantini sıcaklığından daha düşük olabilir. Bu durum, soğutmada ayrılan hava ile soğutulmuş su arasındaki normaldeki düşük sıcaklık farkından dolayı ekstra yüzey istenmesindedir. 40⁰C-60⁰C su sıcaklıkları tipiktir. Fan kontrolü, iki veya üç hızlı anahtar kullanılarak yapılır.

İki borulu sistem, su kullanılır, mevsimlik olarak merkezi mekanik odadan sıcak veya soğuk su sağlanır. Oda termostatu yaz-kış seçim anahtarlı olmalıdır. Bu şu demek olur ki, normalde açık vana kullanıldığında kışın direkt çalışıyorlar, yazın tam tersi çalışıyorlar. Birinden diğerine geçiş, pnömatik sistemdeki ana hava basıncını genel sinyal ile değiştirerek, gidiş suyu sıcaklığındaki değişikliği hissederek veya fan-coil kontrol panel üzerindeki “ısıtma/soğutma” anahtarı ile gerçekleştirilir. Termostat su akış vanasının iki pozisyon kontrolünü veya düzenlenmesini sağlar.

Diğer basit yaklaşım, su akışını kontrol dışı bırakarak basitçe fanı açmak veya kapamaktır. Bu yöntem ısıtma sezonunda genellikle başarısızdır çünkü fan-coil ünitesi fan kapalı olduğunda bile odaya ısı ilave ederek konvektör gibi çalışmaya devam edecektir. Şekil 4.66 fanın manuel çok hız kontrolü ile serpentine akan suyun termostatik kontrolünü göstermektedir.



Şekil 4.66 İki borulu fan-coil ünitesi (Değirmenci, vd. 2003)

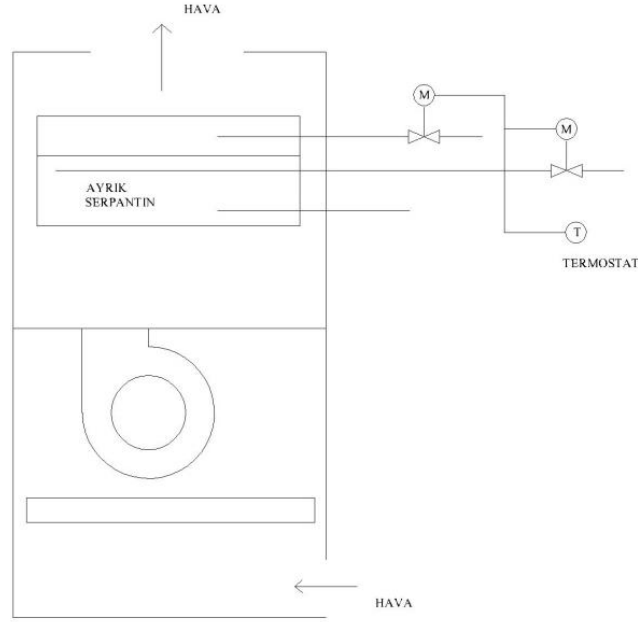
Elde edilen soğutulmuş su ile ve tersine çalışan termostat ayarının üzerindeki oda sıcaklığı ile normalde açık valf açılır ve üniteye soğutma sağlamasına izin verir. Oda sıcaklığı düştüğünde valf kapanır. Oda sıcaklığında daha fazla bir düşüşte, ısı verilmez çünkü sistemin ihtiyaç duyduğu sıcak su temin edilemez.

Sıcak su sağlandığında, oda termostatu tersine çevrim olur. Bu durumda tabiki soğutma mümkün değildir. Açık ki bu düzenleme; sabahları ve akşamları ısıtma istendiğinde, ılıman kışta kontrol kaybına neden olacaktır. İki borulu sistem için mekanik oda; kazan ve diğer ısı kaynağını, çileri, sirkülasyon pompasını ve geçiş kontrollerini kapsar. Geçiş manuel veya otomatik olabilir, fakat her iki durumda da problemler olur. Isıtmadan soğutmaya geçişte ve tam tersinde zorluklar meydana gelir.

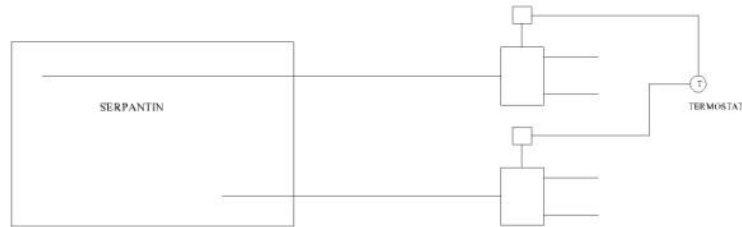
23°C ve 27°C'deki ılık su bile çiller kompresöründe yüksek emme basıncına neden olur ve motora aşırı yüklenilir. Aynı sıcaklıklar termal şoke ve kazanda baca gazı yoğunlaşmasına sebep olur. Şekil 4.68'deki tavsiye edilen sistem, çilleri ve kazanı dağıtım borusundan izole etmek için eşanjöre ve ikincil pompalara sahiptir. Bu kazan ve çillerin güvenle çalışmasını sağlar ve dış hava sıcaklığı değiştiğinde dağıtım suyu sıcaklığı geniş oranlı olarak ayarlanabilir.

İki borulu fan-coil sistemleri pek ekonomik değildir ve sabahları ısıtma öğleden sonraları soğutmanın istendiği bahar mevsimlerinde düzgün olarak kontrol edilemezler.

Dört borulu sistem, ısıtma ve soğutmada tam ayırım sağlar bundan dolayı iki borulu veya üç borulu sistemlerdeki problemleri önler. Normal serpantin konfigürasyonu soğutma için iki veya üç, ısıtma için tek sıra kullanılan ayrı düzenlemedir. Çoğunlukla iki ayrı serpantin kullanılır. Şekil 4.67 tipik ayrı serpantinli kontrol düzenlemesini göstermektedir.



Şekil 4.67 Dört borulu ayrı serpantinli fan-coil ünitesi (Değirmenci, vd. 2003)



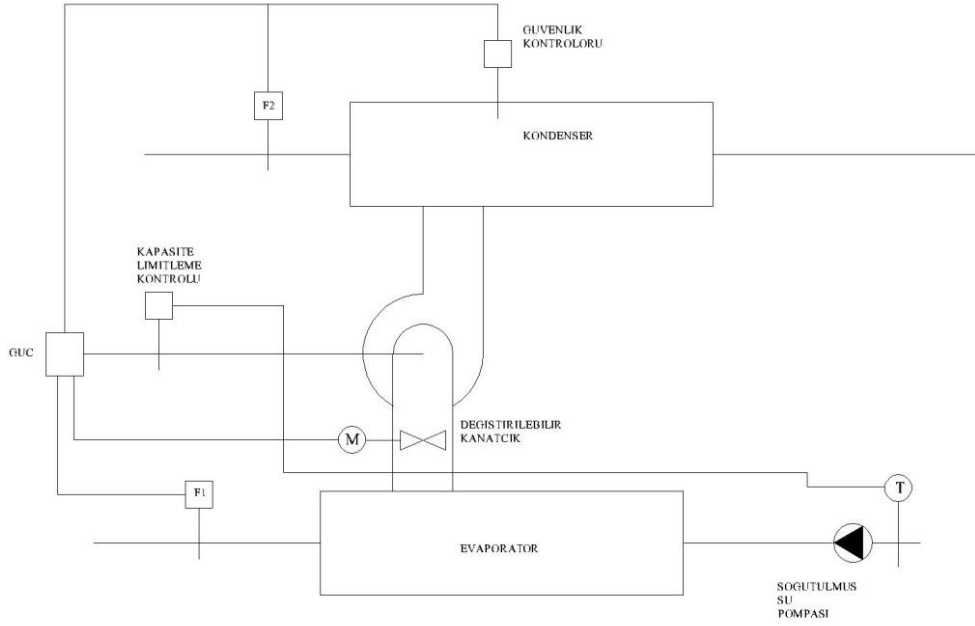
Şekil 4.68 Dört borulu tek serpantinli fan-coil ünitesi (Değirmenci, vd. 2003)

Oda sıcaklığının termostat ayarının altına düştüğü zaman, normalde açık sıcak su vanası açılır ve normalde kapalı soğuk su vanası kapanır. Kontroller, her iki vana kapalı olduğunda “ölü nokta” sağlayacak şekilde ayarlanmalıdır. Eğer oda sıcaklığı daha da yükselirse, soğuk su vanası kapanır. Sıcaklıktaki düşüşte tam tersi olur.

Borulama sistemini ayırarak, her bir sıcak ve soğuk su için tek serpantin kullanmak mümkündür. Bu “üç boru” vanasının kullanımını gerektirir. Şekil 4.68 böyle bir düzenlemeyi göstermektedir. Oda sıcaklığı, termostatın set edilen değerinin altındaysa, sıcak su gidiş ve dönüş hatlarına giriş ve çıkış vanaları açılır. Sıcaklık arttığında, ısıtma hattı giriş vanası kapalı pozisyona doğru değişir, fakat ısıtma hattı çıkış vanası basınç düşümünü minimize etmek için tamamıyla açık kalacaktır. Yine, her iki hat kapalı olduğunda ve oda termostatu set edilen değere yakın yada o değerde olması için süre geçecektir. Oda sıcaklığı set edilen değer üzerinde çıkarsa soğutma hattı giriş ve çıkış vanaları açığa doğru değişecektir veya iki pozisyon düzeni kullanılarak açılır.

4.1.3.12. Çiller Kontrolü

Santrifüj ve absorpsiyonlu makineler her zaman çiller paketinin bir parçası olduğu için, tüm kontrol sistemi üretici tarafından imal edilecektir. Bu sistemler genelde maksimum kapasitenin limit %20-30'una sahip tam modülasyonlu kapasite kontrolü içerir ve ekipmanları korumak için ayrıntılı güvenlik ve birbirine bağlı kontroller sağlar. Santrifüj paket için tipik bir kontrol sistemi Şekil 4.69'da gösterilmiştir. Soğutulmuş su ve kondense edilen su pompaları manuel olarak çalışmaya başlar. Soğutulan su termostatu soğutmayı tespit etmeye başladığı anda akım şalteri ve güvenlik şalteri kapalı olmak şartı ile kompresör çalışmaya başlar. Termostat maksimum kapasite limitleyici aygıtı olarak çalışan kapasite limitleyici ile giriş vanasının kapasite kontrolünü modüle eder. Yük makine kapasitesinin yaklaşık %20'nin altına düşmeye başlarsa termostat kompresörü durdurur. Kompresörün 30 dakikalık aralık içinde yeniden çalışmasını önlemek için bir zaman gecikme rölesi genel olarak kullanılır. Bu, motoru arızalanmaktan korur.

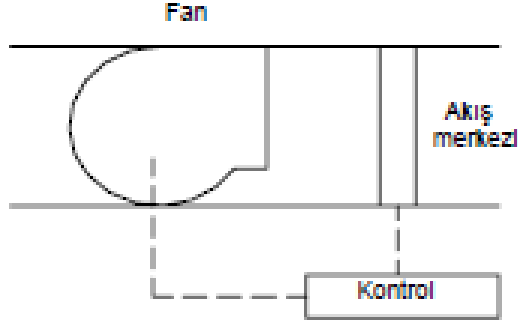


Şekil 4.69 Çiller kontrolü (Değirmenci, vd. 2003)

4.1.3.13. Fan Kontrolü

Hava hareketini sağlayan pek çok değişik cihaz mevcuttur. HVAC sistemlerinde kullanılan ise fan olarak adlandırılan Radyal ve Aksiyal şeklinde iki gruba ayrılan cihazlardır. Ayrıca, iklimlendirilmiş havayı vermek amacıyla kullanıldığında vantilatör, kullanılmış havayı ve egzostları toplamak (almak) amacıyla kullanıldığında ise aspiratör adıyla anılır. Vantilatör ve Aspiratörün aynı tipleri genel yapı itibarıyla birbirinin aynısıdır. Aksiyal veya santrifüj tip fanlarda basıncın meydana gelişi; hava kütesinin santrifüj kuvvetinden ve kanatları terk ederken havanın sahip olduğu kinetik enerjinin (hız) statik basınca dönüşmesi ile oluşur. Havanın hızı, kanatların hızı ile havanın kanatlara nazaran relatif hızının geometrik toplamıdır. Öne eğimli kanatlarda bu iki hız birbiriyle aynı yönde, geriye eğimli kanatlarda ise aksi yönlüdür. Bu sebeple geriye eğimli kanatlı bir fan öne eğimliden daha yüksek verimlidir. (daha az enerji hıza dönüştürülüp hız enerjisinin tekrar basınca dönüştürülmesi gerektiği için) Aksiyal fanlar ise basıncının tamamını hızın statik basınca dönüşmesinden yararlanarak sağlar ve santrifüj kuvvetlerden yararlanmazlar. Ses yönünden ise aksiyal fanlar bilhassa 150 ile 4800 arasındaki oktav bantlarında radyal fanlardan daha fazla ses meydana getirirler. Radyal fanlar düşük frekanslarda fazla ses üretir ve çok yüksek frekanslardaki ses seviyeleri ise düşüktür. Fanlarla, Hız ayarlaması, giriş fanı veya boşaltma damperi ayarlaması, çevresel fan ayarlaması, kontrol edilebilir mesafenin ayarlanması ve giriş fanı kanatlarının ayarlanması vb. ayarlamalar yapılabilir.

Sabit debi kontrolünde, sabit hava akış sayısı kanal direncinin ayarlanmasını sağlar.

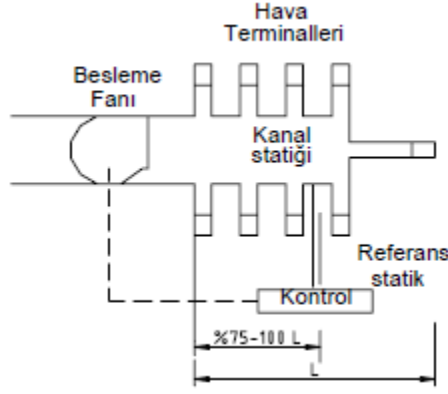


Şekil 4.70 Sabit debi kontrolü (Yakut, vd. 2004)

Kanal statik kontrolü, VAV ve diğer terminal tip sistemlerin statik basınçlarının ölçüldüğü yerlerde yapılır. Bu tip sensörler %75 ila %100 aralıktaki ilk ve son hava terminalinin bulunduğu aralıklara yerleştirilirler.

Referans olan statik sensörlerinin yerlerinin seçimi dikkate alınmalıdır. Kontrol işleminin bozulmaması için kapı açılıp kapanmasını, asansör hareketini ve diğer kaynaklardan oluşabilecek hava türbülansının önlenmesi gereklidir. Tamamen besleme havasına göre dizayn edilmiş veya tamamen havalı terminal ünitelerde minimum statik basıncı sağlamak için en uygun çalışma basıncı seçilmelidir. Çoklu statik sensörleri tek kanaldan beslenen fanın kullanıldığı bir sistemdir.

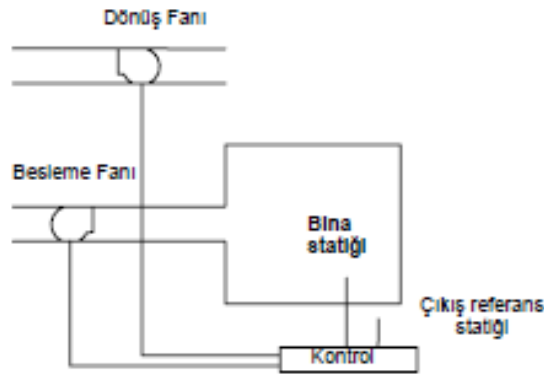
Bu sensörler alçak statik basınç şartları için fan kontrolü ile kanal çıkışının ayar noktasının kontrolünü gerçekleştirir. Kanal statik limit kontrolleri genellikle besleme fanını tahliye etmek, aşırı kanal basıncını önlemek için kullanılırlar. İki değişik kullanımı vardır. Fan kapamalı tip, bu tipte yüksek limit kontrollerinde emniyeti sağlamak için fanı kapatarak çevrimi durdurur. ve ikinci tip yüksek limit kontrol tipi sistemler bölgesel yangın damperlerinde kullanılırlar. Bölgesel yangın damperleri kapalı olduğu zaman kanal basıncı düşüktür, fan modülasyonunu artırmak kanal statik kontrolüne sebep olur bununla beraber yüksek limit kontrolü önemini kaybeder. Besleme fanı ısınma kontrolünde dönüş fanı önlenmeli besleme fanı havası dağıtılmalıdır. Dönüş fanını ısınma esnasında maksimum kapasitede hava akışı olmalıdır. Başka bir ifadeyle kanalda aşırı basınç olmamalıdır. Limit basınç kontrolleri yüksek hasarı önlemek veya düşük basınçta kanalın çalışmasını sağlamalıdır.



Şekil 4.71 Kanal statik kontrolü (Yakut, vd. 2004)

Dönüş fan kontrolü, VAV sistemlerinde uygun bina basıncı ve minimum çıkış havası sağlayan sistemlerdir. Kanal statik kontrolde besleme fanı ile dönüş fanı gösterilmiştir. Açık çevrimli olan bu kontrolde aynı besleme ve dönüş fanı hava özelliklerine sahip olmaları gereklidir.

Dönüş fanı hava akışı minimum ve maksimum hava akış şartlarını düzenlemek için kullanılır. Doğrudan bina basınçlandırma kontrolünde dönüş fanı ile ortamın ve çıkış havasının statik basıncının ölçülmesinde gereklidir. Giriş bölgesindeki statik basıncın ölçülmesi dikkatli bir seçimi gerektirir kapı ve çıkış aralıkları ile asansör boşluğundan uzak bir yere sensör montajının yapılması gereklidir, böylelikle büyük alanlar hava hızı etkilerinden korunmuş olur. Benzeri şekilde çıkış bölgesinde de seçimin dikkatli yapılması gereklidir. 3 ve 4.5 m. Üstündeki yapılarda bütünüyle doğrudan rüzgar etkisine maruz bölgelerde minimum yönlendirme yapılmalıdır. Egzost, fan şalteri ve bina geçirgenliği bir miktar çıkış havasında değişme olabilir. ısıtma modu esnasında bina statik basıncı sıfır diferansiyel basınca ayarlanır ve bütün egzost fanları kapalı durumdadır.



Şekil 4.72 Dönüş fanlı kanal statik kontrolü (Yakut, vd. 2004)

4.1.3.14. HVAC Sistemlerinde Optimum Kontrol ve Enerji Tasarrufu

Optimal HVAC sistemi, kullanılan kontrol stratejileri yardımıyla sıcaklık ve akış miktarı arasında en iyi kombinasyonu oluşturarak toplam işletme giderlerinde azalma sağlamayı amaçlar. Bu amaçla sistemde kullanılan kontrollere ait algoritmalar kullanır ve böylece istenilen şartlar ile bu şartların oluşması için gereken süreler arasında gerekli bağıntılar elde edilir. Optimal kontrolün amacı, hedeflenen kontrol şartlarından taviz vermeden sistemi çevre şartlardan faydalanarak istenilen verimde çalıştırmaktır. Bu işlemi gerçekleştirmek için; ortamdaki canlılar, hassas cihazlar, yada üretim prosesi için gerekli şartları sağlayabilecek, soğutma sezonu boyunca en yüksek sıcaklığı ve ısıtma sezonu en düşük sıcaklığı seçmek, işletme giderlerini azalmak için, soğutma ve ısıtma işlemlerini mümkün olduğu kadar eşzamanlı yapmamak, mümkün olan yerlerde minimum yada hiç şartlandırma uygulamamak, ısıtmadan soğutmaya geçilirken, oda sıcaklığının bir limit değerden diğerine kadar yüzmesine izin vermektir. Bu tür uygulamaların sistemin enerji sarfiyatına olan katkılarına şöyle örneklendirebiliriz. Soğutulmuş besleme suyu sıcaklığının yükselmesi, chillerin veriminin az bir miktar iyileşmesine, neden olur. Buna karşılık klima santrali enerji sarfiyatında büyük ölçüde artış söz konusu olacaktır. Kondanser giriş suyu sıcaklığının azalması, chillerin verimin iyileşmesine ve kule fanı enerji tüketiminin artmasına neden olacaktır. Soğutma amacıyla sisteme dağıtılan su soğutulmuş su miktarındaki azalma, soğutucu akışkanı belirli şartlarda tutmak için gerekli enerji miktarının ve oluşacak ısı transferi oranının azalmasına ve bu da gerekli yüzey miktarının azalmasına yol açacaktır.

Büyük binalarda kullanılan optimal başlangıç algoritmaları yardımıyla, belirlenen zamanda ekipmanlar çalıştırılarak, zonların kullanılmaya başlandığı anda istenilen şartlara ulaşma imkanı sağlanır. Bu algoritmaların amacı, ön koşullandırma zamanını minimize etmektir. Koşullandırmanın yapıldığı süre içinde, mahal şartları zaten tipik olarak oda set değerine ayarlanmıştır. Klasik kullanımlarda, bina yükü işletme giderlerini artırır. Yüksüz binalar için ön koşullandırma gereksizdir. Zira yüksüz binalar, normal yüklü binalardan daha az ısıtma veya soğutma ihtiyacı duyarlar. Burada kullanılacak kontrolörlerin elde edilen sonuçları sürekli yenilenecek şekilde kontrol uygulaması, sistemin performansı ve en optimum sürenin bulunması açısından faydalıdır. Dinamik bina kontrolü metotları, binanın termal yükünü izleyerek konfor sınırlarını kabul edilebilir sınırlarda tutmaya çalışırken aynı zamanda; elektrik ihtiyacını sınırlamaya ve olası dış hava etkilerine ya da ekstra yük ihtiyaçlarına karşılık günlük işletme giderlerini azaltmaya çalışırlar. (Yakut, vd. 2004)

Binanın normal yükünün altında bulunduğu akşam saatlerinde ve hafta sonlarında, set değeri noktasının ısıtma sırasında azaltılmasına ve soğutma sırasında artırılmasına gece veya hafta sonu

ayarlaması denir. Yapılan araştırmalarda, bu yöntem sayesinde hafif binalarda %12, ağır binalarda %34 oranında enerji tasarrufu sağlandığı görülmüştür. HVAC ekipmanları daima koşullandırılacak zonun yüküne ve meşguliyetine bağlı olarak çalışmaya başlarlar. Eğer oda sıcaklığı, oda yükünü oluşturacak insan ya da cihazlar çalışmaya başlamadan konfor şartlarına ulaşırsa bu durum enerji sarfiyatına neden olur. Aynı şekilde bu şartların oluşması, cihaz ya da insanların mahalle gelmesinden sonra olur ise bu durumda da istenilen kontrol şartlarına uygun zamanda erişilmediği için zon içerisinde bulunanlar bu durumdan rahatsız olur. Optimum kontrolör yardımıyla oda şartları istenilen şartlara, yükü oluşturan cihaz ya da insanlar odaya dönmeden ve mümkün olan en kısa zaman içerisinde gerekli şartları oluşturmak kaydıyla ekipmanlara kumanda edilir.

Teknolojinin hızlı bir şekilde bir gelişmesi, insanlar için gerekli olan konfor şartlarının daha mükemmel olmasını, endüstriyel sistemler için sistem performansının da daha yüksek olmasını amaçlamıştır. İşte bu mükemmelliğin saplanabilmesi için otomatik kontrol sistemlerine ihtiyaç vardır. Otomatik kontrol sistemleri bu mükemmelliklerinin yanında enerji ekonomisi yönünden de avantaj sağlarlar.

Genel olarak binalarda HVAC sistemlerinin kullanılmasıyla bölgesel ısıtma, bölgesel soğutma, ısıtma ve soğutma sırasında harcanan su, klima santrallerinde karışım damperi kullanmak sureti ile dönüş havasının mevcut enerjisini kullanmak, yaz-kış çevrimi yapmak, doğru ayar değerini takibi yapmak böylece enerji tasarrufu sağlamak mümkündür. Binanın normal yükünün altında bulunduğu akşam saatlerinde ve hafta sonlarında, set değerini noktasının ısıtma sırasında azaltılmasına ve soğutma sırasında artırılmasına gece veya hafta sonu ayarlaması denir. Yapılan araştırmalarda, bu yöntem sayesinde hafif binalarda %12, ağır binalarda %34 oranında enerji tasarrufu sağlandığı görülmüştür. HVAC ekipmanları daima koşullandırılacak zonun yüküne ve meşguliyetine bağlı olarak çalışmaya başlarlar. Eğer oda sıcaklığı, oda yükünü oluşturacak insan ya da cihazlar çalışmaya başlamadan konfor şartlarına ulaşırsa bu durum enerji sarfiyatına neden olur. Aynı şekilde bu şartların oluşması, cihaz ya da insanların mahalle gelmesinden sonra olur ise bu durumda da istenilen kontrol şartlarına uygun zamanda erişilmediği için zon içerisinde bulunanlar bu durumdan rahatsız olur. Optimum kontrolör yardımıyla oda şartları istenilen şartlara, yükü oluşturan cihaz ya da insanlar odaya dönmeden ve mümkün olan en kısa zaman içerisinde gerekli şartları oluşturmak kaydıyla ekipmanlara kumanda ederek en uygun kontrol sağlanmış olur. (Yakut, vd. 2004)

4.2. Aydınlatma Sistemleri

4.2.1. Aydınlatma Sistemleri Tanımları ve Terimler

Fizyolojik aydınlatma, burada amaç, cisimleri şekil, renk ve ayrıntıları ile rahat ve hızla görebilmektir. Dolayısıyla bu koşulları sağlayan bir aydınlatmaya fizyolojik aydınlatma denir.

Dekoratif aydınlatma, burada amaç, görülmesi istenen cisimleri bütün ayrıntılarıyla göstermek değil, daha çok estetik etkiler uyandırmaktır.

Işık, ışık göze etki eden özel bir enerji şekli olup dalga veya foton şeklinde yayıldığı kabul edilir. Gerçekte her iki teori, yani dalga ve foton teorisi, birbirini tamamlar ve aynı gerçeğin iki farklı yönünü oluştururlar.

Dalga teorisine göre ışık, elektromanyetik dalga enerjisinin özel bir şeklidir. Elektromanyetik dalga, yayılma doğrultusuna dik bir düzlemde ani değerleri periyodik olarak değişen biri diğerine dik ve oranları sabit olan iki vektörden oluşur.

Işık akısı, normal gözün aydınlık görmesine ait spektral duyarlık eğrisine göre ışık olarak değerlendirilen enerji akısıdır. Birimi lümenidir.

Işık şiddeti, ışık şiddeti bir ışık kaynağından birim katı açı içerisinde yayılan ışık akısının bir ölçüsüdür. Birimi candela'dır.

Parıltı, en genel halde, yüzeyin belirli bir noktasına ve bakılan doğrultuya bağlı bir büyüklüktür.

Fotometrik radyans, ışık yayan bir yüzeyin ışık akısı yoğunluğudur. Birimi phot'tur.

Kamaşma, sağlam bir gözün dış etkilerle geçici olarak çevredeki cisimleri göremez duruma gelmesine denir.

Gölge, ışık kaynağı ile aydınlatılan yüzey arasında bir veya birkaç engel bulunursa o zaman aydınlatılan yüzeyde gölgeler meydana gelir. Gölge sözcüğü engelleme suretiyle karartmaya işaret eder.

Renk, ışığın değişik dalga boylarının gözün retinasına ulaşması ile ortaya çıkan bir algılamadır. Bu , ışığın maddeler üzerine ve kısmen soğurulup kısmen yansması nedeniyle çeşitlilik gösterir ki bunlar renk tonu veya renk olarak adlandırılır.

Soğurma oranı, üzerine ışık düşen madde tarafından absorbe edilen ışık miktarıdır.

Yansıtma oranı, üzerine ışık düşen madde tarafından yansıtılan ışık miktarıdır.

İletme oranı, üzerine ışık düşen maddenin ışığı diğer tarafına geçirme miktarıdır.

Kırınım, ışık, ses ve radyoelektrik dalgalarının karşılaştığı bazı engelleri dolanarak geçmesidir.

Balast, lambayı ateşleyen ve gerekli elektriksel çalışma şartlarını sağlayan cihazdır.

Elektro manyetik spektrum, elektromanyetik radyasyon frekanslarının dalga boylarının toplam aralığıdır. (Bradshaw, 1993 ; Janis ve Toa, 2005 ; Özkaya, 2004)

4.2.2. Aydınlatma Sistemi Elemanları

4.2.2.1. Lambalar

Aydınlatmayı ışık kaynaklarıyla gerçekleştiririz. İyi ve ekonomik bir aydınlatma için ışık kaynaklarının seçimi çok önemlidir. Işık kaynağı seçiminde etkin olan faktörler.

- Etkinlik faktörü,
- Ömür,
- Fiyat,
- İşletme basitliği,
- Işık rengi sıcaklığı,
- Renk ayırt ettirme yeteneği,
- Biçim kompaktlığı ve estetik çözümlere uygunluk.

Ayrıca özel olarak parıltının büyük, boyutların küçük, ışığın özel spektral yapıda olması ve darbe dayanıklılığı da istenebilir.

Yapılan aydınlatmanın cinsi ve yerine göre, amacına ve kullanma süresine bağlı olarak bu faktörlerin etkisi farklıdır. Örneğin, renk ayırt ettirme yeteneği, boya imalat atölyesinde çok önemli olmasına karşılık, otoyol aydınlatmasında aranmaz. Yıllık yapay ışık kullanım süresi 100 saatten az olan bir yerde etkinlik faktörü küçük, ömrü kısa ancak ucuz ışık kaynağı seçimi doğru iken, yıllık yapay ışık kullanım süresi 1000 saatten fazla olan bir yerde etkinlik faktörü büyük, ömrü uzun ve pahalı ışık kaynağını seçimi isabetli bir çözüm olur. Bir konut aydınlatmasında işletmesi basit ışık kaynağını seçmek doğru iken, yol aydınlatmasında işletmesi basit olmayan bir kaynağı tercih etmek hatalı değildir. Önemli olan ihtiyaca cevap veren, ekonomik aydınlatmanın yapılmasıdır. (Özkaya, 2004)

4.2.2.1.1. Akkor Telli Lambalar

Akkorlaşmış bir tel ile ışık üretiminde problem, herşeyden önce yüksek sıcaklığa çıkabilen madenler bulmaktır. Böyle bir maden teli elektrik akımı ile akkor hale gelinceye kadar ısıtılsa ışık kaynağı olarak kullanılabilir. Tel çevresinde hava bulunması, havadaki oksijen etkisiyle telin çok çabuk tahrip olmasına neden olur. Buna engel olmak için akkor haline gelinceye kadar ısıtılan tel, havası boşaltılmış veya asal gaz ile doldurulmuş bir cam balon içine konur. Bu şekilde işe yarayan ilk akkor telli lamba 1854'te H. Goebel tarafından bulunmuş ve 1879'da Th. Edison tarafından ikinci defa icat edilmiş ve geliştirilmiştir.

Ergime sıcaklığı yüksek olan elemanlar ergime noktaları ile birlikte Çizelge 4.4.'de verilmiştir.

Madenin ismi	Ergime sıcaklığı [$^{\circ}\text{C}$]
Kömür	4000
Hafniyum karbid	3890
Titan karbid	3880
Tungsten	3380
Tantal	3027
Sirkon borid	3000
Titan nitrid	2950
Volfram borid	2930
Molibden	2600

Çizelge 4.4 Bazı medenlerin ergime sıcaklığı (Özkaya, 2004)

Bir akkor telli lamba üç kısımdan oluşur ;

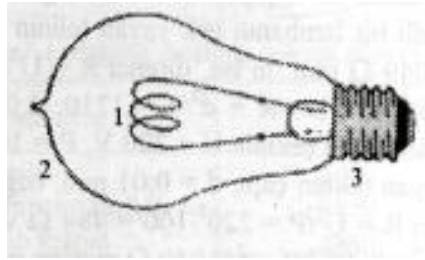
- Işık yayan tel,
- Havası boşaltılmış veya asal gaz doldurulmuş cam balon,
- Işık yayan telden elektrik akımının geçmesini sağlama başlık.



Şekil 4.73 Akkor telli lamba [26]

Kömür Telli Lambalar

Kömür, akkor telli lambaların ilk gelişme devresinde ergime sıcaklığının yüksekliği sebebiyle ışık yayan tel olarak pek uygun görülmüştür. Geobel ve Edison ilk lambalarında kömürleştirilmiş bambu lifleri kullanmışlardır. Edison daha sonra kömürleştirilmiş kağıt elyafı denemiştir. Bugün imal edilen kömür telli lambalarda uygun şekilde kömürleştirilmiş selüloz kullanılır. Kömürün özgül direnci büyüktür. Onun için telin uzunluğu kısa tutulabilir ve armut şeklindeki cam balon içine sepet sapı veya büklüm şeklinde yerleştirilebilir.(Şekil 4.74)



Şekil 4.74 Kömür telli lamba (Özkaya, 2004)

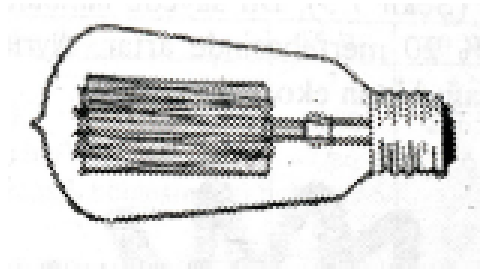
Bugün için kömür telli lambalar, etkinlik faktörleri çok küçük olmalarından ötürü pek az kullanılırlar. Daha çok ışın tedavisinde ve sarsıntılı iş yerlerinde tercih edilirler.

Tungsten Telli Lambalar

Platin, iridyum, tantal gibi zor eriyen madenlerin elektrik lambalarında kullanılmasına 1845 yılından itibaren başlanmıştır. Kullanılabilecek ilk madeni telli lambaların ışık veren teli Welsbach

tarafından osmiyum madeninden yapılmıştır. Bundan 1 yıl sonra Siemens tantal telli lambayı imal etmiştir. Tungsten telli ilk lamba 1905’de ortaya çıktı. Bugün hemen hemen bütün akkor telli lambaların ışık veren telleri yalnız tungsten madeninden yapılır. Tungsten telinin hazırlanışı hakkında kısaca şunlar söylenebilir: Tungsten cevherinden önce tungsten tozu elde edilir. Bu tozdan çok yüksek basınçlarda tungsten çubukları yapılır. Çubuklardan elektrik akımı geçirilerek bunların akkor hale gelmeleri sağlanır. Akkor halinde gelinceye kadar ısıtılan tungsten çubukları dövüldükten sonra elmas haddelerden geçirilir ve böylece 0,01 ila 0,005 mm kalınlığında ince tungsten telleri elde edilir. Tungstenin ergime noktası 3380⁰C olmasına rağmen toz haline gelme veya buharlaşma sıcaklığı 2500⁰C dir, yani kömürünkünden daha yüksektir. Ayrıca tungsten teli renk sıcaklığı gerçek sıcaklıktan daha büyük olan seçici renk sıcaklıklı bir cisimdir.

Tungstenin özgül direnci kömüre göre küçüktür. Bu yüzden gerekli tel uzunluğu daha büyüktür ve telin iki tutucu arasında zikzak şeklinde sarılması gerekir. (Şekil 4.75).



Şekil 4.75 Düz telli lamba (Özkaya, 2004)

Bu tip lambalara düz telli lambalar denir. Işık veren tel gene havası boşaltılmış cam balon içerisinde bulunur. 100 saatlik ekonomik ömrün korunması koşulu ile 2100⁰C’ye kadar ısıtılabilir. Etkinlik faktörü 8 ila 10 lm/W kadardır. Sıcaklığın daha fazla artırılması durumunda tungsten telinde buharlaşma başlar.

Tungsten telli lambalar dolgu gazının cinsine göre 3’e ayrılırlar;

- Normal akkor telli lambalar,
- Kripton lambaları,
- Tungsten halojen lambalar.



Şekil 4.76 Tungsten halojen lamba [26]

4.2.2.1.2. Ark Lambaları

İki elektrot arasındaki bir boşalma olayına dayanan ve elektrotları bu boşalma sırasında akkor haline gelinceye kadar ısınan lambalara ark lambaları denir. Bunlar projeksiyon ve projektör tekniğinde çok kullanılırlar; en büyük özellikleri parlılıklarının çok büyük ve kararlı olması ve noktasal bir ışık kaynağı olarak kullanılabilmesidir. Ark lambaları, bugün artık dış aydınlatmada ikinci dercede rol oynarlar ve iç aydınlatmada ise hemen hemen hiç kullanılmazlar. Işığın üretimi ve tayfi bakımından bu lambalar üç sınıfa ayrılabilirler. Birinci sınıftaki ark lambalarında ışık, esas olarak boşalması ile akkor hale gelen elektrotlar tarafından üretilir, yani ışık üretimi akkor telli lambalarda olduğu gibi radyasyon yasalarına göre olur. Saf kömür elektrotlu ark lambaları ile tungsten elektrotlu ark lambaları bu sınıfa girerler.

İkinci sınıftaki ark lambalarında ışık, yalnız akkor haline gelen elektrotlar tarafından üretilmez; elektrotlar arası iyonize olmuş ortamda bulunan maden gazları ve buharlar da ışık üretimine katılırlar.

Burada ışık üretimini sadece radyasyon yasaları ile açıklamaya olanak yoktur. Işığın tayfi, radyasyon yasalarının verdiği sürekli tayftan başka çizgili ve bantlı tayfida içerir. Aktif kömürlü ark lambaları bu sınıfa girerler. Üçüncü sınıftaki ark lambalarında ışık daha çok elektrotlar arası iyonize olmuş ortamdaki maden buharları ve gazlar tarafından üretilir. Cıva buharlı ark lambaları bu sınıfa girerler.

Ark lambaları kullandıkları akım türüne göre doğru akım ve alternatif akım ark lambaları olmak üzere ikiye ayrılabilirler gibi, elektrot türüne göre de kömür elektrotlu ve maden elektrotlu ark lambaları diye iki bölüme ayrılabilirler. Kömür elektrotlu ark lambaları saf kömürlü ve aktif

kömürlü ark lambaları olmak üzere iki bölüme ayrılırlar. Aktif kömürlü ark lambalarında ayrıca akım yoğunluğuna göre alevli ark lambaları ve Beck tipi büyük güçlü ark lambaları olmak üzere ikiye ayrılırlar. (Özkaya, 2004)

4.2.2.1.3. Floresan Lambalar

Floresan lambaların içindeki gaz sayesinde bulunan civa gazının flamanlarca ısıtılarak buharlaştırılması sonucu oluşan gözle görülmez ışımanın camın iç yüzeyine kaplanmış olan floresan adı verilen madde sayesinde parlak, gözle görülebilir bir ışık üretiyor.

Floresan lambalar 1939 yılında “New York Dünya Fuarı”nda General Electric tarafından sergilendi. Ampüle rakip olarak çıkan floresan lambalar avantajlarıyla dikkat çekiyordu. Aynı evin içinde banyoda, tuvalette, salonda floresan ışık kullanılırken, yatak odasında ampül kullanılıyordu.

Floresanın en büyük avantajı daha az enerji harcayıp, daha çok enerji vermesiydi. Yani 18 Watt’lık bir floresan lamba, 75 Watt’lık bir ampul kadar ışık verebilir. Böylece %75 oranında tasarruf sağlayan floresanlar, okullarda, işyerlerinde kullanılmaya başlandı. Floresanların bir diğer önemli özelliği ise sık sık açma-kapama düğmesine bastığınızda çok elektrik harcarlar.

Örneğin tipik bir floresan lamba devamlı açık bırakıldığında 50.000 saat çalışabilir. Üç saatlik aralarla kapanıp açıldığında ömrü 20.000 saate düşer. Sonuç olarak floresan lambaları bir saat sonra açarsanız hiç kapatmamanız daha ekonomik olabilir. Ampüller için ise böyle bir şey söz konusu değildi.

Değişik ışık renklerinde , güç ve tipte bulunabilirler. Verimleri yüksektir. Çok az sıcaklık yaydıkları için akvaryumun sıcaklığını yükseltmezler. Ömürleri yüksektir. (Ortalama 10000-20000 saat arası) İlk kurulum maliyetleri fazla olsa da işletme maliyetleri daha düşüktür. Floresan seçimi yapılırken daylight veya sıcaklık derecesi 5000K veya daha yüksek sıcaklık seçimi yapılması tavsiye edilir. (Cornwell ve Rouse, 2005)



Şekil 4.77 Floresan lamba [26]

4.2.2.2. Armatürler

Genel olarak ışık kaynakları iyi bir aydınlatmanın gereklerini yalnız başına yerine getiremezler. Bu bakımdan ışık kaynaklarının, özellikle akkor telli ve cıva buharlı lambaların bir aydınlatma aygıtı ile birlikte kullanılması zorunludur. Bu nedenle armatürler geliştirilmiştir. Armatürlerin başlıca özellikleri şunlardır:

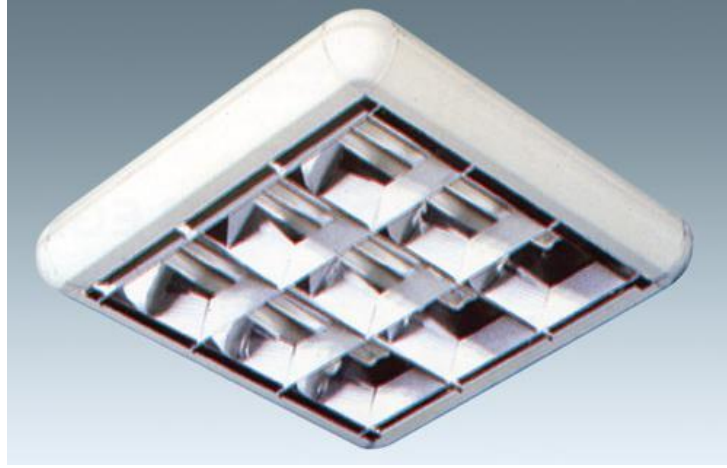
- Çıplak lambanın ışık dağılım eğrisine kumanda etmek, ona istenilen ışık dağılım eğrisi şeklini vermek ve verimi arttırmak.
- Lambayı fiziksel olarak korumak.
- Kamaşmayı önlemek.
- Lambaya ilişkin elektrik devrelerini muhafaza etmek ve bunları çevre koşullarından korumak.
- Estetik hislere ve konfor gereksinmelerine yanıt vermek.

Doğal olarak bir armatüre bunları yerine getirirken ayrıca ekonomik olmak zorundadır.

Konvensiyonel armatürler, direğe, duvara veya gergi teline monte edilecek şekilde düzenlenirler. Armatür simetri düzlemi yol eksenine dik olacak şekilde yerleştirilirler. Bu armatürler büyük çoğunlukla alçak ve yüksek basınçlı sodyum buharlı, cıva buharlı lambalara göre imal edilirler. Son yıllarda kompakt flüoresan lambalara uygun ürünler imal edilmektedir. Esas olarak, alüminyum veya fiberglas takviyeli polyster gövde, alüminyum dağıtıcı yansıtıcı, akrilik veya düşük güçlerde sekurit cam kapaklı imal edilirler.

Katener armatürler, sadece yol eksenine gergi askı teline asılırlar. Armatürün simetri düzlemi yol eksenine paralel olacak şekilde monte edilir. Büyük bir çoğunlukla alçak basınçlı sodyum buharlı lamba kullanılır.

Dekoratif armatürler, bunlar direğe, duvara, tavana veya yere monte edilmek üzere tasarlanmış, işlevle birlikte estetiğe önem vermiştir. Konut, park veya yaya bölgelerinde kullanılırlar. Çoğunlukla PL, cıva buharlı, metal halojen, yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalara uygun olarak imal edilirler. (Özkaya, 2004)



Şekil 4.78 Tavan tipi sıva üstü armatür [27]

4.2.2.3. Anahtarlar

Akım devresini açıp kapayan aygıtlara denilmektedir. Günümüzde binalarda kullanılan dekoratif özellikleri ön planda olan birçok anahtar çeşidi bulunmaktadır.



Şekil 4.79 Anahtarlar [28]

4.2.2.4. Balastlar

Balastlar fluoressan lambaların şebeke geriliminde çalışmaları için kullanılırlar. Fluoressan lambaların çalışması için balast ile birlikte starter adı verilen ve ilk ateşlemeyi sağlayan yardımcı elemana gereksinim vardır. Balast, starter ve lambanın elektrotları seri bağlıdır. Starter yaklaşık olarak 200 V'ta çalışmaya başlayan bir ışıltı lambadan ibarettir. Devre kapatıldığı zaman, bütün şebeke gerilimi startere uygulanır ve zaten yakın bulunan starter elektrotları arasında ışıltın boşalma başlar.

Bu sırada boşalma direnci oldukça büyüktür; dolayısıyla elektrotlar ısınır ve birbirine değeri. Starterin kısa devre olmasıyla devreden fluoressan lambanın elektrotlarını kızgın duruma getiren kuvvetli bir akım akar. Bu sırada starterin elektrotları soğur; elektrotlar eski durumuna gelir ve akım devresi açılmış olur. Starter devresinin açılmasıyla balast lambada boşalmayı başlatmaya yetecek kadar bir gerilim endükler. Bu suretle lamba tutuşur. Genel anlamda manyetik ve elektronik olmak üzere iki tip balast bulunmaktadır. (Sönmez, 2006)

4.2.2.4.1. Manyetik Balastlar

Manyetik veya elektromanyetik olarak adlandırılan balastlarda bir demir çekirdek etrafında alüminyum veya bakır iletkenler vardır. Bakır tel balastlar, alüminyum olanlara göre % 10 daha verimlidir. Manyetik balastlar, AC standart frekansta, 50 Hz de çalışırlar. Elektrik tüketicilerinin ekstra düşük kayıplı balastları kullanmaları tavsiye edilmektedir.

4.2.2.4.2. Elektronik Balastlar

Elektronik balastlar, lambanın titreme ve gürültüsünü azaltan manyetik balastlara göre daha yüksek frekansta çalışırlar. Elektronik balastlar, manyetik balastlardan % 25 daha az elektrik kullanırlar. Birçok elektronik balastın lambayı loşlaştırma olanağı sağlaması ile daha fazla enerji tasarrufu mümkündür. Daha verimli aydınlatma sistemleri daha az ısı üretirler. Elektronik balastların satın alma aşamasında IEC 928 ve 929 uluslararası standartlar ile uyumlu ve yüksek güç faktörüne sahip olmalarına dikkat edilmelidir.

Elektronik balastların manyetik balastlara göre ekonomi, güvenlik, çevre, konfor, esneklik, basitlik gibi konularda sağlamış olduğu üstünlükleri bulunmaktadır. Normal bir manyetik balast ile kullanılan 36W'lık fluoressan lamba şebekeden 46W güç çekerken, aynı lambanın elektronik balast ile birlikte kullanıldığında şebekeden çektiği güç yine 36W olarak kalmaktadır. Manyetik balastlara göre pahalı olan yüksek frekanslı elektronik balastların sisteme getirdikleri üstünlükler aşağıdaki gibi sıralanabilir ;

- Lambanın ve tüm aydınlatma sisteminin etkinlik faktörünü artırır,
- Işık titreşimlerini ve strobokobik olayları önler,
- Startere gerek kalmadan lambanın ani ateşlenmesini sağlar,
- Lambaların ömrünü uzatır,
- Kompanzasyona gerek kalmayacak şekilde sistemin güç faktörünü düzeltir,
- Isık akısının istenilen oranda azaltılıp, çoğaltılmasına imkan tanır,
- Sıcaklık yükselmesi az olduğundan ısı kayıpları da azalır,
- Uğultu ve vızıltı gibi gürültülerin oluşması önlenir,
- Hafifirler. Bu durum armatür ve tavan tasarımında kolaylık sağlar,
- Bir balast ile iki lamba çalıştırılabilmesine olanak verir,
- Balast kayıpları genelde lamba gücünün %10'u kadardır (Normal balastlarda %20). Böylece aynı güçte %10 fazla ışık akısı veya aynı ışığın %10 daha az güç ile elde edilebilmesi mümkündür. (Sönmez, 2006)

4.2.3. Aydınlatma Sistemleri Kontrol Uygulamaları

4.2.3.1. Aydınlatma Yönetimi Genel Yaklaşım

Yapılan araştırmalar, bina otomasyon sisteminin tam anlamıyla uygulanması ve teknik elemanların programlı bakımlarda aldığı önlemler sonucunda yıllık enerji tüketiminin %40 azaltılabileceğini göstermektedir.

Bunun sağlanabilmesi için aşağıda sıralanan noktalara dikkat etmek gereklidir.

- Uygun balast kullanılması,
- Gün ışığı şartlarına uygun dim yapılması.(ışığın kısılıp açılması),
- Camların standart olması,
- Her elemanın kendine ait bölgeyi istediği ışık şartlarına göre aydınlatabilmesi,
- Teknik bölümün programlı bakımlarda ampulleri değiştirmesi, ampul ömür eğrilerindeki garanti edilen zamanın dışına çıkılmaması,
- Sadece gerekli bölümlerin kendiliğinden devrede kalması, diğerlerinin söndürülmesi,
- Kısa süreli çalışmalardan dolayı uzayan ampul ömürleri, yanısıra sıcaklık kontrolü konusunda tasarrufa katkıları,
- Uygun aydınlatmanın çalışan üzerindeki psikolojik etkisi.

Yukarıdaki gibi sıralanabilecek pek çok örnek yanısıra telefon yada bilgisayar ağı üzerinden sisteme kumanda verebilmek sonucunda özel nitelikli anahtarlardan ve işçilikten yapılan tasarruf ve tüm controller sonucunda kullananların memnuniyeti sonucu ortaya çıkan verim artışı göz ardı edilmemelidir.

Aslında alınan önlemler genel enerji tasarrufuna ciddi olarak yansımaktadır. Camlarda kullanılan ışık ve radyasyon kırma özellikli camlar ısı kazançlarını azaltıp klimaların elektrik tüketimini düşürürken, aydınlanmanında azalması nedeniyle fazladan yakılan lambalar ilave yükler getirmektedir.

İşte bu durumda aydınlatma sisteminin yüksek çözünürlük ile kontrol edilmesinin enerji tasarrufu açısından ciddi faydaları ortaya çıkmaktadır. Şunu da unutmamak gerekir ki mimari kaygılar ile aydınlatma sisteminin tasarrufu düşünülmemektedir. Kullanılan armatüre sayılarındaki fazlalık, armatürlerden elde edilebilecek aydınlanmanın etkinlik katsayısının düşüklüğü ve daha çok sayıda kontrol noktası demektir. Yine unutulmaması gerekirken insanoğlu ihtiyacı olan konfor sağlandığında elde edilecek verim artışı da önemlidir. Şimdiye kadar yapılan işlerde, sadece hesaplanan elektriksek tasarruf miktarları için doğrudan şirketlerden alınan değerler Çizelge 4.5’de verilmiştir.

Yukarıdaki bilgilere ek olarak üretici firmaların teknolojiyi ne kadar iyi takip ettiklerine dair imaj kaygılarında eklemek gerekir.

Hepsini bir araya toplarsak 3 değişik bakış açısıyla seçim yapılabilir.

- Tamamen mimari kaygılarla,
- Teknolojik ve mimari kaygılar birlikte,
- Saf tasarruf kaygısıyla.

Sistemler, binalara prestij için özellikle konulduğunda ve randımanlı kullanılmadığında geri ödeme süreleri uzarken, iyi düşünülmüş uygulamalarda 3 sene zarfında yatırımı geri ödemektedir.

YKB Gebze Otomasyon Merkezi	> %30
Şişecam Genel Müdürlük Binası	> %23
Hugo BOSS	> %20

Çizelge 4.5 Bazı akıllı binaların enerji tasarrufları (Küçükçalı, 2007)

Ofis alanları için aydınlatma kontrol sistemi geniş monitör ve raporlama imkanlarını da içeren bir aydınlatma yönetim sisteminden oluşmaktadır.

Bilgisayar aracılığı ile sağlanacak komple merkezi yönetimin kullanıcı kontrolü ile birleşmesinden oluşan bu sistem, telefonlardan ve yerel anahtarlardan bağımsız olarak çalışacaktır. Sistem kontrolün tamamen esnek olmasını gerektirmektedir. Herbir armatür yada linye bir röle vasıtası ile yada DALI protokolü ile birbirinden bağımsız olarak kontrol edilebilecektir.

Açıp kapama ile ilgili tüm değişiklikler tavandaki modüllerin açılmasına gerek olmadan, bilgisayar terminalinden yönlendirilebilecektir.

Sistem hem donanım hem de donanıma açıp kapama ile ilgili talimatları iletmelidir. Sistem operasyonunun merkezi programlama ile yapılmasını sağlayan yazılımında içermelidir.

Aydınlatma yönetim sistemi bir merkezi bilgisayar kontrolörü, aydınlatma kontrol modülleri ve bölgesel kontrol araçlarından oluşmalıdır.

PABX Call Logger aracılığı ile bir telefon arayüzü ile telefon üzerinden sisteme kontrol edebilecek altyapı olmalıdır.

Bilgisayar sistem operasyonunu gözetecek, otomatik komutlar iletcek ve aydınlatmanın merkezi manuel kontrolünüde sağlayacak şekilde programlanmalıdır. Komutlar her katta “outstation” olarak görev yapan yer kontrolörleri aracılığı ile aydınlatma kontrol modülüne iletilecek ve aydınlatma merkezi veya yerel komutlar vasıtası ile yönlendirilmiş olmalıdır. Tüm ofis aydınlatma kontrol modülleri birbirinin aynı ve birbirinin yerine kullanılabilir nitelikte olmalıdır.

Mühendisin sistemi genişletebilmesi veya ilave kontrol imkanları ekleyebilmesi için %10 yedek çıkış temin edilmelidir.

İlave modüllerin eklenmesi aydınlatma sisteminin adreslenmiş nodların yeniden programlanmasını gerektirmemelidir. (Küçükçalı, 2007)

4.2.3.2. Zamanlama Kontrolü

Zamanlama stratejisi öngörülebilir ve öngörülemez zamanlama olmak üzere iki türdür. İdeal olarak aydınlatma, sadece gerektiği zamanlarda açılır ve gerektiği zamanlarda kapatılır.

Öngörülebilir zamanlama, gün boyunca çalışma periyotları biliniyorsa, öngörülebilir zamanlama stratejisi kullanılır. Zaman anahtarları kullanılarak aydınlatma ihtiyacı olmayan saatlerde (öğlen tatili, mesai bitimi, v.b.) aydınlatmanın otomatik olarak kapatılması sağlanabilir. Yıllık çalışma periyodunun bilinmesi durumunda aydınlatmanın açılıp kapanma saatleri ve gerekli aydınlık düzeyleri bir mikro işlemci veya bilgisayar ile programlanabilir. Bu stratejileri kullanarak % 40' lara varan enerji tasarrufu sağlanabilir.

Öngörülemeyen zamanlama, tek kişilik ofisler, fotokopi odası, konferans salonu gibi sürekli kullanılmayan hacimlerde çalışma saatlerinin önceden belirlenmesi mümkün değildir. Bu tür hacimlerde. içeride insan bulunduğu sürece aydınlatmanın açık kalması, varlık bulunmadığında aydınlatmanın otomatik olarak kapatılması sağlanmaktadır. Öngörülemeyen zamanlama stratejisinde varlık algılayıcılar kullanılarak hacmin kullanılmadığı zamanlarda aydınlatmanın otomatik olarak kapatılması ile % 60' lara varan enerji tasarrufu sağlanabilir. (Avinca, 1999)

4.2.3.3. Bölgesel Kontrol

Aydınlatma sistemleri genellikle hacimdeki en kritik veya en zor işler için gerekli olan aydınlık düzeyi sağlanacak şekilde tasarlanır. Bu şekilde tasarlanan bir hacimde daha basit görsel işlerin yapıldığı alanlarda gereğinden fazla aydınlık düzeyi yaratılmış olur. Bu durumu ortadan kaldırmak için hacim bölgelere ayrılarak her bir bölge için gerekli aydınlık düzeyleri sağlanacak şekilde sistem tasarlanır ve bu bölgelerin kontrolü de ayrı ayrı yapılır. (Avinca, 1999)

4.2.3.4. Doğal Aydınlatma

Doğal aydınlatmaya bağlı kontrol stratejisinde pencerelerden hacime giren doğal aydınlatmaya bağlı olarak yapay aydınlatma ya anahtarlama suretiyle açılıp kapatılır veya loşlaştırma düzenleri yardımıyla hacim içindeki toplam aydınlık düzeyi (yapay + doğal) istenilen değerde sabit kalacak şekilde ayarlanır.

Çalışma hacimlerindeki aydınlatma, yapay aydınlatma ile güvenli bir şekilde sağlanabilir. Aydınlatma tesisatları, gerekli aydınlık düzeyi yapay aydınlatma ile her zaman sağlanacak şekilde hacim içindeki doğal aydınlatma göz önüne alınmaksızın planlanmaktadır. Oysa çalışma hacimlerinde, dış çevre ile görsel bağlantı kurulması açısından pencereler bulunmak zorundadır. Ofislerde genelde gündüz saatlerinde çalışıldığından çalışma saatlerinin büyük bir kısmında belki de tümünde az veya çok doğal aydınlatma mevcuttur.

1970' li yıllarda ortaya çıkan enerji krizi, tüm dünyada enerji tasarrufunu gündeme getirmiş ve bu konudaki çalışmaların hızla artmasına sebep olmuştur. Aynı yıllarda İngiltere' de Bina Araştırma Teşkilatı tarafından aydınlatmada sağlanabilecek enerji tasarrufunu belirlemek amacıyla bir çalışma programı başlatılmıştır. Bu program çerçevesinde pek çok ofiste yapılan gözlem ve deneylerden elde edilen sonuçlar şunlardır:

- Ofislerde, genellikle aydınlatma gün boyu ya sürekli açık ya da kapalıdır,
- Kişiler aydınlatmayı hacme girdiklerinde açmaktadırlar ve gün içinde çok nadir olarak kapatmaktadırlar,

- Kişilerin odaya girdiklerinde aydınlatmayı açma olasılıkları, hacimdeki en karanlık noktadaki doğal aydınlık düzeyi ile ilgilidir.

Yapay aydınlatmanın doğal aydınlatmaya bağlı olarak kontrol edildiği ofislerde sağlanacak enerji tasarrufunu belirlemek amacı ile yapılmış olan deneysel çalışmalar, böyle bir sistem kullanarak %25-50 enerji tasarrufu sağlanabileceğini ortaya koymuştur. Bu çalışmalar sırasında, kişilerin bu sistemlere karşı olan tepkileri de belirlenmeye çalışılmıştır. İnsanların, loşlaştırma sistemlerini açma - kapama sistemlerini tercih ettikleri ve otomatik kumanda yanında, sisteme elle kumanda edebilme imkanı da istedikleri belirlenmiştir. Doğal aydınlatmaya bağlı kontrol sistemleri üç temel elemandan oluşmaktadır;

Işık algılayıcısı : Üzerine düşen ışık miktarına bağlı olarak elektrik sinyalleri üretir.

Kontrol ünitesi : Işık algılayıcısındaki gelen sinyalleri kullanılan algoritmaya bağlı olarak değerlendirerek kumanda sinyallerine çevirir.

Kumanda birimi : Kontrol ünitesinden gelen sinyallere göre lambalara kumanda eder.

Doğal aydınlatmaya bağlı kontrol stratejisinde pencerelerden hacme giren doğal aydınlatmaya bağlı olarak, yapay aydınlatma ya anahtarlama suretiyle açılıp kapatılır yada loşlaştırma düzenleri yardımıyla hacim içindeki toplam aydınlık düzeyi (yapay + doğal) istenilen değerde sabit kalacak şekilde ayarlanır. (Avinca, 1999)

4.2.3.5. Anahtarlama veya Loşlaştırma

Anahtarlama suretiyle yapılan kontrolde, aydınlatma yükleri kontrol sistemindeki bir röle ile açılır veya kapatılır. İlk tesis masrafı loşlaştırma sistemlerine göre oldukça ucuzdur. Özellikle, hacimde insan olup olmamasına göre kontrol yapan zamanlama stratejisinde kullanılması uygundur.

Ofis aydınlatması için en uygun ışık kaynaklarının floresan lambalar olduğu düşünülürse, bu tekniğin kullanılması ancak loşlaştırılabilir elektronik balastlı aydınlatma sistemlerinde mümkün olmaktadır. Loşlaştırılabilir elektronik balastların fiyatlarının çok yüksek olması nedeniyle ilk tesis masrafı, açma - kapama sistemlerine göre oldukça yüksektir. (Avinca, 1999)

4.3. Yangın Önleme ve Alarm Sistemleri

4.3.1. Yangın Önleme ve Alarm Sistemleri Elemanları

4.3.1.1. Yangın Pompaları

Sulu söndürme sistemlerine basınçlı su sağlayan, anma debisi ve anma basınç değeri ile ifade edilen pompalardır. Pompalar, kapalı vana basma yüksekliği anma basma yüksekliği değerinin en fazla %140'ı kadar olmalı ve %150 debideki basma yüksekliği, anma basma yüksekliğinin %65'inden daha küçük olmamalıdır. Bu tür pompalar, istenen basınç değerini karşılamak koşuluyla, anma debi değerlerinin %130'u kapasitedeki sistem talepleri için kullanılabilir.

Sistemde bir pompa kullanılması halinde aynı kapasitede yedek bir pompa daha olmalıdır. Birden fazla pompa olması halinde toplam kapasitenin en az %50'si yedeklenmek şartıyla yeterli sayıda yedek pompa kullanılacaktır.

Bu tip pompaların çevrilmesi elektrik motorunun yanısıra içten yanmalı motorlar veya türbinler ile de olabilir.

Yedek dizel motor tahrikli pompa kullanılmadığı takdirde yangın pompalarının enerji beslemesi güvenilir kaynaktan sağlanarak, binanın genel elektrik sisteminden bağımsız beslenecektir. Yangın pompalarının, otomatik hava boşaltma valfi, sirkülasyon rahatlatma valfi gibi yardımcı elemanları bulunmaktadır.

Herbir pompanın kendisine ait bir panosu vardır. Bu pano kilitli olmalıdır. Elektrik kumanda panosu, faz hatası, faz sırası hatası, kumanda fazı hatası bilgi ışıklarıyla donatılmalıdır. Pano ana giriş devre kesicisine pano kilidi açılmadan erişilmemelidir.

Herbir pompanın ayrı bir kumanda basınç anahtarı olmalıdır. Basınç anahtarları, kumanda panosunun içine yerleştirilmiş, su basıncını boru bağlantısıyla hisseden, su darbelerine karşı korumalı, alt ve üst değerler ayrı ayrı ve bağımsız olarak ayarlanabilir ve ayarlandıktan sonra kilitlenebilir olmalıdır.



Şekil 4.80 Yangın Pompası [29]

4.3.1.2. Yangın Su Depoları

Tüm yangın söndürme sistemlerinde en az bir güvenilir su kaynağı olmalıdır. Binalarda sulu söndürme sistemleri için kullanılacak suyun depolandığı yerlere yangın su depoları denilmektedir. Bu bölümler binalarda yangın söndürme haricinde hiçbir başka amaç için kullanılmamalı, sadece söndürme sistemlerine hizmet vermelidir. (Küçükçalı, 2007)

4.3.1.3. Yangın Dolapları

Yangın dolapları tesisatı, bina içindeki kişilerin yakınındaki küçük bir yangını kontrol etmesini ve söndürmesini sağlayabilmek için bina içerisine tesis edilen sabit bit tesisattır. Tesisat duvarlar üzerine veya kabinler içine monte edilmiş ve kalıcı olarak bir su temin tesisatına bağlanmış olan sabit birimlerden oluşur.



Şekil 4.81 Yangın Dolabı [16]

4.3.1.4. Yangın Hidrantları

Yapıların yangından korunmasında, ilk müdahalede söndürülemeyen yangınlara dışarıdan müdahale edebilmek için yapının veya binanın tüm çevresini kapsayacak şekilde tesis edilen su kaynaklarına hidrant denilmektedir. İtfaiye araçlarının kolay yanaşabileceği ve bağlantı yapabileceği şekilde düzenlenmelidirler.



Şekil 4.82 Yangın hidrantı [30]

4.1.1.1. Yangın Söndürme Tüpleri

Bu sistemleri köpüklü, gazlı ve kuru tozlu sabit veya taşınabilir söndürme sistemleri olarak adlandırabiliriz. Suyun söndürme etkisinin yeterli görülmediği veya su ile reaksiyona girebilecek maddelerin bulunduğu, depolandığı ve üretildiği hacimlerde uygun tipte yangın söndürme tüpleri kullanılabilir.



Şekil 4.83 Yangın söndürme tüpleri [29]

4.3.1.5. Sprinkler

Sprinkler icinde kimyasal malzeme bulunan cam bulb ile nozuldan oluşmaktadır. Nozul girişinde basınçlı suyun bulunması durumunda kimyasal malzemenin sıcaklıkla genişleme yapması ile cam bulb parçalanmakta, basınçlı suda nozulu kapatan engel kalktığı için pulverize halinde ortama boşalmaktadır.



Şekil 4.84 Sprinkler [29]

Sprinkler değişik tiplerde bulunmaktadır. Bunlar ;

Konumuna göre; yukarı bakan (upright), aşağı bakan (pendent), duvar tipi (sidewall)

Çaplara göre; 1/2", 3/4"

Orifislere göre; 1/2", 17/32", 7/16", 3/4"

Sıcaklıklara göre; 57°C, 68°C, 79°C, 141°C, 183°C

Gövde malzemesine göre; pirinç, parlatılmış pirinç, beyaz boyalı, siyah boyalı ve kromajlı.

Tavan tipine bağlı olarak; kapaklı ve rozetli.

Aktif elemanına göre; Bi-metal, cam bulb 8mm., cam bulb 2.8mm.

Standart tip haricinde racklı sistemlerde kullanılmak üzere üretilmiş sprinkler, geniş alan korumalı sprinkler, gibi sprinkler tipleri bulunmaktadır.

Örneğin; otel odaları için banyo duvarına konulabilen özel tip sprinkler bulunmaktadır. Bu sprinkler ile oda içine herhangi bir tesisatın yapılmaması sağlanmış olmaktadır. (Yaşa, 93)

4.3.2. Yangın Önleme ve Alarm Sistemleri Kontrol Uygulamaları

4.3.2.1. Klasik Yangın Önleme ve Alarm Sistemleri Kontrol Yaklaşımı

Bu sistemler binadaki yangın durumunu izlemek ve bina yaşayanlarının yangın durumundan haberdar olup güvenliğini sağlamak amacıyla kurulan sistemlerdir. Binada izlenmesi gereken alanlara duman ve ısı sensörleri ve manuel ihbar butonları, görsel, işitsel ikaz sirenler yerleştirilir. Yangın algılamanın yanı sıra yangın otomasyonu da öngörülmelidir. Sistem en az 2 adet adresli yangın alarm paneli tarafından izlenip alarm anında kumanda edilmelidir. Gelen yangın alarmına

göre zon bazında yangın senaryosu devreye girmelidir. Alarm, merkezde kat planı üzerinde belirlemekte ve sesli olarak operatörü uyarmakta. Aynı şekilde panel üzerinde LCD ekranda ve yazıcıdan raporlanmakta. Noktasal olarak yangının belirlenmesi yangın tehlikesini büyük ölçüde azaltmakta ve işletmenin anında olay yerine ulaşmasına imkan vermektedir.

Ayrıca panel güvenli yangın çıkışlarının gösterilmesi, ilgili klima santrallerine yangın ikazının iletilmesi, anonsun devreye girmesi, basınçlandırma ve duman emiş fanlarının çalıştırılması, asansörlerin zemin kata inmesi ve kapısını açması gibi önceden programlanan senaryo doğrultusunda çalışır.

Yangın durumunda çabuk müdahale edilme zararı en aza indirir. Yangın algılama amaçlı çok sayıda algılayıcı (duman, ısı, alev algılamaya dayalı) türü vardır. Burada yangının algılanması ile birlikte algılanan yerin tespiti, duman yayılımının engellenmesi, yangın söndürme sisteminin devreye girmesi ve / veya alarm verilmesi gibi faktörler bulunmaktadır. Bütün bunlar mikroişlemci kontrollü kartlar sayesinde kurulan sisteme uygun olarak sağlanmaktadır.

Can ve mal varlığı kayıplarını asgari bir düzeye indirmeyi amaçlayan yangın sistemleri güvenlik önlemlerinde ilk sırayı alır. Yangın sistemleri erken uyarı ve müdahale aşamalarından oluşur. Erken uyarı sistemleri yangını başlangıç aşamasında algılar ve müdahale aşamasını kolaylaştırır.

Genel olarak erken uyarı sistemleri, yangının üç karakteristik özelliği olan duman, ısı ve alevden birini algılayarak çalışır. Duman, ısı ve alev risklerini algılamak için üretilmiş değişik dedektör tipleri mevcuttur.

Duman dedektörleri algılama teknolojisi olarak iyonizasyon, optik ve ışın tipi olmak üzere üç tiptedir. İyonizasyon tipinde dumanı algılayan bir hücre içindeki iyonizasyon akımının değişiminde algılama yapılır. Optik duman dedektörlerinde ise algılama hücresinde bir ışık kaynağı ve bu ışık kaynağının bir alıcısı mevcuttur. Duman bu hücre içinde girdiğinde ışık dağılır ve algılama gerçekleşir. Isı tipi duman dedektörleri ise diğerlerinden farklı olarak alıcı verici prensibine göre çalışırlar. Bir vericiden yayılan infrared ışık kaynağı bir alıcıya ulaşır. Yangın durumunda oluşan duman bu kızılötesi ışığı kestiğinde algılama durumu oluşur.

İyonizasyon ve optik duman dedektörlerinin kanal tipleri de mevcuttur; genel olarak havalandırma kanallarında kullanılırlar.

Isı dedektörleri de sabit sıcaklık ve sıcaklık artış hızı dedektörü olarak iki çeşittir. Sabit sıcaklık dedektörünün monte edildiği yerdeki sıcaklık belli bir değere ulaştığında algılama yapar. 60 ve 90 derece çoğunlukta kullanılan tipleridir. Ancak değişik uygulamalar için değişik tipleri de mevcuttur.

Sıcaklık artış hızı dedektörü hava sıcaklığının belirli bir zaman aralığındaki artışını ölçerek, bu artışın normalin üzerinde olması durumunda algılama yapar.

Alev dedektörü yangının alev aşamasını görerek algılama yapar. Alevin yapısında bulunan ultraviyole ve/veya infrared ışımını algırlarlar.

Duman, ısı ve alev dedektörleri hiçbir zaman bir uygulama için tek başlarına yeterli değildirler. Çoğu zaman bir arada kullanılırlar.

Yangına karşı korunacak alanın özelliklerine ve yanma olayına göre dedektör tipleri seçilir.

Erken uyarı sistemlerinin bir başka boyutu da insandır. İnsan dedektörden önce bir algılama kaynağıdır. Bunun için sistemlerde butonlar kullanılır.

Dedektörlerin ve butonların aktive olması durumunda yangın uyarısı bir yangın panosuna ulaşır. Yangın algılamasını takiben sesli ve görsel uyarı kaynakları olan sirenler, ziller ve flaşörler devreye girerek ortamda bulunan canlılar yangına karşı uyarılırlar. Bunu takiben uyarı alınan yangın bölgesine, yangının ilerlememesi için müdahalede bulunulur.

Günümüzde yangınların erken algılanması için çok çeşitli yangın uyarı sistemleri geliştirilmiştir.

Konvansiyonel Sistemler; Bu tür sistemlerde sistemi oluşturan dedektörler, kat bazında yada yangın kompartımanları bazında gruplandırılarak sistem kontrol paneline irtibatlandırılır. Zon prensibine göre çalışır. Bir zonda birden fazla sayıda dedektör ve buton mevcuttur. Bir zon bir oda olabileceği gibi bir kat ve hatta bir bina da olabilir. Her dedektör grubu bir alarm hattıdır ve kontrol panelinde ışıklı bir gösterge ile belirlenir. Hat üzerindeki dedektörlerden birinin algılama yapması durumunda, alarmın kontrol paneli üzerinde, algılama yapan dedektörün dahil olduğu zondan geldiği belirlenir. Yangının çıkış noktasının tespiti için o zon üzerindeki dedektörlerin tümünün araştırılması gerekir. Fakat erken algılamada esas olan uyarı ile birlikte uyarının geldiği bölgenin detaylı belirlenmesi ve müdahale aşamasının yangın ilerlemeden kolaylıkla yapılabilmesidir. Bu yüzden zonlama yapılırken dikkat edilmesi gerekmektedir. Konvansiyonel sistemlerin uygulama alanları, yüksek olmayan binalar, her katında fazla oda bulunmayan ofis binaları, atölyeler, yangının çıkış noktasının tespitinin zor olmadığı yapıdaki binalar, yangın riski çok yüksek olmayıp yukarıda sayılan bina tiplerine benzemeyen tesisler.

Adresli Sistemler; adreslenebilen algılama sistemlerinde sistemi oluşturan dedektör, buton gibi cihazlar kontrol paneli üzerinde ayrı ayrı tanımlanır. Her bir cihazın normal, alarm ve arıza konumları kontrol paneli üzerinden ayrı ayrı izlenebilir. Dedektör ve butonlar ayrıca yazılım olarak gruplandırılarak o tesisin özelliğine bağlı olarak yangın zonları teşkil edilir. Böylece yangın anında

hem yangının çıktığı bölge hem de yangının o bölgenin hangi noktasında çıktığı belirlenerek yangına erken müdahale garanti edilir. Adreslenebilir algılama sistemlerinin kullanım alanları yüksek binalar, oteller ve yüksek riskli tesislerdir.

Bunları analog adresli sistemler ve interaktif sistemler olarak ikiye ayırmak gerekir.

Analog adresli sistemlerde de dedektörler ve butonlar tek tek adreslidir. Ancak bu sistemde dedektörler ve paneller akıllıdır. Dedektörün hassasiyeti ayarlanabileceği gibi panelden dedektörün tozlanma v.b. durumlardan kaynaklanabilecek arıza durumları da görülebilir. Böylece konvansiyonel sistemlerde yanlış yangın alarmı olarak gelecek bir uyarı analog adresli sistemlerde arıza sinyali olarak görülür.

İnteraktif yangın ihbar sistemi, kontrol paneli, dedektörler ve ikaz cihazlarından oluşmaktadır.

İnsan-makine işbirliği çerçevesinde çalışan sistem, kontrol panelinden dedektörlerine kadar tümüyle mikroişlemcilerle donatılmıştır. Sistemin çevreden aldığı verileri değerlendirme yeteneği en uç elemanları olan algılama cihazlarından başlamaktadır. Karar kademelerinin sistemin içinde yaygınlaştırıldığı bu benzersiz uygulama ile yanlış alarm verme olasılığı ortadan kalkmıştır.

Uygulanan her sistemin, çevre şartlarının ve ortamın özelliklerine uyarlanmış kendine özel yazılım programı vardır.

Dedektörler, sistemin montajı bittikten sonra, mahallerin çevresel ve kullanım şartları dikkate alınarak, merkezden tek tek programlanırlar. Bu bilgilerin her zaman, değişen şartlara göre yeniden değerlendirilmesi, gerekli düzeltmelerin yapılması olasıdır.

İnteraktif sistem, yangın olduğunun kararını verirken alarm sinyali gönderen dedektör ile yakınındaki dedektörlerden gelen sinyalleri birlikte değerlendirir ve topladığı verileri istatistiksel olarak değerlendirir. Seri veri işlem tekniği ile yetinilmeyen bu sistemde panel ve dedektörler, birbirleri ile her an ve karşılıklı iletişim içinde bilgi alışverişinde bulunurlar.

Dedektörün hassasiyetinin ayarlanabilmesi konusu önemlidir. Örneğin ofis ortamlarında çalışma saatlerinde yangın riski, çalışma dışı saatlerine oranla daha düşüktür. Bu durumda dedektörün hassasiyeti çalışma saatlerinde azaltılır, çalışma dışı saatlerinde artırılır. Aynı zamanda sigara dumanı v.b. nedenlerden oluşabilecek yanlış alarmlar da minimuma indirgenmiş olur.

Bir yangın sistemine erken uyarıyla birlikte yangına müdahale ve söndürme önem kazanır. Yangının durumuna göre portatif yangın söndürücülerle yangına müdahale edilebileceği gibi, yangının manuel olarak söndürülemeyeceği durumlarda otomatik söndürme sistemleri devreye

girer. Portatif ve otomatik söndürücülerin tipini ortamdaki yanma olayının (kağıt, benzin v.b. yangınlar) tipi belirleyeceği gibi ortamın riskini de (bilgi işlem odası, ofis ortamı v.b. mahaller) belirler.

Söndürücü olarak kuru kimyevi tozlar, CO₂, FM200 ve NAFSIII gibi kimyasal bileşimli gazlar kullanıldığı gibi su da söndürme kaynağı olarak kullanılmaktadır.

Nasıl erken uyarıda ortamdaki yanma olayına ve riske göre dedektör tipi seçiliyorsa, müdahale ve söndürme aşamasında da söndürme tipi seçilmektedir.

Bir yangın sistemi koruduğu alanda bulunan diğer sistemlerle de ilişki içindedir ve bu sistemlerle birlikte senaryosu belirlenir. Örneğin, yangın uyarısı ile birlikte havalandırma sisteminin ve kanallarının kapatılması, varsa asansörlerin zemin kata çekilmesi, dumanın tahliye edilmesi, yangın yerinin elektriğinin kesilmesi, acil aydınlatmaların devreye girmesi gibi. Bütün bu işlemler istenirse Bina Otomasyonu tarafından operatör müdahalesine gerek kalmadan yapılabilmektedir.

Yangın uyarı ve söndürme sistemleri doğru malzeme seçimi ve doğru montaj yapıldığı zaman işlev kazanırlar. Bakımları ve yetkili teknik servisleri de yapıldığı zamanlarda can ve mal emniyeti güvenliği açısından diğer sistemlerle koordineli çalışmaktadırlar.

Konvansiyonel Optik Duman Dedektörleri; Konvansiyonel yangın algılama sistemleri, ekonomik oluşları ve kullanım kolaylığı gibi nedenlerle özellikle küçük yapılarda tercih edilmektedir. Bu sistemlerde dedektörler ve siren, buton gibi saha elemanları bölgeler (zone) üzerinde yer alır. Her bölgenin bağımsız bir kablo hattı vardır ve bir bölgeye 20 adede kadar dedektör yerleştirilebilir. Dedektör veya butonlar, alarm durumunda daha yüksek akım çeker ve bu sayede bağlı oldukları santral, hangi kablo hattı üzerinden alarm mesajı geldiğini algılayarak, sesli bir alarm uyarısı eşliğinde, bu bölgenin sayısal kodunu ışıklı göstergesi ile ortama duyurur. Konvansiyonel sistemlerdeki santraller, bir bölgeye birden fazla dedektör veya buton yerleştirilmiş ise, uyarı mesajının hangi dedektör veya butondan geldiğini belirtme yeteneğine sahip değildir. Bazı santraller alarm mesajının yanı sıra "hat kopuk" ve "kısa devre" durumlarını da belirleyebilir.

Duman dedektörleri; Yangın algılama dedektörleri bir yangının alev, sıcaklık ve duman gibi belirtilerinden yararlanır. Duman, bu belirtiler içinde genel olarak bir yangının en erken evresi olduğu için, yaygın olarak tercih edilen bir yangın belirleme kriteridir. Dumanın varlığının belirlenmesinde dumanın çeşitli etkilerinden yararlanılır :

- Işın (beam) tipi duman dedektörlerinde dumanın ışığı engellemesi,
- İyonizasyon duman dedektörlerinde dumanın havanın iletkenliğini azaltması,

- Optik duman dedektörlerinde dumanın ışınları yansıtması.

belirleyici kriter olarak kullanılır.

Işın tipi duman dedektörleri güçlü, ancak pahalı olmaları sebebiyle sadece büyük veya yüksek mekanlar için uygundur. İyonizasyon duman dedektörleri, gerek ekonomik oluşları ve gerekse normal ve sıradan optik duman dedektörlerine kıyasla daha hassas olmaları açısından yakın zamana kadar en fazla tercih edilen duman dedektörü tipi idi. Ancak havanın iletkenliğindeki azalmayı belirlemek amacıyla iyonizasyon akımı yaratmak üzere, etkisi düşük de olsa, radyoaktif bir eleman içermesi nedeniyle iyonizasyon duman dedektörleri sakıncalı bulunmaktadır.

Optik duman dedektörleri duman partiküllerinin ışığı yansıtma özelliğinden yararlanır. IR (kızılötesi) ışık yayan bir LED'ten çıkan ışınlar normal durumda aradaki perde nedeniyle alıcı fotodiyota ulaşamaz. Ancak ortama giren duman partiküllerinin yarattığı yansımalar sonucunda, artan duman yoğunluğu ile doğru orantılı olarak, fotodiyota ulaşan ışın miktarında artış meydana gelir. Eşik değeri aşıldığında dedektör alarm verir.

Optik duman dedektörlerinde algılama hassasiyeti sorunu; maddeler yanarken çıkardıkları dumanın miktarı, rengi, partikül iriliği gibi özellikleri yanan maddenin cinsine göre değişir. Bu nedenle Avrupa standartları (EN-54) duman dedektörlerinin algılama hassasiyetinin çeşitli maddelerin yanarken çıkardıkları dumanlara göre test edilmesini öngörmektedir.

Ahşap malzeme içeren mekanlarda iyonizasyon duman dedektörü kullanılmamalıdır. Normal ve sıradan optik duman dedektörü ile birlikte bir sıcaklık veya karbon monoksit sensörünün kullanılması yangın güvenliği açısından kullanılmalıdır.

Konvansiyonel optik duman dedektörü seçimi; Dedektör birlikte kullanılacağı yangın alarm santrali ile uyumlu olmalıdır. Algılama teknolojisi, dedektörün algılama hassasiyeti açısından çok önemlidir.

Dedektörün çalışma akımı ve alarm akımı, bir yandan besleme (akü) gereksinimini belirlerken, diğer yandan aralarındaki farkın yüksekliği, özellikle bir bölgeye çok sayıda dedektör bağlanmış olması halinde, sahte alarm olasılığını artıracaktır. Çalışma sıcaklığı ve nem oranı, dedektörün kullanılması öngörülen mekandaki şartlara uygun olmalıdır.

Dedektörlerin 4 kablolu, yani röle çıkışlı modelleri güvenlik santralleri ile birlikte kullanılmasına veya alarm durumunda ortamdaki elektrikli cihazlara doğrudan kumanda edilmesine olanak verir. Hangi dedektörün alarm mesajı gönderdiğini göstermek üzere dedektörlerin üzerine LED konur. LED sayısı 2 (veya daha fazla) ise, uyarı ışığı her bakış açısından kolayca görünür. Bu LED'lerin

gömme oluşu, temizlik işleri sırasında kırılmasını önler. Hassasiyet ayarının bir parametre spektrumu içermesi, her bir dedektörün hassasiyetinin ortam şartlarına göre yetkili servise ayarını mümkün kılar.

Yangın söndürme kumanda santralleri iki ayrı işleve sahiptir: Yangını algılamak ve yangın söndürme işlemini başlatmak. Bu yüzden yangın söndürme santralleri, yangını alarm santralleri ile büyük benzerlik taşır. Yangın söndürme kumanda santralleri, yangın alarm santrallerinin, söndürme işlemlerine kumanda düzeneğini içeren versiyonlandır.

Yangın söndürme santralleri gaz, sıvı veya köpük gibi söndürücü maddeleri içeren söndürme tesisatının valflerini açarak söndürme işleminin başlamasını sağlar.

Solenoid valfli söndürme tüpleri; Yangın söndürme işleminin uygulanacağı mekana yangın söndürme alanı (extinguishing area) denir. Söndürme işleminin sadece yangının algılandığı alanda yapılması beklenir. Bu nedenle her söndürme alanında, diğer söndürme alanlarından bağımsız valf düzeneğini içeren söndürme tesisatının kurulmuş olması gerekir.

Bir söndürme alanında yangın söndürme işlemine otomatik olarak veya el ile kumanda ederek başlanabilir. Üçlü kumanda anahtarı sistemin otomatik veya el ile çalıştırılmasına, ya da söndürme fonksiyonlarının devre dışı bırakılmasına imkan verir. El ile kumanda ederek başlanabilmesi için santralin alarm mesajı vermiş olması gerekmez, ilgili yangın söndürme alanına ait kumanda mekanizması, emniyet düğmesine basılarak çalıştığında söndürme işlemi başlatılmış olur.

El ile söndürmeyi başlatma; Söndürme alanında algılanan bir alarm uyarısının otomatik olarak söndürme komutuna dönüştürülmesinde alarm uyarısının bir sahte alarmdan kaynaklanabileceği düşüncesiyle ikili bir doğrulama düzeneği mevcuttur. Bunun için alarm uyarısının iki ayrı kaynaktan doğrulanması gerekir. Bu amaçla her bir söndürme alanına konvansiyonel sistemlerde iki konvansiyonel bölge, analog adresli sistemlerde ise en az iki adres tahsis edilir. Söndürme santrali ancak bir söndürme alanına ait iki kaynağın her ikisinden de alarm uyarısı aldığı anda söndürmeye başlatma kararı alır.

Söndürme amacıyla kullanılan gaz, sıvı veya köpüklerin söndürme alanındaki canlılara zarar vermesi olasıdır. Örneğin söndürmede kullanılan gazlar, zehirli bir etkisi olmasa bile, havadaki oksijeni seyrelterek solunuma elverişsiz hale getirirler. Karbondioksit gazları ayrıca bir sıvı şoku yaşanmasına sebebiyet verebilirler. Bu nedenle söndürme yapılacak alandaki canlıların söndürme işlemine başlanmazdan önce tahliye edilmiş olmaları gerekir.

Otomatik söndürme konumunda söndürme alanındaki canlıların tahliyesine olanak sağlamak üzere söndürmeyi geciktirme kademesi seçenekleri mevcuttur. Yangın söndürme santralleri otomatik söndürme, konumunda sirenler ile vurgulanabilen alarm anından itibaren 4, 32, 64 ve 128 saniye olmak üzere dört geciktirme seçeneği sunar. Santrallerin opsiyonel donanımı arasında yer alan ve söndürme alanlarına, ya da söndürme alanlarını görebilen yerlere yerleştirilen, basılı tutulduğu sürece söndürme işlemini duraklatan Hold-Off butonları, ya da aç-kapa düzeneği ile çalışan Abort butonları söndürmeye ara verilmesini sağlar.

Durum göstergeleri (status unit) yangın söndürme santrallerinde tekrarlayıcı panel işlevine sahiptir. Durum göstergelerinin el ile söndürme olanağı sağlayan modelleri mevcut olduğu gibi, hava şartlarına dayanıklı (weatherproof) türleri de vardır.

Yangın alarm santralleri ile büyük benzerlik gösterse de, söndürme santrallerinin projelendirilmesinde ilaveten dikkate alınması gereken noktaların başında otomatik söndürme konumunda, yangın senaryolarının çok titiz bir şekilde ele alınması gelir.

Bir söndürme alanında alarm mesajının ikinci bir algılama elemanı (dedektör) tarafından doğrulanması gerektiğinden, bunların arasındaki mesafenin uzaklığı otomatik alarm kararını geciktirecektir. Bu nedenle iki algılama kaynağı arasındaki mesafe, sadece algılama amacıyla yapılan yerleştirmeye kıyasla yarı yarıya veya daha az olmalıdır.

Konvansiyonel yangın söndürme santrallerinde bir söndürme alanına ait bölgeye (zone), yangın alarm butonu bağlanması mümkünse de, alarmı doğrulayıcı etkisinin yarar ve sakıncaları göz önünde bulundurulmalıdır.

Söndürme santrallerinin söndürme alanlarına tahsis edilen bölge veya adresleri dışındaki diğer bölge ve adresleri yangın algılama santrallerindeki gibi kullanılır. (Şenalp, 2003)

4.3.2.2. Duman Kontrolü

Genel olarak binalarda HVAC sistemlerinin kullanılmasıyla bölgesel ısıtma, bölgesel soğutma, ısıtma ve soğutma sırasında harcanan su, klima santrallerinde karışım damperi kullanmak sureti ile dönüş havasının mevcut enerjisini kullanmak, yaz-kış çevrimi yapmak, doğru ayar değeri takibi yapmak böylece enerji tasarrufu sağlamak mümkündür. Binanın normal yükünün altında bulunduğu akşam saatlerinde ve hafta sonlarında, set değeri noktasının ısıtma sırasında azaltılmasına ve soğutma sırasında artırılmasına gece veya hafta sonu ayarlaması denir. Yapılan araştırmalarda, bu yöntem sayesinde hafif binalarda %12, ağır binalarda %34 oranında enerji tasarrufu sağlandığı görülmüştür. HVAC ekipmanları daima koşullandırılacak zonun yüküne ve meşguliyetine bağlı

olarak çalışmaya başlarlar. Eğer oda sıcaklığı, oda yükünü oluşturacak insan ya da cihazlar çalışmaya başlamadan konfor şartlarına ulaşırsa bu durum enerji sarfiyatına neden olur. Aynı şekilde bu şartların oluşması, cihaz yada insanların mahalle gelmesinden sonra olur ise bu durumda da istenilen kontrol şartlarına uygun zamanda erişilmediği için zon içerisinde bulunanlar bu durumdan rahatsız olur. Optimum kontrolör yardımıyla oda şartları istenilen şartlara, yükü oluşturan cihaz ya da insanlar odaya dönmeden ve mümkün olan en kısa zaman içerisinde gerekli şartları oluşturmak kaydıyla ekipmanlara kumanda ederek en uygun kontrol sağlanmış olur.

Bir yangın ortamında dumanın hacmi, yapıda bulunan yanabilir maddelerin miktarına, türüne ve yapının havalandırma koşullarına bağlıdır. Dumanın yapı içerisinde yayılması baca gibi çekişe, rüzgar durumuna, yapının formuna, iç duvarlar ve döşemeler gibi engellerin dağılımına ve türüne, ayrıca pencere ve kapılardan havalandırma olanaklarına bağlıdır. Yapıda bulunan klima gibi mekanik havalandırma sistemleride dumanın yayılmasını etkiler. Bu sistemlerin dağıtım kanalları, önlem alınmaması durumunda dumanın ve zehirli gazların diğer katlara, özellikle de sirkülasyon alanlarına çok kısa bir süre içerisinde yayılmasına neden olabilirler.

Kapalı bir mekanda yangın büyüdükçe hava ve dumanın yarattığı basınç artar ve genellikle bunun sonucu olarak camlar kırılır. Böylece artan oksijen miktarı yangının daha çok büyümesine yol açacaktır. Bu açıdan da oluşabilecek dumanın kontrollü bir şekilde yönlendirilerek en kısa yoldan, otomatik ya da elle kumandalı duman atım kapakları ile bina dışına atılması zorunludur.

Yapılarda duman kontrolünün sağlanmasına yönelik alınacak olan önlemler, birçok açıdan büyük önem taşımaktadır. Bu doğrultuda yapılarda duman kontrolü sağlamanın amaçları aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- Duman ve zehirli gazların boşaltılarak, insan hayatının korunması ve yangının yayılmasını önlemek,
- Yangın ortamındaki duman ve sıcaklığı azaltarak söndürme ekiplerinin yangına daha fazla yaklaşabilmelerini sağlamak, müdahaleyi kolaylaştırmak,
- Havalandırma bacaları sayesinde yangının yatay ilerlemesini yavaşlatmak,
- Yanıcı ve alev alıcı bir yoğunluğa ulaşmadan gazların dışarı çıkarılmasını sağlamak.

Yapılarda duman kontrolünün sağlanması iki yolla olur:

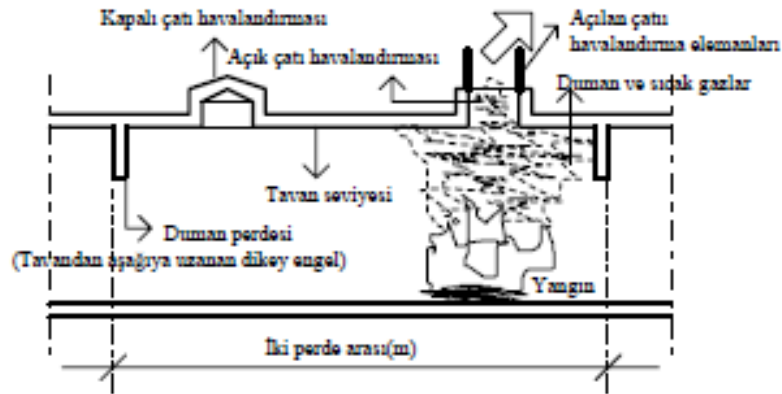
- Duman engelleri(perdeleri),
- Havalandırma.

Duman Engelleri (perdeleri)

TS 10545' de duman engeli, "Herhangi bir yapıda yanma sonucu ortaya çıkan dumanın, yapı içerisinde başka bir bölüme geçmesini engellemek üzere yapılmış engeldir." şeklinde tanımlanmıştır. Yine burada duman engellerin de bulunması gereken özellikler şu şekilde belirlenmiştir;

- Duvardan duvara, tabandan tabana ya da bir engelden diğerine olmak üzere sürekli olmalıdır,
- Duman engeli olarak kullanılacak duvar, taban ve tavanlarda ki çatlaklar yangına en az 30 dakika dayanıklı malzeme ile kapatılmalıdır,
- Duman engeli olarak kullanılacak kapılar yangına en az 20 dakika dayanıklı malzemelerden yapılmalıdır,
- Duman engeli olarak kullanılacak kapılar üzerindeki camlar, telli cam olmalı ve cam kenarlarının duman sızdırmazlığı sağlanmalıdır,
- Kapılar kendi kendine ya da tehlike anında otomatik olarak kapanmalıdır,
- Duman engellerinin dış duvarlarla, diğer duman engelleriyle ya da yangın duvarlarıyla karşılaştığı yerlerde ki açıklıklar, duman geçirmeyen malzemelerle kapatılmış olmalıdır.

Özellikle galeri tipi ya da duman bacası gibi çözümlerin uygulanamadığı uzun koridorlarda, yangın kesici kapılar dışında belli aralıklarla tavadan sarkan duman kesici elemanların kullanılması gereklidir. Tavandan belli bir yüksekliğe kadar sarkacak bu tip elemanların arası duman deposu gibi çalışacağından belli bir süre dumanın orada birikmesi sağlanacak ve tüm koridora dağılması engellenecektir.



Şekil 4.85 Duman perdeleri ve duman boşaltım delikleri (Kars, 2003)

Geniş alana yayılan tek katlı yapılarda yaprak metallere, asbest çimento ya da alçı sıvalı perdeler (tavan düzeyinden aşağıya uzanan), duman ve sıcak gazların yayılmasını engellemek amacıyla kullanılabilirler. Egan' a göre, yangın çıkması durumunda, yapıda oluşabileceği düşünülen ısı düzeyine göre perdelerin arasındaki olması gereken uzaklık ve perdeler içerisindeki alanlar Çizelge 4.6'da, yapı tiplerine göre, yangın riskinin gerçekleşmesi durumunda yapılarda oluşabileceği varsayılan yangın düzeyleri de Çizelge 4.7'de verilmiştir. (Kars, 2003)

Oluşabilecek ısı düzeyi	İki perde arasındaki uzaklık [m]	Perdeler arasında oluşan alan [m²]
Düşük	76	4645
Orta	76	4645
Yüksek	30	929

Çizelge 4.6 Duman perdeleri arasında olması gereken uzaklık ve arada kalan alan (Kars, 2003)

Düşük sıcaklık olacağı varsayılan yapılar	Orta sıcaklık olacağı varsayılan yapılar	Yüksek sıcaklık olacağı varsayılan yapılar
Fırınlara	Otomobil fabrikaları	Kimyasal işletmeler
Dökümhaneler	Deri eşya fabrikaları	Genel depolar
Bira fabrikaları	Matbaa ya da yayın atölyeleri	Matbaa bölümleri
Metal işleme atölyeleri	Tutuşabilir yağ, hidrolik sıvı ya da başka tutuşabilir materyaller kullanan işletmeler	Lastik ürünler üreten işletmeler
Yiyecek paketleme işletmeleri		
Süt ürünleri üreten işletmeler		
Kurutma işlemleri ya da daha küçük işlemler yapan işletmeler		

Çizelge 4.7 Üretim yapılarında oluşabileceği varsayılan yangın düzeyleri (Kars, 2003)

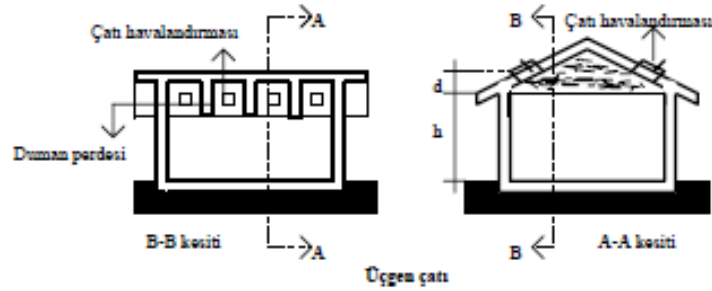
Havalandırma

Dumandan arındırma için, duman çekiş bacaları ve bölmeleri ile alev yönlendirme bacalarından yararlanır. Havalandırma bacaları da duman çekiş bacaları kapsamında ele alınır. Duman bacaları ya da havalandırma bacalarının görevi, dumana bir yapı ya da hacim içerisinde yayılmadan dışarı atmaktır. Galerili ya da kapalı çarşı tasarımların da özellikle kullanılan "Atrium" gibi yapılarda en üst noktaya duman alarm sisteminden etkilenerek açılabilen duman boşaltım bacaları yapılmalıdır.

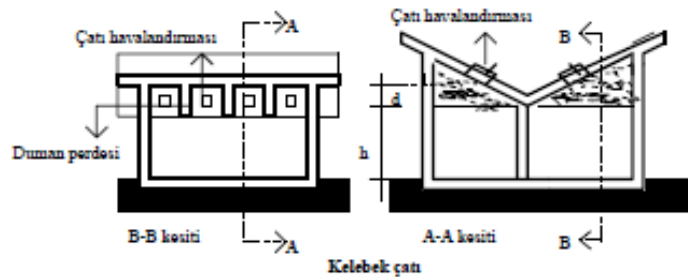
Bir yapı içerisinde yer alan her yangın bölgesinde, özellikle de yangın kaçış yolları ve yangın merdivenlerinde, duman bacaları yapılması gerekir. Duman bacaları merdiven kovalarında en az 1 m² çıkış ağızlı olacaktır. Duman bacaları doğal çekişle çalıştırılmalı; bu mümkün değilse, yangından etkilenmeyen bir güç kaynağı kullanılarak zorlamalı çekiş uygulanmalıdır. Yangın merdivenlerinin yapının dışıyla ilişkili düzenlenmesi şeklinde de havalandırma sağlanabilir.

Yer altında olan ya da penceresi bulunmayan yapılar özellikle havalandırma açısından yangın anında sorun yaratırlar. Havalandırmalar genellikle yangın şiddetini artırmaya rağmen, yangınla mücadele için daha uygun bir zemin sağlar. Oksijenin az olması eksik yanmaya, dolayısıyla bol duman ve karbonmonoksit çıkmasına neden olur. Havalandırarak soğutma olanağı olmadığından ısı yüksek düzeylere ulaşır. Bu nedenle bu yapılarda mekanik ya da hava bacaları ile havalandırma yoluna gidilmelidir.

Bir mekanda havalandırma duvarlardan sağlanabileceği gibi, bunun mümkün olmadığı durumlarda havalandırma bacalarından ve yapı tek katlı ise çatıdan da sağlanabilir. Bu gibi havalandırma boşlukları daima açık olabileceği gibi, yangın olayında elle kolaylıkla açılabilen mekanik düzenlerle de çalıştırılabilirler. Bu tür mekanizmaların sürekli bakımla işler durumda tutulmaları zorunludur. Çatıdan havalandırmaya ve yangın havallıkları olarak nitelendirebileceğimiz boşlukların kapatılmasına örnekler Şekil 4.85 ve Şekil 4.86'da verilmiştir.



Şekil 4.86 Üçgen çatıda havalandırma



Şekil 4.87 Kelebek çatıda havalandırma

Çeşitli ülkelerde yapılarda yeterli havalandırmanın sağlanması için gerekli havalandırma miktarları belirlenmiştir. (Kars, 2003)

YAPI ÇEŞİTLERİ	HAVA DEĞİŞİM MİKTARI
TOPLANTI SALONLARI.....	28 m ³ / h kişi
KANTİNLER.....	28 m ³ / h kişi
FABRİKALAR VE ATELYELER.....	22.6 m ³ / h kişi
HASTANELER	10 m ³ / h
Ameliyat odaları.....	3 m ³ / h
Hasta odaları.....	
EVLER	2 m ³ / h
Banyo, WC.....	1 m ³ / h
Holler, geçitler.....	56 m ³ / h kişi
Mutfaklar.....	
Oturma ve yatak odaları	20.5 m ³ / h kişi
Kişi başına 8.5 m ³ ise.....	18.5 m ³ / h kişi
Kişi başına 11.5 m ³ ise.....	12 m ³ / h kişi
Kişi başına 14 m ³ ise.....	2 m ³ / h kişi
Kiler ve depo.....	28 m ³ / h kişi
EĞLENCE YERLERİ.....	28 m ³ / h kişi
LOKANTALAR.....	
.	
OKULLAR	42 m ³ / h kişi
Derslikler, laboratuvarlar ve çalışma alanları	28 m ³ / h kişi
Kişi başına 2.8 m ³ ise.....	20.5 m ³ / h kişi
Kişi başına 5.6 m ³ ise.....	18.5 m ³ / h kişi
Kişi başına 4.5 m ³ ise.....	12 m ³ / h kişi
Kişi başına 4.5 m ³ ise.....	2 m ³ / h
Kişi başına 4.5 m ³ ise.....	3 m ³ / h
Koridor ve WC.....	
BÜROLAR	

Çizelge 4.8 İngiliz standartlarına göre bazı mekanların hava değişim miktarları (Kars, 2003)

4.3.2.3. Basınçlandırma

Konutlar hariç bütün binalarda kaçış merdiven boşlukları basınçlandırılmalıdır. Yangın esnasında acil durum asansör kuyularının yangın etkisi altında kalmaması için acil durum asansörü kuyuları basınçlandırılmalıdır. Basınçlandırma sistemi çalıştığı zaman, bütün kapılar kapalı iken basınçlandırılan merdiven yuvası ile bina kullanım alanları arasındaki basınç farkı en az 50 Pa olmalıdır. Açık kapı durumu için basınç farkı en az 15 Pa olmalıdır.

Basınçlandırma havası doğrudan dışarıdan alınmalı ve egzoz çıkış noktalarından en az 5 m uzakta olmalıdır. Basınçlandırma fanının dışarıdan hava emişine algılayıcı konulmalı, duman algılama durumunda fan otomatik olarak durdurulmalıdır.

Basınçlandırma sistemi yangın algılama ve uyarı sistemi tarafından otomatik olarak çalıştırılmalıdır. Basınçlandırma fanını elle durdurup çalıştırmak için bir anahtar olmalıdır. Kaçış merdivenleri basınçlandırılmamış ise; merdiven bölümünde açılabilir pencere veya merdivenin üzerinde devamlı havalandırmayı sağlayacak tepe penceresi bulunacaktır. (Küçükçalı, 2007)

4.3.2.4. Yağmurlama

Bir yağmurlama sisteminin amacı, yangına erken tepki verilmesinin sağlanması ve yangının kontrol altına alınması/söndürülmesi için belirli bir süre içerisinde tasarım alanı üzerine belirlenen miktarda suyun boşaltılmasıdır. Yağmurlama sistemi ayrıca bina içerisindekilere alarm verilmesi ve itfaiyenin çağırılması gibi çeşitli acil durum fonksiyonlarını da aktif hale getirebilir. Yağmurlama sistemi; yağmurlama başlıkları, borular, bağlantı parçaları ve askılar, tesisat kontrol vanaları, alarm zilleri, akış göstergeleri, su pompaları, acil durum güç kaynağı gibi elemanlardan meydana gelmektedir.

Akıllı binalarda yangın önlemeye yönelik kontrol sistemlerini özetleyecek olursak, genel anlamda bu yöntemleri 2'ye ayırabiliriz. Bunlar pasif kontrol yöntemleri ve aktif kontrol yöntemleridir.

Pasif kontrol yöntemleri olarak, yangın duvarları, duman bariyerleri, boşluklar, yangın bölmeleri, yangın çıkış kapıları, acil önlem planı, eğitim programları, mobilya ve malzeme seçimi gösterilebilir.

Aktif kontrol yöntemleri olarak, otomatik yağmurlama sistemi, yangın söndürme tüpleri, yangın hortumları, yangın muslukları, iletişim sistemleri, yangın kumanda istasyonları, yangın algılama ve alarm sistemleri, hava işleme üniteleri, asansörler, kapı kontrolleri gösterilebilir. (Küçükçalı, 2007)

5. AKILLI BİNA KONTROL SİSTEMİ ELEMANLARI

5.1. Kontrol Kartları

Programlanabilir Mantık Kontrolör (PLC-Programmable Logic Controller) son yirmi yıldan beri, endüstride yaygın olarak kullanılmasına rağmen, ülkemizde son yıllarda kullanım alanları giderek artmaya başlamıştır.

PLC'lerin yeni modelleri, eski modellerine benzemiyor olarak görülse de, temel yapı prensipleri ve elemanları hala aynıdır. PLC bir mikroişlemci tarafından kontrol edilmektedir. Bu mikroişlemcinin çalışma düzeni ise, tuş takımı ve PLC'ye özel olarak tasarlanmış bir panel yardımıyla veya bir bilgisayar aracılığıyla girilen komutlarla sağlanmaktadır.

Bir PLC, giriş sinyallerini belli bir program çerçevesinde değerlendirerek, çıkış sinyallerinin üretilmesini sağlayan sistemdir. PLC'lerde programlama birimleri olarak genellikle kontaklar, çıkışlar, zamanlayıcılar, sayıcılar, matematik ve mantık fonksiyonları kullanılmaktadır.

PLC'ler ile kontrol sistemleri ve onların çalışma düzeni, devamlı olarak kolayca değiştirilebilmesinden dolayı, ortaya çıkan problemlerin çözümü oldukça basitleşmiş oldu. Çünkü, PLC'li kontrol sisteminde olan değişiklikler PLC'nin, sistemle olan bağlantıları ve çalışma programındaki değişikliklerle kolay bir şekilde gerçekleştirilebilir. Bu esneklikte dolayı PLC'lerin kullanım alanları da genişlemiş ve bu alanlar her geçen gün daha da artacak gibi gözükmektedir. (Özcan ve Özkan, 2004)

5.1.1. PLC Tanımı

Bu günün rekabet dünyasında, bir işletmenin sağlam temellere oturma bilmesi için, verimli, mali açıdan etkin ve esnek olması gerekir. İmalat ve işletme endüstrilerinde, bu durum endüstriyel kontrol sistemlerine olan talebin artmasıyla önem kazanmıştır. Çünkü otomatik kontrol sistemleri hız, güvenlik, kullanım esnekliği, ürün kalitesi ve personel sayısı bakımından işletmelere çeşitli avantajlar sunmaktadır.

Günümüzde bu avantajları sağlayan en etkin sistem PLC veya PC tabanlı kontrol sistemleridir. PLC li denetimde dijital olarak çalışan bir elektronik sistem, endüstriyel çevre koşullarında sağlanmıştır. Bu elektronik sistem dijital veya analog giriş/çıkış modülleri sayesinde makine veya işlemlerin birçok tipini kontrol eder. Bu amaçla 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. Genel olarak PLC ; belleğinde bulunan programın akışı içinde, girişlerindeki sinyallerin değerlerini okuyup bu

değerlere göre istenen yönetim sinyallerini üreten ve çıkışlara veren özel amaçlı bir mikrobilgisayardır.

National Electrical Manufacturers Association, PLC'yi şöyle tanımlamaktadır; “PLC bir makinenin üretim süreçlerini denetlemek için mantık,sıralama, zamanlama, aritmetik ve sayma gibi işlemleri gerçekleştirmeyi sağlayacak komutların depolandığı programlanabilir belleği olan bir sayısal elektronik cihazdır”.

Genel kullanımlı bilgisayarların aksine PLC birçok girişi ve çıkışı olacak şekilde düzenlenir ve elektriksel gürültülere, sıcaklık farklarına, mekanik darbe ve titreşimlere karşı daha dayanıklı tasarlanırlar. PLC'lere denetleyeceği sistemin işleyişine uygun programlar yüklenir. PLC programları, giriş bilgilerini milisaniyeler mertebesinde hızla tarayarak buna uygun çıkış bilgilerini gerçek zamanlıya yakın, cevap verecek şekilde çalışırlar. (Topak, 2000)



Şekil 5.1 PLC örneği [51]

5.1.2. PLC'lerin Tarihsel Gelişimi

Endüstriyel tesislerde, denetim sistemlerinin ilk kullanılışı 19. yüzyılın sonlarında başlamıştır. Bu yıllarda, montaj hatlarının teknolojik kısımlarının otomasyonu için özel olarak tasarlanmış mekanik düzenler kullanılmıştır. 1920 yılından itibaren röleli ve kontaktörlü sistemler kullanılmaya başlanmış ve denetim sistemleri alanında daha ileri bir düzeye ulaşılmıştır. Rölelerin ömürlerinin çok uzun olmaması ve çalışma frekanslarının sınırlı olması gibi nedenler, anahtarlama işlemi için kullanılacak yeni elemanların aranmasına yol açmış ve 1950'li yıllarda germanyum transistörler uygulamaya girmiştir.

1968 yılında General Motors firması, Hydromatic bölümünde esnek olmayan ve maliyeti yüksek röleli denetim sistemleri yerine kullanılacak bilgisayar temelli, esnek, endüstri mühendisleri

tarafında kolaylıkla programlanabilecek ve bakımı yapılabilecek bir denetim sisteminin tasarımını yaptı. Ortaya çıkan cihaz rölelerin yerini almaktan çok öteye gidebilmesine rağmen tekrarlı işlemler yapan makine ve elemanları kontrol etmek uygulamaları ile sınırlı kaldı. Çünkü, sonradan PLC olarak tanımlanan bu cihaz, sadece açık-kapalı kontak denetimi yapabilecek nitelikteydi.

1970'li yıllarda ayırık elemanların yerini tümleşik (entegre) devrelerin alması ve 1970-1974 yılları arasında mikroişlemci teknolojisinin gelişmesiyle temel eleman olarak mikroişlemci kullanan PLC'lerin de daha karmaşık ve esnek işlemler yapabilme kapasiteleri geliştirilmeye başlandı. Bu gelişmeler PLC'lerin uygulama alanlarında gelişti.

1975-1979 yılları arasında donanım açısından yeni gelişmeler kaydedildi. Bu gelişmeler PLC'lere yüksek bellek kapasitesi, analog denetim ve komutlandırma denetimlerinin artırılması olarak yansımıştır. Yüksek bellek kapasitesi daha büyük uygulama programlarının değişen koşullar altında çalıştırılabilmesini, bunun yanında yerleşik Analog-Dijital ve Dijital-Analog çeviricilerin olması ise analog sinyallerin PLC içerisinde işlenebilmesini sağladı. Donanımda meydana gelen bu yenilikler, yazılımda da paralel gelişmeleri berbaberinde sürükledi, analog denetimde komutlandırma denetimini kolayca sağlayacak bilgisayar dillerine benzer diller geliştirildi. Bu gelişme o zamana kadar röle vey boolean cebri türü komutlarla ifade edilmesi çok zor ve hatta imkansız olan işlemleri kolay bir şekilde gerçekleştirme imkanı sağlamış oldu.

1980 yılında "Bit-Slice" teknolojisinin geliştirilmesiyle PLC, hafızadaki programı hızlı bir şekilde taraması mümkün oldu ve çok az sayıda röle kullanan (10'a kadar) sistemlerde uygulanabilecek mikroişlemci temelli, düşük fiyatlı, akıllı giriş-çıkışla donatılmış olan ve bu yüzden işlem kapasiteleri yüksek olan cihazlar piyasaya sürüldü. Diğer önemli bir gelişmede, PLC'lerin ortak bir bus (bilgi taşıtı) sistemi ile kendi aralarında bilgi alışverişinde bulunabilmeleri oldu. Bu gelişme kontrol sistemlerinin çok büyük bir esneklik içerisinde yapılandırılabilmesi ve programlanabilmesini sağladı. Günümüzde geliştirilen PLC sistemlerinin giriş-çıkış noktalarının sayısı 8000'e, toplam bellek kapasitesi ise birkaç MB'lara kadar varabilmektedir.

Endüstrinin, otomasyon karşısında devamlı olarak yeni problemler koyması ile PLC'ler, PLC sistemleri ve PLC uygulamaları alanlarında olan gelişmelerin gelecekte de sürmesi doğaldır. PLC donanımının ve donanımı daha verimli kullanabilecek programların geliştirilmesi, çeşitli marka PLC'ler arasında hızlı ve güvenli bir şekilde veri iletişimini sağlayabilmek için fiber optik sistemlerin kullanılması ve mikroişlem hızının artması, kullanım kolaylığı, maliyeti düşürme vs. gibi çalışmalar beklenen geliştirme alanları olacaktır.

Günümüze kadar; PLC alanında meydana gelmiş olan gelişmeleri anlamak için kimin neyi ürettiğine bir bakacak olursak bu gelişim hakkında biraz bilgi sahibi oluruz. 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 programlanabilir mantık denetleyici (PLC), özel bilgisayar kontrol sistemi olarak, General Motors Hydramatic Bölümü için özel olarak tasarlanmıştır. 084 adı verilen bu ilk model üzerinde bir çok 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.

Yeni gelişmeler, 584M(orta boy), 584L(büyük boy), 884 ve 984 sistemlerini geliştirmiştir. Bunlardan son ikisi 1980'lerin başında geliştirilmiştir. Bu sistemlerin temel özelliği, geniş bir alandaki modüllerle uyumlu olmalarıdır. Bu modüller, analog giriş analog çıkış, analog çoğullama, ince maden ve yarı iletken rölesi, TTL uyumluluğu ve PID kontrolünü içermektedir.

Bu denetleyici sisteminden sonra PLC çalışmaları çok daha hızlı olarak

ilerlemiş özelliklere sahip sistemler geliştirilmeye çalışılmıştır;

- Yeni kontrol sistemi röleli sistem ile parasal olarak rekabet edebilmeli,
- Sistemin bir endüstri ortamında taşınabilir olması,
- Giriş ve Çıkış ara birimleri kolaylıkla sisteme uygulanabilmeli ve değiştirilebilmeli,
- PLC modüler formda dizayn edilebilmeli, böylece bu modüller yapı kolayca değiştirilebilmeli ve onarılabilmeli,
- Uygulayıcı ortamdaki merkezi sisteme aktarılabilmesi,
- Sistem değişik uygulamalar için tekrara kullanılabilir olması,
- Programlama metodu kolay ve kullanıcı personel tarafından anlaşılabilir olması.

Bütün bu özellikleri taşıyan bir programlanabilir denetleyicinin tasarlanması zaman ve teknoloji gerektiriyordu. Nitekim 1970-1974 yılları arasında mikroişlemci teknolojisindeki ilk gelişmelerle birlikte programlanabilir denetleyicilerin esnekliği ve akıllılığı arttı. Kullanıcı ile iletişim, aritmetik işlemler ve veri üzerindeki işlemler gibi işlevler PLC'lerin uygulama alanlarında yeni ufuklar açtı. Sistemin merdiven dili (Ladder diagram) adını verdiğimiz alışla gelmiş röle sembolleri kullanılarak programlanabilmesi ve ekrandan takip edilebilmesi mümkün olmuştur. Aritmetik işlem yeteneği ve daha gelişmiş komut setleri PLC'lerin nümerik veri veren sezicilerle doğrudan kullanılmasını sağlamıştır.

1975-1979 yılları arasında gelişmeler için yüksek bellek kapasitesi, analog denetimlerin belirlenmesi sayılabilir. Analog kontrol ilk sistemlerde görülen büyük esnekliği giderip PLC'lerin yalnızca tekrarlı işlemler yapabilen cihazlar sınıfından çıkarmıştır. Yerin belirlenmesi (position control) ve bellek kapasitesinin artması ile de her türlü kontrol sisteminde kullanılabilme olanağını sağlamıştır. Yazılım olarak da yalnızca merdiven dili değil Basic, Pascal, C++ gibi yüksek seviyeli diller de yazılmıştır.

Daha sonraki yıllarda "Bit Slice" teknolojisi ile daha hızlı ve daha yüksek kapasiteli PLC'lerin üretilmesi sağlanmıştır. Bu ilerlemelerle birlikte kontrol sistemlerinin birbirleri ile haberleşmesinin önemini ve zorunluluğunu ortaya koymuştur. Bunun için haberleşme arabirimleri üretilmiş ve bu iletişim içinde olan sistemleri kontrol eden ana PLC'ler yapılmıştır.

Bugün var olan kontrol sistemlerinin çoğunda PLC kullanılmakta ve gerekli tüm işlevleri kolay ve kusursuz olarak yapabilmektedir. Ancak gelecekte kontrol sistemlerinin zayıf oldukları bir konu olan paralel çalışmanın önem kazanması beklenebilir. Yazılım olarak ise piyasada satılmakta olan çeşitli firmaların ürettikleri mikrodenetleyicilerin merdiven dili gibi bilinen ve öğrenilmesi kolay olan bir program yardımı ile kullanılabilmesi problemi önem kazanmaktadır.

Programlanabilir denetleyiciler genelde programlanabilir mantıksal denetleyiciler olarak bilinmektedirler ve endüstride her türlü kontrol ve kumanda işlerinde kullanılmaktadır.

PLC'ler genel amaçlı kullanımlarda merkezi birim (programlanabilir denetleyicinin kendisi) ve çevre birimleri olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Programlanabilir denetleyici de merkezi işlem birimi ve çevre birimlerinden oluşur.

Bununla birlikte çok özel amaçlı modüllerde vardır. PID (Proportional-Integral- Derivative) kontrol modülü buna bir örnektir. Anlaşılacağı gibi başlangıçta sadece basit işlemler için üretilen PLC'ler günümüzde karmaşık sorunları da çözecek komplike bir cihaz olarak üretilmeye başlanmıştır. Endüstride üretimi çoğalmış maliyeti düşük PLC'ler çeşitli firmalar tarafından üretilmeye

başlanmıştır. Bu firmalar Siemens, General Elektrik, Mitsubishi, Omron gibi sıralanabilir. Tabi ki bu üretilen firmaların PLC'lerinin hepsini tek bir kaynak altında incelemek nedenli zor olduğu anlaşılacağını umarım. Bura donanım olarak üretici firmaların PLC'lerinin fazla bir fark yoktur. Farklılık yazılım yani komutlarındaki farklılıklarıdır. Bu kaynakta Türkiye'de geniş kullanım alanı bulunan Siemens'in ürettiği S7-200 serisi PLC'ler anlatılacaktır. (Bayazıt, 2005)

5.1.3. PLC'lerin Çeşitleri ve Genel Özellikleri

5.1.3.1. PLC'lerin Çeşitleri

Tipik olarak PLC'ler üç ana büyüklük kategorisine ayrılırlar. 128 tane giriş-çıkış (I/O) ve 2 KB bellek kapasitesine sahip olanlar küçük ölçekli PLC'lerdir ve basitten ileri seviyeye kadar makine kontrollerini gerçekleştirebilirler. Orta seviye PLC'ler 2048 I/O, 32 KB'a kadar bellek kapasitesine sahiptirler. Bu PLC'ler özel I/O modülleri ile sıcaklık, basınç, akış, ağırlık, pozisyon ve diğer analog değerleri ölçerek kontrol uygulamalarının gerçekleştirebilirler. Büyük ölçekli PLC'lerde 8191'e kadar varan I/O ve 750 KB'a kadar kapasiteli bellek olabilir. Bu PLC'lerle üretim işleminin veya bir fabrikanın tamamı kontrol edilebilir.

Yapısal farklılıkları dikkate alarak PLC'leri, şu şekilde, ikiye ayırmak mümkündür.

1. Kompakt Tip PLC'ler
2. Modüler Tip PLC'ler

5.1.3.1.1. Kompakt Tip PLC'ler

Kompakt PLC olarak adlandırılan küçük boyutlu PLC'ler de besleme kaynağı, giriş ve çıkış arabirimi, tek modül olarak, sabit bir yapı dikkate alınarak imal edilmişlerdir.

Bu PLC'lerin giriş ve çıkışlarının sayısı, bunların kullanım alanlarında karşılaşılan problemlerin çözümünde rastlanan sayıların istatistiki olarak işlenmesi sayesinde en büyük olasılıkla rastlanabilecek bir değere göre tespit edilmiştir. İlk üretilen kompakt PLC'lerde temel yapıya dışarıdan bir birim ilavesi yapılması imkansızdı, fakat günümüzde imal edilen PLC'lere dışarıdan bir takım ek modüllerin takılması imkanı getirilmiştir. (Siemens ve Nice PLC'lerde olduğu gibi).

Bu PLC'ler, genellikle küçük yerel kontrol işlemlerinin yapılmasında kullanılır. Fiyatlarında modüler tip PLC'lere nazaran oldukça düşüktür. Piyasada yaygın olarak kullanılan bu PLC'leri her yerde görmek mümkün olabilir. Fakat yapısal olarak geliştirilmesi planlanan sistemlerde bu PLC'lerin kullanılması yanlış olur.

5.1.3.1.2. Modüler Tip PLC'ler

Bu tip PLC'lerin değiştirilmesi mümkün olan ve genişletilebilecek bir yapı dikkate alınarak imal edilmişlerdir. Büyük kapasiteli PLC'ler de besleme kaynağı, giriş ve çıkış birimi, merkezi işlem birimi ayrı modüller halinde bulunur.

Bunlar genellikle büyük sistemlerin kontrolü için, gerekli olabilecek bütün fonksiyonel işlemleri yapabilecek kapasitede ve giriş çıkışları geliştirebilecek yapıdadır. Bu temel yapıya dışarıdan bir birim ilave edilmesi mümkündür. Bir modül ilavesi yapıldıktan sonra PLC'ye bu modülün tanıtılması gerekir. PLC üzerinde bulunan yapıya istenildiği kadar giriş yada çıkış ilave edilmesi mümkündür.

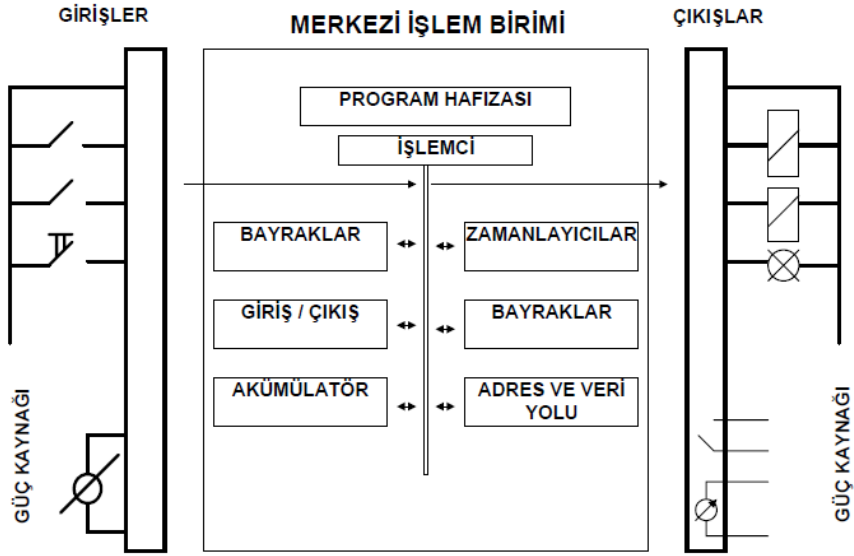
Genellikle fabrika işlem kontrollerinin yapılmasında bu tip PLC'ler kullanılır. Kompakt tip PLC'lerden farklı olarak bu PLC'lerde aritmetik ve işlem kutuları sayesinde matematik ve lojik işlemlerini uygun ifadeler olarak göstermek mümkündür. Fiyatlarında kompakt tip PLC'lere nazaran oldukça yüksektir. (Özcan ve Özkan, 2004)

5.1.3.2. PLC'lerin Özellikleri

- Daha kolay ve güvenilirdirler,
- Daha az yer tutar ve daha az arıza yaparlar,
- Yeni bir uygulamaya daha çabuk adapte olurlar,
- Kötü çevre şartlarından kolay etkilenmezler,
- Daha az kablo bağlantısı isterler,
- Hazır fonksiyonları kullanma imkanı vardır,
- Giriş ve çıkışların durumları izlenebilir,
- Çabuk ve yeniden programlanabilme özelliği vardır,
- Dökümantasyon için sistemden bilgi almak mümkündür,
- Modüler yapıya sahip olduğu için, sistemi oluşturulması, işletmeye alınması bakımı ve onarımı oldukça kolaydır,
- Sistem bir bilgisayar ile kontrol edilebilir ve bilgisayar ile bilgi alış verişi mümkündür,
- Teknolojik gelişmelere açıktır,
- Elektromagnetik alan etkisine açıktır. Elektriksel gürültülerden etkilendiği için gerekli önlemler alınmalıdır,
- Yüksek dercede güvenilir aletlerdir ve olumsuz koşullar altında çalışabilecek şekilde üretilirler,

- PLC'ler üst düzeyde bir otomasyon sağlar,
- Yatırım maliyetleri biraz fazladır,
- Uzun ömürlüdürler,
- Az yer kaplarlar ve daha az enerji harcarlar.

5.1.4. PLC'lerin Genel Yapısı



Şekil 5.2 PLC blok şeması (Topak, 2000)

Programlanabilir denetleyiciler olarak adlandırılan sistemler, günümüzde yaygın olarak, otomatik kontrol düzenlerinde kullanılmakta olan mikroişlemci tabanlı endüstriyel otomasyon cihazlardır. PLC ikili giriş sinyallerini işleyerek, teknik işlemleri, çalışmaların adımlarını direkt olarak etkileyecek çıkış işaretlerini oluşturur. Çoğunlukla programlanabilir denetleyicilerin yapabileceği işlerde bir sınır yoktur. PLC, bir iş akışındaki bütün adımları doğru zaman ve doğru sıradaki bir hareket içerisinde olmasını sağlar.

Kontrol problemlerinin çözümünde teknik olarak görülmüştür ki bu problemlerin karmaşıklığına göre PLC uygulamaları değişebilir. Bununla beraber aşağıdaki temel elemanlar PLC uygulamaları için daima gereklidir.

- Donanım (Hardware)
- Yazılım (Software)
- Algılayıcılar (Sensörler)
- İş elemanları
- Programlayıcı

Donanım elektronik modüller anlamında kullanılır. Bu modüller sistemin bütün fonksiyonlarını veya makineyi kontrol edebilir, adresleyebilir ve belirli bir iş akışının sırasında harekete geçebilirler. PLC'nin donanım elemanlarını şu şekilde sınıflandırabiliriz.

- Merkezi işlem birimi (CPU)
- Giriş birimi (INPUTS)
- Çıkış birimi (OUTPUTS)
- Programlayıcı birimi (PROGRAMMABLE)
- Hafıza bölgeleri (MEMORY)
- Sayıcılar (COUNTER)
- Zamanlayıcılar (TIMER)
- Bayrak foksiyonları (FLAGS)

5.1.4.1. Merkezi İşlem Birimi (CPU-Central Processing Unit)

Giriş arabirimleri vasıtasıyla dış dünyadan gelen sayısal veya analog verileri alır. Bu verileri, belleğindeki programa göre işler ve gereken çıkış verilerini, kontrol edilmek istenen sistem, çıkış arabirimleri üzerinden gönderir. Merkezi İşlem Birimi, kontrol kararlarını, Programlanabilir Lojik Denetleyici içerisinde mevcut bulunan saklayıcılar (Register) yardımı ile verir. Verilen kararlar çıkış arabirimlerine aktarılırken, merkezi işlem birimi bu kararları, kendisine yüklenmiş programa bağlı olarak alacak ve bu programın yürütülmesi ile gerekli çıkış arabirimlerini uyaracaktır.

Denetleyici içinde bulunan saklayıcılar, aşağıdaki amaçlara yönelik olarak kullanılabilir.

- Sisteme bağlı giriş ve çıkış arabirimlerinin durumunu göstermek üzere,
- Kontrol rölelerini denetleyici içerisinde (dahili çıkışlar) oluşturmak için,
- Bir sayının veya bir verinin depolanıp, korunması (Bilgi saklayıcısı).

amacıyla kullanılabilir.

Büyük bir sistemde, Programlanabilir Lojik Denetleyici içindeki mevcut bir saklayıcı, işlemciye bağlı giriş/çıkış arabirimlerinin durumunu göstermek üzere kullanıldığında, her bir saklayıcı 16 giriş veya çıkış arabiriminin konumunu gösterebilir. Bu saklayıcılar, aynı durumda zamanlayıcı (Timer) ve sayıcı(Counter) olarak da kullanılabilir. Programlanabilir lojik denetleyici sisteminde, bu saklayıcıların, program içinde kullanılabilmesi için özel sayılarla adreslenmeleri gerekmektedir. Saklayıcıların program içindeki adresleme yöntemleri, program içindeki görevlerine bağlıdır.

Bugünkü Programlanabilir Lojik Denetleyicilerin komut kümeleri sayesinde aşağıda belirlenmiş fonksiyonların gerçekleşmesi mümkündür.

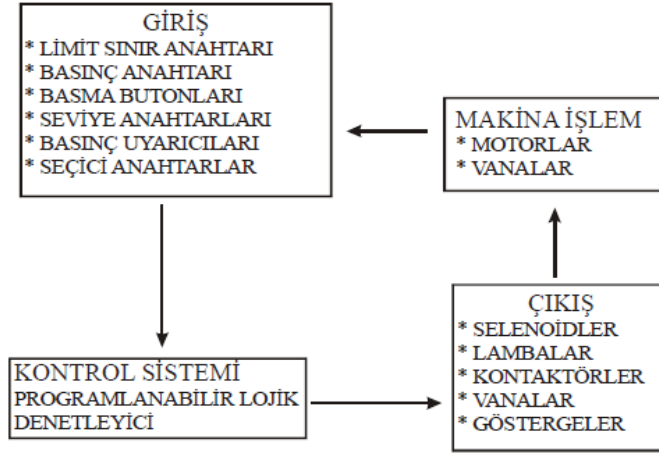
- Veri işleme,
- Matematiksel dört işlem,
- Matris lojigi işlemleri,
- Çift hassasiyetli işlemler,
- Değişken bit uzunluğu öteleme ve döndürme,
- Zamanlayıcı (Timer) ve sayıcı (Counter) birimleri,
- Alt program yürütme,
- Öncelikli kesme yapısı gerçekleştirilebilir.



Şekil 5.3 Siemens S7-200 işlemci [4]

5.1.4.2. Giriş / Çıkış Arabirimleri

Sistemin dış dünya ile ilişkisini sağlayan birimlerdir. Alıcılardan (Başlatma, durdurma butonu, seviye anahtarları, seçici anahtarlar vb.) gelen işaretler giriş arabirimlerindeki terminallere bağlanır. Kontrol edilmesi istenen birimlerde (Motor yol vericisi, selenoid vana, gösterge lambası vb.) çıkış arabiriminin terminallerine bağlanır. Programlanabilir Lojik denetleyici, giriş ve çıkış birimleri açısından Şekil 5.4'deki gibi gösterilebilir. Şekilden de anlaşılacağı gibi lojik denetleyici, giriş bilgilerini tarayarak kontrol edip, yazılan mantığa ve giriş bilgilerine göre çıkış bilgilerini oluşturmaktadır.



Şekil 5.4 PLC giriş – çıkış birimleri (Topak, 2000)

Programlanabilir Lojik Denetleyicilerdeki diğer bir gelişme ise giriş/çıkış yolu üzerine yerleştirilebilen, bağımsız programlanabilen birimlerdir. Bu birimlerin, kendi mikroişlemcileri, kullanıcı bellekleri ve giriş/çıkış terminalleri mevcuttur. Bunlar, denetleyici sistemden bağımsız olarak, yüksek seviyeli bir dil ile (Basic gibi) programlanabilir. Bu birimlerin kullanılması, denetleyici sistemine, büyük ölçüde genişletilmiş operatör arabirimi yeteneğini (CRT Cathode Ray Tube gibi) sağlar. Aynı zamanda, değişik ve çeşitli haberleşme protokolleri isteyen farklı elemanlara arabirim yeteneğini sağlar. Bu modüller karekök, üstel fonksiyon ve sinüsoidal fonksiyonlar için komutlar içerirler. Aynı zamanda güçlü dizi komutları da bulunmaktadır.



Şekil 5.5 PLC giriş – çıkış birimlerine örnekler [4]

5.1.4.3. Ayır Giriş/Çıkış Birimi

PLC'nin temel modüllerinden birisidir. Genelde Giriş/Çıkış birimi bu türdendir. Bu tür olanlar kapasitesi büyük, büyük işletmelerde kullanılmak için üretilen PLC'lerde raf sistemli olarak üretilmektedir. Kontrolü yapılan sistemden sinyalleri, örneğin basınç, seviye ve sıcaklık verilerini kumanda elemanlarından gelen elektriksel işaretleri lojik gerilim seviyesine çeviren ünedir.

Burada kontrol edilen sistemden alınan (basınç, seviye, sıcaklık sensörleri, anahtarlar, butonlar) iki değerli işaretler (0 ve 1'ler) giriş ünitesi tarafından algılanır. Gerilim doğru akım veya alternatif akım olabilir. Gerilim seviyeleri 24V, 48V, 100-120V veya 200-240V olabilir. Bu gerilim değerleri PLC'nin CPU ünitesine uygulandığında tabii ki CPU'yu yanacaktır. Bundan dolayıdır ki Giriş ünitesinde bu gerilim değeri 5V değerine düşürülmesi gerekir. Aşağıdaki şekilde bir giriş ünitesine bağlanan bir gerilim değerinin giriş modülünün içerisinde 5V'a düşürüldüğü elektronik şekli görülmektedir.

Çıkış ünitesi kontrol edilen sistemdeki kontaktör selenoid ve röle gibi elemanları sürmeye uygun yapılmış olan ünitelerdir. Bu üniteye kullanılan elemanlar transistör, röle ve triyak olabilir. Kontrol edilen sisteme göre değişir. PLC'nin çıkışları ile ilgili bilgiler (kaç amper akım çekeceği, türünün ne olduğu transistör mü, röle mi gibi) kullanılan PLC ile ilgili dökümanlarda yer almaktadır. Örneğin bir anda hızlı açma kapama gerektiren yerlerde doğru akım transistörleri kullanılır. Alternatif akımda ise triyaklı olan çıkışlar kullanılır. Elektrik motorlarının kumandasında kullanılan kontaktörler ekseri röle çıkışlı ünitelerle sürülür. Ayrıca PLC'nin kontak çıkışlı 6A, triyak ve transistör çıkışlı ünitesinden sadece 1 veya 2A akım çekilebilir. (Topak, 2000)

5.1.4.4. İlave Birimler (Giriş/Çıkış Genişletme Birimleri)

Giriş ve çıkış sayısı bazı durumlarda yeterli olmayabilir. Bu durumlarda ilave giriş/çıkış sayısının artırılması gerekir. Örneğin Siemens'in ürettiği S7-200 serisi CPU 212 kullanıldığında sadece 8 adet giriş ve 6 adet çıkış kontakına sahiptir. Aynı firmanın S7-200 serisi CPU 214 de ise 14 giriş 10 çıkış kontaklıdır. Burada dikkat edilirse kontak sayısı sınırlı olduğu görülmektedir. Eğer kurulumu yapılacak sistemde giriş çıkış sayısı yeterli olmadığı durumda bu PLC'ye ek modül bağlanarak problem giderilir. Eklenecek modüldeki giriş/çıkış sayısı ürettiği PLC markalarına göre değişir.

5.1.4.5. Zamanlayıcı ve Sayıcı Birimleri

Röleli sistemlerde zamanlama düz zaman röleleri veya ters zaman rölesi adıyla bilinen zaman rölesi ile yapılmaktadır. Bura zaman rölesinin çalışma sistemi zaman rölesinin bobinine enerji geldiğinde ayarlanan zaman eğrine geldiğinde zaman rölesinin kontakları konum değiştirmek sureti ile sistemin çalışması veya durdurulması sağlanmakta idi. Eğer zaman rölesinin enerjisi kesilmesi durumunda ayarlanan değere gelmediği için zaman değeri tekrar baştan başlamakta idi. Bu mekanik ve tek bir sistem için sadece bir zamanlayıcı olduğu, bunun bir sistem içerisinde çok kullanılacağı düşünüldüğünde kaplayacağı alan ve maliyeti neden artırdığı daha da ortaya çıkacaktır.

PLC'lerde de zamanlayıcılar mevcuttur. Zamanlayıcılar dijital ve bir PLC'de çok sayıda mevcuttur. Zaman ara değerleri çeşitlidir. Örneğin bu kaynakta detaylı incelenecek olan Siemens marka S7-200 serisi PLC'lerde 1 msn, 10 msn ve 100 msn olmak üzere üç çeşittir. Bu marka S7-200 serisi PLC'ler CPU'ları ile ayrılmış olup sayıcı adedi CPU değerlerine göre değişmektedir. Örneğin S7-200 CPU 214'de 128 adet zamanlayıcı mevcuttur.

PLC'lerde zamanlayıcılar olduğu gibi sayıcılarda mevcuttur. Bu sayıcılarda dijital olarak sistemin saydırma işlemini gerçekleştirir. Bu sayıcı adetleri sayıcı tipleri üretici firmaların PLC'lerine göre değişmektedir. Bu kaynakta inceleyeceğimiz Siemens S7-200 PLC'nin CPU 214'ün 128 sayıcısı vardır. Bu özellikler PLC'nin veri değerlerine bakılarak görülebilir.

5.1.4.6. Hafıza bölgeleri Birimi (İşlemci-Bellek Modülü)

Programlanabilir Denetleyicilerin beyni olan CPU ailesinin büyük bölümünü işlemci bellek (processor Memory) birimi teşkil eder. Bu modül; mikroişlemci, bellek çiplerini, programlama cihazı ile işlemci arabirimi için gerekli iletişim devrelerini,kapsamaktadır. Daha küçük sistemlerde mikroişlemci bellek ve iletişim bir bütün olarak tek bir modül içerisinde bulunabilir.

Son dönemdeki PLC'ler temel lojik işlemleri çok hızlı yerine getirecek karar verme kapasitesine sahiptir. Ayrıca işlemci diğer fonksiyonları da yerine getirir. Örneğin zamanlama,sayma,kıyaslama,tutma ve dört temel matematik fonksiyon olan toplama,çıkarma,çarpma ve bölme fonksiyonların yerine getirir. Bu ilave işlemci fonksiyonları daha büyük PLC sistemlerinde kurulmuştur.

Bir PLC'nin (ve tüm bilgisayarların) memory bölümü, ferrit çekirdek veya yarı iletken hücrelerden oluşturulmuştur ve içlerinde 0 veya 1 şeklinde bilgi saklanan birimleri içerir. Bu birimler bit,digít byte ve word (kelime) şeklinde gruplandırılmıştır.

- Bit 1 veya 0
- Digit 1001 4 Bit
- Byte 10101011 8 Bit
- Word 1010101110101011 16 Bit

Word, memory'nin veri yazmaçlarının, veri iletiminin ve aritmetik biriminin bir anda işleyebildiği bit sayısında olup, genellikle 16 bit uzunluğundadır. Memory, ardışıl word'ler şeklinde düzenlenmiştir ve her bir word'ün tek bir adresi vardır.

Memory bölümünün bir parçası olan adres çözümleyicisi, denetim biriminin gösterdiği adresi alır ve bu adrese sahip memory konumunu seçerek data bus'a bağlar. Adresin gösterdiği memory

konumunun doğru olarak seçilmesi ve buradaki bilginin data bus'a iletilmesi (yazma) belirli bir zaman alır. Bu zamana "memory erişim zamanı" denir. Bu zamana genellikle 3ns ile birkaç ns arasındadır. Memory'nin belirli bir konumdan yazma (write) ve okuma (read) şu şekilde olur:

- Denetim bölümü, memory bölümüne belirli bir adres gönderir,
- Denetim bölümü, bilginin transfer yönünü göstermek için memory bölümüne bir READ/WRITE işareti gönderir,
- Denetim bölümü, transferin gerçekleşmesi için gerekli bir süre bekler.

Bu süre, okuma işleminde transferden önce, yazma işleminde ise transferden sonra yer alır. Denetim ve memory bölümleri birbirlerine çeşitli bus'larla bağlıdır. Adres bus, denetim bölümünün kullanmak istediği memory konumunun adresini taşır. READ/WRITE işareti, bilginin transfer yönünü (denetimden memory'e veya memory'den denetime) gösterir.

5.1.4.7. Memory Bölgeleri

Memory, denetleyicideki kontrol plan veya programını saklamak için kullanılır. Memory 'de saklanan bilgi, hangi girişe göre hangi çıkış işaretinin saklanacağı ile ilgilidir ve gerekli hafıza miktarını programın yapısı belirler. Memory bit olarak isimlendirilen bilgi parçacıklarını depolar. 1 Byte = 8 bit ve 1024 Byte = 1Kbyte memory kapasitesinin miktarı bu birimlerde ifade edilir. Bellek tipleri saklanan bilginin kaybolup kaybolmamasına bağlı olarak 2 grupta incelenebilir.

1. Grup; Belleği besleyen güç kaynağının enerjisinin kesilmesiyle birlikte bilginin kaybolması durumunda hafıza silinmiş demektir. 2. Grupta ise enerji kesilmekle birlikte saklanan bilgiler kaydedilmez. Ancak bu tip belleklerin içeriğinin değiştirilmesi için özel sisteme gereksinim vardır.

1. Grup Bellekler

RAM(Random Access Memory) ve RIW(Read – Write) adı verilen rast gele erişimli belleklerdir. Bu tip belleklerde enerjinin kesilmesi ile birlikte eldeki bilgi kaybolur. Programlama esnasında yazma ve okuma işlemlerinin yerine getirilmesinde kullanılır. PLC cihazı bünyesinde mevcut olan pil ve RAM beslenerek program saklanabilir. Tabiki batarya enerjisi bittiği anda program silinecektir. RAM memory özellikle programların test çalışma durumlarında büyük kolaylık sağlar.

2. Grup Bellekler

ROM(Read Only Memory) adı verilen salt okunur belleklerdir. Bu bellek tipi silinebilir ve programlanabilir olmasına göre alt gruplara ayrılır.

Programlanabilir salt okunur bellek (PROM): ROM (Read Only Memory) salt okunur belleğin özel bir tipidir. Prom bellek başlangıçta bulunan ve/veya ilave edilen bilgilerin chip içine yazılmasına müsaade eder. PROM içine yalnız bir defa bilgi yazılabilir. Prom'un ana dezavantajı silinebilir ve programlanabilir olmasıdır.

PROM'da programlama, "eritme" veya "koparma" mantığına göre yapıldığından, eriyebilir bağlantıların eritilmesi geri dönüşü olmayan (bir defaya mahsus) bir işlemdir. Bu sebeple PROM'a bir program kodu yazılmasından önce tüm hata kontrol işlemlerinin bitirilmiş olması gerekmektedir.

EPROM olarak isimlendirilen "silinebilir, programlanabilir salt okunur bellek", PLC cihazlarında sıkça kullanılan bellek tipidir. Yazılmış olan programlar (gerek deyim ve gerekse Ladder diyagramlar) önce Eprom belleğinde saklanır ve buradan (CPU) merkezi işlem birimine gönderilir.

EAROM (Electrically Alterable Read - Only Memory), Elektrikle değişebilir salt okunur Bellekler Eprom belleğe benzer fakat silmek için bir ultraviyole ışık kaynağı gerekmez. EAROM chipi silerek temizlemek için bir silici voltaj uygun pin'e tatbik edilir. Bir defa silindikten sonra chip tekrar programlanabilir.

EEPROM hafıza tipi ise Eprom hafızada olduğu gibi enerjinin kesilmesi durumunda bile eldeki bilgiler kaybolmaz. Yazma ve silme işlemlerinde özel araçlar gerekmez. PLC' ye monte edilen EEPROM veya EPROM hafızalar kaset içinde depolanmış bulunan programlama göre çalışacaktır. Buna göre ROM kaset değiştirecek istenilen program çalıştırılabilir.

Veri Tablosu; Giriş ve çıkış durumları, zamanlayıcı ve sayıcı değerleri ve depoları gibi bilgileri içeren, programı dışa taşımak için gerekli bilgileri depolar. Tablonun içeriği durum verisi ve sayılar (yada kodlar) olmak üzere 2 gruba ayrılır. 0 ve 1 durumları bit yerlerine kaydedilen bilginin ON/OFFdurumudur: Veri Tablosu 3 bölüme ayrılır.

Giriş Görüntü Tablosu; Bu birim giriş arabirim devrelerine irtibatlanan dijital girişlerin durumunu saklar. Girişim ON/OFF durumuna göre girişin bu birimdeki değeri 0 ve 1 olarak saklanır.

Çıkış Görüntü Belleği; Output arabirimlerine bağlı olan cihazların dijital olarak konumunu kontrol eden bitlerin bir dizisidir. Çıkış birimlerinin lojik durumları bu bellekte saklanır ve bu lojik seviyeli bellekten alınarak çıkış birimine transfer edilir.

5.1.4.8. PLC Bayraklar

Kontaktör ve röleli kontrol sistemlerindeki yardımcı kontaklar ve röleler yerine, programlanabilir kontrol sistemlerinde dahili röle eşdeğerinde olan bayraklar (flags) kullanılmaktadır. Bayraklar, “1” veya “0” işaretlerini yüklenip saklanabildiği elektronik hafıza (RS flip-flop) birimleridir. Programlanabilir lojik denetleyicilerde bayraklar, aynı hatlı çıkışları düzenler. Ancak bu hatlarda bir çıkış kuvvetlendiricisi yoktur. Programlanabilir lojik denetleyicilerde bayraklar için rasgele erişimli bellek (RAM-Random Access Memori) kullanılır. Herbir hafıza belgesi, adresi 0’dan 7’ye kadar olan 8 hafıza birimlerinden olan (Bit)

oluşur . Bir bölgenin 8 hafıza birimine 1 Byte denir. Bir rasgele erişimli hafıza birim (RAM)’de 64 hafıza bölgesi kullanılmışsa, bu bölge byte adresi 0’ dan 63’e kadar olan 64 tane Flag byte’ı içerir. Her bir Flag’a, Flag’ın byte adresi ve bit adresi ile erişebilir. Eğer seçilen her iki adreste, bayrak hafızasının giriş adresinde bulunuyorsa, seçilen bu bayrağın sinyal durumu hafıza çıkışında görülecektir. Erişebilen bir bayrağın sinyal durumu, bayrağın iki girişinden (“SET FLAG” ve “RESET FLAG” girişleri) birinin uygun sinyal durumuna getirmesiyle değiştirilebilir.

Koruma pili kullanarak, bir çok denetleyiciler bayrak bölgesinin durumu hafızada saklanabilir. Bu yolla bayrakların sinyal durumları, pilin enerjisi tükene kadar korumuş olur.

PLC içerisinde diğer bir ifadeyle “merker” adıyla anılır. Bu yardımcı röleler darbe çalışmalı anahtarlar gibi çalışırlar. Bu rölelerle çıkış röleleri sürülebilir. Bu yardımcı rölelerin normalde açık ve normalde kapalı kontakları olarak istenildiği kadar kullanılabilir. Bu yardımcı kontakların yukarıda ifade ettiğimiz gibi pilin ömrü süresince kalıcıdır. Bu kaynaktan inceleyeceğimiz Siemens’in S7-200 serisinden bir örnek verirsek 120 adet CPU-212’de (M0.0, M0.1, M0.2.....M1.1, M1.7.....M31.7) yardımcı rölesi vardır. Bu değerler üretici firmanın PLC kataloglarına bakılarak sayıları görülebilir.

5.1.4.9. İletişim

Bütün PLC işletim sistemlerinde birbirine çok benzeyen işletim sistemi programları kullanılır. Bu programlar ROM’da bulunur ve üretim aşamasında sisteme yüklenir. Genel olarak işletim sistemi programı şu işlevleri yerine getirir. Kullanıcı programını yürütür, olay ve zamana bağlı kesme hizmet programlarının çalışmasını düzenler, Sistemin hatalı çalışma durumları belirler ve PLC’lerin haberleşmesini düzenler.

Paralel İletişim: Paralel iletişim ara birimleri veri iletmek için genellikle 8-bit genişliğinde paralel bir yol kullanılır. Kısa mesafede yüksek hızla çalışmak için kullanılırlar. Sık kullanılan iki standart

paralel iletişim ara birimi Centronics ve IEEE-488'dir. Centronics, yazıcılar için, IEEE-488'de laboratuvar aletleri ve bilgisayarı bağlamakta kullanılır.

Seri iletişim: Bir seri arabirim, aynı anda 1bit iletir veya alır. Bu da bir byte'ın iletim için alt bitlerine ayrılması, uzun mesafelerde veri iletişimi için kullanılır. RS 232: En sık kullanılan standart seri iletişim ara birimidir (V24 ve EIA da denir) Kullanıcı, iletişim sürecindeki şu seçenekleri ayarlayabiliriz. Baud oranı, bit sayısı, perite, durma biti, dublex ve akış denetimi. İletim uzaklığı 15m'dir. RS 422, RS 423 ve RS 485 İlk iki standardın RS 232'den farkları 0 ve 1 için belirlenen gerilim düzeyleridir. RS 485 de RS 232'ye benzer bir şekilde kurulabilir.

YOL (Bus) Sistemi: PIC' nin içinde veriler, işlemci ve g/ç modülleri arasında bir yol (bus) üzerinden değiş tokuş edilir. Bir yol çeşitli birimlere bağlı çeşitli işaretlerden oluşur. Yol; adres yolu, veri yolu ve denetim yolu olarak üçe ayrılır. Adres ve data yolunda genellikle 8 hat vardır. Böylece aynı anda 1 byte (8 bit=256 değer) veri (örneğin bir giriş ya da çıkış bitinin adresi taşınabilir).

Bir giriş modülü adres yolu üzerindeki adresini tanırsa, sekiz girişini işaret durumlarını veri yolunu kabul etmesi için anahtarlar. Eğer sekiz çıkışın bit adresleri yolunda gözükürse özel çıkış modülü işaret durumlarını veri yolundan gelen işaretleri kabul etmesi için anahtarlar.

Yerel Ağlar: (LANs-Local Area Networks): Bu sayede bir grup PLC ve diğer aletler bilgi değişimi için birbirlerine bağlanırlar. Menzil 500-1000m. arasındadır ki bu da orta boy bir fabrika demektir. Daha büyük alanlar için Geniş Alan Ağları (WANs) kullanılır. İşaretler, şu yollardan biriyle iletilir. Taban bantlı, modüle edilmiş tek kanallı ve geniş bantlı tüm ağlar, PLC' lerin haberleşmesi için bir protokol kullanır. Çoğu PLC üreticileri kendi aletleri için kendi protokollerini geliştirmişlerdir. Bunlara özelleştirilmiş ağlar denir.

AĞ CEVAP SÜRESİ: Bir ağın cevap süresi (erişim) iki ucun iletişim için geçen süredir ve verinin bir diğerine ne kadar hızlı iletebileceğinin bir göstergesidir. Bu süre, ağdaki düğüm veya PLC'lerin sayısı ile doğru orantılıdır. Tipik süre 10ms. civarındadır. Zamanın önemli olduğu bir denetim uygulamasında iki yada daha çok PLC kullanıyorsa, bu sürenin kesin değerini bilmek önemlidir. Ağ fazlasıyla yavaş çalışıyorsa, denetim aksayacaktır. Acil durma sinyalleri asla bir ağa gönderilmemelidir; ama kablo bağlantısı mutlaka yapılmalıdır.

I/O birimlerinin her birinin CPU'ya hat getirmek mümkün değildir. bu yüzden bir çok giriş, çıkışın aynı hattı sırayla kullanıldığı bir sistem uygulanır. Bu sisteme kısaca BUS denir. Bus paralel bir takım hatlardan oluşur. Bu hatların sayısı iletilecek bilginin (data'nın) niteliğine, sayısına ve I/O adetine bağlı olarak değişir. Genelde PLC sistemleri üç ayrı bus içerir. Bunlardan Adres Bus CPU'nun hangi I/O ile haberleşeceğini belirtirken, Data Bus da aradaki bilgiyi taşır. Adres bus'tan

kendisine bilgi göndereceği veya kendisinden bilgi isteyeceği mesajını alan I/O birimi, data'tan bilgi alır veya data bus'a bilgi aktarır. Diğer I/O birimleri ise herhangi bir tepki vermezler. Bir diğer Bus'ta kontrol Bus'tır ve isimden de anlaşılacağı gibi bu işlevlerin yerine gelip gelmediğini denetler. (Topak, 2000)

5.1.5. PLC Programlama Yöntemleri

PLC programlama çeşitli dillerden biri ile hazırlanabilir. Bu amaçla kullanılan programlama dillerini şu dört sınıfta toplayabiliriz.

- Merdiven diyagramı,
- Boolean ifadeleri,
- Fonksiyon blokları,
- Ardışıl fonksiyon haritası.

Bu programlama dillerinide iki büyük kategoride toplayabiliriz. Birinci kategoriye temel ve yaygın programlama dili olarak Merdiven Diyagramı ve Boolean İfadeleri, ikinci kategoriye ise yüksek seviyeli diller olan Fonksiyon Blokları ve Ardışıl Fonksiyon Haritaları dahil edilebilir.

PLC'ler kapasitelerine ve problemin boyutu, karmaşıklığı, özellikleri vb. bağlı olarak bu programlama dillerinden biri veya birkaçı tarafından programlanabilirler. Kullanılan tipik programlama kombinasyonları şu şekilde sınıflandırabiliriz :

- Yalnızca merdiven diyagramı,
- Yalnızca boolean ifadeleri,
- Merdiven diyagramı ve fonksiyon blokları,
- Merdiven diyagramı ve ardışıl fonksiyon kartları,
- Merdiven diyagramı, fonksiyon blokları ve ardışıl fonksiyon kartları.

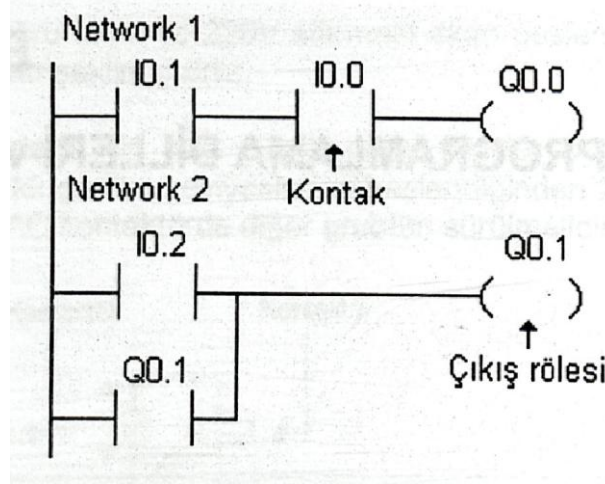
Temel PLC dilleri ile sadece röle kontağı kumandası, zamanlama, sayma, sıralama ve mantık işlemleri yapılabilir. Daha ileri düzeyde komutlar gerektiren uygulamalar belirtilen üst düzey dillerin geliştirilmesine neden olmuştur.

5.1.5.1. Merdiven Diyagramı ile Programlama

Merdiven kontrol programı oluşturmak için sembolik komut setleri kullanılır. Bu tür sembolik komutlar kontak, röle, ve farklı amaçlar için kullanılan blok diyagramlardan oluşur.

Merdiven programlama yönteminin anlaşılması kolay olduğu için çoğu PLC programcılarının en çok tercih ettikleri yöntemdir. Merdiven programların asıl amacı giriş koşullarına göre çıkışları kontrol etmektir. Şekil 5.6'da temel merdiven programlama formatı verilmiştir. Genel anlamda bir basamak, kontaklardan oluşmuş giriş koşulları ve basamağın sonunda röle ile gösterilen çıkış koşullarından oluşur.

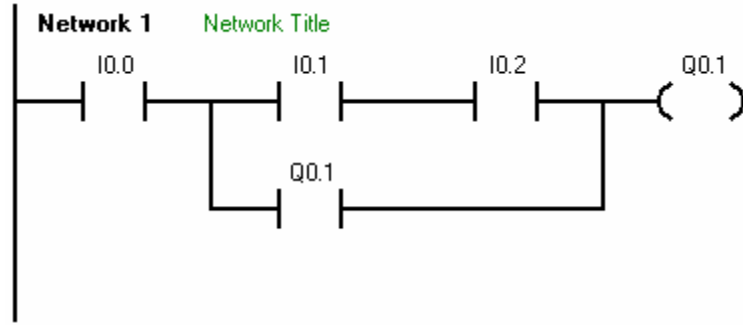
Merdiven programlama şekli bir güç kaynağından çıkan akımın bir takım lojik giriş koşullarının belirlediği kontaklardan geçip lojik çıkış koşulunu enerjilendiren elektrik devresi şeklinde düşünülebilir. Bu elektrik devreleri kolay anlaşılır küçük parçalara ayırılır. Bu parçalara basamak veya network denir. Merdiven diyagramının solundaki dikey çizgi sözde enerjili iletkeni temsil eder. Örneğin, network 1'deki I0.0 ve I0.1 kontağı kapalı olursa basamağın başındaki enerjili iletken akım I0.0, I0.1, Q0.0 ve nötr yoluyla devresini tamamlar. O basamaktan akım geçtiğinde lojik süreklilik sağlanmış olur. Bu durumda, Q0.0 rölesi enerjilenir. Böylece I0.0 ve I0.1'in temsil ettiği girişlere göre Q0.0 çıkışına bağlı eleman kontrol edilir. Aslında, yazılan merdiven programın içinde enerji akışı söz konusu değildir. Networkleri bu şekilde yorumlayarak çıkış hakkında yorum yapabilmek oldukça kolayımıza gelmektedir. Q0.0 rölesine enerji geliyorsa PLC'ye bağlı o çıkış sürülür, Q0.0 rölesine enerji gelmezse o çıkış sürülmez. Merdiven programın uygulanması soldan sağa, yukarıdan aşağıya doğru sıralı şekilde olur. İşlemci programın son komutunu uyguladıktan sonra tekrar başa döner.



Şekil 5.6 Merdiven Programlama Örneği (Bayazıt, 2005)

Ladder plan, röle ve kontaktörlerle yapılan klasik kumanda devrelerinin çizimlerine benzeyen grafiksel bir programlama şeklidir. Ladder plan gerçek elektrik devrelerinde olduğu gibi bir enerji kaynağından kontaklar aracılığıyla akan enerjiyi sembolize etmek şeklinde kullanıcıya kolay

gelebilecek bir programlama mantığına sahiptir. Ladder programında sol tarafta gösterilen dikey çizgi enerji kaynağını gösterir. Kapalı kontaklar enerji akışına izin verirken açık kontaklar enerji akışına izin vermezler. Ladder plan yöntemi daha çok elektrik eğitimi almış kişiler ve yeni başlayanlar için uygundur. (Bayazıt, 2005)



Şekil 5.7 Siemens PLC merdiven program örneği (Bayazıt, 2005)

5.1.5.2. Boolean Dili ile Programlama

Booelan dili temel bir PLC programlama dili olup, yaygın olarak kullanılmasının iki temel nedeni vardır. Bunlardan birincisi merdiven diyagramında da olduğu gibi bir ara mantık programı kullanmadan gerçekleştirilmesidir. Daha önemli diğer neden ise, PLC'yi programlamak için kullanılan küçük el tipi taşınabilir programlama aracının tasarımını mümkün kılmasıdır. Bu programlama panelleri için gereken tuş sayısı ve gösterge yetenekleri oldukça kısıtlıdır. Boolean dilinin formatı, bu sınırlı özellikler altında bile PLC'nin kolaylıkla programlanmasına imkan sağlar. Şekil 5.8'de boolean dilinde hazırlanmış bir program örneği gösterilmektedir.

Network 1	Network Title
LD	I0.0
LD	I0.1
A	I0.2
O	Q0.1
ALD	
=	Q0.1

Şekil5.8 Boolean dili ile programlama örneği (MEGEP, 2006)

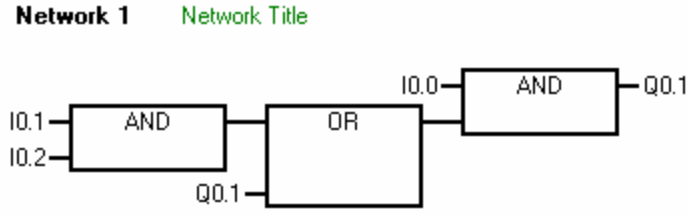
Boolean dili programlama maksimum üç bileşenli bir bilginin (biri adres,biri komut, diğeri ise üzerinde işlem yapılacak bilginin adresi) girilmesinden oluşur. Başka bir deyişle, herbir satırı adres, komut ve veri satırından oluşur. Bazı komutlardan sonra veri girilmesi gerekmez. Çizelge 5.1'de temel boolean komut listesi verilmiştir.

Komut	Anlamı
LOAD	Açık kontak
LOAD NOT	Kapalı kontak
AND	Mantık “VE” operasyonu
OR	Mantık “VEYA” operasyonu
NOT	Mantık “DEĞİL” operasyonu
AND NOT	Mantık “VE DEĞİL” operasyonu
OR NOT	Mantık “VEYA DEĞİL” operasyonu
AND BLOCK	İki kontak grubunun mantık “VE” operasyonu
OR BLOCK	İki kontak grubunun mantık “VEYA” operasyonu
CTR	Sayıcı
TMR	Zaman gecikmesini sağlamak
SET	Bir çıkışın ilettime geçirilmesi
RESET	Bir çıkışın ilettime kesilmesi
SHIFT	Kaydırma işlemi
CONSTANT	Sayıcı veya zamanlayıcıya bir sabitin atanması
END	Programın sonu

Çizelge 5.1 Boolean komut listesi (Özcan ve Özkan, 2004)

5.1.5.3. Fonksiyon Blokları ile Programlama

Fonksiyon blokları ile programlama da, merdiven programlama da olduğu gibi kontak ve röleler yoktur. Bunun yerine kutular şeklinde gösterilen eşdeğer komutlar vardır. Program, bu komutların kendi aralarında birleştirilmesinden oluşur. Bu programlama dilinde mantık kapılar ile fonksiyonların gerçekleştirilmesi şekline benzer bir şekilde programlanarak kontrol işlemi gerçekleştirilmektedir. Şekil 5.9’da fonksiyon blokları ile programlamaya bir örnek verilmiştir.



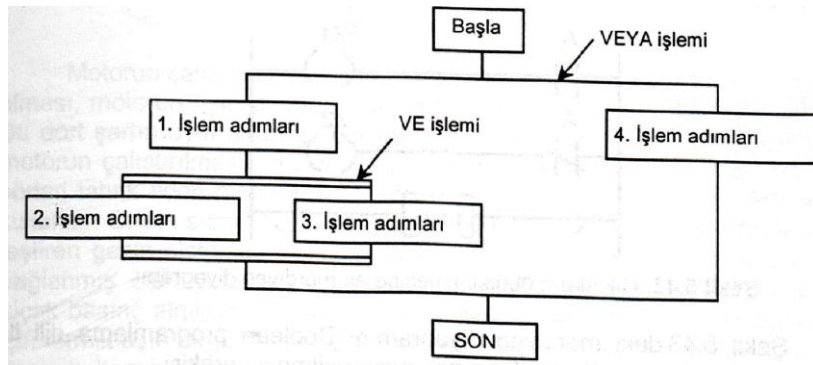
Şekil 5.9 Fonksiyon blokları ile programlama örneği (MEGEP, 2006)

5.1.5.4. Ardışıl Fonsiyon Grafik Programlama

Bu programlama dilinde yapılacak işin basamakları modüler olarak hazırlanır. Programda yapılması gereken işlem basamakları ve verilecek farklı kararlar bu modüller içinde gerçekleştirilir.

Program hazırlanırken başvurulacak en iyi yol yapılacak işin bir akış diyagramını çıkarmak olacaktır. Akış diyagramı hazırlarken genellikle Şekil 5.10'da gösterilen semboller kullanılır. Buradaki iki önemli husus, dikdörtgen kutu şeklinde gösterilen işlem kutusu ile baklava dilimi şeklinde gösterilen karar verme bloğudur. Bu diyagramda kullanılan bloklar standart olduklarından bazı PLC'ler doğrudan bu akış diyagramı ile programlanabilirler.

Bu dil ile programlama sürecinin nispeten kolaylaştırılması, programın okunabilirliği ve küçük değişikliklerin kolayca yapılabilmesi gibi birçok avantajlar sağlayabilir. Programlama yapılırken işlem blokları ilk önce alt küçük program çözümlerine ayrılır. Herbir işlem bloğu alt çözümleri için standart merdiven diyagramları hazırlanır. Bu programlamada merdiven diyagramında olduğu gibi baştan sona kadar herbir satır tanınmaz, yalnızca ilgili akış diyagramına ait diyagramlar taranarak gereksiz tarama işlemleri yapılmadığından tarama işlemi daha çabuk gerçekleştirilmiş olur. (Özcan ve Özkan, 2004)



Şekil 5.10 Ardışıl fonksiyon grafik programlama örneği (Özcan ve Özkan, 2004)

5.1.6. PLC Kullanım Avantajları

Geçmiş yıllarda elektronik olarak kontrol edilen her makinenin kendine özgü bir kontrolöre ihtiyacı vardı. Günümüzde bir PLC ile çok çeşitli makinelerin kontrolünü yapmak mümkündür. PLC'ye yazılan programla uygulamaya özgü çalışma şekillerini oluşturmak mümkündür. Bu açıdan PLC, genel amaçlı bir kontrolördür.

Klasik kumanda sistemiyle oluşturulmuş kontrol sisteminin çalışma şeklinde değişiklik yapılması durumunda kumanda panosunun yeniden düzenlenmesi gerekir. Oysaki, PLC ile kontrol edilen bir düzeneğin çalışma şeklini değiştirmek için, donanımı değiştirmeden sadece PLC programını değiştirmek yeterli olacaktır.

Gelişen teknoloji, bünyesinde çeşitli fonksiyonları barındıran küçük ve ucuz PLC'lerin üretimini mümkün kılmaktadır. Sayısız zamanlayıcı, sayıcı vb. gibi fonksiyonlara sahip PLC fiyatları her geçen gün ucuzlamaktadır.

PLC programı laboratuvar veya çalışma ortamında önceden çalıştırılabilir ve değerlendirilebilir. Yazılan programın test edilmesi, değiştirilmesi, hataların bulunması için gerekli olan süre azalır. Klasik kumanda sistemleri ancak fabrika ortamında test edilebilir. Bu durumda sistemin devreye alınması için gerekli süre artar.

PLC programının çalışması bilgisayar ortamında izlenebilir. Doğru ve hatalı çalışmalar anında tespit edilebilir. Görsel ortamda hataları bulmak kolaylaşır.

Programın uygulanması esnasında oluşacak hatalar PLC tarafından sezilerek, operatör panelde hata mesajı üretilmesi sağlanabilir.

PLC'nin çalışma hızı çok yüksektir. PLC'nin çalışma hızı, birkaç milisaniye mertebesindeki tarama süresiyle ölçülür. Bu hız, mekanik rölelerden çok daha yüksektir.

PLC programları, elektrik teknisyenlerinin aşına olduğu ve görsel programlama yöntemi olan mediven programlama şeklinde yazılabilir. Bunu yanında, dijital sistemler konusunda bilgi sahibi kişilerde PLC programını kolay şekilde yazabilirler.

Yarıiletken elemanlar, mekanik zamanlayıcı veya rölelerden daha güvenilirdir. PLC, güvenilirliği çok yüksek yarıiletken elemanlardan yapılmıştır. PLC ile yapılan kontrol panoları, klasik röle eşdeğerine göre daha az yer işgal eder. PLC'li kontrol sistemlerinin bakım maliyetleri düşük, arıza bulma süreleri minimumdur.

Klasik kumanda sistemlerinde kayıt dışı değişikliklerin yapılması her zaman mümkün olsada PLC programının yetkisiz kişiler tarafından değiştirilmesi mümkün değildir. (Bayazıt, 2005)

5.2. Sensörler

5.2.1. Sensörlerin Tanımı

Algılayıcılar ("duyarga" da denmektedir) fiziksel ortam ile endüstriyel amaçlı elektrik/elektronik cihazları birbirine bağlayan bir köprü görevi görürler. Bu cihazlar endüstriyel proses sürecinde kontrol, koruma ve görüntüleme gibi çok geniş bir kullanım alanına sahiptirler.

Günümüzde üretilmiş yüzlerce tip algılayıcıdan söz edilebilir. Mikro elektronik teknolojisindeki inanılmaz hızlı gelişmeler bu konuda her gün yeni bir buluş ya da yeni bir uygulama tipi geliştirilmesine olanak sağlamaktadır.

Teknik terminolojide Sensör ve Transdüser terimleri birbirlerinin yerine sık sık kullanılan terimlerdir. Transducer genel olarak enerji dönüştürücü olarak tanımlanır. Sensör ise çeşitli enerji biçimlerini elektriksel enerjiye dönüştüren cihazlardır. Ancak 1969 yılında ISA (Instrument Society of America) bu iki terimi eş anlamlı olarak kabul etmiş ve "ölçülen fiziksel özellik, miktar ve koşulların kullanılabilir elektriksel miktara dönüştüren bir araç" olarak tanımlamıştır.

5.2.2. Sensörlerin Sınıflandırılması

Algılayıcıları birbirinden farklı birçok sınıfa ayırmak mümkün. Ölçülen büyüklüğe göre, çıkış büyüklüğüne göre, besleme ihtiyacına göre vb...

Giriş Büyüklüklerine Göre

Algılayıcılarla ölçülen büyüklükler 6 gruba ayrılabilir. Bunlar;

- Mekanik : Uzunluk, alan, miktar, kütleli akış, kuvvet, tork (moment), Basınç, Hız, İvme, Pozisyon, Ses dalgaboyu ve yoğunluğu
- Termal : Sıcaklık, ısı akışı
- Elektriksel : Voltaj, akım, çarç, direnç, endüktans, kapasitans, dielektrik katsayısı, polarizasyon, elektrik alanı ve frekans
- Manyetik : Alan yoğunluğu, akı yoğunluğu, manyetik moment, geçirgenlik
- Işıma : Yoğunluk, dalgaboyu, polarizasyon, faz, yansıtma, gönderme
- Kimyasal : Yoğunlaşma, içerik, oksidasyon/redaksiyon, reaksiyon hızı, pH miktarı

Çıkış Büyüklüklerine Göre

Öte yandan analog çıkışlara alternatif olan dijital çıkışlar ise bilgisayarlarla doğrudan iletişim kurabilirler. Bu iletişimler kurulurken belli bazı protokoller kullanılır. Bunlardan seri iletişim protokollerine, aşağıda kısaca değinilmiştir.

RS232C: Bu protokol başlangıçta telefon veri iletişimi için tasarlanmıştır. Daha sonra birçok bilgisayar sistemi bunu sıkça kullanmaya başlamış ve sonuçta RS232 standart bir iletişim protokolu haline gelmiştir. RS232C'nin çalışması tek sonlamalıdır(single ended). Lojik 1 = -15,-3 arasında ve lojik 0 = +3,+15 arasındadır. Algılayıcılar verileri bitler halinde ve seri iletişim protokoluna uygun olarak bilgisayara gönderir. RS232C bir single ended arayüze olduğundan alıcı ve gönderici arasındaki uzaklık dış çevreden gelen olumsuz faktörlerin (EMI,RFI enterferanslar) azaltılması açısından kısa tutulmalıdır.

RS422A : Bu protokol Differential ended bir arayüze sahiptir. Alıcı verici arasındaki uzaklık yeterince en uzak seviyededir. Hatlarda bu mesafe sebebiyle olabilecek zayıflama 200mV seviyesine kadar azalsa da sistem iletişime devam eder. Diferansiyel ara birim sayesinde sinyaldeki zayıflama ihmal edilebilir düzeye çekilir ve oldukça yüksek bir veri hızıyla haberleşme sağlanabilir. Algılayıcı ve bilgisayar arasındaki iletişimde Twisted Pair (Bükülmüş kablo) kullanıldığından dış etkilerden etkileşim azdır.

RS485 : Standart 422A protokolu genişletilerek oluşturulmuş bir protokoldür. Bu protokol ile birlikte çalışabilen 32 adet alıcı vericinin tek bir kabloyla veri iletişimi sağlanabilir. RS485 protokolü kablodaki iletişim problemlerini ortadan kaldırmaktadır.

Çıkış Ara Birim Tipi Max Kablo Uzunluğu Max Veri hızı İletişim Tipi RS232C Single Ended Voltage 15 mt 20Kbps Point to point RS422A Differential Voltage 1,2 Km 10Mbps Point to point RS485A Differential Voltage 1,2 Km 10Mbps MultiDrop (32 Node) Table 2: Seri iletişim protokollerinin karşılaştırılması

Besleme İhtiyacına Göre

Algılayıcılar besleme ihtiyacına göre iki sınıfa ayrılabilir. Bunlar;

Pasif Algılayıcılar

Hiçbir şekilde dışardan harici enerji almadan (besleme gerilimine ihtiyaç duymadan) fiziksel ya da kimyasal değerleri bir başka büyüklüğe çevirirler. Bu algılayıcı tipine örnek olarak Termocouple

(T/C) ya da anahtar gösterilebilir. T/C aşağıda etraflıca anlatılacaktır. Anahtar ise bilindiği gibi mekanik bir hareketi elektriksel bir kantağa dönüştürmektedir.

Aktif Algılayıcılar

Çalışmaları için harici bir enerji beslenmesine ihtiyaç duyarlar. Bu algılayıcılar tipik olarak zayıf sinyalleri ölçmek için kullanılırlar. Aktif algılayıcılarda dikkat edilmesi gereken nokta giriş ve çıkışlardır. Bu tip algılayıcılar dijital ya da analog formatta elektriksel çıkış sinyali üretirler. Analog çıkışlılarda, çıkış büyüklüğü gerilim ya da akımdır. Gerilim çıkışı genellikle 0-5V aralığında oldukça yaygın kullanılmaktadır. Ancak 4-20mA akım çıkışı da artık endüstride standart haline gelmiştir. Bazı durumlarda 0-20mA akım çevrimi kullanılmaktadır Ancak endüstride çoğu zaman hatlarda meydana gelen bozulma kopma gibi durumlarda sistemin bu durumu kolay algılaması ve veri iletişiminin sağlıklı yapılabilmesi için 4-20mA daha yaygın kullanılır. Çok eski algılayıcılar 10-50 mA akım çıkışlarına sahiptirler. Endüstride en yaygın kullanılan 4-20 mA çevrim tipinin kullanımı bazı özel durumlar gerektirmektedir. Bu noktalar; Algılayıcıların yerleştirildiği uzak noktalarda elektrik besleme geriliminin olmaması gereklidir. Algılayıcılar gerilim sinyalinin sınırlı olabileceği durumlarda tehlikeli uygulamalarda kullanılmalıdır. Algılayıcıya giden kablolar iki ile sınırlanmalıdır.

Akım çevrimsinyali göreceli olarak gürültü geriliminin ani sıçramalarına karşı korumalıdır. Ancak bunu uzun mesafe veri aktarımının da yapamaz. Algılayıcılar, ölçüm sisteminden elektriksel olarak izole edilmelidir. (Topak, 2000)

5.2.3. Akıllı Binalarda Yoğun Olarak Kullanılan Sensör Tipleri

5.2.3.1. Sıcaklık Sensörleri

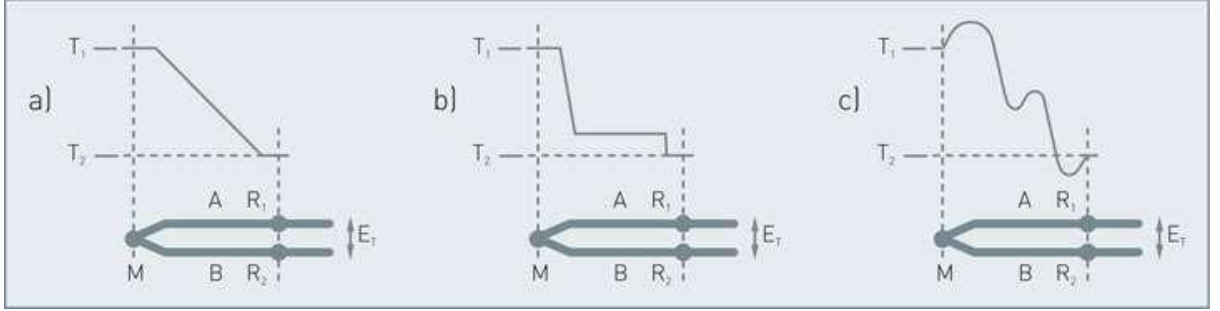
Sıcaklık, akıllı binalarda iklimlendirilmiş ortamlar için en önemli kontrol parametresidir çünkü birebir olarak bina içerisinde yaşayanların konforu, rahatlığı ve sağlığıyla ilişkili bir parametredir. Genellikle, 3 tip sıcaklık sensöründen söz edebiliriz.

Bunlar, termokupl, rezistans sıcaklık dedektörleri, ve termistörlerdir. (Gassmann ve Meixner, 2001)

5.2.3.1.1. Termokupl

Termokupllar iki farklı metal alaşımın uçlarının kaynaklanması ile elde edilen bir sıcaklık ölçü elemanıdır. Kaynatılan nokta SICAK NOKTA, açık kalan iki uç SOĞUK NOKTA olarak adlandırılır. Termokupl sıcak nokta ile soğuk nokta arasındaki sıcaklık farkından oluşur. Sıcaklık farkına orantılı olarak soğuk nokta uçlarında mV değerlerinde gerilim üretilir. Sıcak nokta ile soğuk

nokta sıcaklık dağılımı nasıl olursa olsun üretilen gerilim sıcak ile soğuk nokta arasındaki sıcaklık farkına orantılıdır.



Şekil 5.11 Termokupl yapısı [32]

Sıcak nokta ile soğuk nokta arasındaki sıcaklık farkı termokupl üzerinde gerilim (EMF) yaratır. (Şekil 5.12). Sıcak nokta sıcaklığı aynı kalmak koşulu ile soğuk nokta sıcaklığı değiştiğinde farklı sıcaklıklar okunur. Bu nedenle mV tablolarındaki değerlerde standart sağlamak için ölçülen sıcaklık karşılığı mV değerleri soğuk noktanın 0°C 'de tutulması ile elde edilmiştir. Örneğin ; 200°C 'ye karşılık gelen mV değeri, termokuplun sıcak noktası 200°C 'de, soğuk nokta 0°C 'de iken uç noktada ölçülen mV değeridir.

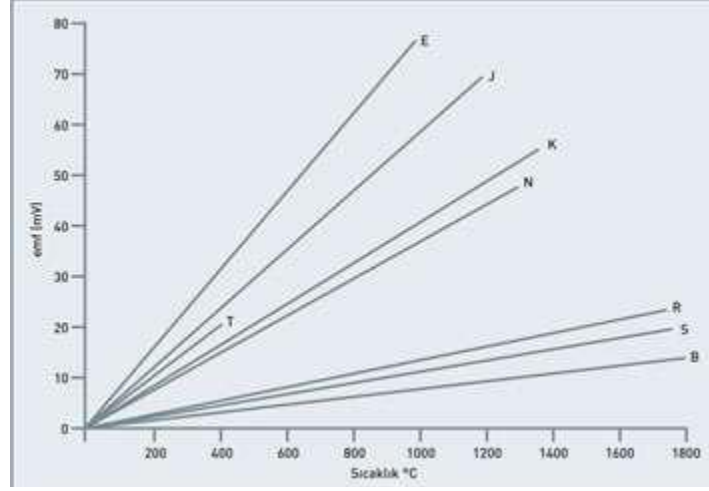
Termokupllar (Isıl çift) iki farklı metal veya alaşım tel olmasına rağmen endüstride genelde çıplak olarak kullanılmazlar.

Prosesin şartları (mekanik darbeler, fiziksel ve kimyasal özellikler) göz önüne alınarak özel koruyucu kılıflar içinde kullanılır.

Eleman telleri iki farklı kutuplarda olduğundan birbirlerinden seramik izolatörler ile izole edilirler. (Gassmann ve Meixner, 2001)

Termokupl yapısal olarak incelendiğinde;

- Bağlantı kafası,
- Bağlantı klemensi,
- Koruyucu tüp,
- Eleman teli,
- İzolatör,
- Primer (İç koruyucu),
- Flanş veya rekor gibi malzemelerden oluşur.



Şekil 5.12 Sıcaklık farkı-gerilim diyagramı [32]

Termokupllar dayanıklı cihazlardır ve normalde yüksek sıcaklık ölçümlerinde kullanılırlar.(Yanma odaları vb. gibi)

5.2.3.1.2. Rezistans Sıcaklık Dedektörü

Bu terim ekseriyetle iletken tel veya ince film şeklinde fabrikasyonu yapılmış metal algılayıcılar ile doğrudan ilişkilidir. Bütün metallerin ve çoğu alaşımların dirençlerinin sıcaklık bağımlılığı bunların sıcaklık algılanılmasında kullanılmasına bir fırsat verir. Gerçekte bütün metaller hemen hemen algılamada kullanılabilirken, platin günümüz dünyasında sıcaklık ölçümü için en yaygın olarak kullanılan, tahmin edilebilir tepkisi, uzun dönem kararlılığı ve dayanıklılığından dolayı eşi bulunmaz bir özelliğe sahip olan bir metaldir. Platinin yanısıra tungsten RTD'ler ekseriyetle 600 °C'nin üzerindeki sıcaklıklar için uygulanır. Bütün RTD'ler pozitif sıcaklık katsayılarına sahiptir.

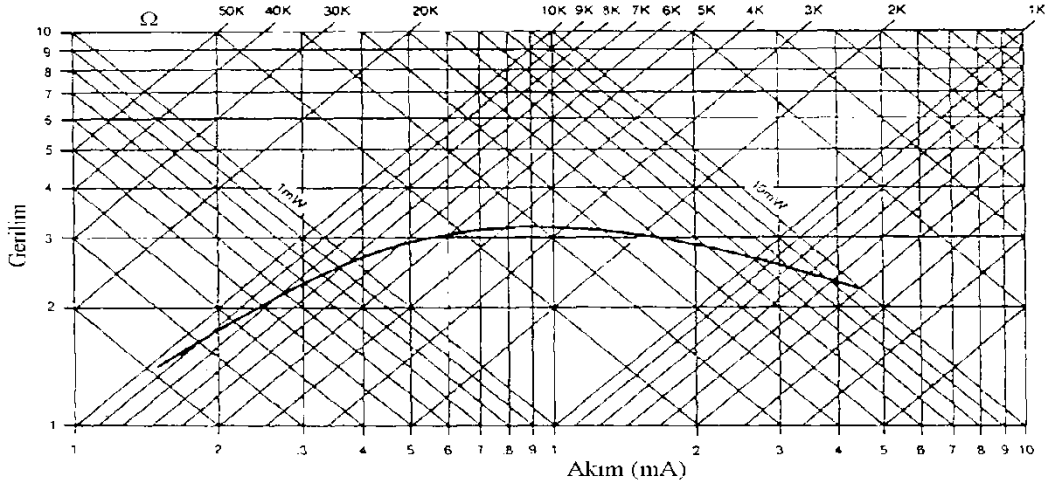
5.2.3.1.3. Termistörler

Çalışma prensipleri Rezistans Sıcaklık Dedektörlerine oldukça benzemektedir. Tipik olarak, nikel, manganez, kobalt, bakır ve demir gibi metal oksitlerden yapılır. Rezistans Sıcaklık Dedektörleriyle karşılaştırıldığında oldukça hassas oldukları görülmektedir. Maliyet açısından da oldukça düşük maliyetli cihazlardır. Bu nedenle bina sistemlerinde (havalandırma, soğuk su sistemleri vb.) oldukça yoğun olarak kullanılmaktadır.

Termistör terimi sıcaklık (temperature) ve direnç (resistor) kelimelerinin kısaltılmışıdır. Bu ad ekseriyetle damla, çubuk, silindir ve kalın film şeklinde fabrikasyonu yapılan metal-oksit algılayıcılar için kullanılır. Termistörler iki gruba ayrılır: NTC (negatif sıcaklık katsayısı) ve PTC (pozitif sıcaklık katsayısı).

5.2.3.1.3.1. NTC Termistörler

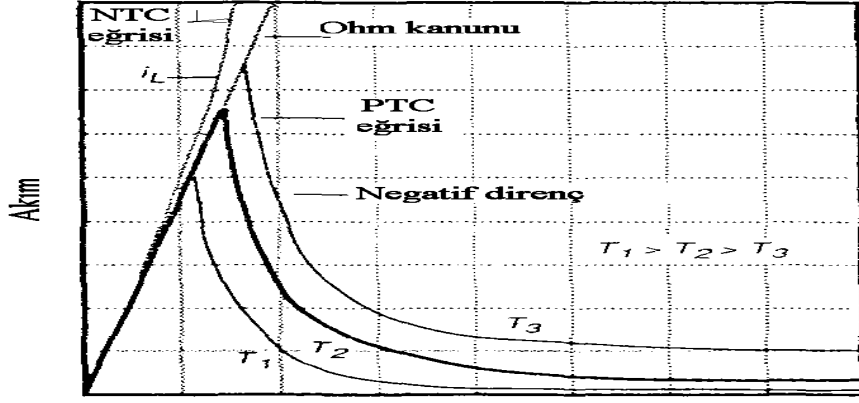
Konvansiyonel metal oksit termistör negatif sıcaklık katsayısına (NTC) sahiptir. Yani direnci sıcaklığın artışı ile azalır. NTC termistör elemanın direnci diğer dirençler gibi fiziksel boyutları ve malzemesinin direnci ile belirlenir. Direnç ve sıcaklık arasındaki ilişkinin doğrusallığı iyi değildir.



Şekil 5.13 NTC termistör akım-gerilim diyagramı (Özsarı, 2005)

5.2.3.1.3.2. PTC Termistörler

Bütün metaller PTC malzemeleri olarak adlandırılabilmeyle beraber dirençlerinin sıcaklık katsayıları (TCR) oldukça düşük ve tüm sıcaklık aralığında çok az değişir. Aksine belli bir sıcaklık aralığında seramik PTC malzemeleri çok geniş bir sıcaklık bağımlılığında karakterize edilir. Bunların fabrikasyonu polikristal seramik maddelerden yapılır. Polikristal seramik maddelerin taban bileşikleri ekseriyetle baryum titanat veya baryumun katı çözeltileri ve strontiyum titanat (yüksek dirençli malzemeler) gibi doping katkılarının eklenmesiyle yarı iletken hale getirilir. (Özsarı, 2005)



Şekil 5.14 PTC termistör akım-gerilim diyagramı (Özsarı, 2005)

5.2.3.2. Basınç Sensörleri

Her türlü fiziki kuvvet ve basınç değişimini algılayan ve bu değişimi elektriksel sinyale çeviren elemanlara basınç sensörü denir.

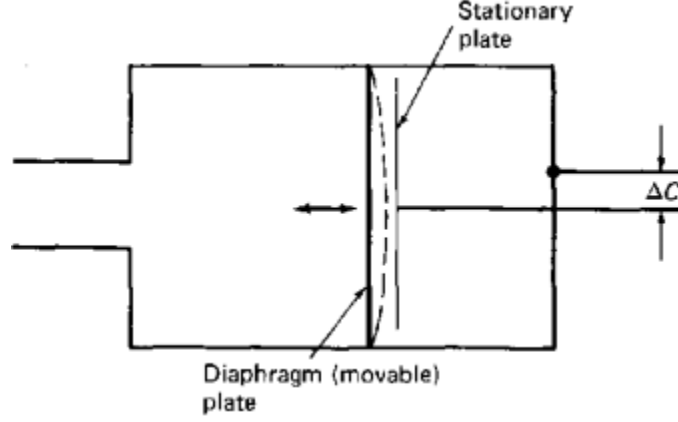
Basınç sensörleri özellikle havalandırma sistemlerinin vazgeçilmez enstrümanlarından biridir. Bina sistemlerinden içerinin basıncını ölçmek için mahallere gelen ve mahallerden çıkan havalandırma kanallarının üzerine basınç sensörleri monte edilmek zorundadır. Son yıllarda akıllı binalarda çok yoğun olarak kullanılan değişken hava debili sistemleri (VAV) mahalin basıncını istediğimiz seviyede tutmak için kullanılmaktadır. Bu sistemlere ait basma ve emiş havalandırma cihazlarını kontrol etmede kullanılan en temel kriter basınçtır. Basınç sensörlerinden alınan bilgilere göre havalandırma cihazları konumlandırılırlar.

Günümüzde endüstri ve bina alanlarında olmak üzere genel anlamda 5 tip basınç sensöründen söz edebiliriz. Bunlar ; kapasitif basınç sensörleri, indüktif basınç sensörleri, piezoelektrik basınç sensörleri, potansiyometrik basınç sensörleri ve son olarak da strain gage basınç sensörleridir. (Gassmann ve Meixner, 2001)

5.2.3.2.1. Kapasitif Basınç Sensörleri

Kondansatörler yapıları gereği elektrik yükü depolayabilir. Kondansatörlerin yük depolayabilme kapasiteleri ise kondansatör plakalarının boyutlarına, bu plakalar arasındaki mesafenin uzaklığına ve iki plaka arasındaki yalıtkan malzemenin özelliğine bağlıdır. Sonuç olarak kondansatör plakaları birbirinden uzaklaştırılırsa ya da esnetilirse veya iki plaka arasındaki dielektrik malzeme hareket ettirilirse, kondansatörün kapasitesi değişir.

Kondansatörün kapasitesi ile beraber alternatif akıma gösterdiği direnç de değişir. İşte bu prensipten hareketle kapasitif basınç sensörleri üretilmiştir.



Şekil 5.15 Kapasitif basınç sensörü yapısı (Gassmann ve Meixner, 2001)

Şekilde esnek plakalı bir kapasitif sensör gösterilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi plakanın biri sabit diğeri esnektir. Esnek plakaya bir basınç uygulandığında basınçla orantılı olarak kondansatörün kapasitesi ve kapasitif reaktansı değişecektir. Bu direnç değişimi ile orantılı olarak basınç büyüklüğünü tespit edebiliriz.

Bu tip basınç sensörlerinin fiziksel boyutları küçüktür, yüksek frekans cevaplarına sahiptirler. Bu tarz sensörler genellikle yüksek sıcaklık altında ve hem statik hemde dinamik ölçümlere izin veren işlemlerde kullanılır.

Tipik olarak ölçüm aralıkları 69 Pa (0.01 psi) ile 68900 kPa (10000 psi) arasındadır. Ölçüm hata oranları 0.25% civarında ve bazı modellerinde hassasiyet 0.05%'ye kadar varmaktadır. Genellikle klima sistemlerinde fark basınç ölçümleri için kullanılır. (filtre kirlilikleri tespiti, fan motorları durumu vb. gibi).

5.2.3.2.2. İndüktif Basınç Sensörleri

Bu tip sensörler genellikle dönen bir mekanizmanın hızını ve konumunu hesaplamada kullanılırlar. Elektrik iletkenliğinin temel prensibine göre çalışırlar (değişen manyetik alan içerisinde elektro motor kuvveti indüklenir). Aşağıdaki şekilde bir İndüktif sensör prensibini ve tipik bir krank mili hız ve konum sensörü görülmektedir.

İndüktif tip Sensörlerin çoğunun çıkış voltajı sinüs dalgasına yakındır. Bu sinyalin büyüklüğü akımın değişme hızına bağlıdır. Bu büyüklük genellikle orijinal dizayndan belirlenir (dönüş sayısından, mıknatıs gücünden ve sensör bileşen arasındaki boşluktan).

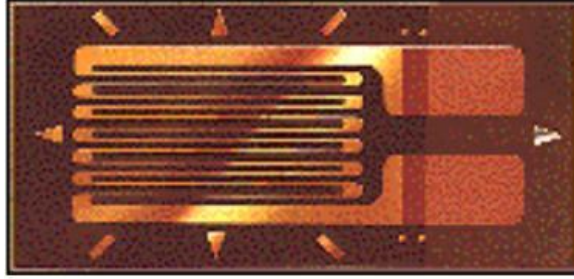
Bu tarz sensörler sinyalde sürekli bir çözünürlük sağlarlar. Genellikle havalandırma sistemlerinde düşük basınç uygulamalarında kullanılırlar.

5.2.3.2.3. Piezoelektrik Basınç Sensörleri

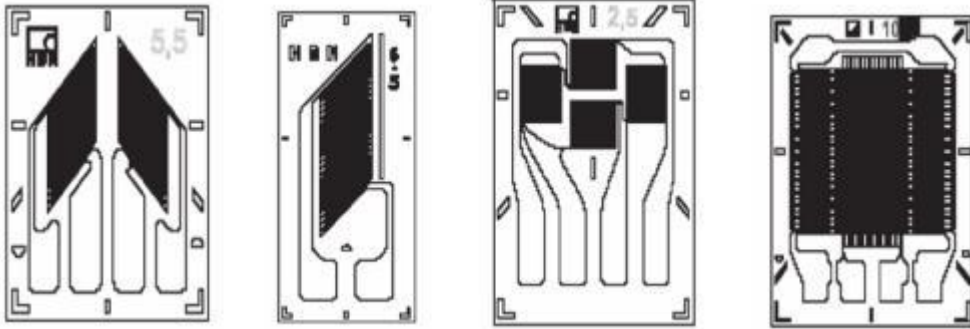
Basıncın elektrik akımına dönüştürülme yollarından biri de piezoelektrik olayıdır. Piezoelektrik özellikli algılayıcılarda kuartz (quartz), roşel (rochelle) tuzu, baryum, turmalin gibi kristal yapılu maddeler kullanılır. Bu elemanlar üzerlerine gelen basınca göre küçük değerli bir elektrik gerilimi ve akımı üretir. Bu elektrik akımının değeri basıncın değeri ile doru orantılıdır. Piezoelektrik özellikli elemanlar hızlı tepki verdiklerinden ani basınç değişikliklerini ölçmede yaygın olarak kullanılır.

5.2.3.2.4. Strain Gage Basınç Sensörleri

Temel olarak strain gage'ler esneyebilen bir tabaka üzerine ince bir telin veya şeridin çok kuvvetli bir yapıştırıcı ile yapıştırılmasından oluşmuştur. Üzerindeki basıncın etkisinden dolayı tabakanın esnemesi ile birlikte iletken şeridin de gerilerek uzamasına sebep olacaktır. Bu uzama esnasında telin boyu uzayarak kesiti azalacaktır. Bilindiği gibi iletkenlerin kesiti azaldıkça dirençleri artacağından uygulanan kuvvete bağlı olarak iletkenin direncinde değişim olacaktır. Bu direnç değişimine bağlı olarak uygulanan kuvvetin miktarını tespit edilebilir.



Şekil 5.16 Strain gage iç yapısı [45]



Şekil 5.17 Strain gage tipleri [45]

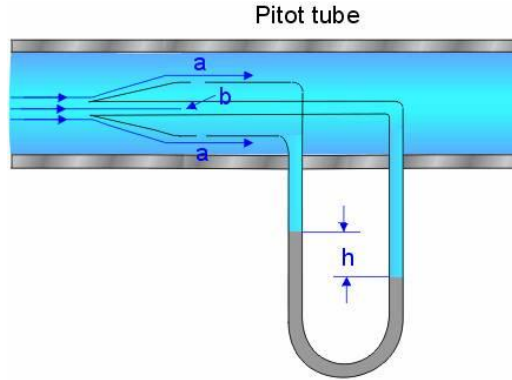
5.2.3.3. Hız Sensörleri

Örnek olarak; HVAC kontrolünde, kontrolün etkinliğini ve performansını doğrudan etkilediği için gidiş hava hızı ve soğuk su akış hızı ölçümü oldukça önemlidir. Bu nedenle hız ölçümleri genelde tüm kontrolleri yakından ilgilendirmekte ve etkilemektedir.

Günümüzde farklı amaçlara uygun olarak tasarlanmış birçok hız sensörü bulunmaktadır. Bunlar pitot tüpler, orifis plakaları, ventüri metreler, sıcak tel anometreler, türbin akış metreler, vortexshedding metreler, elektromanyetik akış metreler ve ultrasonik akış metrelerdir.

5.2.3.3.1. Pitot Tüpler

Bu cihazlar özellikle havalandırma kanalının içerisindeki havanın hızını ölçmede kullanılır. Temel olarak iki ucu açık bir tüpten ibarettir, açık uçlardan biri hava akışı karşılayacak şekilde diğeri ise hava akışına dik gelecek şekilde yerleştirilir. Bunun sonucu olarakta iki tüp arasında oluşan basınç farkı Bernoulli denklemi baz alınarak değerlendirilir ve hava hızı hesaplanır. Bu metot oldukça sağlam ve güvenilir bir metottur. Bu tip cihazlarla yapılan ölçümlerde hassasiyet ne kadar çok ölçüm aldığımızıza bağlıdır.

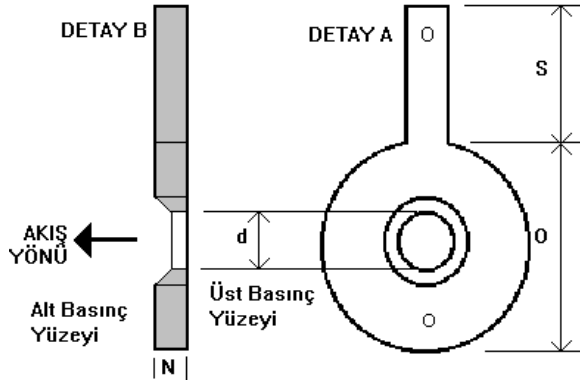


Şekil 5.18 Pitot tüpün yapısı [55]

Küçük kesit alanlı kanallardaki yüksek hızlardaki akışların toplam basıncı bir pitot probu ile ölçülebilir. Bu tür akışlarda, doğrusal bir kanaldaki türbülanslı akışta olduğu gibi, kesit üzerindeki statik basınç pek fazla değişmez. Kanalın duvarına açılacak bir basınç prizinden ölçülen statik basıncın, pitot probuyla ölçülen toplam basınç değerlerinden çıkarılmasıyla, dinamik basıncın kanal kesiti üzerindeki değişimi elde edilir. Pitot probu, ucunda ince bir delik bulunan ve eksenini akışa paralel olacak biçimde yerleştirilen küçük silindirik bir tüptür.

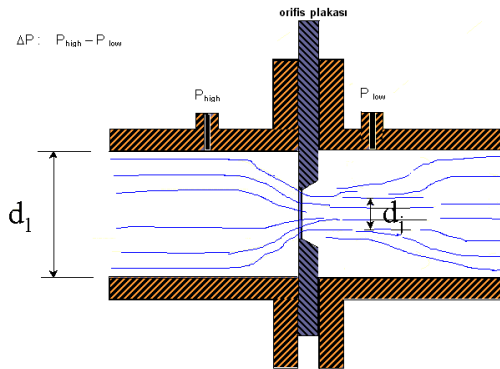
5.2.3.3.2. Orifis Plakaları

Orifis plakaları genellikle paslanmaz çelikten imal edilmekte olup, yerleştirileceği boru çapına yakın boyutta dış çapı vardır ve iç çapı ise içinden geçen akışkanın fiziksel parametrelerine bağlı olarak fark basınç yaratacak şekilde, likitin yapısı, cinsi, sıcaklık ve basıncı dikkate alarak hesaplanır.



Şekil 5.19 Orifis plakasının yapısı [32]

Orifis plakası bir hatta iki flanş arasına monte edildiğinde likitin giriş yeri yüksek basınçta çıkış yeri ise daha düşük basınçtadır. Bu basınç farkı içinden geçen likitin oranıyla değişecektir. Bu oran doğrusal olmayıp logaritmik davranış gösterir, basınç farkının daha başlarında likit geçişi neredeyse iki kat artar. [32]



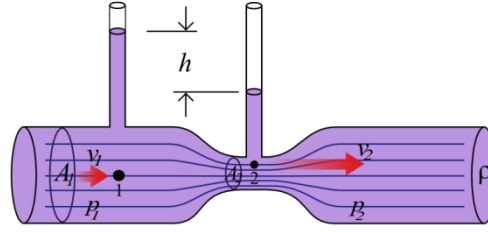
Şekil 5.20 Orifis plakası uygulaması [32]

5.2.3.3.3. Ventüri Metreler

Ventüri metre, akışkanların debisini ölçmekte kullanılan, iki ucu açık, kesiti ortasına doğru her iki ucundan da daralan ve ince bir tüp şeklinde olan bir ölçü aletidir. Adını İtalyan fizikçi Giovanni Battista Venturi'den alır.

Tüpün incelerek boğaz oluşturan en dar kesitli kısmında akışkan hızı en büyük değerini alırken akışkan basıncı düşer ve tüpün geniş kesitli kısmı ile dar kesitli kısmı arasında bir basınç farkı oluşur. Bu basınç farkı venturimetrenin giriş ve çıkışına bağlanmış "Kapalı manometre" yardımıyla ölçülür. Bu ölçüm sonucu elde edilen basınç değerleri yardımıyla tüp içinden geçen akışkanın debisi tespit edilir.

Kütleli veya hacimsel debi hesaplanırken "Bernolli denklemi" ve "Süreklilik Denklemi" nden yararlanır. [55]



Şekil 5.21 Ventüri metre yapısı [55]

5.2.3.3.4. Sıcak Tel Anemometresi

Isıl yada sıcak tel anemometresi, duyar eleman olarak bir probun ucuna yerleştirilmiş ısıtılmış dirençli sıcaklık cihazı , termoeleman veya termistör içerir. Bu hız ölçerler, akış alanındaki bir noktada hava hızının kolay ve doğrudan belirlenmesi amacıyla tasarlanmıştır. Bir akış alanı içerisine yerleştirilmiş olan probun, elektriksel olarak ısıtılan duyar elemanı, çevresinden geçen akışkanın hızı ile orantılı olarak soğur. Duyar eleman ve elektronik devrelerden oluşan bir ısıl anemometre, duyar elemandan gelen sinyali değerlendirerek akış hızını doğrudan analog veya sayısal olarak gösterebilir ve taşınabilir türden olabilir. Bazı hallerde, probda ortam sıcaklığını algılayan bir dirençli sıcaklık cihazı yada termistörde bulunabilir.

Bilimsel çalışmalarda kullanılan, sıcak tel anemometrelerin duyar elemanları çok ince tellerdir. Bu duyar elemanlar, bir, iki ve üç boyutlu akıştaki, birkaçyüz kHz frekansa sahip değişimlerin ölçülmesini mümkün kılar. Bu teknoloji, daha dayanıklı duyar elemanlar kullanarak, ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme çalışmalarında öncelikle tek boyutlu akışların hızlarının belirlenmesinde de kullanılmaktadır.

Isıl anemometrelerin başlıca üstünlükleri, dinamik çalışma aralıklarının büyük olması ve çok küçük hızları ölçebilmeleridir. Aynı ölçme cihazı ile 0,1 m/s değerinden 50 m/s değerine kadar olan hava

hızları ölçülebilmektedir. Bu cihazların tekrarlanabilirlikleri ve doğrulukları çalışma aralıklarının %2 ila %5 değerleri arasındadır.

Genellikle havalandırma kanallarındaki hava hızı ölçümlerinde yoğun olarak kullanılırlar. (Gassmann ve Meixner, 2001)

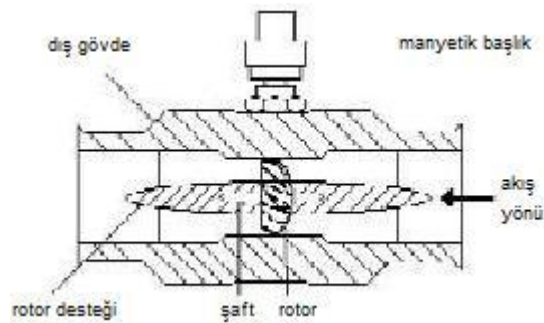
5.2.3.3.5. Türbin Akış Metreler

Türbinli tip debi ölçerler; dönen tip akış ölçerlerin bir çeşididir. Geniş bir boru merkezinde iki yatakla desteklenen bir pervaneden oluşur. Pervane kanatları ya manyetik malzemeden yapılı ya da kanadın uç kısmının içine küçük bir mıknatıs koyulur. Pervane dönerken kanatların ağızları boru içinde elektriksel bir sinyal meydana gelmesine sebep olur.

Eğer sinyal bir frekans metreden geçirilirse, akış oranının frekansından hacim ölçümü yapılabilir.

Hidrodinamik teori türbin ölçerlerin performansını belirlemede yeterli olamamaktadır. Bu yüzden, türbin ölçerler için ayar gerekir, bu sayede elektriksel sinyalle arasındaki ilişki bulunur ve geçen akışkan hacmi deneysel yöntemle bulunabilir.

Özellikle geniş çaplı borularda kullanılan büyük boyuttaki türbin ölçerler frekans aralığı iyi ayarlanabilirse dijital olarak oldukça kesin sonuçlar verebilirler. Ancak diğer akış ölçerlerden oldukça pahalıdır, parça çapları büyüktür. Çok uzun periyotlarda aşınma, yatak problemleri gibi sebeplerle orijinal ayarlarını koruyamayabilirler. Türbin ölçerler, türbülanslı akışlara ve özellikle girdap oluşumlarına hassastır. Boyutları küçük olduğunda, yataklardaki sürtünmenin oluşturduğu tehlike nedeniyle büyüklere kadar iyi performans alınmaz. Sıcak ve soğuk su hatlarında yoğun olarak kullanılırlar. (Eren, vd. 2006)



Şekil 5.22 Türbin akış metre yapısı (Eren, vd. 2006)

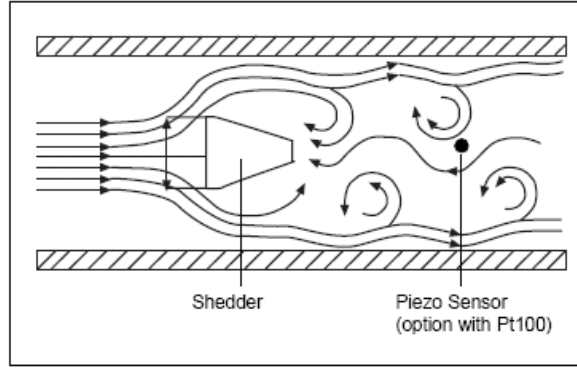
5.2.3.3.6. Vorteks Tipi Akış Ölçerler

Vortex flowmetre akışkanın (Sıvı, buhar, gaz) özelliklerinden bağımsız olarak çok geniş bir ölçüm aralığında ölçüm yapar.

Vortex flowmetrenin çalışması “Karman/Vortex Street” prensibine dayanır. Akış yolunda engel oluşturan bir metal malzemenin her iki yönünde sırayla oluşan girdaplara “Karman/Vortex Street” adı verilir. Bu girdapların oluşma sıklığı (f), akışkanın hızı (v) ile doğru orantılı, engel parçanın eni (d) ile ters orantılıdır.

$$f = St \frac{v}{d} \quad (5.1)$$

St (Strouhal sayısı), girdaplı debi ölçümünün kalitesini belirleyen birimsiz bir değerdir. Uygun bir dizayn ile geniş bir Reynold sayısı aralığında St değeri sabit kalmaktadır.



Şekil 5.23 Vorteks tipi akış ölçerin yapısı [1]

$$Re = \frac{vD}{\nu} \quad (5.2)$$

ν = Kinematik viskozite

v = Akış Hızı

D = Flowmetrenin iç çapı

Sonuçta girdap frekansı akışkanın yoğunluk ve viskozitesinden bağımsız ve yalnızca akış hızının bir fonksiyonu olarak değerlendirilir.

Engelin oluşturduğu girdapların yolaçtığı basınç değişimleri, bir piezo sensor vasıtasıyla algılanıp elektriksel puls sinyali olarak konvertöre gönderilir. Girdap frekansına ait bu bilgi sinyali, konvertörde değerlendirilip skalalandırılmış frekans ve 4-20 mA çıkış sinyaline dönüştürülür. [1]

5.2.3.3.7. Elektromanyetik Akış Ölçerler

Temel prensip olarak bir boru ve kanalın etrafına bir bobin geçirilmesi suretiyle akışkan etrafında bir manyetik alan oluşturulur. Akışkanın hızına bağlı olarak bu manyetik alanın şiddeti değişmektedir. Bu şiddetin ölçülmesiyle orantılı olarak akışkanın hızı hesaplanır.

Bu tarz ölçüm cihazları özellikle çok kirli, bulamaç gibi sıvıların hızını ölçmek için daha uygundur. Fakat bu ölçüm cihazlarıyla gazların hızını ölçemezsiniz.

5.2.3.3.8. Ultrasonik Akış Ölçerler

Temel prensip olarak Doppler Efeğini baz alırlar. Sıvı içerisindeki ses dalgasının sıvı içerisindeki taneciklerden yansıdıktan sonra frekansındaki değişimleri ölçerek, akışkanın hızını belirlerler. Bu cihazların hassasiyetleri konusu hala tartışılmaktadır. Elektromanyetik akış ölçerlerde olduğu gibi gazlar için kullanılamazlar, bu nedenle havalandırma sistemleri için önerilmezler.

5.2.3.4. Nem Sensörleri

Bu sensörleri dört farklı kategoride inceleyebilmekteyiz. Bunlar; higrometreler, psikrometreler, elektronik nem sensörleri ve çiğ noktası sensörleridir. Nem ölçümü çok uzun zamandan beri sıkıntılı bir ölçüm tipi olmuştur. Özellikle elektromekanik higrometrelerin ciddi anlamda bir lineerlik ve sapma problemleri vardır. Son yıllarda yapılan gelişimler ve araştırmalar sonucu bu problemler biraz olsun azaltılmıştır.

Bu cihazlarda kullanılan algılayıcı elemanlar, yaş termometre sıcaklığı, bağıl nem, özgül nem, çiğ noktası ve donma noktası gibi değişik fiziksel özelliklere karşı duyarlıdır.

5.2.3.4.1. Higrometreler

Higrometre havadaki nemi ölçmek için kullanılan bir araçtır. En basit higrometreler, birisinin haznesi devamlı ıslak tutulan iki termometreden oluşurlar. Islak olan haznenin etrafındaki sıvının buharlaşması, o termometrenin devamlı daha düşük sıcaklık göstermesini sağlar. Ancak donma noktasının altındaki sıcaklıklarda bu sistem çalışmamaktadır, ıslak termometrenin haznesinin etrafında ince bir buz tabakası oluşur ve sıcaklığın doğru olarak gösterilmesini engeller. Bu gibi durumlarda kuru olan termometre daha yüksek sıcaklıklar gösterebilir.

Birçok organik madde, nemdeki değişimle birlikte boyutlarını değiştirir. Bu davranış birçok basit ve etkin nem ölçerlerde, kayıt cihazlarında ve kontrol cihazlarında kullanılmaktadır. Bu maddeler, pnömatik, mekanik bağlantılar veya elektriksel elemanlar ile birleştirilerek higrometreleri oluştururlar.

Çoğunlukla kullanılan organik maddeler, insan saçı, naylon, dacron, hayvan zarı, hayvan boynuzu, odun ve kağıttır. Bu maddelerinden ileri gelen doğrusal değişim göstermeme ve histerizis gibi özellikleri olduğu için, higrometrelerde kullanımları halinde dengeleme düzenekleri cihazda yer almalıdır. Bu cihazlar sıfırın altındaki kullanımlarda güvenli değildir. Duyarlılıkları bir değişim işleminin görüntülenmesi için uygun değildir. Büyük miktarda nem, duyarlılıkları üzerine etki yapabilir. Bu tip cihazlar başlangıç kalibrasyonuna ve sık sık ara kalibrasyonlara ihtiyaç duyarlar, ancak bağıl nemi doğrudan doğruya okuma kolaylığına sahip, basit ve ucuzdurlar.

5.2.3.4.2. Psikrometreler

Tipik bir psikrometre, bir tanesi nemli bir fitil ile ıslak tutulan, elektriksel veya mekanik prensiplere göre çalışan iki adet sıcaklık duyar elemanından oluşur. Küçük bir vantilatör veya aspiratör, bu iki eleman üzerine hava üfleyerek nemli sıcaklık algılayıcısının sıcaklığını düşürür. Fitil yakınındaki nemli havayı doymuş hale getirmek için gerekli olan buharlaşma miktarı sabit kaldığında, en düşük sıcaklık değeri oluşur. Bu işlem fitilde kullanılan suyun saflığına, fitilin temizliğine, havalandırma miktarına, ısı ışıınım etkilerine, sıcaklık duyar elemanlarının boyutuna, hassasiyetine ve gazın taşınım özelliklerine bağlıdır.

Sıcaklığın kaydedilmek istendiği küçük boyutlu psikrometrik cihazlarda, termoeleman ve termistörler gibi diğer sıcaklık ölçen elemanlarda kullanılabilir. Küçük çaplı ıslak hazneli duyar elemanlar küçük havalandırma debileri ile çalışırlar.

Havalandırma sistemleri için çok uygun değildirler.

5.2.3.4.3. Rezistif ve Kapasitif Nem Sensörleri

Bu tip sensörler günümüzde en yaygın olarak kullanılan, ticari olarak en uygun elektronik nem sensörleridir. Bu ölçüm cihazlarının hassasiyetleri sürekli gelişmektedir. Bu cihazların diğer bir avantajı ise, çeşitli maddelerle kirlenmiş olan havada dahi kolaylıkla ve doğrulukla ölçüm yapılabilmesidir. Bununla birlikte, bu tip sensörler fiziksel olarak dayanıksız olup, kolaylıkla bozulabilirler. Havalandırma kanallarında ve dış hava ölçümlerinde yaygın olarak kullanılırlar.

5.2.3.4.4. Çiğ Noktası Nem Sensörleri

Genellikle piyasada iki tip çiğ noktası nem sensörü bulunabilir. Bunlar; buğulu ayna çiğ noktası sensörü ve diğeri doymuş tuz çözeltisi cihazıdır.

Buğulu ayna çiğ noktası sensörünün en yaygın kullanılan tip olduğunu söyleyebiliriz. Yoğuşurma esasına dayanan çiğ noktası sensörü, nem ölçme aralığı geniş olan, hassas ve güvenilir bir cihazdır.

Ancak bu iyi özellikler, psikrometrik cihazlara göre karmaşıklığı ve pahalılığı da berbaberinde getirmektedir. Bu tip higrometrelerde bir yüzey, çığ veya buz yoğuşması başlayıncaya kadar termoelektrik, mekanik veya kimyasal yolla soğutulur. Yüzeydeki yoğuşma, yüzeyi çevreleyen gaz ile dengede olan buharlaşma basıncı ile korunurken, yüzey yoğuşması optik, elektriksel veya nükleer tekniklerle saptanır. Bu durumda ölçülen yüzey sıcaklığı çığ noktası sıcaklığıdır.

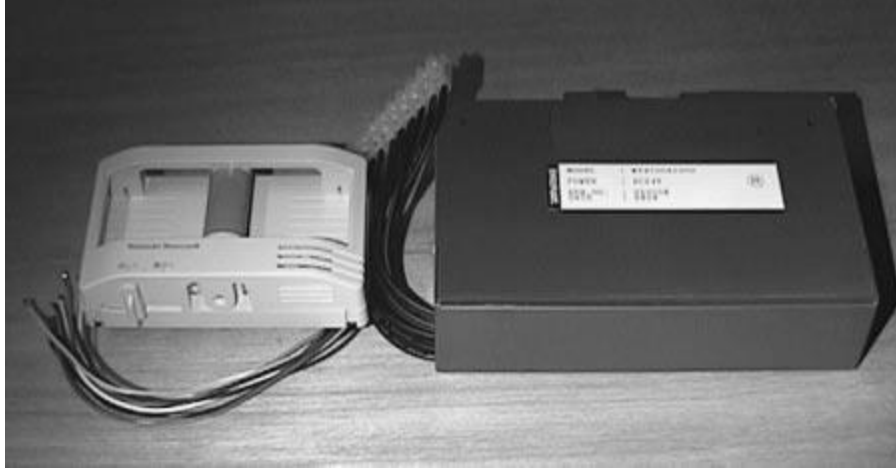
Yoğuşmalı higrometrelerde en büyük hata nedeni, yoğuşma yüzeyi sıcaklığının hassas olarak ölçülmesindeki zorluktur. Bu tip higrometreler optik sistemlerin ve termoelektrik soğutma elemanlarının kullanımıyla oldukça küçük boyutlarda imal edilebilirler. (Gassmann ve Meixner, 2001)

5.2.3.5. Konfor Sensörleri

Konfor doğrudan ölçülebilen bir parametre değildir. Bu olguyu açıklayabilmek için 6 parametreden bahsetmek gerekir. Bunlar ; yaşayanların metabolizma hızı, yaşayanların giysi yalıtımı, kuru termometre sıcaklığı, nem oranı, hava hızı ve radyant sıcaklık ortalamasıdır. Bu parametrelerin hepsi bize ortalama durumu tahmin ederken yardımcı olur. (PMV-Predicted Mean Vote). Bu ortalama durum kriterinin birçok insanın konfor hissini modelleyebildiğini düşünebiliriz. PMV kriteri ayrıca uluslararası bir standarttır (ISO 7730).

Geçmişte, yaşayanlarla ilişkili olmayan 4 parametreyi ölçen cihazlar yaygındı, fakat bu cihazlar fiziksel olarak çok büyüklerdi ve pratik cihazlar değildi. Isıtma havalandırma ve klima sistemleri kontrolüne yönelik, bina otomasyonuna entegre edilebilen ilk konfor sensörü Yamatake-Honeywell tarafından üretildi. Bu cihaz iki kısımdan oluşuyordu, birinci kısım sensör kısmı, ikinci kısım ise işlemci kısmıydı.

Bu sensör ortam sıcaklığını, radyant ortalama sıcaklığı ve hava hızını ölçebiliyordu ve bunların yanısıra bu parametreleri ölçerek PMV-ortalama durum kriterini hesaplayabiliyordu. Bu cihaz sayesinde bina içerisinde yaşayanların konfor seviyesi ölçülmeye başlandı. (Gassmann ve Meixner, 2001)



Şekil 5.24 İlk konfor sensörü (Gassmann ve Meixner, 2001)

5.2.3.6. Hava Kalitesi Sensörleri

Hava kalitesini bozan kaynakların niteliğine göre bunu izlemek için kullanılan sensörler seçilmektedir. Sadece insanlardan kaynaklanan hava kirlenmesini ölçmek için basit CO₂ sensörleri kullanılmaktadır. Ancak mahallerdeki tek kirlilik kaynağı insanların vucüt ve nefesleri değildir. Tütün dumanı, çeşitli kimyasallar, yapı elmanları ve mobilyalardan çıkan gazlar, temizlik malzemeleri gibi hava kalitesini azaltan etkenleri ancak karma gaz sensörleri kullanarak ölçebiliriz.

Karma gaz veya diğer adıyla uçucu organik bileşikler (VOC) sensörleriyle okside edilebilen gaz ve uçucuların hissedilmesi mümkündür. Son 10-15 yılda yapılan araştırmalarla, insan burnuna yakın hava kalitesini hissedebilen karma gaz sensörleri geliştirilmiştir.

Havalandırma sistemlerinde hava kalitesi sensörü seçerken mahalın özelliklerini göz önünde bulundurmak gereklidir. CO₂ sensörleriyle havadaki CO₂ yoğunluğu, dolayısıyla tütün içilmeyen mahallerdeki insan yoğunluğu hissedilebilir. Bu nedenle CO₂ sensörleri müze, tiyatro, sinema ve konferans salonu gibi tütün içilmeyen mahallerde kullanılabilir.

Karma gaz sensörleri CO₂ sensörlerinden daha ucuzdur ve insan burnuna yakın duyarlılıkta yukarıda sayılan tüm kirletici gazları ve uçucuları hissetme özellikleri vardır. Bu nedenle tütün içilen balo salonları, toplantı odaları, lokantalar, giyinme odaları gibi mahallerde kullanılabilirler.

Bu güne kadar elde edilen deneyimler, karma gaz sensörlerinin küçük ve orta büyüklükteki havalandırma sistemlerinde kullanıldığında daha ekonomik, CO₂ sensörlerinin ise ancak tütün içilmeyen ve asıl kirlilik kaynağını insanların oluşturduğu büyük ölçekli havalandırma sistemlerinde kullanıldığında ekonomik olduğunu göstermiştir. (Gassmann ve Meixner, 2001)

5.2.3.7. Hareket Sensörleri

Günümüz dünyasında enerji korunumu en önemli çevresel faktörlerden biridir. Bu nedenle enerjiyi daha verimli kullanmak için binada bir mahal içerisinde kaç kişinin olduğunu, oda içerisinde ne tip cihazların bulunduğunu, bunların yerleşimini bilmek oldukça önemlidir. Bu bilgiler ışığında mahal için gerekli ışık miktarı ve hava miktarı ayarlanabilir.

Genel anlamda iki çeşit yerleşim sensörü bulunmaktadır. Bunlar; ultrasonik hareket dedektörü ve kızılötesi hareket dedektörüdür.

5.2.3.7.1. Ultrasonik Hareket Dedektörü

Bu sensörler Doppler Efektini esasını kullanırlar. Mahal içerisine yüksek frekanslı ses dalgaları yayarlar, sonra bu yayılan ses dalgaları mahal içerisindeki cisimlere çarpıp geri yansır ve bu yansıyan ses dalgalarının frekansı tekrar değerlendirilerek hareket algılanır. Eğer yansıyan ses dalgasının frekansından değişiklik varsa hareket var demektir. Bu tarz sensörler çok küçük hareketleri algılamakta hassas değildirler.

Genellikle ofis, dinlenme odaları, ve küçük konferans salonları gibi mahallerde kullanılırlar.

5.2.3.7.2. Kızılötesi Hareket Dedektörü

Adından da anlaşıldığı gibi pasif kızıl-ötesi (infra-red = IR) dedektörler pasif yani kendiliğinden üreten aygıtlardır. Foto-ışınları, ultrasonik veya mikrodalgaların tersine enerji iletmez ve yaymazlar. Sadece IR ısı enerjisi değişimlerini araştırırlar.

Bütün nesnelere $-273\text{ }^{\circ}\text{C}$ olan mutlak sıfır değerinden daha yüksek olan sıcaklıklarda sıcaklık oranlarına göre enerji yayarlar. Örneğin vücut sıcaklığı $37\text{ }^{\circ}\text{C}$ olan bir insan sıcaklığı $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ olan bir duvardan daha fazla enerji yayar. Böylece korunan bölgeden bir insan geçtiğinde (IR) ısı enerjideki değişim dedekte edilir.

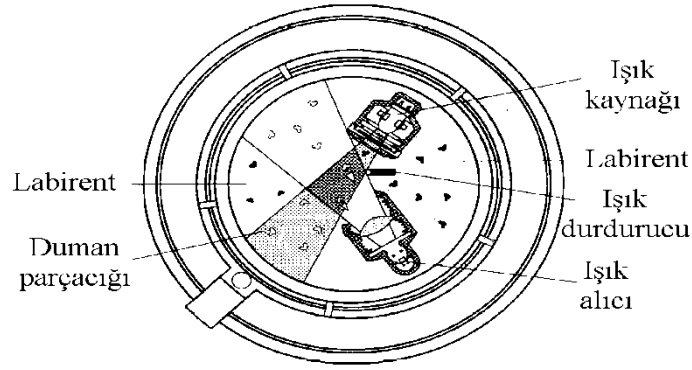
5.2.3.7.3. Duman Dedektörleri

Otomatik yangın dedeksiyon sistemleri duman, alev veya ısının görünmeyen ürünleri gibi yangın fenomenlerinden birinin teşhisi ile yangını dedekte ederler. Yangın dedeksiyon sisteminin tepkisi olarak kontrol ünitesi bir alarmı ve önceden programlanmış kontrol fonksiyonlarını başlatır. Yangın dedeksiyon sisteminin temel tasarımı blok diyagram olarak şekil de görülmektedir. Bir yangın dedeksiyon sisteminin fonksiyonu insan yaşamını ve malzeme servetini kurtarmak olduğundan zayıf noktalara sahip olması beklenemez. Sonuç olarak böyle bir sistemin çok katı gereksinimlere

cevap vermesi gerekir. Alarm sisteminin çalışması ile binada yaşayanlar ve itfaiye servisinin uyarılması ve toplam hasarın en aza indirilmesi mümkündür.

5.2.3.7.4. Dağıtılmış Işık Duman Dedektörü

Işık kaynağı, ışık durdurucu ve ışık alıcısı kaynaktan alıcıya doğru bir yoldan ışık iletimi olmayacak şekilde düzenlenir. Labirent içinde sadece duman parçacıkları mevcut olduğunda alıcıya bir miktar ışık gelir. Işık kaynağı ile labirent içine belirli frekansta kısa ve şiddetli ışık palsleri gönderilir. Alıcı sinyali sadece ışık pals vericinin frekansı ile senkronize olduğunda değerlendirilir.



Şekil 5.25 Işık duman dedektörü yapısı (Özsarı, 2005)

5.2.3.7.5. Doğrusal Duman Dedektörü

Doğrusal duman dedektörü ışığın tükenmesi veya azalması prensibine göre çalışır yani duman ile azalan ışık ölçülür. Verici optik ölçme kısmına güçlü odaklanmış kızıl ötesi ışık yayar. Şayet duman mevcut değilse ışığın büyük kısmı yansıtıcıya ulaşır ve aynı yoldan kaynak noktasına geri döner. Gelen ışık alıcı foto diyotta elektrik sinyali üretir.

5.2.3.7.6. Sabit Sıcaklık Dedektörleri

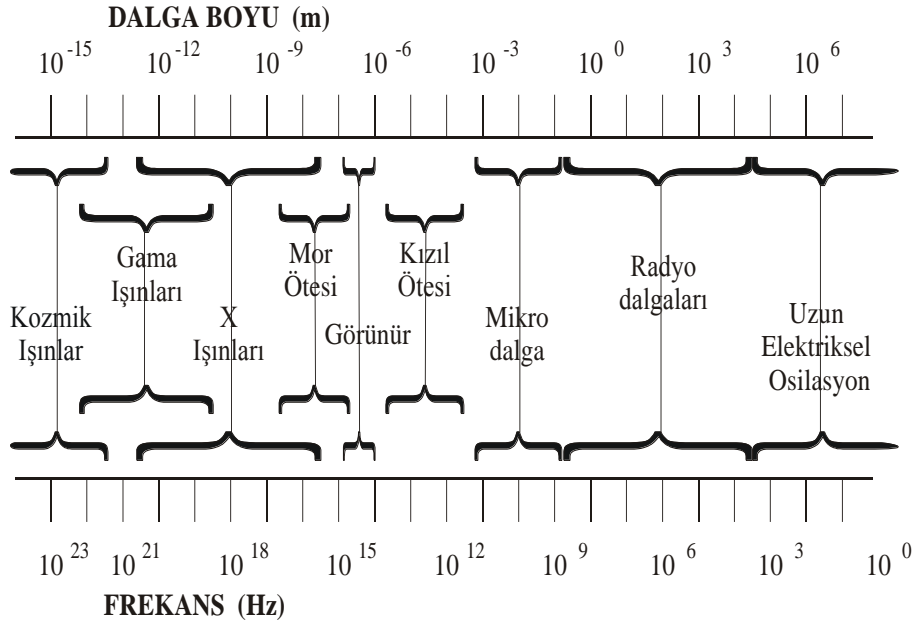
Sabit sıcaklık dedektörleri şekilde de görüldüğü gibi bir alarmın başlatılacağı maksimum sıcaklığı değerlendirir. Böyle dedektörler bir termistör, eriyebilen halka, bimetal şerit veya genişleme sıvısı ile çalışacak şekilde tasarlanır. Isı dedektörleri alevli yangınları dedekte ederek dedektörde önceden ayarlanmış maksimum sıcaklık aşıldığında bir alarmı çalıştırır. Bunlar sıcaklıkta ani artışın beklenebileceği açık yangınların dedeksiyonu ve hızlı tepkili dedektör gereken yerler için uygundur.

5.2.3.7.7. Sıcaklık Artış Oranı Dedektörü

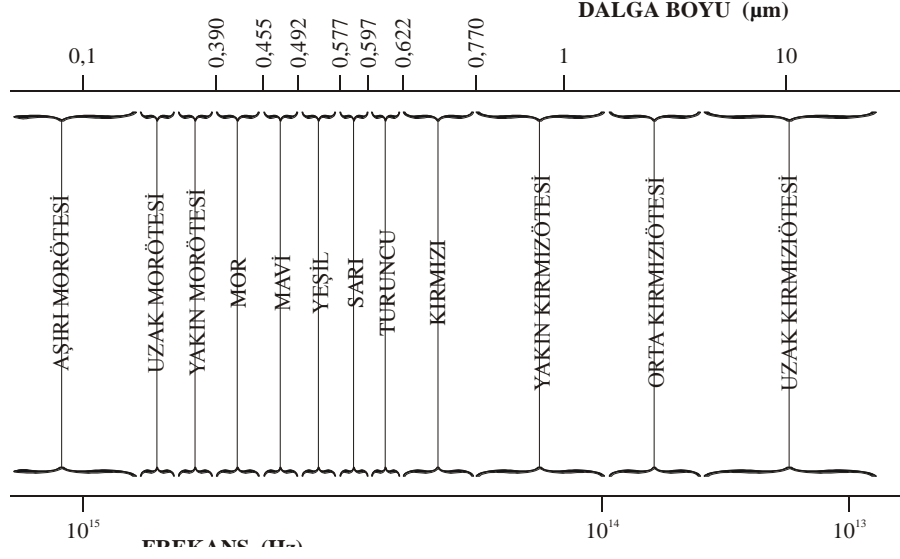
Sıcaklık artış oranı dedektörleri birim zaman başına sıcaklığın yükselme oranını ($^{\circ}\text{C}/\text{dak}$) değerlendirerek alarmı başlatırlar. Sıcaklık artış oranı dedektörleri bir termistör, elektriksel direnç kablosu veya genişleme sıvısı ile çalışacak şekilde tasarımlanır. (Özsarı, 2005)

5.2.3.8. Işık Dedektörleri

Morötesi-kızılötesi spektral aralığındaki elektromanyetik ışınım dedektörleri ışık dedektörleri olarak adlandırılır. Bir algılayıcı tasarımcısının görüş açısından algılayıcı malzeme ile fotonların emilmesi bir kuantum veya ısıl tepki ile sonuçlanabilir. Bu bakımdan bütün ışık dedektörleri kuantum ve ısıl olarak adlandırılan iki ana gruba ayrılabilir. Kuantum dedektörleri morötesinden orta kızılötesi spektral aralıkta çalışırken ısıl dedektörler orta ve uzak kızılötesi spektral aralıkta daha çok kullanışlı olup oda sıcaklıklarındaki verimleri kuantum dedektörlerini aşmaktadır.



Şekil 5.26 Işık spektrumu (Özsarı, 2005)



Şekil 5.27 Renk spektrumu (Özsarı, 2005)

5.2.3.8.1. Fotodiyot

Fotodiyotlar yarı iletken optik sensörlerdir, geniş anlamda tanımlamak istersek bu tarz sensörler güneş pilide içerebilirler. Fotodiyot, tıkama yönündeki akımı ışıkla kontrol edilen bir yarı iletken elemandır. Yani üzerine düşen ışığın şiddediyle orantılı olarak iletkenliği değişen diyod. Fotodiyot, üzerine düşen ışıkla orantılı voltaj da üretir. Ancak bu özelliği yerine genellikle uygulamada ters polarite de beslenir ve sızıntı akımının ışıkla orantılı değişmesi özelliğinden yararlanır. Pozometrelerde, hırsız alarm sistemlerinde, tv, müzik seti vs uzaktan kumanda aletlerinde otomatik açılır kapanır kapı sistemlerinde, otomatik çalışan gece lambalarında ışık algılayıcısı olarak kullanılmaktadır. Işığın girebilmesi için katot bölgesine açılan şeffaf bir pencere bulunmaktadır. Fotodiyot, tıkama yönünde devreye bağlanır. Karanlıkta tıkama yönünde 1 mikroamper civarında, küçük değerli bir akım akar. Fotodiyotun katot kısmına ışık düşürülünce, tıkama yönündeki akım ışıkla orantılı olarak artar. İdeal olarak karanlıkta açık devre ve aydınlıkta kısa devre gibi kabul edilebilir. Fotodiyotların uygulama alanları fotodirençlere benzer. Fotodiyota tıkama yönünde bir gerilim uygulandığı zaman, bir fotoiletken eleman ve iletim yönünde gerilim olduğu zaman ise fotovoltaik eleman özelliğindedir. Çeşitli ölçü ve kontrol düzenlerinde fotodiyotun bu iki özelliğinden faydalanılmaktadır. Fotodiyotun cevap zamanı, fotodirençten daha hızlıdır. Dolayısıyla, fotodiyotlar ışık değişimleri hızlı olan yüksek frekanslı uygulamalarda kullanılır.

5.2.3.8.2. Fototransistör

Fototransistörler, elektrik akımını ışık ile kontrol eden devre elemanlarıdır. Genel olarak her türlü transistör, ışığı görecekt şekilde şeffaf muhafazalara konulsaydı, fototransistör olarak kullanılabilirdi. Ancak fototransistörlerde bazı etkiler gözönüne alınarak diğer transistörlerden farklı bir tasarım tekniği kullanılmıştır.

5.2.3.8.3. Fotorezistör

Fotodiyotlar gibi fotorezistörlerde yarı iletken malzemelerden yapılan cihazlardır. Bu sensörlerin yapımında kullanılan en yaygın malzemeler kadmiyumsülfid (CdS) ve kadmiyum selenit (CdSe). Bu yarı iletken malzemelerin yüzeyine gelen ışık miktarına göre dirençleri değişir ve bu sayede ışık şiddeti ölçülebilmektedir. (Fraden, 2004)

5.2.3.9. Akustik Sensörler

Genelde mikrofon olarak adlandırılan algılayıcılar akustik sensörler olarak düşünülebilir. Temelde mikrofon geniş bir spektral aralık üzerinde ses dalgalarının dönüşümü için adapte edilmiş bir basınç dönüştürücüsüdür. Mikrofonlar, duyarlılıkları, yöne bağlı karakteristikleri, frekans bant genişlikleri, dinamik aralıkları, büyüklükleri vb. ile farklılık gösterir. Ayrıca tasarımlarında ses dalgalarının algılanacağı ortama bağlı olarak tamamen farklılık gösterir. Katılardaki titreşimlerin ve hava dalgalarının algılanması durumunda algılayıcı mikrofon olarak adlandırılırken sıvılardaki algılayıcıya hidrofond adı verilir. Çalışma frekans aralığı nadiren birkaç Hz'den başlar ve üst çalışma frekans aralığı ise çok yüksektir, ultrasonik uygulamalar için birkaç MHz'e kadar çıkabilir.

Akustik dalgalar mekanik basınç dalgaları olduğu için herhangi bir mikrofon veya hidrofond temel algılayıcısındaki aynı temel yapıya sahiptir : Hareketli bir diyafram ve diyaframın sapmalarını elektrik sinyaline dönüştüren bir yerdeğişim algılayıcısından oluşmaktadır. Mikrofonları beş grupta toplayabiliriz; bunlar ; kondenser, fiberoptik, piezoelektrik, elektret ve rezistiftir. (Fraden, 2004)

5.2.3.10. En Çok Tanınan Akıllı Sensör Örnekleri



Şekil 5.28 Oda kontrol üniteleri [17]



oda tipi sıcaklık sensörü

Kanal tipi sıcaklık sensörü

Dış hava tipi sıcaklık sensörü

Daldırma tipi sıcaklık sensörü

Şekil 5.29 Sıcaklık sensörleri [4]



Oda tipi sıcaklık ve nem sensörü

Kanal tipi sıcaklık ve nem sensörü

Şekil 5.30 Kanal tipi sıcaklık ve nem sensörü [17]



Gaz basınç sensörü



Sıvı + gaz basınç sensörü



Şekil 5.31 Basınç sensörleri [4]



Şekil 5.32 Kanal tipi hız sensörü [4]



Oda tipi hava kalitesi sensörü



Kanal tipi hava kalitesi sensörü

Şekil 5.33 Hava kalitesi sensörleri [4]



Donma termostatu

Kanal tipi termostat

Daldırma tipi termostat

Isıtma/soğutma
termostatu

Fan-coil termostatu

Şekil 5.34 Termostatlar [4]



Oda tipi higrostat



Kanal tipi higrostat

Şekil 5.35 Higrostatlar [4]



Fark basınç anahtarı



Akış anahtarı



Hava kalitesi anahtarı

Şekil 5.36 Anahtarlar [4]

5.3. Otomatik Kontrol Vanaları, Servomotorlar, Sürücüler

5.3.1. Otomatik Kontrol Vanaları

Günümüzde pek çok firma taraafından üretilmekte olan otomatik kontrol vanaları farklı özellik ve dizayna sahip olmakla birlikte genel olarak aşağıdaki elemanlardan oluşur.

Gövde ; kontrol vanasının ana parçası olup, akışkanın içinden geçtiği bölümdür. Gövde pirinç, bronz, pik döküm veçelik döküm olarak farklı basınç ve sıcaklık sınıflarında kullanılmak üzere imal edilirler.

Tij ; nihai tahrik ünitesinden almış olduğu mekanik kuvvet ile bağlı olduğu tapa veya diski gövde içerisinde dikey olarak hareket ettiren bağlantı çubuğudur.

Salmastra ; vana gövdesi içerisinde dış ortama göre farklı sıcaklık ve basınçta bulunan akışkanın, tiji hareket ettiği alan içerisinde dışarı çıkmasını önleyen elemandır.

Başlık ; nihai tahrik elemanının vana gövdesine bağlandığı aynı zamanda tije yataklık eden ve sızdırmazlık elemanlarının yerleştirildiği bölümdür.

Tapa ; vananın hareketli bir parçası olan tapa, nihai tahrik ünitesinden tij vasıtasıyla almış olduğu mekanik hareketle vanadan geçen akışı kontrol eden elemandır.

Disk ; aslında tapaya ait olan bir bölüm olan disk, tapa oturma yüzeyine tam oturduğu anda, oturma yüzeyi ile sıkı temas ederek sızdırmazlığı sağlar.

Port ; vana oturma yüzeyindeki açıklık olup, akışkanın vana içinden geçmeye zorlandığı kesittir.

Oturma yüzeyi ; vana gövdesinin sabit bir parçası olup, disk ile gövde arasında sızdırmazlığı ve tam kapanmayı sağlar.

Günümüzde otomatik kontrolde kullanılan birçok çeşit vana tipi bulunmaktadır. Vana çeşitlerini aşağıdaki gibi sınıflandırabiliriz.

Konstrüksiyon açısından vana çeşitleri ; tek oturtmalı vanalar, çift oturtmalı vanalar

Akış yönlerine göre vana çeşitleri ; iki yollu vanalar, üç yollu vanalar, üç yollu ayırıştırıcı vanalar, dört yollu vanalar

Akışı kontrol etmeleri açısından vana çeşitleri ; kayan tapalı vanalar, döner tapalı vanalar, küresel tapalı vanalar, kelebek vanalar

Tahrik açısından vana çeşitleri ; selenoid vanalar, diyafram vanalar, motorlu vanalar, pnömatik vanalar, pilot kumandalı vanalar

Bu kısımda otomatik kontrolde en yoğun olarak kullanılan iki yollu ve üç yollu vanaları terimlerini ayrıntılı olarak inceleyeceğiz. (Değirmenci, vd. 2003)

5.3.1.1. İki yollu vanalar

Kontrol edilen akışkanın vana içinden geçebilmesi için tanımlanmış bir giriş ve bir çıkış yolu bulunan iki yollu vanalar, her türlü akışkanın (sıvı, gaz ve buhar) oransal veya iki konumlu kontrolü için kullanılır.



Şekil 5. 37 İki Yollu PN16 vana gövdesi [4]

5.3.1.2. Üç yollu vanalar

Üç yollu karıştırıcı vanalarda, ikisi giriş ve biri çıkış olmak üzere üç yol bulunmaktadır. Vana tijinin hareketi ile girişlerden geçen akışkan, çıkış ağzından karıştırılmış olarak geçer ve çıkış ağzı hiçbir şekilde kapalı olmaz.

Karıştırıcı olarak tasarlanmış bir vana, ayırıştırıcı olarakta kullanılabilir. Bu durumda tapa yapısının uygunsuzluğu sebebiyle, tahrik ünitesinin karşılaması gereken karşı güç, iki yollu tek oturtmalı vanadaki gibi oluşur. Bu tür vanalar genellikle sıcak, soğuk ve kızgın su kontrol devrelerinde kullanılır. (Değirmenci, vd. 2003)



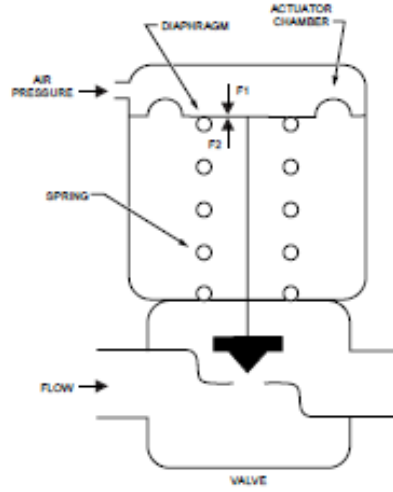
Şekil 5.38 Üç yollu PN16 vana gövdesi [4]

5.3.2. Servomotorlar

Servomotorlar bir kontrol kartı tarafından kontrol edilir ve kontrolcüden aldıkları sinyale göre bağlı buldukları mekanik mekanizmanın hareket etmesini sağlarlar. Servomotorlar elektrik veya pnömatik enerjiyi döner veya lineer hareketlere çevirirler. Günümüzde servomotorların bina sistemlerinde en yoğun olarak kullanıldıkları sistemler, vana ve damper kontrolüdür. Genelde, pnömatik servomotorlar oransal ve modülasyonlu hareketler sağlarlar, bu bağlamda bu motorlara gönderilen havanın basıncının bir fonksiyonu olarak kontrol edilen mekanizmayı istediğimiz pozisyonda tutabiliriz. İki pozisyonlu yani açma/kapama kontrollerinde sıfır hava basıncı ve maksimum hava basıncını algılayabilmek için her iki duruma ait bir röle gerekmektedir.

Elektrik servomotorları iki pozisyonlu, yüzer kontrollü veya oransal kontrollü olabilirler. Oransal kontrollü elektrik servomotorları sistemi kontrol eden kontrolcüden gelecek bir elektronik analog sinyale ihtiyaç duyarlar. Elektrik servomotorları iki yönde hareket kabiliyetine sahiptirler, bu bağlamda bir yöne dönerken vanayı yada damperi açabilir, diğer yöne döndüğünde de vanayı yada damperi kapatabilirler. Bazı elektrik servomotorları her bir yöne dönüş için ayrı ayrı enerjiye ihtiyaç duyabilirler. Günümüzde bina sistemlerinde yoğun olarak kullanılan yay geri dönüşlü pnömatik ve elektrik servomotorlar bulunmaktadır.

Şekil 5.39'da pnömatik bir servomotorun vanayı kontrol edişi gösterilmektedir. Hava basıncının artmasıyla oluşan F1 kuvveti diyaframı aşağıya doğru iterek vananın kapanmasını sağlar. Gönderilen havanın basıncı azaldığında yayda depolanan enerji sayesinde diyafram tekrar oluşan F2 kuvveti ile yukarı doğru kalkarak vananın açılmasını ve akışkanın geçmesini sağlar. (Gilligan, 1997)

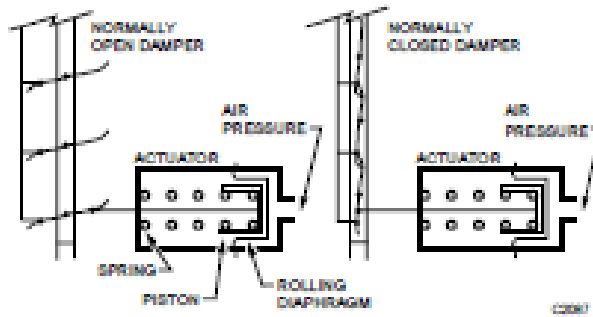


Şekil 5.39 Tipik pnömatik servomotor ile vana kontrolü (Gilligan, 1997)



Şekil 5.40 Pnömatik servomotor [18]

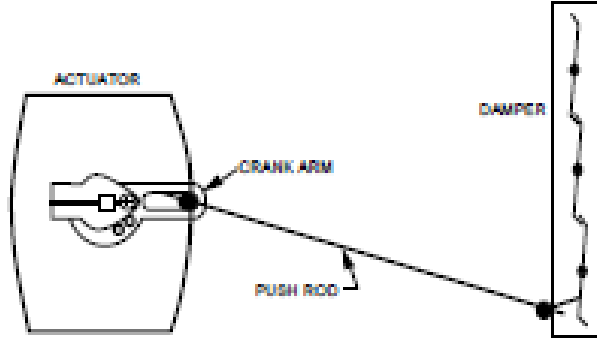
Pnömatik servomotorlar vana kontrolüne benzer olarak damperleride kontrol etmede kullanılırlar. Şekil 5.41’de pnömatik servomotorun damperi nasıl kontrol ettiğini görebilirsiniz.



Şekil 5.41 Tipik pnömatik servomotor ile damper kontrolü (Gilligan, 1997)

Elektrikli servomotorlar bina uygulamalarında en yoğun olarak kullanılan servomotor tipleridir. Çalışma mekanizmaları genel olarak, kontrolcüden gelen sinyale göre, bu sinyal dijital veya analog bir sinyal olabilir, vanayı veya damperi konumlandırır.

Elektrikli servomotorlar iki pozisyonlu, yüzer kontrol ve oransal kontrol imkanlarını bize sağlarlar. Şekil 5.42’de tipik bir yay geri dönüşlü elektrikli servomotorun yapısını görebilirsiniz. (Trevathan, 2006)



Şekil 5.42 Tipik elektrikli servomotor ile damper kontrolü (Gilligan, 1997)



Yay geri dönüşlü 0-10 V oransal elektrikli damper servomotoru

Yay geri dönüşsüz 0-10 V oransal elektrikli damper servomotoru

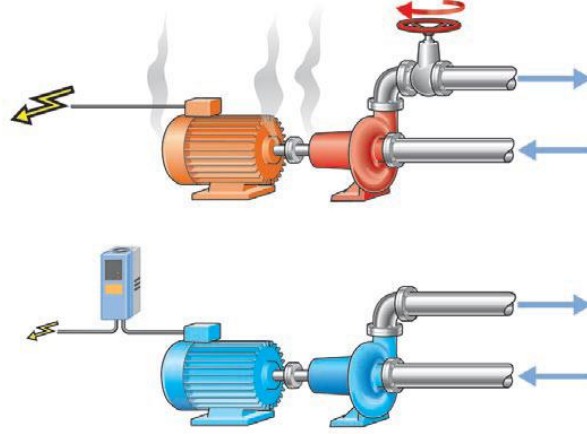
Şekil 5.43 Tipik elektrikli damper servomotorları

5.3.3. Sürücüler

Vantilatörler, pompalar ve kompresörler gibi akış üreten cihazlar genellikle hız ayarı olmadan kullanılmaktadırlar. Bunun yerine akış geleneksel metotla regülatörler, valfler ve subaplar yardımı ile kontrol altına alınmaktadır. Akış değişken motor hızıyla kontrol edilmediğinde, motor sürekli

tam hızda çalışır. Bu tarz sistemlerin azami debiye nadiren ihtiyaç duymaları yüzünden, hız ayarsız bir sistem çoğu zaman önemli miktarda enerji israf etmektedir.

Frekans invertörleri ile motor hızının ayarlanması %70'e varan bir enerji tasarruf imkanı sunmaktadır. Şekil 5.44'de temel prensibi açıklamaktadır.



Şekil 5.44 Frekans invertörü temel çalışma prensibi (Ristimaki, 2008)

Bina sistemlerinde kullanılan elektrik motorlarının çoğu, indüksiyon veya asenkron motor olarak da bilinen kısa devreli motorlardır. Benimsenmiş olmaları, nispeten uygun fiyatlı, az bir bakım masrafı gerektirmeleri ve yüksek oranda güvenilir olmalarına dayanmaktadır. Bu modellerde, motor dönme sayısını kontrol altına almanın tek yolu, giriş akım (alternatif akım) frekansını değiştirmek ile mümkündür. Frekans Konvertörünün devreye girdiği yer burasıdır.



Şekil 5.45 Frekans İnvörtörleri

Frekans konvertörü; İnvörtör, Değişken Hızlı Sürücüler (VSD), Değişken Frekanslı Sürücüler (VFD) veya Frekans dönüştürücüsü gibi birçok isimle bilinmektedir. Tüm bunlar aynı şeyi tanımlar: Elektrik motorlarında kademesiz hız ayarını sağlayan bir elektronik cihaz. Günümüzdeki VFD sistemleri, sistem içerisindeki diğer elemanların kontrolü ve korunması gibi farklı fonksiyonları da yerine getirirler. (Ristimaki, 2008)

5.4. SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition)

5.4.1. SCADA'nın Tanımı

SCADA, Supervisory Control and Data Acquisition kelimelerinin ilk harflerinden oluşmuştur. Türkçe'ye "Danışmalı Kontrol ve Veri Toplama Sistemi" veya "Denetimli Kontrol ve Veri Toplama Sistemi" olarak çevrilebilir. SCADA sistemi geniş bir alana yayılmış cihazların bir merkezden bilgisayar aracılığıyla denetlenmesini, izlenmesini, önceden tasarlanmış bir mantık içerisinde işletilmesini ve geçmiş zaman birimine ait verilerin saklanmasını sağlayan sistemlere verilen genel addır.

SCADA yazılım paketleri endüstriyel tesislerde altyapı yazılımı görevini görmekte şirket içindeki ağ "INTRANET" ve şirket dışındaki ağ "EXTRANET" lerin birbirine ve fabrikanın tüm katmanlarına kolaylıkla bağlanmasını sağlamaktadır.

SCADA yazılımı Çizelgeleme, Üretim Yönetimi, Üretim Denetimi, Hücre Kontrolü ve Ekipman Kontrolü seviyeleri arasındaki veri alışverişini yeni arabirim yazılımları geliştirilmesine gerek kalmadan sağlamaktadır. SCADA üretiminde merkezi izleme sistemi, grafik kullanıcı ara yüzleri, lokal denetim desteği için araçlar, dağıtılmış uygulamaların entegrasyonu, bilginin işlenmesi görevini üstlenir. SCADA, işletme genelinde herkese, her yerde her zaman kağıt kullanmadan gerçek zamanlı, doğru ve detaylı bilgiyi sağlamakla görevlidir. Günümüzde Üretim Döngüsü üretim, dağıtım, satış, pazarlama, servis geliştirme ve müşterinin sıkı işbirliği ile gerçekleştirilmektedir. Bu bilgi alışverişi Planlama ve Üretim seviyelerinde tek bir organizasyonun sınırlarını aşmakta ve organizasyonlar arası bilgi akışına dönüşmektedir. Bu da çok yakın bir gelecekte INTERNET – SCADA'nın yaygın olarak kullanılacağına göstergesidir. SCADA üretim endüstrisinde gerçek zamanlı üretim bilgileri için bir omurga oluşturduğu gibi INTERNET teknolojisi kullanılarak değişik bilgi omurgalarına sahip firma dışı ortaklara da gerçek zamanlı veriler taşıyarak ulaşır. Böylece en geniş anlamı ile SCADA Sistemleri Üretim ve Girişim Organizasyonlarındaki değişik altyapı sistemleri entegre edip organizasyonların amacı doğrultusunda çalışmalarını sağlamaktadır.

Büyük bir fabrikanın tüm süreçlerinin grafiksel gösterimi katmanlar halinde saklanmak zorundadır. Bu katmanlar kullanım özelliklerine ve ulaşılmak istenen bilgilere göre ortaya çıkarılabilmektedir. Yakınsaklaştırma fonksiyonları kullanılarak daha önce tanımlanmış katmanlar arasında kolaylıkla hareket ederek istenilen bilgiye ulaşmak mümkün olabilmektedir.

SCADA sistemi İzleme, Danışma, Kontrol ve Veri Toplama işlevlerini yerine getirir. SCADA iletim şebekelerinin uzaktan izlendiği ve denetlendiği sistemlerde geçerliyse de , dağıtım şebekelerindeki uygulamaları amaç ve kapsam bakımından çok farklı oluşu nedeniyle bunları adlandırmada yetersizdir. Dolayısıyla dağıtım sistemlerinde bu tür uygulamalara Dağıtım Otomasyonu sistemi denmektedir. İletim şebekeleri SCADA' sını yalnızca enterkonnekte sistemde yer alan merkezleri kapsarken, Dağıtım Otomasyonu indirici merkezlere ek olarak primer devre ve sekonder devrelere kadar iner. Ayrıca denetim merkezindeki Coğrafi Bilgi Sistemi (Geographic Information System(GIS)), Arıza İhbar Yöntemi Sistemi (Trouble Call Management System(TCMS)) gibi dağıtım sistemlerine özgü sistemlerde birlikte çalışır. İletim SCADA'sındaki bilgi alma ve kumanda, gönderilen nokta sayısı tek bir şehrin otomasyonundaki nokta sayısının kat kat altındadır. Ancak dağıtım şebekesinde yalnızca trafo merkezlerinin gözlendiği ve denetlendiği sınırlı kabiliyette bir otomasyon uygulamasına Dağıtım SCADA sistemi denilebilir. Bu sınırlı uygulama da Dağıtım Sisteminin sorunlarına tek başına bir çözüm getirmez. Dağıtım Otomasyonu şebeke özelliklerinden dolayı hem alan , hem işlev olarak modüler bir biçimde gelişebilir. (Topak, 2000)

Danışma Ve Kontrol İşlevleri

Belli bir cihazı veya tesisi uzaktan kontrol edebilmek , bunların verilen kontrol komutuna göre çalışmasını sağlayabilmek ve davranışlarının kontrol komutları doğrultusunda olup olmadığını doğrulayabilmektedir.

Uzaklık Kavramı

Uzaklık için genel kriter ; kontrol bölgesi ile kontrol edilen cihaz arasındaki mesafenin telli kontrol kullanmaya elverişli olmadığı veya pratik olmadığı uzaklıktır.

Danışmalı Kontrol Sistemi

Bir iletişim kanalı üzerinden , Multiplexing tekniği kullanılarak uzak ve geniş coğrafi bölgeye yayılmış bulunan , çok sayıda cihaz ve tesisin sistem operatörü tarafından , danışma ve kontrolünü sağlayan sistem , Danışmalı Kontrol Sistemi olarak tanımlar.

SCADA sistemleri; sistem operatörlerine, merkezi bir kontrol noktasından geniş bir coğrafi alana petrol ve gaz alanları, boru sistemleri, su şebekeleri, termik ve hidrolik enerji üretim sistemleri ile

iletim ve dağıtım tesisleri gibi alanlarda vanaları, kesicileri, ayırıcıları, anahtarları uzaktan açıp kapama, ayar noktalarını değiştirme, alarmları görüntüleme, ölçü bilgilerini toplama işlevlerini güvenilir, emniyetli ve ekonomik olarak yerine getirme avantajı sunmaktır. (Topak, 2000)

5.4.2. SCADA Sistemi

Kapsamlı ve entegre bir Veri Tabanlı Kontrol ve Gözetleme Sistemi (Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA)) kontrol sistemi sayesinde, bir tesise veya işletmeye ait tüm ekipmanların kontrolünden üretim planlamasına, çevre kontrol ünitelerinden yardımcı işletmelere kadar tüm birimlerin otomatik kontrolü ve gözlenmesi sağlanabilir.

Bu tür sistemler “Katmanlaşan – Scalable” özelliklerinden dolayı, değişik işletmelerin tüm kontrol ihtiyaçlarını kademeli olarak gerçekleştirilmelerine imkan verir.

Bu katmanlar ;

- Kaynak Yönetim Katmanı,
- İşletme Yönetim Katmanı,
- Süreç Denetim Katmanı,
- İşletme Kontrol Katmanı.

5.4.2.1. Kaynak Yönetim Katmanı

İşletmenin Üretimi için gerekli kaynakların planlandığı bu katman’ da üretim ve hizmet politikalarını destekleyecek kararlar alınır ve uygulanır. Hizmet ve üretim yönetimi departmanları ile diğer departmanlar arasındaki işbirliği gerçekleştirilir.

Burada “İşletme Kaynakları Planlaması” (Enterprise Resource Planning – ERP) yazılımları bu düzeydeki yönetim fonksiyonlarını desteklemek amacıyla kullanılır. Entegre bir SCADA kontrol sisteminin bu katmanında en alt katmandan gelen veriler değerlendirilerek işletmelerin stratejileri geliştirilir, politikalar saptanır ve işletme ile ilgili önemli kararlar alınır.

5.4.2.2. İşletme Yönetim Katmanı

İşletmelerde veya tesislerde bulunan bölümler arası işbirliği bu düzeyde sağlanır. İşletme yönetim katmanında bir önceki seviyede saptanmış stratejilere uygun kararlar oluşturulur ve işler sırası ile yürütülür. Bu katman daha çok bir işletme müdürlüğü işlemini üstlenir.

5.4.2.3. Süreç Denetim Katmanı

Süreç Denetim Katmanında izleme ve veri toplama fonksiyonlarının gerçekleştirilmesiyle tesisler ve makinalar arası eşzamanlılık sağlanması amaçlanır. Bu katman, genellikle merkezi kontrol odası bünyesinde kontrol cihazları ve SCADA yazılımları içerir.

5.4.2.4. İşletme Kontrol Katmanı

İşletmelerin Fiziksel Kontrollerinin yapıldığı katman olarak tanımlanabilir. Burada, mekanik ve elektronik aygıtlar arabirimlerle bağlanarak işletme fonksiyonlarını yürütürler. Denetim komutları bu düzeyde tesisin çalışmasını sağlayan elektriksel işaretlere sinyallere ve makine hareketlerine dönüşür, bu dönüşümler elektronik algılayıcılar aracılığıyla toplanır. Toplanan veriler elektrik işaretlerine çevrilerek SCADA sistemine aktarılır. Tahrik motorları, vanalar, lambalar, hız ölçü cihazları, yaklaşım dedektörleri, sıcaklık, kuvvet ve moment elektronik algılayıcıları burada bulunur. SCADA sisteminden verilen komutlar, bu katmanda, elektrik işaretlerine çevrilerek, gerçek dünyada istenen vanaların açılması, ısıtıcıların çalıştırılıp – durdurulması gibi hareketlerin oluşması sağlanır. (Park ve Mackay, 2003)

5.4.3. SCADA Sisteminin İşlevleri

SCADA sistemlerinin işlevleri ;

- İzleme işlevleri,
- Kontrol işlevleri,
- Veri toplama,
- Verilerin kaydı ve saklanması.

olarak 4 grupta toplanabilir.

İzleme İşlevleri

- Durum denetimi (açık-kapalı),
- Eşik ve limit değer denetimi (analog ölçümler),
- Olay ve alarmların rapor edilmesi, gruplandırılması, sınıflandırılması,
- Trend denetimi.

Kontrol İşlevleri

- Kontrol edilecek cihazların tek tek kontrolü (ayırıcı ve kesicileri uzaktan açılıp kapatılması, trafo değiştirici kontrolü vb.),
- Regülatörlere veya rölelere kontrol işaretleri gönderilmesi.

Veri Toplama

- Analog ölçümler (akım, gerilim, aktif ve reaktif güçler, yağ ve sargı sıcaklıkları, kademe değiştirici konumu, vb.),
- Durum ölçüleri (kesici ve ayırıcıların açık kapalı konumları, röle kontak konumları vb.),
- Enerji ölçümleri (sayaç çıkışlarından alınan birim enerji işaretlerinin sayılması).

Verilerin Kaydı Ve Saklanması

Denetlemeli kontrol ve veri toplama işlevlerinden elde edilen veriler isteğe bağlı aralıklarla ve istenen şekillerde kaydedilerek istenen sürelerde saklanır. (Topak, 2000)

5.4.4. SCADA Sisteminin Yapısı

SCADA esas olarak üç bölümden oluşur.

- Uzak Uç Birim (Remote Terminal Unit(RTU)),
- İletişim Sistemi,
- Kontrol Merkezi Sistemi (Ana Kontrol Merkezi AKM – Master Terminal Unit MTU).

5.4.4.1. Kontrol Merkezi (MTU)

Kontrol Merkezi Tanımı ve Özellikleri

İngilizce’ de, yaygın olarak kullanılan adı Master Terminal Unit (MTU) Türkçe’ye ana veya yönetici giriş ünitesi olarak çevrilebilir. Yaptığı işlevleri de göz önüne alarak bu birimi Ana Kontrol Merkezi veya kısaca Kontrol Merkezi olarak Türkçe’ ye çevirebiliriz.

Kontrol Merkezi geniş bir coğrafi alana yayılmış tesislerin, bilgisayar esaslı bir yapıyla uzaktan kontrol edildiği, izlendiği ve yönetildiği yer olarak tanımlanabilir. Kontrol merkezleri genelde SCADA sistemlerinin ve kontrol edilecek tesislerin merkezi bir yerine kurulur.

Kontrol merkezi, sistemin güvenilirliğinden sorumludur. Yetki verilmeksizin açma kapama işlemi yapılamaz. Bunun sonucunda merkez; bakım için dağıtım birimlerinin hizmetten çekilmesi, işletme modelinde değişiklikler yapmak, dağıtım sisteminde arıza durumunda ortaya çıkan sorunların çözümü için gereken bütün açma – kapama işlemlerinde müsaade eder ve bunları denetler. Kontrol Merkezi, yüklerin izlenmesinden sorumludur ve bunların kabul edilebilir sınırlar içinde kalması için, ya uygun otomatik cihazları devreye almak suretiyle yada işletme programını değiştirmek suretiyle önlemleri almak zorundadır.

Dağıtım Sisteminde arıza olması durumunda kontrol merkezi sorunları gidermek ve mümkün olan en kısa sürede normale dönüşü sağlamak zorundadır. Bir yandan dağıtım donanımının devre dışı kalma stratejisini hesaba katarak, kritik durumların ortaya çıkarılmasına imkan verecek çağdaş izleme yöntemleri kullanılmalı, diğer yandan arızaların anında yerlerinin tespitine imkan vermelidir.

Kontrol merkezinde özellikle tüketim miktarları, dağıtım donanımının kullanım sayıları ve arızalar hakkında istatistiksel tutulması çok önemlidir. Bu istatistikler daha sonra geçmişteki işletme planlamasında aynı zamanda sistem planlamasında kullanılır.

İstatistiklerin yapılması; nicelik ve nitelik bakımından verilerin toplanmasını, ileride kullanılmak üzere bu verilerin kayıtlara geçirilmesini, planlama ve bilgisayar donanımını gereksinimlere uyarlanmış hesaplama yöntemlerini kullanmayı gerektirmektedir.

SCADA Sisteminde geniş bir alan yayılmış RTU'ların koordineli çalışması, RTU'lardan gelen bilgilerin yorumlanması, kullanıcılara sunulması ayrıca kullanıcıların isteklerini RTU'lara ileterek merkezi kumandanın sağlanması işlevlerini SCADA Sisteminde Ana Kontrol Merkezi yerine getirir.

Merkezi bilgisayar; RTU'lardan periyodik olarak gelen verileri, sistem üzerinden alınan ikazları, istenilen bilgileri düzenli olarak saklar. Merkezi yazılım bu bilgileri değerlendirerek kontrol eder. SCADA Sistemlerinde merkezi bilgisayar vasıtası ile RTU'lardan ve sistemin diğer elemanlarından toplanan bilgiler gerek duyulan hallerde her türlü raporlar çıktı olarak kullanıcının istemine sunulur. Merkezi Sistemin denetlenen sistemin akış diyagramının ekran üzerinde görüntülenmesi sağlanır. Dolayısıyla operatör tüm sistemi ekran üzerinde gözlemleyerek sistem takibi yapabilir. Sistemin çalışması açısından RTU'lardan gelen alarm ve arıza uyarıları çok önemli olduğundan merkezi yazılım bu durumları görsel ve sesli olarak operatöre bildirir.

Merkezi Sistem birimi; yöneticilerin işletme operatörlerini, bakım elemanlarını ve tüm işletim sistemini gerçek zamanlı görsel olarak izleyebildikleri fiziksel çevredir. Kontrol merkezinde merkezi bilgisayardan başka bulunan kullanıcı ara birimleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

Bilgisayar Terminalleri: Birçok kullanıcıya çalışma imkanı veren bu terminaller operatörlerin sistemi takip edebilmelerini sağlar. Sistemin kontrolü için gerekli bilgilerin girilmesi veya değiştirilebilmesi mümkün olabilmektedir.

Bilgisayar Ekranları: Ekranlar ile dinamik işletme noktasının (kesici, ayırıcı, motor, vana, ölçü noktası) sürekli gözlenmesi sağlanır.

Yazıcılar: İşletmeye ve sisteme ait tüm durum ve arıza hallerini raporlama imkanı

sağlar.

Kontrol merkezi'nin sistem içindeki yeri ifadesinde ,sistem içinde bulunması gereken nokta anlaşılmaktadır.Kontrol merkezi için işletme sahasında merkezi bir bölge seçilmelidir.Bu durum SCADA sisteminin haberleşme performansı açısından önemlidir.Kontrol merkezi ,sistem içinde bir noktada olabileceği gibi birden fazla da olabilir.hatta ; çok büyük sistemlerde ana kontrol merkezi altında ana kontrol merkezleri de bulunabilir.

Kontrol merkezinde birden fazla operatöre kullanım imkanı vermek için bilgisayar terminalleri bulunmaktadır.Bu bilgisayarlardan sistemin kontrolü için gerekli bilgilerin girilmesi veya değiştirilmesi mümkün olabilmektedir.

Kontrol merkezinin görevleri ;kullanılan SCADA yazılımının fonksiyonları ve kontrol merkezinde bulunan bilgisayar ve haberleşme sistemi donanımlarının fonksiyonları doğrultusunda yerine getirilmektedir.Kontrol merkezi görevlerini yerine getiren SCADA yazılımı haricinde kullanılan donanımlar aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

- Bilgisayar terminalleri,
- Bilgisayar ekranları,
- Yazıcılar ve çiziciler.

Bu donanımlar ve SCADA yazılımı fonksiyonları doğrultusunda kontrol merkezi görevlerini aşağıdaki şekilde sıralayabiliriz:

- Uzak uç birimlerinden (RTU lardan)bilgilerin toplanması,
- Toplanmış bilgilerin yazılım programında işlenmesi,
- İşlenmiş bilgi sonucuna göre kontrol komutunun gönderilmesi,
- Belli olaylar sonucunda alarm oluşturma,
- Oluşan olayları ve verileri zaman sırasına göre, alarm ve trend ekranlarından operatöre görüntülemek,
- Toplanmış ve işlenmiş bilgiyi sonuçlarında yazıcı ve çizici ile rapor çıkarma, yazıcı, çizici, haberleşme birimleri gibi ek donanımların kontrolü.

Kontrol Merkezi Mimarisi

- Sistem bilgisayarları,
- Kullanıcı ara birimleri insan makine ara birimleri(MMI),
- Veri toplama giriş-çıkış birimleri(fron-end bilgisayarlar),

- Mimik diyagram ya da ekran projeksiyon sistemleri,
- Yazıcılar ve çiziciler,
- Veri toplama birimleri,
- Kesintisiz güç kaynağı,
- Zaman ayar sistemi,
- Yerel iletişim ağı,
- İzole, yükseltilmiş tabanlı kumanda odası veya odaları gibi bileşenlerden oluşur.

Sistem Bilgisayarları

Bilgisayarlar, kontrol merkezindeki her türlü ek birimler üzerinde, denetimi ve koordinasyonu sağlayan birimlerdir. Bu işlemleri giriş, çıkış, bellek, merkezi işlem, bilgisayar işletim sistemi ve uygun yazılım programları vasıtası ile yerine getirmektedir.

Giriş Birimi : Giriş birimi, merkezi işlem birimine dış birimlerden verilerin gelmesini sağlar. Bu birimin kontrol ettiği birimler şunlardır.

- Klavye: Yazıların girilmesi için kullanılır,
- Grafıksel giriş birimi: Mouse, digitizer, scanner gibi şekil ve benzeri şeylerin bilgisayara aktarılmasında kullanılır,
- Haberleşme birimleri: Bilgisayarın diğer bilgisayarlarla iletişim kurmasını sağlar. Bu iletişim genellikle MODEM (telefon hatları) ya da veri ağlarıyla (LAN, WAN gibi) sağlanır,
- Depolama birimleri: Depolama birimleri gelen verileri ya da bilgisayarda çalışan programları depolamak için kullanılır. Bu birimler sabit disk, manyetik teyp gibi birimlerdir.

Çıkış Birimi : Çıkış birimi verilerin dış dünyadaki ünitelere ulaştırılmasını sağlar. Örneğin ekrandaki bir bilginin yazıcıya aktarılması için bu birim kullanılır. Çıkış birimine bağlı olan birimler şöyle sıralanabilir:

- Yazıcılar: Raporlar, alarmlar gibi bilgilerin kağıt üzerine aktarılmasını sağlar.
- Depolama birimleri: Yedekleme ve depolama amacıyla kullanılır.
- Grafıksel gösterim birimleri: Bilgisayarlardaki verilerin kullanıcıya gösterilmesinde kullanılır. Bu birimlerden bir kaç Monitör, Projeksiyon cihazları, Mapboard' lardır.

Bellek : Bilgisayarın çalıştırdığı programların bulunduğu ve verilerin depolandığı birimdir. RAM (Rasgele Erişimli Bellek), ROM (Sadece Okunabilir Bellek), CACH (Hızlı Tampon Bellek) olmak

üzere üç çeşit bellek vardır. Bilgisayarın içinde bulunan veri yolu bir çok üniteye gitmektedir. Bu yüzden veri yolu üzerinden hafızaya erişimin bir ünite tarafından denetlenmesi gerekir. Bilgisayarda bu işlev Bellek Erişim Denetleyicisi tarafından yerine getirilmektedir.

Merkezi İşlem Birimi : Merkezi İşlem Birimi, bilgisayarın içindeki birimlerin koordinasyonunu sağlar. Veriler üzerinde aritmetiksel ve mantıksal işlemler yapar. Farklı birimler arasında veri transferi sağlar.

Kontrol Merkezi Kullanıcı Arabirimi

- (İnsan Makine Arabirimi - IMA)
- (Man Machine Interface - MMI)

Kullanıcı Arabirimi : SCADA Sistemi ile operatör arasındaki ilişkiyi kuran temel birimlerden biridir. SCADA Sistemi kumanda merkezine bağlayan kullanıcıya sistemin her konusunda bilgi sağlayıp yardımcı olan merkezi ve karmaşık bir yapıdır. Süper Mini bilgisayarlar sayesinde daha kaliteli, hızlı, açık seçik, yeterli bilgileri, gelişmiş yazılım programlarını da kullanarak sunmaktadır. Kullanıcı arabirimi yapı olarak karakter grafik veya gerçek grafik olabilir.

Karakter Grafik Yapı:Günümüz teknolojisinde kullanılmaktadır. Hızlı fakat sınırlı görüntü verme özelliğine sahiptir. Terminal mantığı ile çalışıklarından görüntü çağırma süresi fazladır. Terminaller ortak işlemcilerle kontrol edildiklerinden terminallerin biri diğerini beklemek zorundadır. Oldukça büyük ve çok yer işgal ederler.

Gerçek Grafik Yapı:En yeni ve yaygın kullanıma sahiptir, dosyaya erişme ve çağırma hızı görüntü kalitesi ve yeteneği yüksektir. Özel grafik kartları sayesinde her türlü görüntüyü hızlı bir şekilde verebilir. Büyüklük olarak, karakter grafik yapıya yayma süresi oldukça az yer kaplar. Kullanıcı arabirimi için en uygun konfigürasyon budur.

Kullanıcı Arabirimi İşlevleri

- SCADA Sistemi yazılım programlarının kullanılması,
- Görüntüleme ve SCADA kapsamındaki kontrol edilen ve bilgi toplanan cihazların ekranda izlenmesi, bu cihazlara komut göndererek durumlarındaki değişikliklerin ekranda izlenmesi,
- Alarm üretme, alarm seviyelerinin ayarlanması ve analog değerlerin çeşitli seviyelerinde ayarlanabilmesi,

- SCADA Sisteminde kullanılan elemanlar hakkında detaylı bilgilendirme (Bakım tarihleri, markası, üzerindeki arıza durumlarının izlenmesi, karakteristik değerlerinin bilinmesi, SCADA kontrolünde olup olmadığı vb.),
- Bağlantı bilgilerinin görüntülenmesi ve yük analizi sonuçlarının ekrana işlenmesi gibi çeşitli Network analizlerinin sonuçlarının verilmesi,
- Alarmları ve bilgileri oluş sırasına göre kaydetme ve listeleme, kullanıcının gerçekleştirdiği işlemleri kayıt etme ve raporlama,
- SCADA kartları ve programları ile ilgili raporlar,
- Başka analiz programlarının çağırılması ve bu programların kendi raporlarını üretmesi
- Güvenlik kontrolünün çeşitli şifreleme yöntemleri ile sağlanması, yetkili olmayanların kullanımına izin verilmemesi,
- Kullanıcı vasıtası ile veri girilmesi ve böylece sisteme bağlı olmayan nesnelere için kullanıcının telefon veya başka yollarla aldığı bilgileri işlemesine olanak tanıma.

Kontrol Merkezi Giriş – Çıkış Birimleri

Giriş-çıkış birimleri bilgisayarların giriş çıkış birimlerine de RTU' larla iletişim hatlarına bağlanabilen cihazlardır. Bu birimleri kontrol eden birkaç standart denetleyici vardır. Bunlar seri, paralel, SCSI denetleyicileridir. Bu denetleyiciler bilgisayarı en az yoracak şekilde gerekli fonksiyonları yerine getirirler. Bu denetleyiciler:

Yazıcı denetleyicisi : Yazıcıları kontrol eden veri transferi sağlayan seri veya paralel denetleyicilerdir.

Haberleşme Denetleyicisi : Bilgisayarın diğer birimlerle bağlantı kurmasını sağlar. Genellikle seri kanal ve modem yardımı ile telefon hatları kullanarak iletişim sağlanır.

Kullanıcı Arabirimi Denetleyicisi :Verilerin kullanıcı arabirimleri arasında gidip gelmesini kontrol eder. Bu bağlantı genellikle yerel iletişim ağları ile olur.

RTU Denetleyicisi : RTU denetleyicileri Haberleşme üniteleri kullanarak veri transferi sağlarlar.

SCSI Denetleyicisi : Seri ve paralel portlarda her denetleyici sadece bir üniteyi kontrol edebilmekteydi. Fakat teknolojilerinin gelişmesiyle yaygınlaşan SCSI denetleyicilerinde, her denetleyici birden fazla üniteyi kontrol edebilmektedir. Farklı üniteler için aynı SCSI denetleyicisi kullanılabilir.

Ses Denetleyicisi : Sesle ilgili çeşitli denetlemelere olanak sağlar.

Kontrol Merkezi Veri Depolama Birimleri

Depolama birimleri, SCADA Sisteminin veri ve alarm bilgileri ile bilgisayar programlarının depolandığı yerdir. Bu depolama birimleri aşağıdakilerden biri veya birkaçı olabilir.

- Hareketli Kafalı Diskler,
- Sabit Kafalı Diskler,
- Floppy Diskler,
- Değiştirilebilen Sabit Diskler,
- Optik Diskler,
- Manyeto-Optik Diskler,
- Yedekleme Birimleri

Hareketli Kafalı Diskler

En tanınan depolama birimleridir. Yüksek erişim hızları vardır. Bu nedenle hızlı veri transferi yapabilirler. Yüksek depolama kapasitesine sahiptirler.

Sabit Kafalı Diskler

Oldukça eski teknolojiye sahiptirler. Fakat çok hızlı erişim sağlayabilmektedirler. Ancak; depolama kapasiteleri hareketli kafalı disklere göre daha azdır.

Floppy Diskler

Taşınabilir depolama birimleridir. Fakat depolama kapasiteleri azdır. Genellikle PC tabanlı bilgisayarlarda çok yaygın olarak kullanılır. Güvenilirlikleri, hızları ve kullanım süreleri azdır

Değiştirilebilen Sabit Diskler

Bu tür diskler hareketli kafalı disklerle aynıdır. En önemli özellikleri floppy diskler gibi taşınabilir ve değiştirilebilir olmasıdır.

Optik Diskler

Optik diskler oldukça yüksek veri depolama kapasitesine sahip birimlerdir. Boyutları 5.25 inch çapında bir daire kadardır. Yüksek erişim hızları vardır. Manyetik ortamdan kesinlikle etkilenmezler. En büyük dezavantajları sadece okunabilir olmalarıdır.

Manyeto Optik Diskler

Optik disklere göre en büyük avantajları tekrar yazılabilir olmasıdır. Veri depolama kapasiteleri oldukça yüksek olan birimlerdir.

Kontrol Merkezi Yedekleme Birimleri

Yedekleme birimleri veri depolama birimlerinde oluşacak hatalara veya bozukluklara karşı verilerin yedeklenmesi için kullanılır. Kullanılacak veri yedekleme birimleri şunlar olabilir.

- Teyp Ünitesi: Düşük hızlarda çalışır. 100 Mbyte' ın üzerinde depolama kapasitesi vardır,
- V8 Teyp Ünitesi: Yüksek kapasiteli veri depolama özelliği vardır. Yüksek veri hızı sağlar,
- Yazılabilen Optik Diskler: Yazılabilen optik diskler, az yer kapladıkları ve yüksek veri depolama gücüne sahip oldukları için, yedekleme birimi olarak kullanıma açıktır.

Kontrol Merkezi Veri İletişim Ağı

Kontrol merkezinde bilgisayar arasında veri paylaşımını, program paylaşımını sağlamak ve çok sayıda bilgisayarı ve farklı özelliklerde bilgisayarları,büyük hızlarda veri iletişimini 1-100 Mbyte/saniye gibi sağlamak için Yerel İletişim Ağları oluşturulur. Bu yerel iletişim ağları (Lokal Area Network-LAN) aynı zamanda ek ünitelerin de paylaşımını sağlamaktadır. Yerel iletişim ağları üzerinden bilgisayarlar Rink, Yıldız veya düz veri yolu şeklinde bağlanabilirler.

Kontrol Merkezi Mimik Diyagram yada Ekran Projeksiyon Sistemleri

Ekran projeksiyon sistemi SCADA sisteminde kontrol edilecek sistemin büyüklüğüne bağlı olarak isteğe göre kullanılır. Yani kullanılması zorunlu değildir. Sistem veri işleme sistemine bağlı bir kullanıcı arabirimi ile kumanda edilir. Kontrol edilen geniş bir coğrafi alana yayılmış sistemin genel görünüşünü kullanıcılara sağlar.

Sürekli gösterim alanı 4x2 metre ve 1x1 metre' lik ekranlardan oluşabilir. İşletme mühendisi tarafından kumanda merkezi üst kademe yöneticilerine çabuk bilgi vermek ve kullanıcılara özet bilgi vermek için kullanılabilir. Bu nedenle sistem açık ve izlenmesi kolay olmalıdır. Kontrol merkezlerinde yeri, kullanıcıların bilgisayar sistemlerini kullanma pozisyonlarını bozmaksızın, ekran projeksiyon sistemini rahat görmesini sağlayacak şekilde seçilmelidir.

Kontrol Merkezi Kesintisiz Güç Kaynağı

Kesintisiz güç kaynağı bilgisayar sistemlerinin ve hassas elektronik cihazların çalışması için daima sabit çıkışlı AC gerilim sağlamaktadır. Bu konuda şehir şebekesine güvenmek imkansızdır. Ayrıca elektrik kesilmesi durumunda güç kaynağı sisteme yeterli sürede enerji sağlamaktadır.

Elektronik cihazlar (bilgisayar,kontrol ve ölçü cihazları,emniyet cihazları,vb.) elektriğim kesilmesine, voltajın aşağı yukarı dalgalanmasına karşı çok hassastır. Bu durumlar arızalara sebep

olur. Kesintisiz Güç Kaynağı (UPS) elektrik kesintisine, voltaj değişmelerine ve şebekeden gelecek zararlı elektriksel parazitlere engel olarak, beslediği elektronik cihazların problemsiz çalışmasını sağlar ve arızalardan korur.

Yapı olarak UPS; bir redresör, büyüklüğü ihtiaça göre değişen akü grubu ve bir invertörden oluşur. Redresör şebeke kullanımında iken şebekeden beslenerek AC gerilimi DC gerilime çevirir ve kesinti durumunda kaynak olarak kullanılacak akü grubunu şarj eder. Kesinti durumunda invertör girişi akü grubu tarafından beslenir ve çıkışından parazitsiz regüleli AC gerilim sağlayarak işletmeyi besler. İdeal bir kesintisiz güç kaynağında bulunan temel özellikleri aşağıdaki gibi sıralayabiliriz:

- Şehir şebekesinden tam izoledirler. Daima 220 V 50 Hz çıkış verirler. Normal beslediği yüklerin ilk kalkış akımını karşılayarak normal başlatmayı sağlar. Bunun için şebekeye ihtiyaç duymaz. Şebeke olmadan yalnız akü ile beslediği cihazların ilk açılış akımını karşılar ve çalışmayı sağlar. Yalnız akü ile uzun süre (büyük akü ile 24 saat gibi) çalışabilir. Generatör desteği ile senkronize sorunu yaratmadan daima çalışır,
- UPS arızalandığında şebekeye geçme ON-LINE sistemlerde yoktur. Bu yapılsa izolasyon kalkar. UPS arızası üzerine sistem mantığı tasarlayıp önemli özellikleri yok etmek ve arıza anında şebekenin varlığını kabul edip yedeklemeyi düşünmek doğru değildir. Çünkü arıza genelde şebeke yokken oluşmaktadır. Bu gibi durumlarda da şebeke genelde problemlidir ve bunun içinde UPS kullanımdadır,
- ON-LINE UPS şebekeden çok daha güvenli olmak zorundadır Aksi halde kullanımı mantıklı olmaz. Bu nedenle sistem izole yapılmalıdır. İzole olması temel özelliğidir. Güvenli sisteme az güvenli sistemi ilave ederek daha güvenli hale getirmek mümkün değildir. Bu nedenle şebekeye yedeklenmez. (Statik anahtarla şebekeye geçişli değildir.) İzolasyonla elde edilen özellikler şebekeye röleli geçişte veya elektronik (statik) anahtarla bağlantı halinde kaybedilir. Çıkış kalitesi sürekli aynıdır.

İzolasyonla elde edilen özellikler şunlardır:

- Sürekli regüleli 220 V,
- Sürekli regüleli 50 Hz,
- Parazitsiz, darbesiz, filtrelili çıkış,
- Sonuç olarak problemsiz ağ haberleşmesi,
- Uzun süreli kesintiyi karşılama,
- Şebeke yokken başlama olanağı.

Bütün bu özelliklere karşılık izole ON-LINE UPS ağır ve pahalıdır. Ancak sabit kaliteli enerjiyle en güvenli bilgisayar ve program koruması sağlanabilir. (Topak, 2000)

5.4.4.2. Uzaktan Bilgi Toplama ve Denetleme Birimi

Remote Terminal Unit (RTU) Tanımı

Remote Terminal Unit Türkçe'ye tam kelime anlamıyla "Uzak Uç Birim" veya "Uzak Giriş Birimi" olarak çevrilebilir. Uzak Uç Birimin yaptığı işlevler göz önüne alındığında Türkçe'ye çevrinin "Uzaktan İzleme ve Denetleme Ünitesi" veya "Uzaktan Bilgi Toplama ve Denetleme Birimi" olarak yapılması daha doğrudur.

Bir SCADA Sisteminde RTU, bulunduğu merkezin değişkenlerine ilişkin bilgileri toplayan, depolayan gerektiğinde bu bilgileri kontrol merkezin belirli bir iletişim ortamı yolu ile gönderen, kontrol merkezinden gelen komutları uygulayan bir SCADA birimidir.

SCADA Sistemi içerisinde yerel ölçüm ve kumanda noktaları oluşturan RTU'lar birbirine bağlanabilen çeşitli cihazlara, kesicilere, ayırıcılara kumanda edebilir.

Ölçülmesi gereken akım, gerilim, aktif ve reaktif güç, güç faktörü gibi değerler ölçülebilir. Ayrıca ayırıcı, kesici, durumlarını kontrol edebilme imkanı sağlar. RTU yardımıyla merkezi kumanda ve izlemeyi sağlamak için RTU'lar ölçüm sonuçları ile cihazın çalışma durumlarını (Kesici açık, Ayırıcı kapalı) merkeze ileterek merkezden gelen komutlar doğrultusunda bulunan (Kesici aç, Ayırıcı kapa) işlemlerini yapar.

Böylece merkezi denetim birimlerinin başında bulunan sistem operatörünün tüm ölçüm sonuçlarını görmesini ve gerekli komutları göndererek sistemin denetlenmesini sağlar. Fakat RTU'nun görevi sadece ölçüm yapmak ve komut uygulamak değil ölçüm sonuçlarının belirli sınırlar içerisinde olup olmadığını da denetleyerek aykırı ya da alarm durumlarında merkeze bildirmektir.

İlk zamanlarda SCADA Sistemlerinde kullanılan RTU'lar mikroişlemcisizdi, mikroişlemcisiz RTU'lar sadece ölçüm yaparak bu ölçüm bilgilerini merkeze bildirerek merkezden gelen komutlar doğrultusunda işlem görürlerdi. Bu tip RTU'lar kullanılarak oluşturulan SCADA Sistemlerinde bir çok olumsuzluklar meydana gelmekteydi.

Alarm durumlarında ve diğer bütün işlemlerin merkezi denetim sistemi üzerinden yapılmasından dolayı ortaya çıkan problemler şu şekilde sıralanabilir:

- Merkezin devre dışı kaldığı yada merkezle RTU' ların iletişiminin kesildiği durumlarda oluşacak sorunlarla müdahale edilmemekte ve sonuç olarak da sistemin işletimi aksamaktadır,
- Alarm durumlarında, merkezin alarm kararı verip RTU' ya komut göndermesi belli bir süre almaktadır. Bu da, anında müdahale edilmesi gereken durumlarda sakıncalara yol açmaktadır,
- Mikroişlemcisiz olan RTU' larla oluşturulan SCADA Sisteminin çalışabilmesi için merkezin sürekli olarak RTU' lar ile iletişim halinde olması gerekmektedir. Ancak bu sayede merkez, denetlenen cihazlar hakkında bilgi sahibi olup istenen işlemleri yerine getirebilir. Bu durumda çok yoğun iletişim trafiğinin yaşandığı SCADA Sistemlerinde özel bir iletişim hattının bulunması gerekir,
- Mikroişlemcisiz RTU' lar kullanıcının özel gereksinimlerinin bulunduğu yada karmaşık kontrol algoritmalarının uygulandığı durumlarda yetersiz kalmaktadır.
- Tüm SCADA Sisteminin yükü merkez bilgisayarı üzerinde olacağından çok hızlı, yüksek işlem gücü olan, pahalı bilgisayar kullanmak gerekmektedir. Bu da ekonomik yük getirmektedir.

İşlemcili RTU' lar tüm olumsuz yanları değerlendirerek alarm uyarıları üretebilir ve bu durumlarda ne yapılacağına anında kendileri karar vererek müdahale edebilir. Aynı zamanda işlemcili RTU' lar kullanıcının özel isteklerini yerine getirecek şekilde programlanabilir, böylece denetleyici cihazların kullanıcı gereksinimleri karşılayacak şekilde sağlanmış olur. Bu esnada diğer işlemcili RTU' larla haberleşerek işlemlerin yerine getirilmesi sağlanmış olur. Birbirleri arasındaki iletişimi sağlarken aynı zamanda merkezi birim tarafından sürekli gözetlenerek sistemin tümünün denetlenmesine izin verirler.

İşlemcili RTU' ların endüstrideki avantajları :

- Mikroişlemcili RTU' lar en karmaşık kontrol yöntemlerinin dahi uygulanmasını sağlarlar,
- Mikroişlemcili RTU' lar kendi başlarına karar verebildikleri için, çoğu zaman merkez birimine gerek duymadan uygulamanın devamı için gerekli işlemi yerine getirirler. Bu da toplam sistem performansını önemli ölçüde artırır ve tepki süresini azaltır. Böylece kalıcı yada ölümlü sonuçlanan hasar durumlarına acil müdahale edilebildiği için tüm sistemin güvenilirliği sağlanır,
- Mikroişlemcili RTU' lar normalde kullanılan pek çok elektro mekanik yada mekanik cihazın işlevini üstlenmektedir. Mekanik cihazlar, uzun kullanım süreleri sonucunda

aşınmakta, verimleri düşmekte ve güvenilirlikleri azalmaktadır. Tamamıyla elektronik yapıdaki RTU ise hassasiyetinde hiçbir değişiklik olmadan dahi uzun süre çalışabilmektedir,

- Mikroişlemcili RTU' lar kendi başlarına karar verebildikleri için merkez bilgisayarın da yapacağı pek çok işlemi üstlenmiş olur. Bu genel sistemin güvenilirliğini arttırmaktadır. Merkez biriminin durması veya iletişimin kesilmesi durumunda akıllı RTU hiç durmadan görevini icra etmekte ve gerekli tüm işlevleri yerine getirmektedir,
- Merkezin işlem yükünün RTU' lara dağılması sonucunda, merkezin RTU' lar ile sık iletişim kurma gereksinimi kalmayacak, iletişim trafiği hafifleyecek, iletişim ortamı daha verimli kılınacaktır. (Park ve Mackay, 2003)

RTU'nun Görevleri

Günümüzde RTU' lar mikroişlemcilerin her geçen gün değişmesi sayesinde esnek, çok fonksiyonlu, daha akıllı ve daha ekonomik hale gelmektedir. Temel fonksiyonları değişmemek kaydıyla RTU' lar gün geçtikçe artan kullanıcı isteklerine cevap verecek şekilde geliştirilmektedir. Tanımından da anlaşılacağı gibi RTU –Bilgi Toplama ve Denetleme Biriminin en önemli 2 görevi ; Bilgi Toplamak ve Depolamak Gerekli Kumandaları Gerçekleştirmektir.

Bu iki görev RTU' nun değişmeyen temel özelliğidir. Bir RTU' nun kontrol fonksiyonları kısıtlı olabilir. Ancak yukarıdaki özelliklerinden taviz verilemez. RTU' nun kullanıcılarına daha verimli hizmet etmeleri istendiğinde, bu fonksiyonlara zamanla bir yenisi daha eklenmiştir. Bu da tali merkez seviyesinde gösterimdir. RTU' nun yukarıdaki iki görevinin birleştirilmesi ile oluşan bir diğer görevi daha vardır. Bu da arıza tespiti ve izolasyondur.

RTU' nun görevlerini tekrar sıralayacak olursak;

- Bilgi toplama ve depolama,
- Kontrol ve Kuman,
- İzleme (Monitoring),
- Arıza Yeri Tespiti ve İzolasyon.

Bilgi Toplama ve Depolama

RTU' lar tali merkezlerde, analog değerler, alarm, durum bilgileri ve sayaç değerleri toplarlar. Böylece bağlı oldukları tali merkezlerin ve ait oldukları ana merkezi ihtiyacı olan tüm bilgileri toplayarak otomasyonun ilk prensibini gerçekleştirmiş olurlar. Toplanan bu bilgileri kendi üzerlerindeki hafızalarında saklarlar. Bu bilgiler; MTU kendilerini sorgulayınca kadar veya ayarlanan belli süreler için saklanır. Bilgi toplama işini kendilerine verilen periyodik aralıklarla

veya ayarlandığı değerlerden sapmalar olduğunda yeni değerleri kaydetmek şeklinde yerine getirirler.

Analog değerler; örneğin elektrik tesislerinde akım, gerilim, aktif ve reaktif güç gibi değerler sistemden izole durumundaki ölçü trafoları, transduserler yardımıyla gerektiğinde analog çoklayıcılar kullanılarak alınır. Durum değerleri ise mekanik ve/veya optik izolasyonla alınabilir.

RTU' lar bilgilerin toplanmasını ve gönderilmesini RS-232 veya RS-485 seri formatta çalışan cihazlarla yapmaktadır. Bu SCADA fonksiyonelliğini arttırmamakta fakat sahadaki lokal veri transferini basitleştirmektedir.

RTU topladığı değerleri gerekirse bir ön işlemciden geçirebilir. Ön işlem; bilgilerin kullanıcı tanımlı hale getirilmesidir. Yani analog bir bilgi sayısal bir bilgiye çevrildikten sonra RTU' da oluşturulmuş bir veri tabanı vasıtasıyla, o değere ait sınır değerlerle karşılaştırmaya veya matematiksel bir hesaplama tabi tutulur. Bu işlemlerden sonra o bilginin kontrol merkezine gönderilmeye değer bir bilgi olup olmadığı da ortaya çıkar. Örneğin uzun bir süre aynı değerde seyreden bir bilgiyi her ölçüldüğünde kontrol merkezine göndererek iletişim kanalını meşgul etmektense, sadece değişiklik olduğunda göndermek daha mantıklı ve pratik olmaktadır. Buna İngilizce' de "Ayıklamalı raporlama" anlamına gelen "Report by exception" denmektedir.

Bilgi alındıktan ve işlemden geçirildikten sonra gerekliyse ya o anda Kontrol merkezine gönderilir yada daha sonra sorgulandığında gönderilmek üzere RTU' da depolanır. Depolanan bu bilgiler RTU' da oluşturulmuş veri tabanı kütüğüne oluş sırasına göre kaydedilir. Oluş sırasına göre kayıt; beklenmedik durumlarda farklı zaman ve bölgelerde oluşan hızlı durum değişikliklerinin tek bir zaman eksenine üzerine kaydedilir. Hata sonrası analizlerde ve gerçek zaman içinde operatörün gerekli manevrayı yapmasında kullanılır. "Oluş sırasına göre kayıt" İngilizce' siyle "Sequence Of Events Tagging" bilgilerin, RTU' da olsun, kontrol merkezinde olsun belli bir zaman hassasiyetine ve oluş sırasına göre kaydedilerek rapor edilmesi anlamına gelir. Bu hassasiyet tipik olarak durum değerleri için 1msn , analog değerler için 20 msn' dir. Örneğin bir kesicinin açması ile bir diğer kesicinin kapanması arasında 1 msn' den daha çok bir zaman farkı varsa, bu iki olayın aynı zamanda değil farklı zamanlarda gerçekleştiği söylenir.

Bu şekilde bir depolama işlemi sayesinde bir gün içinde hangi olayın, tam olarak ne zaman ve kaç defa gerçekleştiği Kontrol Merkezi tarafından rahatlıkla izlenmektedir. Bu SCADA gibi gerçek zamanlı (Real Time) bir sistemde mutlaka bulunması gereken bir özelliktir.

Kontrol ve Kumanda

Elektrik tesislerinde uzaktan kumandalı olarak bir kesiciyi, bir ayırıcıyı açmak, kapatmak regülasyon amacıyla trafoların sekonder kademelerini değiştirmek vb. kumandalar RTU tarafından gerçekleştirilir.

İzleme (Monitoring)

RTU' nun diğer bir görevi ise, yukarıda belirtilen bütün görevlerin doğru şekilde yerine getirildiğine ilişkin bölge operatörüne kanıt olarak görüntü sunmasıdır. Örneğin elektrik tesisleri trafo merkezlerindeki bir bilgisayarda gösterim işlevidir. Bu, diğer iki görev kadar önemli olmamakla birlikte, tali merkez seviyesinde böyle bir işleme de zamanla ihtiyaç duyulmuştur. Böylece tali merkezden diğer tali merkezlere bilgi göndermek, kontrol işareti göndermek, programlama yapmak bilgisayar teknolojisinin hızla gelişmesi ile birlikte, mümkün hale gelmiştir. Burada RTU; aldığı bilgileri, yapılan kumandaların sonuçlarını sadece Kontrol Merkezine bildirmek ve bünyesinde isteğe bağlı olarak depolamakla birlikte, aynı zamanda sınırlı bir veri tabanı yapısına sahip yerleşik veya portatif bir gösterim bilgisayarına da bildirmektedir. Bilgisayar yapısında yazıcı ve çizici gibi donanımlar da kullanmak mümkündür.

Arıza Yerini Tespit ve İzolasyonu

RTU' nun bütün bu görevlerine ek olarak, tesis için oldukça önem taşıyan bir görevi daha vardır. Bu görev; Arıza yerinin tespiti ve İzolasyonudur. Bu özellik genellikle birçok SCADA Sisteminde olmayan bir özelliktir. Bu görevi yerine getirmek üzere RTU kendi bünyesinde; Arıza Arabirimi Modülü ve buna bağlı bulunan Arıza Akımı Algılayıcı Modülleri bulunmaktadır. Bu modüller vasıtasıyla arızalar algılanmakta ve RTU' ya bildirilmektedir. RTU Arıza Arabiriminden tüm Arıza Algılayıcıların sorgulanması için gerekli komut verilir. Arabirim, Arıza Akımı Algılayıcı Modülleri ile haberleşerek arıza akımının geçtiği noktaları öğrenir ve RTU' ya gönderir. RTU bu bilgilerin ve Kontrol Merkezinden gelen komutların ışığında sistemin arızalı bölgesinin izole edilmesi için harekete geçerek gerekli komutları Arıza Akımı Algılama Modüllerine gönderir ve arıza izolasyonu tamamlanmış olur.

Klasik yöntemlerle arıza yerinin bulunmasının ve izolasyonunun saatlerle ölçülecek bir zaman aldığı bilinmektedir. Bunun yerine SCADA Sisteminin getirdiği ve RTU' nun görevleri arasında bulunan yöntemlerle arızalar; saniyelerle ölçülecek bir sürede tespit edilmekte ve izole edilmektedir. Üst paragrafta bahsedilen olaylar sadece 1 – 10 saniye sürmektedir. RTU' nun bu görevi sayesinde kullanıcıya çok önemli bir avantaj sağlanmakta, arıza yerinin belirlenmesi ve izolasyonu kayıpsız ve en ekonomik biçimde halledilmiş olmaktadır.

RTU' nun Ana Bölümleri

Yukarıdaki görevleri yerine getirmek için RTU'nun 6 ana bölümü bulunmaktadır.

Bu bölümler şöyle sıralanabilir :

- İletişim Ünitesi,
- Ana İşlem Ünitesi,
- Giriş Çıkış İzolasyon Ünitesi,
- Kullanıcı Arabirimi Ünitesi,
- Test Ünitesi,
- Güç Kaynağı Ünitesi.

İletişim Ünitesi

Bu Ünite RTU ile iletişim ortamı arasında bir köprü rolü oynar ve iletişimden sorumlu bölümdür. Bu iletişim ortamı birden fazla olabilir. Günümüzde, bu ortamlar üzerine kurulu bir takım iletişim standartları ve bu standartların oluşturduğu iletişim protokolleri vardır. İletişim Ünitesi Kontrol Merkezinden gelen ve bu protokoller dahilinde oluşturulmuş komutları değerlendirerek, gerekli işlemleri ana işlemciyle temasa geçerek başlatır. Bu işlemlerin sonunda da uygun cevapları aynı protokoller çerçevesinde düzenleyerek Kontrol Merkezi yönünde iletişim ortamına yollar.

Yeterli bir iletişim performansı için İletişim Ünitesinde olması gereken özellikler :

- İletişim kanallarında oluşacak gürültüye karşı, RTU' nun korunmuş olması. Bunun için gelen iletişim sinyalinin toprağı ile ünite toprağının farklı olması,
- Başka RTU' larla yada Kontrol Merkezleri ile haberleşmeyi sağlayacak birden fazla kanal yapısı,
- Kanalda kullanılacak çeşitli iletişim ortamlarının ve protokollerinin desteklenmesi
- Hata bulucu ve hata giderici yapıya sahip olması. Sinyalin hatalı gelebileceği olasılığı nedeniyle fark edilebilir ölçüde düzeltme yapabilecek bir yazılım yapısı,
- Kanalın gürültü seviyesini devamlı kontrol eden bir donanım yapısı,
- RTU “Mesajı Yolla(Transmit)” konumundan belli bir süre sonra “Mesajı Al(Receive)” konumuna geçmez ise RTU' nun kendini otomatikman kanaldan ayırma özelliği (Anti-streaming)' nin desteklenmesi,

Merkezi İşlem Birimi (CPU – Central Processor Unit)

Bu ünite, tüm RTU' nun beyni durumundadır. Diğer ünitelerde hiç gerekmeyen Mikroişlemci Tabanlı Mimari bu kısımda bir zorunluluktur. RTU' nun ulaşabildiği tüm noktalarla ilgili bilgilerin bulunduğu bir veri tabanını saklayan hafıza birimi de bu mimari içindedir.

Bu Ünitenin görevleri birkaç madde ile şu şekilde özetlenebilir :

- Her türlü analog ve durum işaretlerini ve alarm bilgilerini Giriş-Çıkış-İzolasyon ünitesinden toplamak ayıklayıp süzmek etmek, gereksizleri elemek,
- Kontrol İşlemleri için gerekli sinyalleri aynı üniteye göndermek,
- Kontrol merkezinden gelen, İletişim Ünitesinin aldığı ve tercüme ettiği komutlara ve sorgulamalara cevap vermek,
- Mevcut veri tabanındaki bilgilerin ışığında olayları oluş sırasına göre rapor etmek.

Giriş – Çıkış / İzolasyon Ünitesi

Birçok RTU' da Giriş – Çıkış ve İzolasyon Üniteleri iç içe geçmiş durumda bulunmaktadır ve genellikle beraber incelenmektedir. Bulunduğu merkezdeki olumsuz çevre şartlarına karşı RTU' nun korunması görevini üstlenir. Bulunduğu yerdeki tüm analog ve durum değişkenleri ile analog ve sayısal çıkışlar bu birim tarafından alınır, gerekli izolasyonlar bu birimde yapılır. İzolasyon optik ve mekanik olmak üzere iki çeşittir. Bir çok RTU' da her iki seviyede de izolasyon güvenlik açısından mevcuttur.

Kullanıcı Arabirim Ünitesi

RTU' nun bulunduğu istasyon bilgilerinin sadece Kontrol kullanıcıya sunulması düşüncesi yıllarca korunmuş olmasına rağmen modern birçok RTU' da kullanıcı arabirimine gerek duyulduğu anlaşılmıştır. İstasyon seviyesinde otomatik yada manuel olarak yapılacak işlemlerden durum bilgilerinden orada bulunan operatörün de haberdar olması için istasyonda bir bilgisayar ile yazıcı ve çizicinin bulunması kaçınılmaz olmuştur. Sadece merkeze ilişkin bir veri tabanına yönelik bir gösterim işlevi RTU' nun kendisi tarafından yapılmalıdır.

Test Ünitesi

SCADA RTU' nun fonksiyonlarını yerine getirip getirmediğini Test Ünitesi vasıtasıyla ile gerçek zamanlı olarak izler. RTU' nun bütün üniteleri bu ünite tarafından test edilerek arıza olup olmadığı tespit edilir. Arıza halinde gerektiğinde RTU' nun diğer RTU' ları etkilemeyecek biçimde iletişim kanalında izole edilme (Antistreaming) görevi de yine bu ünite tarafından yerine getirilir.

Güç Kaynağı Ünitesi

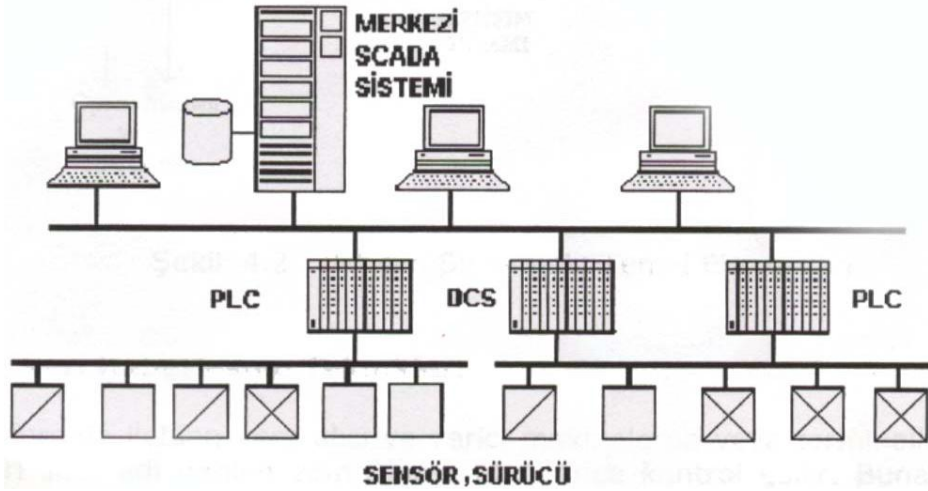
RTU' nun güç kaynağı genellikle bulunduğu merkezde hazır bulunan 48 volt ve 125 volt DC kaynaklardır. Bunların bakımsız akü-redresör kaynağı olması tercih edilir. Güç Kaynağı Ünitesinin RTU' da sağlıklı çalışabilmesi için RTU toprağı ile bulunduğu merkezin toprağının birbirinden ayrı olması gerekir. Bu Güç Kaynağı Ünitesi RTU' nun tüm diğer ünitelerini beslemektedir. Ayrıca merkezde yedekte kullanılmak üzere standartlar dahilinde 250 volt AC ve 24 volt DC kaynak vardır. (Wright and Bailey, 2003)

5.4.4.3. İletişim Sistemi

İletişim Sistemi Tanımı

İletişim, bir bölgeden başka bir bölgeye, karşılıklı olarak, veri veya haberin gönderilmesi işlemidir. Bu sistem temel olarak üç bileşenden oluşur :

- İletişim Yolu ve Ortamı,
- Veri veya Haberi iletişim ortamı üzerinden gönderebilmek için şekillendirecek bir cihaz (MODEM),
- Alıcı uçta gönderilen veri veya haberin anlaşılması için gerekli cihaz (MODEM),



Şekil 5.46 İletişim sistemi (Topak, 2000)

İletişim Sisteminin Görevleri

SCADA Sisteminde sistemin işlemesi için iletişim hayati öneme sahiptir. İletişim kanallarının veri elde edebilmesi ve kontrolündeki hızı önemli ölçüde SCADA sistemini etkilemektedir. Buna bağlı olarak kontrol merkezindeki kullanıcı arabirimi ve uygulama yazılımları da etkilenir. Kontrol merkezinde ve RTU' larla ulaşılan önemli teknik gelişmelerin faydalı olabilmesi için, iletişimde

aynı oranda gelişim göstermesi gereklidir. Yoksa büyük hızda ve miktarda toplanan verilerin hızla iletilmemesi halinde bir anlamı yoktur. SCADA Sisteminin en yüksek başarı düzeyi ile uygulaması iletişim sistemine bağlıdır.

SCADA' nın başarılı bir şekilde uygulanabilmesi için ;

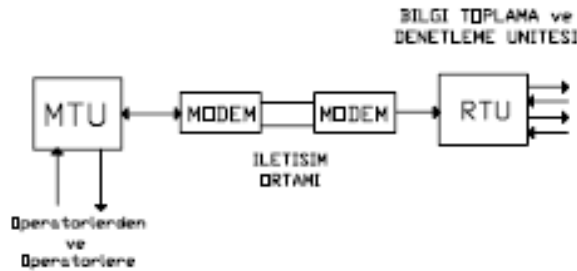
- Güvenilir,
- Maliyeti düşük,
- Gerekli tüm fonksiyonlara sahip,
- Her türlü ortamda çalışabilen bir iletişim sistemine sahip olmalıdır.

İletişim Sisteminin Elemanları

En basit bir SCADA Sistemi bir kontrol merkezi (MTU) ve bir bilgi toplama ve denetim (RTU) biriminden oluşur. Bu basit sistemi bütünlemesi için MTU ve RTU'nun birbiri ile haberleşmesi, dolayısıyla iletişim sistemi ile donatılması gerekir.

İletişim sisteminin elemanları şunlardır :

- İletişim Ortamı (Fiber veya metalik kablo vb.),
- Veri İletişim Cihazı,
- İletişimi sağlayan cihazlar (MTU, RTU).



Şekil 5.47 İletişim sisteminin temel elemanları (Topak, 2000)

5.4.5. Açık Haberleşme Protokolleri

Geçmişte geçerli protokoller DDC (Direct Device Control – Doğrudan Cihaz Kontrolü) noktaları için kullanılırdı. Bununla birlikte, günümüzde daha uygun ve verimli BACNet, LonWorks, TCP/IP, oBIX, Niagara, EIB-KNX gibi açık haberleşme protokolleri kullanılmaktadır. (Wright and Bailey, 2003)

5.4.5.1. BACnet

ASHRAE (The American Society of Heating, Refrigerating and air-Conditioning Engineers) kuruluşunun binalar için ürettiği bir haberleşme protokolüdür.

BACnet bir Amerikan standardı, Avrupa standardı, 30'u aşkın ülkede ulusal standart ve aynı zamanda bir ISO (International Standart Organization-Uluslar arası Standart Örgütü) standardıdır.

Bu standart bize, tek bir çalışma istasyonundan bütün sistemleri kontrol etme, istediğimiz ve gerek görüldüğü zamanlarda sistemin kolaylıkla genişletilebilmesi, veri paylaşımı, alarm ve olay izleme, eğilim izleme, zamanlama, uzaktan kontrol gibi birçok imkan sağlar.

Bacnet, HVAC sistemleri, yangın saptama, önleme ve alarm sistemleri, aydınlatma sistemleri, güvenlik sistemleri, asansör sistemlerinin kontrolünde yoğun olarak kullanılmaktadır.

BACnet'in en önemli özelliklerinden biri hem otomasyon hemde yönetim seviyesinde kullanılabilmesidir. (Trevethan, 2006 : [19])

5.4.5.2. EIB/KNX

Bütün bina yönetim komponentlerine kontrol verilerini transfer etmek için kullanılır. Tüm komponentlerin ortak tek bir dilde haberleşmesini sağlayan bu sistemde bütün cihazlar bir hat üzerinden birbirleri arasında ve ana kontrol ünitesiyle haberleşebilirler. Bu sistem sayesinde hat üzerine aynı dili konuşan uygun cihazlar adapte edilmek koşuluyla otomasyon sistemi kolaylıkla genişletilebilir.

KNX haberleşmesi sayesinde aydınlatma, gölgeleme (jaluzi, panjur vb.), güvenlik, enerji yönetimi, HVAC, izleme, uzaktan kontrol, ölçme, ses ve video sistemleri kolaylıkla kontrol edilebilir.

KNX Association tarafından geliştirilmiş bir açık haberleşme protokolüdür ve bina kontrol sistemlerinde kullanılmaktadır. (Trevethan, 2006 ; [20])

5.4.5.3. LonWorks

LonMarks International tarafından geliştirilmiş olan bir haberleşme protokolüdür. Günümüz gelişmiş kontrol sistemleri için güçlü bir çözümdür.

Farklı sistem komponentlerinin entegrasyonunu kolaylaştıran bir protokoldür. Tüm cihazların bağlandığı ve bilgilerini paylaştığı bir set kablo ile iletişim sağlanmaktadır. Veri sistem içerisinde herhangi bir noktadan rahatlıkla alınabilip, diğer noktaya gönderilebilmektedir.

LonWorks aralarında birçok ulusal standart, ANSI/CEA, EN, IEEE, AAR, SEMI, SAC, ISO standartlarında kullanılmaktadır. Bu haberleşme protokolü yoğun olarak bina otomasyonu, kontrol ve yönetiminde kullanılmaktadır. [21]

5.4.5.4. TCP/IP

İnternet üzerinde çalışan bir haberleşme protokolüdür. İnternet protokol takımı, İnternet'in çalışmasını sağlayan bir iletişim protokolleri bütünüdür. Bazen TCP/IP protokol takımı olarak da adlandırılır. TCP (Transmission Control Protocol) ve IP (Internet Protocol) ün kısaltmalarındır.

Bilgi Ağı" üzerindeki bilgi iletimi ve paylaşımı bazı kurallar dahilinde yapılmaktadır. Bu kurallara kısaca "internet protokolleri", ya da TCP/IP protokoller ailesi denir. TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol), bilgisayarlar ile veri iletme/alma birimleri arasında organizasyonu sağlayan, böylece bir yerden diğerine veri iletişimini olanaklı kılan pek çok veri iletişim protokolüne verilen genel addır. Bir başka deyişle, TCP/IP protokolleri bilgisayarlar arası veri iletişiminin kurallarını koyar.

Bu protokollere örnek olarak, dosya alma/gönderme protokolü (FTP, File Transfer Protocol), Elektronik posta iletişim protokolü (SMTP Simple Mail Transfer Protocol), TELNET protokolü (İnternet üzerindeki başka bir bilgisayarda etkileşimli çalışma için geliştirilen *login* protokolü) verilebilir. Adını sıkça duyduğumuz WWW ortamında birbirine link objelerin iletilmesini sağlayan protokol ise Hyper Text Transfer Protocol (HTTP) olarak adlandırılmaktadır. TCP/IP protokolü aynı zamanda, diğer iletişim ağlarında da kullanılabilir. Özellikle pek çok farklı tipte bilgisayarı veya iş istasyonlarını birbirine bağlayan yerel ağlarda (LAN) kullanımı yaygındır. (Reynders, vd. 2004)

5.4.5.5. oBIX

OASIS Organizasyonu tarafından geliştirilmiş bir haberleşme protokolüdür. oBIX bir internet servis standardı olarak tanımlanır ve bütün bina mekanik, elektrik sistemleri ve tüm uygulamalar arasında haberleşmeyi sağlar.

Bir internet ağı üzerinde çalışmaktadır ve sistemlerden aldığı bilgileri başka bir sisteme kolaylıkla aktarabilme imkanı sağlamıştır. Bunu yanısıra, BACnet, ModBus, LonTalk, DALI gibi haberleşme protokollerine kolaylıkla entegre edilebilir. (Trevethan, 2006 ; [21])

6. AKILLI BİNA ÖRNEKLERİ

6.1. Polat Tower Residence

Bu “akıllı” binada, depremi 8 saniye önceden algılayıp tüm önlemleri alan deprem sensörleri, içme suyu kalitesinde su sağlayan arıtma sistemleri, konut sahiplerini 150 metreden algılayan güvenlik otomasyonu ve tehlike anında düşmeyen paraşütlü asansörler gibi birçok özellik bulunmaktadır. İnternet aracılığıyla eve geliş tarihi izlenebilmekte ve evin kontrol düzeni istenilen şekilde ayarlanabilmektedir.

Binanın doğalgaz sistemi de güvenlik nedeniyle 34. katta bulunmaktadır ve deprem anında alt katta doğalgaz kilitlenmektedir. 31 bin 500 noktadan kontrol edilebilen bina “dünyanın en akıllı 4 binasından biri”, konut olarak da “dünyanın en akıllı konut binası”dır. (Engin, 2001)



Şekil 6.1 Polat Tower Residence dış görünüş [31]

Mimari Bilgiler, Polat Tower, Mecidiyeköy’den başlayıp Beşiktaş’a kadar uzanan İstanbul’un en sağlam ana kayası üzerinde 4m. kalınlığında radye temel üzerine oturtulmuştur. 150.000 tonluk dev bir küttedir ve bu binaya oldukça büyük bir direnç sağlamaktadır. 152 metre 10 cm yüksekliğindeki Polat Tower, konut olarak Avrupa’nın en yüksek, inşaat olarak da Türkiye’nin 2. yüksek binasıdır. (2000 yılı verilerine göre) Polat Tower, konumu ve mimari yapısı ile çok şiddetli depremlerden bile etkilenmeyecek şekilde tasarlanmıştır. Ayrıca binanın temelinde ve bina içerisinde deprem algılayıcıları bulunmaktadır. Bu sayede bina, depremi önceden algılayıp otomasyon sistemini

devreye sokar. Elektrik, gaz ve su sistemini güvenli düzeye çeker, anons ile insanların deprem sırasında uyanık olmalarını sağlar. Aynı zamanda bu algılayıcılar bina için önemli bilgiler kaydeder. İnsanlar tarafından hissedilmeyen küçük sarsıntıları ve binanın bunlara karşı gösterdiği tepkileri ölçerek olası büyük sarsıntılar için binanın düzenlenmesini sağlar.

Elektrik Sistemi, 1600 KWA'lık 2 adet kendi trafosu bulunmaktadır. Yüksek gerilim iletiminde Busbar türü modüler kablolar kullanılmıştır. Elektriği klasik kablo bağlantıları yerine Busbar sistemi ile iletmenin binaya sağladığı önemli avantajlar vardır. Birbirine geçmeli küçük modüllerden oluşan bu sistem sayesinde herhangi bir problem anında, örneğin olası bir deprem anında modül kopar ve elektrik kesilir.

Elektrik kesintisi durumunda binayı tam kapasitede besleyecek güce sahip 3 adet jeneratörü vardır. Bunlardan ikisi konutlar için, diğeri mağazalar için ayrılmıştır. Mağazalar için ayrılan jeneratör 1600 KWA, konutlar için ayrılan 2 adet jeneratör ise toplam 4400 KWA gücündedir. Kesinti anında bu dev jeneratörler 7 saniye içerisinde tam güce ulaşıp otomatik olarak binayı beslemeye başlarlar. Bu kısa kesinti sırasında bilgisayarlarda veri kaybı olmaması için bina 150 KWA'lık UPS sistemi ile desteklenmektedir.

Her konutun elektrik sarfiyatını kontrol eden akıllı sayaçlar bulunmaktadır. Bu sayaçlar aynı zamanda binanın elektronik sistemleriyle bütünleşik olarak çalışırlar. Elektrik kullanımında elektriği ayrı, jeneratör kullanımında ise jeneratörü ayrı olarak ölçerler. Bu sayede konutta olunmadığı zamanlardaki jeneratör kullanımlarından doğacak ödemelerle karşılaşılmaz.



Şekil 6.2 Polat Tower Residence örnek elektrik panoları [31]

Isıtma Sistemi, Binalarda kazan daireleri genellikle binanın altında bulunur. Bu nedenle de burada meydana gelebilecek bir problem esnasında tahliye işlemi olanaksız hale gelir. Polat Tower'da

kazan daresi üst katta tutularak yine büyük bir önlem alınmıştır. 4 adet 1.100.000 kilo kalorilik kazan vardır. Akıllı kazanlardır. Senkronize çalışırlar. Kullanım ihtiyacına göre çalışma düzeylerini otomatik belirleyip enerji tasarrufu sağlarlar.

Sıcak su, daire kullanımında olduğu zamanlar ya da özellikle sıcak tutulmaya programlandığında içeriye girer, aksi takdirde kapının etrafından dolaşarak kullanımda olan daireye gider. Daire içinde dolaşırken içerdeki suyu ısıtarak geçer. Böylece sıcak su içeriyi terkettikten sonra bile daire termos gibi ısıyı korur. Dairelerin girişinde ve çıkışında ısıölçerler bulunmaktadır. Bu sayede sıcak suyun daireye giriş ve çıkışı arasındaki fark kadarı sisteme işlenir ve sadece ısınıldığı kadarı ödenir.



Şekil 6.3 Polat Tower Residence sıcak su sistemi [31]

Su Sistemi, Polat Tower, 2500 m³ hacmi ile 1.5 ay yetebilecek bir su tank sistemine sahiptir. Su seviyesi elektronik ortamda izlenmekte ve herhangi bir müdahaleye gerek olmaksızın otomasyon bilgisayarları tarafından gerekli dolum ve kontroller yapılmaktadır. Bina içerisindeki tüm su dolaşımı da aynı şekilde elektronik olarak izlenmektedir. Bilgisayar sistemi, su dolaşımındaki herhangi bir problemi otomatik olarak algılayıp servisi anında harekete geçirir.

Bina içerisine giren su çok iyi bir arıtma sisteminden geçer. Klordan ve mikroorganizmalardan arındırılır. Boruların tamamı kılıflı bakır borudur. Yüksek hijyen sağlar.

Asansörler, Tamamı UPS beslemeli, saniyede 2.5 metre hızla seyahat eden, 7 adet asansör bulunmaktadır. Otomasyon sistemi sayesinde kullanım alışkanlıklarını takip eder. Örneğin; her sabah 07:00'da 20. kattaki konutundan çıkan bir konut sahibi birkaç gün sonra sistem tarafından otomatik algılanır ve asansör tam vaktinde onu hazır bekler. Veri bankasında biriken bu istatistik sayesinde de tehlike anında asansörler en çok ziyaret edilen katlara otomatik yönelerek tahliye işlemini hızlandırır. Asansörler ağırlık kontrollüdür. Dolduğu anda diğer katlara uğramadan ilk

istasyona doğru yönelir ve zaman kaybını önler. Yanlış kat düğmesine basıldığı zaman iptal edilebilir böylece yine zamandan tasarruf sağlanmış olunur.

Yangın Çıkışı, Büyük yapılarda insanların daha çok dumandan zarar gördükleri bilinmektedir. Bu yüzden Polat Tower Residence, dünyada çok az binada bulunan özel 2 yangın merdivenine ve bir asansöre sahiptir. Basınçlı temiz hava verilerek dışardaki dumanın içeriye girmesi önlenir.

Daireler, Dairelerde lambalardan klimalara kadar herşey uzaktan kumanda ile idare edilmektedir. Excel50 cihazı ile birçok farklı programlama yapılarak daireler yönetilebilmektedir. Kapılar access kart ile açılır. Access kart ile daireye giriş yapıldığı anda elektrik, su, gaz ve ısıtma sistemleri otomatik olarak harekete geçip ayarlanan düzeylerde devreye girerler. Arıza durumunda daire içine girilmeksizin dışarıdan tamir edilebilir.

Bina içindeki tüm sistemler o anki çalışma durumlarını otomatik olarak bina sistem merkezine bildirirler. Bu sayede arıza durumunda sistem otomatik olarak yetkili personeli arızalı bölgeye yönlendirir. Bu sistemler elektronik kontrolün dışında mekanik kontrollerle de desteklenerek çalışma ve güvenlik seviyesi maksimuma getirilmiştir. Elektronik sistemin arızalanması veya tamiri esnasında geçen kısacık zamanda bile oluşabilecek herhangi bir risk, mekanik ve analog kontroller sayesinde önlenir ve gerekli güvenlik düzeyi sağlanır.

Isıtma/soğutma sistemi istenilen şekilde programlanabilir. Belli bir ısıyı sürekli muhafaza edebildiği gibi günün belirli saatlerinde farklı ısılara da programlanabilir. Daire sistemi 3 temel programda çalışır. Fakat daire sahipleri bu programların dışında kendi özel programlarını da yapabilirler. Ekonomi modunda çalışırken, ayarlanan ısıyı +2 derece düzeyinde kontrol eder.

Dairenizi kısa süreli terkettiğiniz durumlarda stand-by modunda çalışarak +-6 derecede kontrol sağlar. Stand-by modunda sistem ekonomik moda yakın değerlerde çalışır, fakat suyu ve elektriği keser. (Kesilmesi istenilmeyen aksamları kesmez. Buzdolabı, akvaryum vb.) 3. program ise OFF modudur. Bu modda tüm elektrik, ısı, su sistemleri kapanır. Bu sayede konutlarının kullanılmadığı durumlarda daire sahipleri hiçbir masraf ödemezler. Aşırı düşük ısılarda bina sisteminin donmaması için sistem yine bir güvenlik önlemi olarak küçük değerlerde ısıtmalar yapar.

Aşırı soğuk havalarda klima sistemiyle ısınmaya programlanmış olsa bile bu yeterli olmayacaktır. Sistem dairenin ısınmadığını algıladığında yine otomatik olarak radyatörleri devreye sokar. Sıcak su dairelere girer ve radyatörlerden geçerek ısıyı istenilen seviyeye getirir.

Binanın genel ısıtma/soğutma sistemi kullanılabildiği gibi her daire için ayrı olarak tasarlanmış ısıtma/soğutma sistemi de (çiller) kullanılabilir. (Böylece dairelerde bulunulmayan zamanlarda ortak kullanım gideri adı altında bir giderle karşılaşmaz. Dairede bulunan sırada ise kullanılan kadarı ödenir.)

Daire içindeki kirli hava binanın genel egzost sistemiyle dışarı atılır ve içeri temiz hava alınır. Bu sırada yine ısı tasarrufu sağlamak için, giren hava çıkan havanın içinden kılcal damarlar gibi geçirilir. Böylece, örneğin kış aylarında dışardaki çok soğuk hava içeri alınırken dairedeki sıcak hava ile karşılaşır ve içeriye ısınarak girer. Aynı şekilde yaz aylarında da dışardaki sıcak hava içeri alınırken dairedeki soğuk hava ile karşılaşır ve içeriye soğuyarak girer. Bu sayede oldukça yüksek oranda ısı tasarrufu sağlanır.

Dairedeki davlumbaz yüksek kademelerde çalıştırıldığında, otomasyon sistemi daire içerisinde yoğun koku olduğunu anlayıp egzost sistemini uyarır ve devreye giren egzost sistemi davlumbaza yardımcı olarak daireyi havalandırır. Her dairenin havalandırma sistemi ayrı olarak tasarlanmıştır. Kokular başka daireleri etkilemeksizin dışarı atılır. Koridor lambaları kapı access kartları ve asansörlerle bütünleşik çalışır. Dairelere girilip çıkılırken belirli bir süre yanar ve sonra söner. Böylece ortak kullanım maliyetleri minimuma indirgenir.

Çöpler bina altındaki bir soğuk hava deposunda muhafaza edilerek hijyen sağlanır ve daha sonra tahliye edilir. Daireler tamamı yüksek ses yalıtımına sahiptir. Her dairede yangın algılayıcıları ve otomatik söndürücüler bulunmaktadır. Uyarı algılandığında otomasyon sistemi çeşitli senaryoları devreye sokar. Önce daire içine anons yapılır. Daha sonra otomasyon sisteminin gücü sayesinde o anki durum için en iyi plan otomatik olarak hesaplanıp devreye girer ve güvenlik sağlanır.

Banyolarda 120 lt'lik kendi içinde ısıtıcısı bulunan bir boiler bulunur. 2.5 gün boyunca bir termos gibi kendi ısısını koruyabilir. Soğumaya başladığında ise kendi ısıtıcısı devreye girerek su ısısını sabitler. Kapasitesini aşan bir kullanım olduğunda bina otomasyon sistemine sinyal yollayarak sıcak su talep eder ve duş yapmakta olan biri hiçbir şey hissetmeden duşuna devam eder. Boiler kullanılmadığı bazı zamanlarda otomatik olarak devreye girip kendi ısısını yükselterek kendini mikroorganizmalardan arındırır.

6.2. Tekfen Tower

Tekfen Tower direksiz 118 metre yüksekliğindedir. 33,000 m2 ofis alanına sahip olan bina, Ekim 2003'de hizmete açılmıştır. Binada uluslararası standartların en üst derecelerinde yer alan ısıtma, soğutma sistemi olan VAV (Fan Powered Rehcat) kullanılmıştır. Bu sistem hava kalitesini maksimuma çıkarmaktadır. 24 saat metal detektörlü ve x-ray tarama kullanılan güvenlik hizmeti,

kapalı devre kamera sistemleriyle beraber, proximity kartlı geçiş sistemi ile giriş ve çıkışlar bilgisayara kayıtlı olarak kontrol edilmektedir.

Binada toplamda kullanılacak 8000 kVA'lık elektrik enerjisi ve herhangi bir kesintide devreye girecek olan 4200 kVA'lık jeneratör gücü bulunmaktadır. Isı ve duman detektörleri, sprinkler, yangın dolapları ve basınçlandırılmış yangın merdiveniyle kullanıcıların can ve mal güvenliği en üst düzeyde sağlanmaktadır. Teknik donatılardan en önemlilerinden biri olan telekomünikasyon altyapısı da özellikle üzerinde durulmuş ve titizlikle detaylandırılmıştır. Binada her kat başına 50 telefon hattı ayrılmıştır. Telekomünikasyon açısından günümüzün en yüksek standardını oluşturan fiber optik bağlantı sistemi binada yer alacak olan diğer önemli bir özelliktir. (Engin, 2001)



Şekil 6.4 Tekfen Tower dış görünüş (Engin, 2001)

6.3. Frankfurt Commerzbank Genel Müdürlük Binası

Tepesindeki anteni ile birlikte yapıldığı tarihte Avrupa'nın en yüksek binası olan bu Norman Foster binasında doğal havalandırma sistemi esas alınmış, mekanik havalandırma sisteminin sadece uç koşullarda devreye gireceği düşünülmüştür. Doğal havalandırma çift cidarlı cephe ya da kış bahçeleri ve iç avlu aracılığıyla olmaktadır. Çift cidarlı cephenin iç cidarındaki pencereler ve iç avlu pencereleri merkezi bina yönetim sistemiyle, ya da duvarlara monte edilmiş kumandalarla kullanıcılar tarafından kontrol edilebilmektedir.



Şekil 6.5 Commerzbank Genel Müdürlük Binası dış görünüş (Yılmaz, 2006)

İç mekanda istenmeyen koşullar oluştuğunda bu pencereler merkezi sistem tarafından kapatılmakta ve HVAC sistem otomatik olarak devreye girmektedir.

Ofis mekanlarındaki aydınlatma gün ışığı miktarına ve mekanın kullanımına göre otomatik olarak ayarlanmaktadır. Koridor ve ofis mekanlarının aydınlatması hareket duyurgalarıyla aktif olmaktadır. Her pencerede motorla hareket edebilen güneş kontrol elemanları bulunmaktadır.

İç ısı kaynaklarının fazlalığı ve bina kabuğunun iyi yalıtılmış olması nedeniyle dış hava sıcaklığı 0°C olsa bile ısıtma sistemine seyrek olarak gereksinim duyulmaktadır. Pasif güneş enerjisi sistemi olarak çalışan çift cidar arasındaki hava mekanların ısınmasına katkıda bulunurken havalandırma havasının ön ısıtılmasında da kullanılmaktadır. Bu şekilde, iç avlu cephesi ve dış cepheler boyunca yerleştirilmiş olan ısıtıcı konvektörlere toplam işletme süresinin %17'si kadar bir süre ihtiyaç duyulmaktadır.

Katların arasına üçgen planın bir koluna yerleştirilen bahçeler 4 katta bir planın diğer kollarındaki ofislere doğal iklimsel, görsel ve sosyal mekanlar sunmaktadır. Üçgenin her bir kolunda üçer adet toplam 9 adet olan bu bahçeler, belirli aralıklarla cam döşemeyle bölünmüş ve bu sayede yangın ve havalandırma bölgelerini ayıran, toplam 200 m yüksekliğindeki iç avlu ile bağlantılıdır. Bahçelerin dış cepheleri ise cam ile çevrelenmiştir. Bu şekilde kışın sera gibi çalışan bahçeler iç avlunun ve dolayısıyla binanın güneş enerjisinin ısıtıcı etkisinden yararlanmasına katkıda bulunmaktadır. Yazın bu camların üst bölümleri açılarak iç avlu ve dolayısıyla ofis mekanları havalandırılabilir.

Tüm ofis binalarında olduğu gibi bu binada da soğutma yükleri diğerlerine göre çok daha önemlidir. Merkezi bina yönetim sistemi pencereleri açarak binanın gece soğutulmasını sağlamaktadır. Lokal soğutma sistemi sulu tavan soğutma sistemidir. Soğutma suyu absorpsiyonlu soğutma santralında elde edilmektedir. Bu aktif soğutma sistemine kullanım periyodunun sadece 1/4'lük diliminde ihtiyaç duyulacağı öngörülmüştür.

Pasif sistemle bütünleşmiş otomasyon sistemlerini içeren bu binada geleneksel binalara göre %25-30 enerji tasarruf edilmektedir. (Yılmaz, 2006)

6.4. İş Kuleleri

Ülkemizde ileri teknolojik sistemlerle yönetilmekte olan binalara örnek olarak İş Kuleleri'nden Kule 2 enerji performansı açısından değerlendirilmiştir [6]. Binanın enerji performansının simülasyonu için gerekli bina ve binanın enerji harcamalarına ilişkin tüm bilgiler İş Merkezleri Yönetimi'nde Sayın Tuncer Kınıklı tarafından temin edilmiştir. Yüksekliği 113 m olan 28 katlı bu binanın toplam döşeme alanı 29,271 m² olup açık ofis plan tipinde tasarlanmıştır. Toplam 11,725 m² olan kabuk alanında saydamlık oranı % 48.8 olup, cam kısımların ısı geçirme katsayısı 1.8 W/m². K, alüminyum kısımların ısı geçirme katsayısı ise 0.46 W/m². K' dir.

Doğal gaz ile çalışmakta olan binanın ısıtma sistemi, iç ortam sıcaklığını 22 °C, bağıl nemliliğini ise maksimum % 40'da tutmak üzere otomatik olarak kontrol edilmektedir. Soğutma sistemi için bu sıcaklık ve nem değerleri 24.5 °C ve % 50'dir. Havalandırma ünitesi ise, geri dönüş havasının CO₂ miktarı kabul edilebilir düzeyde ise % 50'e kadar geri dönüş havasını dış hava ile karıştırarak mekanlara geri vermek üzere tasarlanmıştır. Aydınlatma tamamen yapma aydınlatma sistemi ile sağlanmaktadır. Aydınlatma sisteminden ısı kazançlarını azaltmak üzere soğutma sisteminin geri dönüş havası aydınlatma aygıtların geçirilerek toplam sistemden gelecek soğutma yükleri %36 düzeyinde azaltılmıştır. Yine soğutma yüklerinin azaltılması amacıyla, doğrudan güneş ışınımı geçirgenliği % 11, gölgeleme katsayısı % 23 ve gün ışığı geçirgenliği % 16 olan kaplamalı camlar kullanılmıştır. Bu binanın verileri kullanılarak ısıtma, soğutma ve aydınlatma enerjisi açısından performansı değerlendirilmiş, değerlendirme için kullanılan simülasyon modelleri binanın gerçek enerji harcamalarına göre, özellikle iç yükler açısından revize edilerek sonuçlara ulaşılmıştır.



Şekil 6.6. İş Kuleleri dış görünüş [51]

Yüksek maliyetli bina yönetim sistemiyle enerji yönetimi yapılan İş Merkezi Kule İki' de binanın ısıtma enerjisi tasarrufu açısından performansı benzer binalara göre oldukça iyi iken elektrik enerjisi harcamaları yüzünden enerji etkin binalar arasında kötü bir sıraya düşmektedir. Yapılan detaylı analizde elektrik enerjisi harcamalarının çok önemli bir bölümünün aydınlatma ve bilgisayar sistemi tarafından kullanıldığı görülmektedir. Soğutma yüklerini düşürmek amacıyla doğrudan güneş ışınımı almayan yönlerde dahi ısıtım ve ışık geçirgenliği düşük camların kullanılmış olması ve aydınlatma sisteminin gün ışığına ve kullanıma duyarlı olarak kontrol edilmemesi bu sonucu ortaya çıkarmıştır. Dolayısıyla tasarım aşamasından itibaren, bina malzemelerinin bilinçli seçilmesi dahil akıllı bina kavramı bütüncül olarak ele alınmadığı için oldukça gelişmiş enerji yönetim sisteminin bulunduğu bu bina, özellikle elektrik enerjisi harcamaları açısından olabileceğinin altında bir enerji performansı sergilemektedir. (Engin, 2001)

7. UYGULAMA ÖRNEĞİ : KARIŞIM HAVALI KLİMA SANTRALİ KONTROLÜ

Kontrol Senaryosu

Elektronik sektöründeki gelişmeler ve maliyetlerin düşmesi, Bina Yönetim Sistemlerini (BYS) günümüz orta ve büyük ölçekli binalarının ayrılmaz bir parçası haline getirmiştir. BYS'nin temel amacı, binadaki elektrik ve mekanik sistemlerin izlenmesi, yönetiminin kolaylaştırılması ve merkezileştirilmesidir. Ayrıca, bina sahipleri ve yöneticilerinin en önemli hedefi olan enerji tasarrufu ve işletme maliyetlerini düşürülmesinde BYS'nin büyük rolü olduğu günümüzde tartışılmaz bir gerçek olmuştur.

Her zaman için BYS'nin en önemli kısmını oluşturan HVAC sistemlerinin, hava kalitesini düşürmeden enerjiyi daha verimli bir şekilde kullanması talep edilmektedir. Binalarda her türlü iklim koşulunda ısı konforunun sağlanması için HVAC sistemlerinin iyi kontrol edilmesi büyük önem taşımaktadır ve etkin bir HVAC kontrolü binada enerji tasarrufunu büyük ölçüde artıracaktır.

Sistem ; ısıtıcı ve soğutucu serpantin, taze hava, egzost ve karışım havası damperleri, nemlendirici ünite ile aspiratör ve vantilatörden oluşmaktadır. Sistem Karışım Havalı ısıtıcı ve soğutucu ünitesi bulunan klima santralidir. Santral merkezi olarak hizmet ettiği mahalleri havalandırmak ve sıcaklık ve nem konfor şartlarına ulaştırmak için hizmet verecektir.

Sistemi oluşturan ekipmanlar ; oransal damper servomotoru, filtre kirlendi alarmı için fark basınç anahtarı, ısıtıcı serpantin üç yollu vana ve oransal servomotoru, soğutucu serpantin üç yollu vana ve oransal servomotoru, donma termostatu (manuel resetli), besleme fanı ve bu fanı sürmek için bir frekans invertörü, egzost fanı ve bu fanı sürmek için bir frekans invertörü , kayış koptu ve mekanik arıza bilgileri için fark basınç anahtarı, üfleme ve emiş havası nem ve sıcaklık hissedicileri, üfleme ve emiş havası basınç sensörleri, üfleme ve emiş havası hız sensörlerinden oluşmaktadır. Sistem bina yönetim sistemi tarafından desteklendiği için uygulama örneklerinde sözü geçen tüm klima santralleri kontrolü için tek bir dış hava (taze hava) kuru termometre sıcaklık ve nem hissedicisi kullanılmaktadır.

Sistem start komutu aktif değilken vantilatör ve aspiratör OFF konumunda; taze hava ve egzost havası damperleri tam kapalı (%0) , karışım havası damperi tam açık (%100) , ısıtıcı vanaları , soğutucu vanaları tam kapalı (%0) pozisyonundadır.

SCADA üzerindeki sistem kumanda butonuna basıldığında vantilatör fanı ve aspiratör fanı basınç ve hız sensörlerinden gelen bilgiye göre belirli bir frekans değerinde devreye girer, taze hava damperi tam kapalı konumdan olması gereken açıklığa göre konumlanır. Sistem kumanda butonuna

basıldığında sistemin çalışması için donma termostatu alam vermemeli ve kayış koptu bilgilerinden herhangi birinin gelmemesi gerekmektedir.

Yaz Çalışması (Normal Çalışma) Modu: (TDIŞ >24 °C)

SCADA üzerinden veya zaman programına bağlı olarak sistem start komutu verildiğinde ; Motor Kontrol (MCC) panosu üzerindeki AUTO / MAN seçici anahtar AUTO pozisyonunda ise ve termik bilgisi normal ise Aspiratör ve Vantilatör çalışmaya başlar. Çalıştı bilgisi vantilatör ve aspiratör üzerindeki fark basınç anahtarları vasıtasıyla SCADA üzerinden gözlenir.

Sistem tarafından izlenen Dönüş havası sıcaklığı ve dış hava sıcaklığına bağlı olarak damper motorlarına kumanda edilir. Taze Hava Damperi ; SCADA üzerinden girilebilen taze hava damperi minimum konumu ile limitlenir.

Vantilatör fanı çalıştığı andan itibaren sıcaklık kontrolü aktif hale gelir. Nemlendirici ünitenin arıza durumuna bakılarak emiş kanalı üzerindeki nem ve sıcaklık sensöründen alınan nem bilgisi ile nem ayar değeri karşılaştırılmak suretiyle nem ünitesi kontrol sinyali üretilir. Üfleme kanalı üzerindeki nem ve sıcaklık sensörü ile üfleme nem değeri limitlenir.

Soğutma yapılan yaz çalışması boyunca üfleme kanalı sıcaklık ve nem sensörü vasıtasıyla ölçülen sıcaklık bilgisi sıcaklık yaz ayar değeri ile karşılaştırılarak; taze,karışım, egzost damper motorları ve soğutucu serpantin vana motoru için kontrol sinyali üretilmesi suretiyle mahal sıcaklıkları ayar değerinde sabitlenir.

Geçiş Mevsimleri Çalışması Modu: (16 °C < TDIŞ < 24 °C)

Sistem tarafından izlenen dönüş havası sıcaklığı ve dış hava sıcaklığına bağlı olarak damper motorlarına kumanda edilir. Taze hava sıcaklığı dönüş havası sıcaklığından büyük olduğunda ısıtma ihtiyacını karşılamak için dış hava kullanımı yoluna gidilerek taze hava ve egzost damperleri açma (%100) , karışım damperi Kapama (%0) yönünde hareket eder. Aksi durumda ; (Taze hava sıcaklığı dönüş havası sıcaklığından küçük olduğunda) soğutma ihtiyacını karşılamak için de sistem benzer bir davranış biçimi sergiler (dış hava ekonomizör çevrimi). Nemli bölgelerde (örneğin Akdeniz kıyı bölgesi) kuru termometre sıcaklıkları karşılaştırması yerine entalpi karşılaştırması yapılarak bedelsiz soğutma (free cooling) yapılması daha verimli olacaktır.

Sıcaklık bilgilerine ve ayar değerine bağlı olarak gerektiğinde ısıtıcı serpantin vana motorunun veya soğutucu serpantin vana motorunun açma yönünde hareketlenmesi sağlanır. Sistem dönüş havası nem değerine ve ayar değerine bağlı olarak nemlendirici ünite oransal olarak devreye sokulur.

Kış Çalışması Modu: (-3°C < TDIŞ < 15 °C)

Isıtma yapılan kış mevsimi boyunca taze ve egzost havası damperleri minimum konumuna kadar kısma yönünde karışım havası damperi ise açma yönünde hareket eder. Üfleme sıcaklığı kış ayar değerinin yakalanması için ısıtıcı serpantin motorlu vanası açılarak üfleme sıcaklığı kış ayar değerinde sabit tutulur.

Kış sezonu boyunca serpantinden geçen karışım havası sıcaklığı 5 °C altına düşerse, ısıtma serpantininin donmadan korunması için, ısıtıcı serpantin yüzey sıcaklığını hisseden donma termostatu, taze hava ve egzost havası damperlerini %100 kapalı, iç hava damperini %100 açık konuma getirir. Besleme ve egzost fanları kapanır ve ısıtıcı serpantin iki yollu otomatik kontrol vanası %100 açık konuma geçer. Böylece serpantin içinde sıcak su sirkülasyonu sağlanır. Sonuçta sistem donma riskinden korunmuş olur. Sistemde kullanılan donma termostatu manuel resetli olup, donma riskinin atlatıldığı düşünülürse kullanıcı tarafından donma alarmı ve senaryosu iptal edilir. Karışım havalı klima santrallerinde donma riski %100 taze havalı primer klima santrallerine göre daha düşüktür.

Kontrol sistemi yukarıda anlatılan yaz çalışması, geçiş mevsimi çalışması , kış çalışması modlarında mahal ısıtma – soğutma ihtiyacına bağlı olarak mahal konfor şartlarının temin edilmesini sağlar. Sistemin ihtiyacına göre soğutma ve ısıtma enerjisi kullanımının optimum koşullarda gerçekleşmesini sağlayarak büyük ölçüde enerji tasarrufu temin edilir. Kontrol sistemi yukarıda anlatılan yaz çalışması, geçiş mevsimi çalışması , kış çalışması modlarının dışında gerçek çalışma zamanı öncesi ve sonrasındaki periyotlarda da enerji optimizasyonuna yönelik çalışma modları aktif hale getirilir.

Gece Kullanım Optimizasyon Modu

Isıtma sezonu boyunca gerçek çalışma saatleri dışında gece sıcaklık düşümü programı ile mahal sıcaklıklarının ortalaması normal çalışma sıcaklığının 4-6 °C altına olacak şekilde ısıtma kontrolü yapılarak kısa periyotlar halinde klima santrali çalıştırılır. Sistemin daha düşük sıcaklıklarda tutulması enerji tüketimini azaltır.

Isıtma yapılan kış sezonunda sistem, normal çalışmaya başlamadan önce ortamı kısa sürede ısıtılmak ve set değerine ulaşmak için hızlı ısıtma moduna geçer. Taze hava ve egzost damperleri %100 kapalı, iç hava damperi %100 açık konuma geçer, ısıtma vanası %100 açar. Üfleme fanı çalıştırılarak dönüş havası sıcaklık hissedicisinden sıcaklık ayar noktası izlenir. Bu sıcaklık değeri yakalanıncaya kadar bu mod devam eder.

Gece Besleme Optimizasyon Modu (Night Purge)

Soğutma yapılan yaz aylarında gece dış hava sıcaklığının düşük olmasından faydalanılarak tüm çalışma günü boyunca binada biriken kirli hava ve bina zarfında depolanan ısı yükü dışarı atılır. Serin ve temiz dış hava ile bina içi süpürülür.

Dış hava sıcaklığı dönüş havası sıcaklık değerinden düşük ise iş başlama saatinden iki saat önce klima santrali devreye girer; hacmi temizler ve serinletir. Bu yolla iç hava kalitesi iyileştirilmiş ve gündüz çalışmasında bina için gerekecek soğutma yükü azaltılmış olur.

Bu durumda dış (taze hava) ve egzost damperleri %100 açık, dönüş hava damperi ise %100 kapalıdır. Bu mod, yapısı gereği 24 saat çalışan binalarda (hastaneler v.b..) kullanılır. (Yaparoğlu, 2005)

Nokta Listesi

Karışım havalı klima santrali kontrolüne ait nokta listesi Çizelge 7.1’de gösterildiği gibidir.

KARIŞIM HAVALI KLİMA SANTRALİ NOKTA LİSTESİ						
NO		AI	AO	DI	DO	
1	Gidiş havası sıcaklığı	1				
2	Dönüş havası sıcaklığı	1				
3	Taze hava sıcaklığı	1				
4	Gidiş havası nemi	1				
5	Dönüş havası nemi	1				
6	Taze hava nemi	1				
7	Gidiş havası basıncı	1				
8	Gidiş havası hızı	1				
9	Dönüş havası basıncı	1				
10	Dönüş havası hızı	1				
11	CO2 miktarı	1				
12	Filtre Kirlilik EU-3			1		
13	Filtre Kirlilik EU-7			1		
14	Vantilatör kayış koptu			1		
15	Aspiratör kayış koptu			1		
16	Donma termostatı			1		
17	Isıtma vanası kontrolü		1			
18	Soğutma vanası kontrolü		1			
19	Damper motoru kontrolü		1			
20	Nemledirici kontrolü		1			
21	Vant. İnv. Start/stop				1	
22	Vant. İnv. Oto/man.			1		
23	Vant. İnv. Arıza			1		
24	Vant. İnv. Durum			1		
25	Vant. İnv. Konumlandırma		1			
26	Asp. İnv. Start/stop				1	
27	Asp. İnv. Oto/man.			1		
28	Asp. İnv. Arıza			1		
29	Asp. İnv. Durum			1		
30	Asp. İnv. Konumlandırma		1			
Nokta Toplamı:		11	6	11	2	30

Çizelge 7.1 Karışım havalı klima santrali nokta listesi

Saha Elemanları Listesi

Karışım havalı klima santrali kontrolü için kullanılacak saha elemanları listesi Çizelge 7.2'de verilmiştir.

No	Malzeme Tanımı	Malzeme Kodu	Adet	Ayrıntılar
1	Kanal tipi sıcaklık ve nem kombi sensörü	QAM 2120.040	3	PT1000 sıcaklık sensörü, 0-10 V nem sensörü
2	Kanal tipi basınç sensörü	QBM 66.203	2	0-10 V basınç sensörü
3	Kanal tipi hız sensörü	QVM 62.1	2	0-10 V hız sensörü
4	Kanal tipi hava kalitesi sensörü	QPM 2100	1	0-10 V hava kalitesi sensörü
5	Fark basınç anahtarı	QBM 81.5	4	-
6	Donma termostatu	QAF 81.6M	1	Manuel resetli donma termostatu
7	Oransal vana servomotoru	SQS 65	2	0-10 V oransal vana motoru
8	Oransal damper servomotoru	GCA 161.1E	3	0-10 V damper motoru
9	Üç yollu vana gövdesi	VXG 44.25-40	2	Üç yollu vana gövdesi
10	Frekans invertörü	X200	2	0-10 V frekans invertörü

Çizelge 7.2 Saha elemanları listesi

Çizelge 7.2'de verilen saha elemanlarında frekans invertörleri Hitachi marka, diğer elemanlar ise Siemens markadır.

Otomasyon Prensiş Şeması

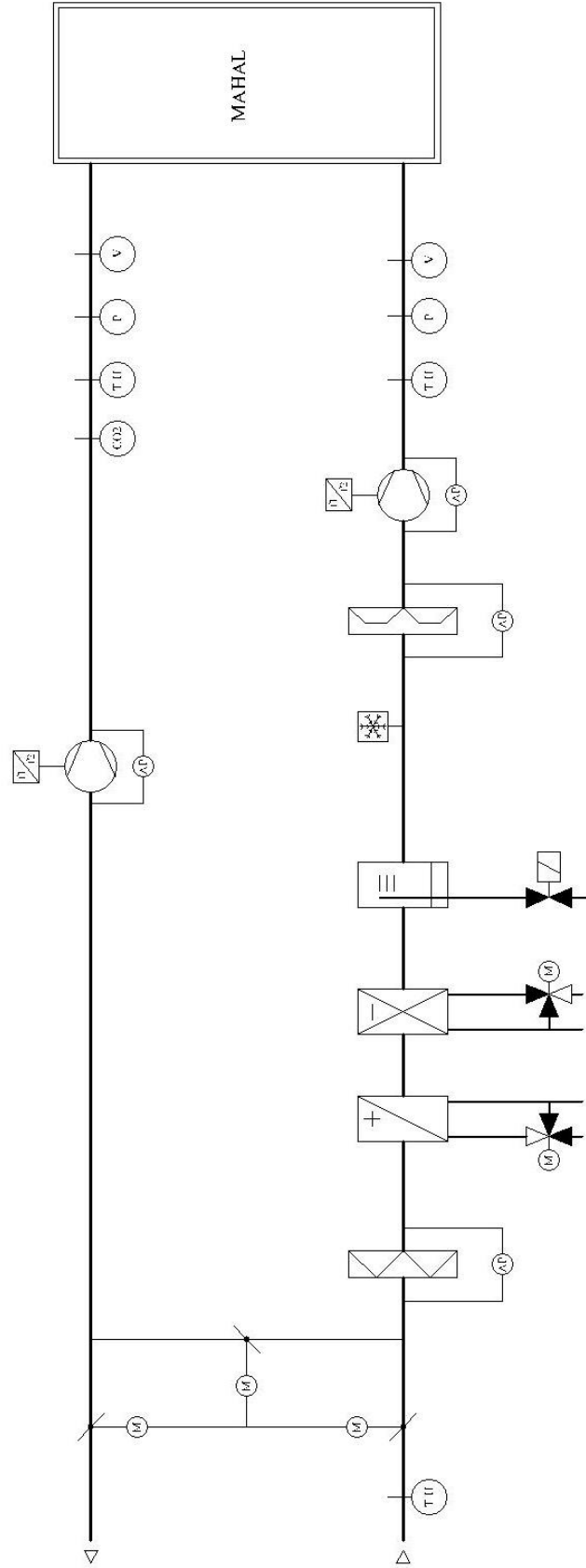
Karışım havalı klima santraline ait otomasyon prensip şeması Şekil 7.1’de gösterildiği gibidir.

Kullanıcı Arayüzü (HMI-Human Managed Interface)

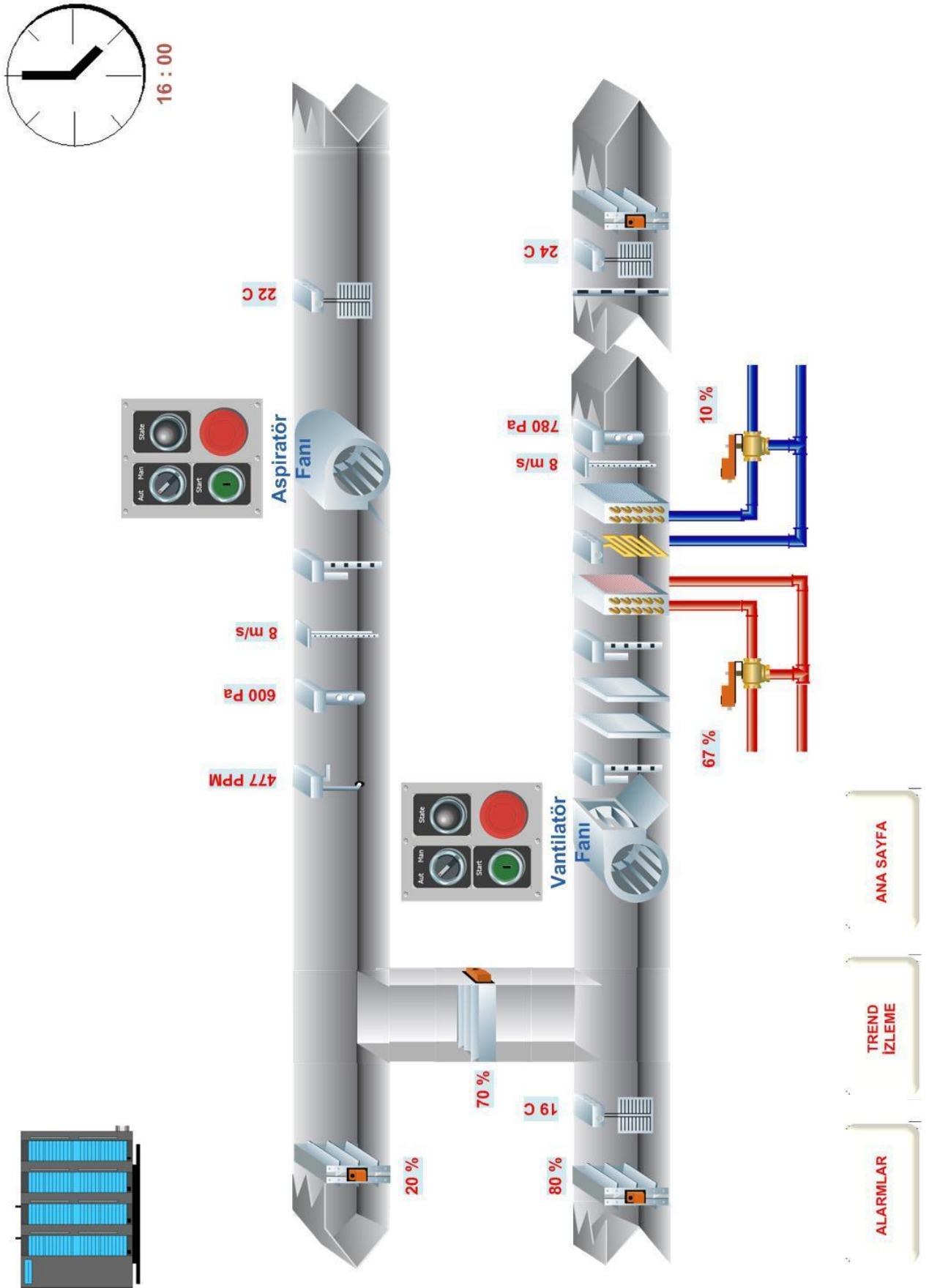
Şekil 7.2’de karışım havalı klima santralinin kontrolü için hazırlanmış kullanıcı arayüzünü görebilirsiniz.

Programlama

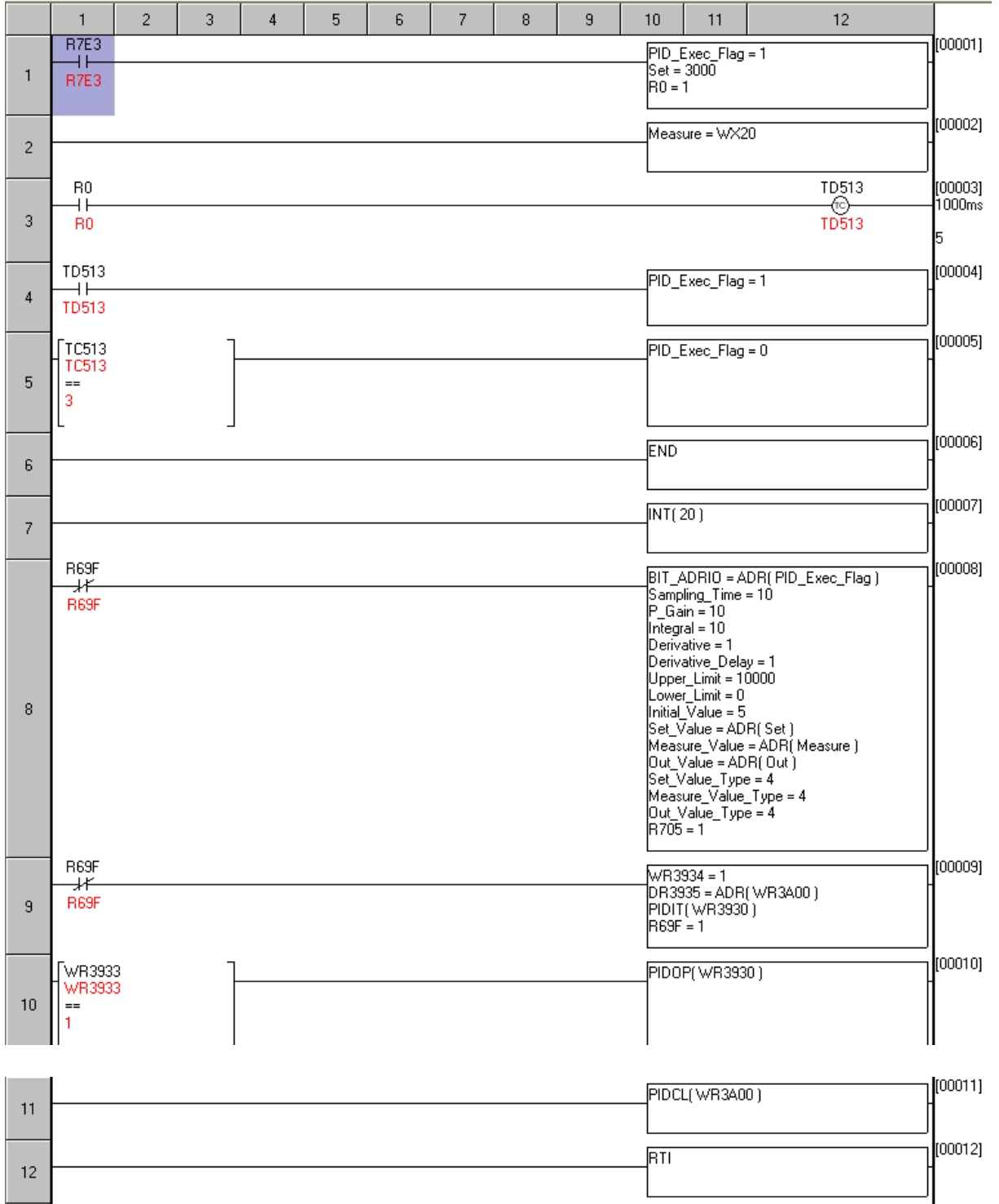
Bu bölümde karışım havalı klima santraline ait üç yollu vana kontrolü için programlama örneği verilmiştir. Bu sistemin kontrolü için Hitachi marka EHV serisi PLC’ler kullanılmıştır. Programlama merdiven diyagramı yöntemi ile Hitachi firmasının geliştirdiği Control Editör yazılımı ile gerçekleştirilmiştir. Şekil 7.3’de vanaların PID kontrolü için yazılmış olan programı ve Şekil 7.4’de ise invertör açma/kapama kontrolü için yazılmış olan programı görebilirsiniz.



Şekil 7.1 Karışım havalı klima santrali otomasyon prensip şeması



Şekil 7.2 Karışım havalı klima santrali kullanıcı arayüzü



Şekil 7.3 Vana kontrolü merdiven diyagramı ile programlanması

8. SONUÇ

Akıllı binalar çağımızın en büyük problemi olan enerjiyi etkin kullanma ve korumayı sağlamak ve bu problemin, bu sorunun en büyük çözümlerinden biri olarak karşımıza çıkmaktadır.

Akıllı binaların sayılarının artması ve birçok farklı yapıda uygulanması, bina otomasyon sistemleri hakkında yapılan çalışmaları, bu sistemler için geliştirilen ürünlerin sayılarının artmasını tetiklemiştir. En etkin ve en düşük maliyetlerle bina sistemlerinin, enerji harcayan elemanların kontrolü ve tüm sistemlerin birbirleri içerisinde uyumlu çalışmasını sağlamak amacıyla her saniye yeni bir sensör, kontrol kartı, yazılım vb. ürünler geliştirilmektedir. Bu bağlamda bina sistemlerinin kontrolünde günümüzdeki en son eğilimlere bakacak olursak, eski yönetim sistemlerinin kuruluş maliyetlerinin yüksekliği ve karmaşıklığı nedeniyle kablosuz sistemlere bir geçiş süreci başlamıştır. Fakat bu sistemlerde oluşan haberleşme ve güvenilirlik problemleri nedeniyle, halen daha eski kablolu sistemler özellikle büyük komplekslerde tercih edilmektedir, çünkü bu tarz sistemlerin ömürleri uzun, dayanıklı ve güvenilirdir.

Bilgisayar dünyasındaki gelişmelerin bir sonucu olarak bina otomasyon sistemleri her büyüklükte ve tipteki binalara kurulabilir hale gelmiştir. Bina içerisindeki tüm sistemlerden bilgi toplama akıllı kontrol kartlarıyla gerçekleştirilmektedir ve bu kontrol kartları topladıkları bu bilgileri işleyerek karmaşık yapıda olan sistemi kontrol etmemizi büyük ölçüde kolaylaştırmaktadır. Bunun sonucu olarak maliyetlerde büyük bir düşüş yaşanmış ve enerji tüketimi büyük ölçüde azalmıştır. Günümüzde bina otomasyon sistemleri akıllı eve sistemleri olarak büyük ve küçük tüm yapılara uygulanmaya başlanmıştır.

Tüm bu sistemlerin temel oluşma sebebi, insan gereksinimleri ve konfor şartlarıdır. Etkin bir bina otomasyon sistemi, enerjiyi etkin kullanmak temel amacı çerçevesinde, yaşayanların konfor gereksinimlerini de tam olarak karşılamaktadır.

Son yıllarda ülkemizde akıllı binaların sayısı hızla artmakta ve bu olgu herkes tarafından bilinmektedir. Özellikle İstanbul'da son yıllarda yapılan iş merkezleri (Polat Tower, Tekfen Tower vb. gibi) tüm dünya çapında yapılan en iyi akıllı binalar sıralamasını yer almayı başarmıştır.

KAYNAKLAR

Avincan, G. (1999), Akıllı Bina Otomasyon Sistemleri ve Türkiye'deki Uygulamaları, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü.

Akkaplan, S., Öz, E.S. ve Kurtuluş, B. (1997), "Yangın Algılama Sistemleri", MMO Yayınları TESKON Ek Bildiriler, İstanbul.

Aslan, D.E. (1997), "İç Hava Kalitesi ve Kontrolü", MMO Yayınları TESKON Ek Bildiriler, İstanbul.

Atkin, B.L. (1988), "Progress Towards Intelligent Buildings", Intelligent Building, UNICOM Applied Information Technology Reports, Kogan Page Limited Press, London.

Azegami, M. ve Fujiyoshi, H. (1993), "A Systematic Approach to Intelligent Building Design", IEEE Magazine, Ekim 1993.

Barnaby, C.S., Shnitman, M. ve Wright, W.A. (2001), "HVAC System Design Automation: Issues, Methods, And Ultimate Limits", 7th International IBPSA Conference, 13-15 Ağustos 2001, Rio De Janeiro.

Bayazıt, H. (2005), Uygulamalı PLC Programlama ve Operatör Panel Konfigürasyonu, Nobel Yayın Dağıtım, İstanbul.

Bilgin, E.T. (2001), Geleceğin Ofis Binalarındaki Tasarım Parametrelerine İlişkin Kriterlerin Saptanması, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi.

Bradshaw, V. (1993), Building Control Systems Second Edition, John Wiley and Sons Inc., New Jersey.

Braun, J.E. (2007), "Intelligent Building Systems – Past, Present, and Future", 2007 American Control Conference, 11-13 Temmuz 2007, New York.

Braun, H. ve Grömling, D. (2005), A Design Manuel Research and Technology Buildings, Birkhauser, Basel.

Brookfield, D.S. (1988), "The Intelligent Building in Practice", Intelligent Building, UNICOM Applied Information Technology Reports, Kogan Page Limited Press, London.

Bushby, S.T. (1997), "BACnet : A Standart Communication Infrastructure for Intelligent Buildings", Elsevier, Automation in Construction 6 529-540.

Cao, L., Tian, J. ve Jiang, W. (2007), "Information Fusion Technology and Its Application to Fire Automatic Control System of Intelligent Building", International Conference on Information Acquisition, 9-11 Haziran 2007, Jeju City.

Clarke, G. ve Reynders, D. (2004), Practical Modern SCADA Protocols, IDC Technologies, London.

Cornick, T. (1988), "Intelligent Buildings : Their Implications for Design and Construction", Intelligent Building, UNICOM Applied Information Technology Reports, Kogan Page Limited Press, London.

- Cornwell, G. ve Rouse, S. (2005), *Lighting Reference Guide*, CEA Technologies Inc., Ontario.
- Çetin, R. (2005), *İleri Kumanda Teknikleri ve PLC*, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- Çıkrıkçioğlu, B. (2004), *Akıllı Binaların Tarihsel Gelişimi ve Geleceğe Yönelik Ütopylar*, Yüksek Lisans Tezi, Y.T.Ü.
- Değirmenci, M., Giray, S., Eğrikavuk, M., Dağdemir, N., Ayken, U. ve Demiray, B. (2003), *Otomatik Kontrol Tesisatı*, TMMOB Yayınları, İstanbul.
- Dubin, F.S. (1998), “HVAC, Lighting ve Other Design Trends in Intelligent Buildings”, *The Intelligent Building Sourcebook*, Johnson Controls Inc., Fairmont Press, New Jersey.
- Ercan, M.S. (1995), “Bina Yönetim Sistemleri”, MMO Yayınları, İstanbul.
- Egan, M. D. (1978), "Concept In Building Fire Safety, Collage of Architecture Clemson University", John Wiley and Sons, Newyork, 1978.
- Engin, Y. (2001), “Akıllı Binalar”, THBB Teknik Ofis Yayınları, İstanbul.
- Eren, H., Çıtlak, A. ve Yıldız, Ş. (2006), “Pervaneli Tip Akış Ölçerlerin Diferansiyel Basınç Ölçer Prensibi ile Debi Ölçümünde Kullanılabilirliği”, *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, Sayı 91, Sayfa 63-68.
- Fraden, J. (2004), *Handbook of Modern Sensors Physics, Designs and Applications Third Edition*, Springer, New York.
- Finley, M.R., Karakura, A. ve Nbogani, R. (1991), “Survey of Intelligent Building Concepts”, *IEEE Communications Magazines*, Nisan 1991.
- Flax, B.M. (1991), “Intelligent Buildings”, *IEEE Communications Magazine*, Nisan 1991.
- Gassmann, O. ve Meixner, H. (2001), *Sensors Application Volume 2 Sensors in Intelligent Building*, John Wiley and Sons, New York.
- Ghiaus, C. ve Inard, C. (2007), “Energy and Environmental Issues of Smart Buildings”, *A Handbook for Intelligent Buildings*.
- Gilligan, K. (1997), *Honeywell Engineering Manuel of Automatic Control for Commercial Building*, Honeywell Inc., Minneapolis.
- Haines, R.W. ve Hittle, D.C. (2006), *Control Systems for Heating, Ventilating and Air Conditioning*, Springer, New York.
- Huang, H.Y., Yen, J.Y., Chen, S.L. ve Ou, F.C. (2004), “Development of an Intelligent Energy Management Network for Building Automation”, *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, Vol. 1, 1 Temmuz 2004.
- Jack, H. (2007), *Automation Manufacturing Systems with PLC*, GVSU, Houston.

Janis, R.R. ve Tao, W.K.Y. (2005), *Mechanical and Electrical Systems in Buildings Third Edition*, Pearson Prentice Hall, New Jersey.

Kara, Y.A. ve Arslantürk, C. (2004), “Binalarda Kullanılan Boylerlerin Modellenmesi”, Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü.

Karatasou, S. ve Santamouris, M. (2007), “Application of Intelligent Building Evaluation Matrix Tool in Case Studies”, *A Handbook for Intelligent Buildings*.

Kars, F. (2003), “Yapılarda Yangın Riskini Sınırlamaya Yönelik Önlemler ve Duman Kontrolünün Sağlanması”, 4. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İstanbul.

Küçükçalı, R. (2007), *Yüksek Yapılarda Tesisat*, İsisan Yayınları, İstanbul.

Levermore, G.J. (1992), *Building Energy Management Systems An Application to Heating and Control*, E&FN SPON, London

Liao, Z. ve Sutherland, G. (2007), “Tutorial for Matrix Tool for Assessing the Performance of Intelligent Buildings”, *A Handbook for Intelligent Buildings*.

Liu, Z.J., Qi, W.H., Jia, Z. ve Huang, P. (2004), “System Integration Control of HVAC in Intelligent Building”, 3rd. International Conference on Machine Learning and Cybernetics, 22-26 Ağustos 2004, Shanghai.

Luo R.C., Su, L.K. ve Tsai, K.H. (2002), “Fire Detection and Isolation for Intelligent Building System Using Adaptive Sensory Fusion Method”, IEEE International Conference on Robotic and Automation, Washington.

Maro, O. (1993), “Bina Otomasyonu”, MMO Yayınları, İstanbul.

Mill, P.A.D., Dubin, F.S., Hartkopf, V. ve Loftness, V. (1988), “The Need : Intelligent Building for Building Intelligence”, *Intelligent Building, UNICOM Applied Information Technology Reports*, Kogan Page Limited Press, London.

Mueller, C. (2006), “BACnet – Global Standart for Open Building Management Solutions”, Honeywell Building Solutions.

Neubauer, R.E. (1998), “The Intelligent Building : An Overview”, *The Intelligent Building Sourcebook*, Johnson Controls Inc., Fairmont Press, New Jersey.

Newman, M. (2000), “BACnet – A Tutorial Overview”, BACnet Committee.

Nikolaou, T., Kolokotsa, D. ve Stavrakakis, G. (2007), “Introduction to Intelligent Buildings”, *A Handbook for Intelligent Buildings*.

Özbaylar, U. (2003), *Akıllı Bina Otomasyonu*, Yüksek Lisans Tezi, Gebze İleri teknoloji Enstitüsü.

Özcan, M. Ve Özkan, A.O. (2004), *Otomasyon Sistemlerinde PLC Uygulamaları*, Atlas Yayın Dağıtım, İstanbul.

- Özer, B. (1996), Akıllı Bina Üretim Sürecinde Proje Temin Yaklaşımlarının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü.
- Özkaya, M. (2004), Aydınlatma Tekniği, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- Özsarı, F. (2005), “Algılayıcılar”, Teknik Öğretmenler
- Park, J. ve Mackay, S. (2003), Practical Data Acquisition for Instrumentation and Control Systems, IDC Technologies, London.
- Parr, A. (2004), Programmable Controllers An Engineer’s Guide Third Edition, Butterworth-Heinemann Elsevier, Oxford.
- Peterson, D. (1998), “Integrated Lighting Management”, The Intelligent Building Sourcebook, Johnson Controls Inc., Fairmont Press, New Jersey.
- Purkiss, J.A. (2007), Fire Safety Engineering Design of Structure Second Edition, Butterworth Heinemann, Elsevier, Amsterdam.
- Reynders, D., Wright, E. ve Bailey, D. (2004), Wireless Ethernet and TCP/IP Networking, IDC Technologies, Houston.
- Ripka, P. ve Tavel, A. (2007), Modern Sensors Handbook, ISTE Ltd., London.
- Ristimaki, T. (2008), “Frekans Konvertörüne Enerji Verimliliği”, Honeywell Inc.
- Rubin, A. (1988), “What Building Users Want”, Intelligent Building, UNICOM Applied Information Technology Reports, Kogan Page Limited Press, London.
- Sağiroğlu, M.T. (2006), “Sprinler Yangın Söndürme Sistemleri”, EMO Ltd.Şti.
- Sezgin, F. (2005), Pasif Akıllı Büro Binalarında Enerji Bakımından Tasarım Ölçütleri Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi.
- Sönmez, M. (2006), Akıllı Binalardaki Teknik Teknolojik Sistemler ve Enerji İzleme Sisteminin Entegrasyonu.
- Topak, H. (2000), Programlanabilir Kontrol Sistemleri, Mersin Üniversitesi Yayınları, Mersin.
- Topak, H. (2000), Bilgisayarlı Veri Toplama ve Kontrol, Mersin Üniversitesi Yayınları, Mersin.
- Transue, R.E. (1998), “Fire Management : Intelligent, Integrated, Informed”, The Intelligent Building Sourcebook, Johnson Controls Inc., Fairmont Press, New Jersey.
- Trevathan, V.L. (2006), A Guide to the Automation Body of Knowledge Secon Edition, ISA, New York.

Uguz, A. (2002), "Intelligent Building Systems", IEEE Circuits and Devices Magazines, Eylül 2002.

Walter, J.D. (1988), "Fire and Security Protection", Intelligent Building, UNICOM Applied Information Technology Reports, Kogan Page Limited Press, London.

Weaver, T.R. (1998), "The Integrated Building Automation System", The Intelligent Building Sourcebook, Johnson Controls Inc., Fairmont Press, New Jersey.

Wong, A.C.W. ve So, A.T.P. (1997), "Building Automation in 21th Century", APSCOM97, Hong Kong.

Wong, J.K.W., Li,H. ve Wang, S.W. (2005), "Intelligent Building Research : A Review", Elsevier, Automation in Construction 14 143-159.

Wong, J., Li, H. ve Lai, J. (2007), "Evaluating The System Intelligence of the Intelligent Building Systems Part 1: Development of Key Intelligent Indicators and Conceptual Analytical Framework", Elsevier, Automation in Construction 17 287-302.

Wong, J., Li, H. ve Lai, J. (2007), "Evaluating The System Intelligence of the Intelligent Building Systems Part 2: Construction and Validation of Analytical Models", Elsevier, Automation in Construction 17 303-321.

Wright, E. ve Bailey, D. (2003), Practical SCADA for Industry, Butterworth-Heinemann Elsevier, Oxford.

Yağımlı, M. ve Akar, F. (2004), Programlanabilir Lojik Denetleyiciler, Beta Yayıncılık, İstanbul.

Yakut, A.K., Kuru, M. ve Şencan, A. (2004), "HVAC Sistemlerinde Kontrol Yöntemleri ve Enerji Tasarrufu", 5. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İstanbul.

Yaparoğlu, E.T. (2005), "Bina Yönetim Sistemleri ve HVAC Otomasyon Sistemlerinde Enerji Tasarrufu", Tesisat Mühendisliği Dergisi, Sayı 90, Sayfa 32-36.

Yaşa, E. (1993), "Yangın Tesisatları", MMO Yayınları TESKON Ek Bildiriler, İstanbul.

Yaşar, Y., Pehleven, A. ve Altıntaş, E. (2007), "Termal Konfor Araştırması", 8. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İstanbul.

Yılmaz, Z. (2006), "Akıllı Binalar ve Yenilenebilir Enerji", 7. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İstanbul.

Zinzi, M. ve Fasano, G., "The Market of Smart Building Technologies : Barriers and Opportunities", A Handbook for Intelligent Buildings.

İNTERNET KAYNAKLARI

[1] www.abb.com

[2] www.hsk.com.tr

- [3] www.baymak.com.tr
- [4] www.w1.siemens.com
- [5] www.alarko.com.tr
- [6] www.alarko-carrier.com.tr
- [7] www.carrier.com
- [8] www.gonka.com.tr
- [9] www.isisan.com
- [10] www.daikin.com
- [11] www.igdas.com.tr
- [12] www.tanpera.com.tr
- [13] www.tektes.com
- [14] www.emarelelektronik.com.tr
- [15] www.trane.com
- [16] www.fetas.com
- [17] www.adeksmuhendislik.com.tr
- [18] www.sauter-controls.com
- [19] www.bacnet.org
- [20] www.knx.org
- [21] www.obix.org
- [22] www.lonmark.org
- [23] www.computrols.com
- [24] www.kepware.com
- [25] www.baykangrup.com
- [26] www.osram.com.tr
- [27] www.gestas.com.tr
- [28] www.viko.com.tr
- [29] www.normteknik.com.tr
- [30] www.dogusvana.com.tr
- [31] www.polattower.com
- [32] www.alperen.com.tr
- [33] www.ebilisim.net
- [34] www.centraline.com
- [35] www.oee.nrcan.gc.ca/ell
- [36] www.energy-efficiency.com

- [37] www.modbus.org
- [38] www.gvsu.edu
- [39] www.kumanda.org
- [40] www.elimko.com
- [41] www.egecontrols.com
- [42] www.emko.com
- [43] www.modicon.com
- [44] www.hitachi-eu.com
- [45] www.otomasyonsistemleri.org
- [46] www.nutrox.com
- [47] www.hacettepe.edu.tr
- [48] www.electronics-lab.com
- [49] www.progea.com
- [50] www.akcam.com.tr
- [51] www.tr.wikipedia.org
- [52] www.webhatti.com
- [53] www.deltaq.net
- [54] www.honeywell.com
- [55] www.en.wikipedia.com

ÖZGEÇMİŞ

Fahri Cem Uzun, 1983 yılında İstanbul'da doğdu. Liseyi Şenesenevler Lisesi'nde bitirdi. 2004 yılında Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. 2004 yılında Manas Dışli Sanayi firmasında Kalite Mühendisi olarak iş hayatına başladı. 2005 yılında askerlik görevini tamamlamak üzere başvurdu ve askerlik görevini yedek subay olarak İstanbul 15. Füze Üst Komutanlığı İnşaat Tesis Kısımında Proje Mühendisi olarak tamamladı. 2006 yılında Kale Balata firmasında Kalite Sorumlusu olarak işe başladı ve bu firmadaki görevine 1 yıl süre ile devam etti. 2007 yılında Piem Otomasyon firmasında Proje Koordinatörü olarak göreve başladı. Bu firmada çalıştığı süreç boyunca Yıldız Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği Anabilim Dalı Makine Teorisi ve Kontrol Programında yüksek lisans eğitimine devam etti. 2009 yılında Erasmus Programı ile 5 aylık bir periyotta Viyana Teknik Üniversitesi Bina Fiziki ve Ekolojisi Enstitüsünde tez çalışmasına devam etti ve aynı zamanda bir üniversite projesine katıldı.