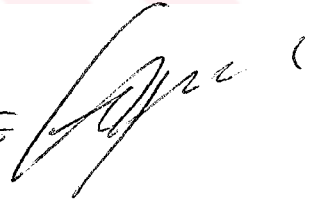
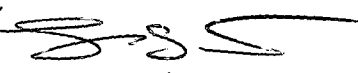





Prof. Dr. İsmail TEKE 
Prof. Dr. Bahri SAHİN 
Prof. Dr. Hasan Heperken 

TC. YÜSEKÖĞRETİM
DOKÜMANTASYON

ENERJİ TASARRUFUNA YÖNELİK OTOMATİK KONTROL SİSTEMLERİ VE UYGULAMASI

79230

Mak. Müh. Yusuf İLKENTAPAR

F.B.E. Makine Mühendisliği Anabilim Dalı Isı Proses Programında
Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Prof. Dr. İsmail TEKE

79230

İC. MÜHÜRÜ
İSTANBUL TİCARET VE SANAYİ BAKANLIĞI

İSTANBUL, 1998

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ.....	i
ŞEKİL LİSTESİ.....	iv
TABLO LİSTESİ.....	vi
DENKLEM LİSTESİ.....	vii
ABAK LİSTESİ.....	viii
ÖNSÖZ.....	ix
ÖZET.....	x
ABSTRACT.....	xi
1. OTOMATİK KONTROL SİSTEMLERİNİN GENEL PRENSİPLERİ.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Kontrol Sisteminin Elemanları.....	3
1.2.1. Sistem.....	3
1.2.2. Ölçme elemanları.....	3
1.2.3. Kontrol cihazı.....	4
1.2.4. Nihai kontrol elemanı.....	4
1.3. Otomatik Kontrol Türleri.....	4
1.3.1. İki konumlu kontrol.....	5
1.3.2. Yüzer kontrol.....	6
1.3.3. Oransal kontrol.....	7
1.3.4. Oransal artı integral kontrol.....	8
1.3.5. Oransal artı türevsel kontrol.....	11
1.3.6. Oransal artı integral artı türevsel kontrol.....	13
2. OTOMATİK KONTROL SİSTEMLERİ.....	15
2.1. Elektrik Kontrol Sistemleri.....	15
2.2. Elektrik Kontrol Sistemlerinin Üstünlükleri ve Sınırlamaları.....	16
2.3. Elektromekanik İle Elektrik Sistemlerinin Karşılaştırılması.....	16
2.4. Elektronik Elemanların Üstünlükleri.....	16
3. ÖLÇME ELEMANLARI.....	18
3.1. Basınç Ölçme Elemanları.....	18
3.1.1. Esnek diyafram.....	19
3.1.2. Körük.....	19
3.2. Elektromekanik Sıcaklık Ölçme Elemanları.....	19

3.2.1.	Bi-metal çift.....	20
3.2.2.	Boru-çubuk sıcaklık ölçme elemanı.....	20
3.2.3.	Kapalı körük.....	21
3.2.4.	Kılcal borulu tüp.....	21
3.3.	Elektronik Sıcaklık Ölçme Elemanları	21
3.3.1.	Termistör	21
3.3.2.	Direnç elemanı	22
3.3.3.	Isıl çift.....	22
3.4.	Elektromekanik Nem Ölçme Elemanı	23
3.4.1.	Naylon şerit veya insan saçı	23
3.5.	Elektronik Nem Ölçme Elemanı	23
4.	KONTROL CİHAZLARI	25
4.1.	Elektromekanik Kontrol Cihazları	25
4.1.1.	Elektromekanik mekanizmalar	25
4.1.1.1.	Civalı kontaklar	25
4.1.1.2.	Mikro anahtarlar	26
4.1.1.3.	Elektromanyetik röle.....	27
4.1.1.4.	Potansiyometreler.....	28
4.1.2.	Elektromekanik kontrol türleri.....	29
4.1.2.1.	İki konumlu kontrol cihazı	29
4.1.2.2.	Yüzer kontrollü kontrol cihazı	30
4.1.2.3.	Oransal kontrol cihazı	31
4.2.	Elektronik Kontrol Cihazı	32
4.2.1.	Elektronik mekanizma	32
4.2.1.1.	Direnç köprülü kontrol cihazı	33
4.2.2.	Elektronik kontrol türleri.....	36
4.2.2.1.	İki konumlu kontrol.....	36
4.2.2.2.	Yüzer kontrol.....	37
4.2.2.3.	Oransal kontrol	37
4.2.2.4.	Düzeltilme hareketi	38
4.2.2.5.	Türev hareketi	40
4.2.2.6.	Oransal artı integral artı türevsel kontrol	40
5.	NİHAİ KONTROL ELEMANLARI.....	42
5.1.	Tahrik Üniteleri ve Bağlantı Mekanizmaları	42
5.2.	Kontrol Motorları	43
5.2.1.	Tek yönlü motorlar.....	44
5.2.2.	Çift yönlü motorlar.....	44
5.2.3.	Yay geri dönüşlü motorlar.....	45
5.2.4.	Elektronik motorlar	46
5.2.5.	Kontrol motorlarının çalışma türleri	46
5.2.5.1.	İki konumlu tek yönlü motorlar.....	46
5.2.5.2.	İki konumlu iki yönlü motorlar	48
5.2.5.3.	İki konumlu yay geri dönüşlü motorlar	48
5.2.5.4.	Yüzer kontrollü motorlar.....	49

6.	KONTROL VANALARI.....	51
6.1.	Kontrol Vanası Elemanları.....	51
6.2.	Önemli Vana Karakteristikleri.....	53
6.2.1.	Vana akış karakteristikleri.....	54
6.3.	Otomatik Kontrol Vanası Seçimi.....	55
6.3.1.	Vana kapasite faktörü.....	55
6.3.2.	Maksimum akışkan basıncı ve sıcaklığı.....	58
6.3.3.	Basınç düşümü.....	61
6.4.	Konstrüksiyon açısından vana çeşitleri.....	61
6.4.1.	Tek oturtmalı vanalar.....	61
6.4.2.	Çift oturtmalı vanalar.....	62
6.4.3.	Üç yollu karıştırma vanaları.....	62
6.4.4.	Üç yollu ayırıştırıcı vanalar.....	63
7.	DAMPERLER.....	64
7.1.	Damper Tipleri.....	64
7.2.	Louver Damperler.....	65
7.3.	Damper Tahrik Üniteleri.....	67
8.	BİNA ISITMA SİSTEMLERİNDE VE HAVALANDIRMA SİSTEMLERİNDE OTOMASYON VE ENERJİ TASARRUFU.....	69
8.1.	Giriş.....	69
8.2.	Kazan Dairesinde Otomasyon.....	70
8.2.1.	Karışım vanasız ısıtma sistemi otomasyonu.....	70
8.2.2.	Karışım vanalı ısıtma sistemi otomasyonu.....	71
8.2.3.	Ayrıştırma vanalı, boylerli ısıtma sistemi otomasyonu.....	71
8.2.4.	Karışım vanalı, mahal ve boyler ısıtma sistemi otomasyonu.....	72
8.3.	Oda Sıcaklığındaki Değişimin, Isıtma Tesislerindeki Fuel-Oil Tüketimi Üzerindeki Etkisi.....	73
8.3.1.	Fuel-oil tasarrufunun hesaplanması.....	75
8.4.	Sıcak Su Hazırlama Sistemlerinde Enerji Tasarrufu.....	77
8.4.1.	Isıtma yüküne göre kazan suyu sıcaklığı ayarı.....	77
8.5.	Elektronik Kontrol Devrelerinin Klima Santrallerine Uygulanması.....	80
8.5.1.	Karışım havası sıcaklığı, donma noktası ve minimum dış hava miktarı kontrolü.....	83
8.5.2.	Çiğ nokta sıcaklığı kontrolü.....	84
8.5.3.	Mahal sıcaklığı, üfleme havası sıcaklığı ve mahal sıcaklığının dış hava kompanzasyon ile kontrolü.....	85
8.5.4.	Mahal nem oranı kontrolü.....	87
8.5.5.	Yaz-kış ortak çalışması.....	88
8.5.6.	Kış çalışması.....	89
8.5.7.	Yaz çalışması.....	89
8.6.	Havalandırma ve Hava Şartlandırma Tesislerindeki Enerji Tasarrufu Kontrol Devreleri Üzerine Genel Bilgiler.....	89
8.6.1.	Dış hava miktarını azaltarak enerji tasarrufu.....	93

9.	OTOMATİK KONTROLÜN EYÜP KÜLTÜR MERKEZİNDE UYGULANMASI VE EKONOMİKLİK HESABI.....	99
9.1.	Sistem Elemanları Ve Sistem Açıklaması	99
9.2.	Isıtma Yüğü Hesabı ($V_{top} = 27\ 000\ m^3/h$)	103
9.3.	Isıtma Yüğü - Yakıt Gereksinimi	113
9.4.	Soğutma Yüğü - Elektrik İhtiyacı.....	113
9.5.	Enerji Sarfiyat Analizi	114
9.5.1.	Otomatik kontrol uygulandığı durum:.....	114
9.5.2.	Otomatik kontrol uygulanmadığı durum:.....	114
9.5.3.	Otomatik kontrol uygulanmasında durum değerlendirmesi (8 Ay için)	115
9.5.4.	Otomatik kontrol uygulanmadığında durum değerlendirmesi	115
9.5.5.	Otomatik kontrol uygulamasında enerji tasarrufu.....	115
9.6.	Entalpi Kontrol Açıklaması.....	116
9.6.1.	Klima santrali üzerinde, şekil 9.2 de belirtilen noktalarda nihai kontrol eleman durumları	118
10.	SONUÇ.....	119
	KAYNAKLAR	120
	ÖZGEÇMİŞ.....	121

SİMGE LİSTESİ

Ke	Kontrol işareti
e	Hata işareti
t_R	Reset zamanı
Kc	Kazanç
P	Oransal kontrol
PI	Oransal+integral kontrol
PD	Oransal+türevsel kontrol
PID	Oransal+integral+türevsel kontrol
VAV	Değişken hava debili sistem
R	Hareketli kontak
W	Normalde açık kontak
B	Normalde kapalı kontak
TKTY	Tek kutup tek yönlü
TKÇY	Tek kutup çift yönlü
L_1, L_2	Faz
E	Gerilim
A	Yükseltici
G	Galvanometre
R_1, R_2, R_3, R_4	Direnç
V	Volt
Y	Kontrol sinyali
S	Servomotor hareketi
k_v	Vana kapasite faktörü
Q	Su debisi
ΔP_v	Basınç düşümü
ρ	Özgül ağırlık
Gs	Doymuş buhar debisi
P1	Mutlak giriş basıncı
G	Kızgın buhar debisi

t	Aşırı ısıtma derecesi
PN	Basınç sınıfı
OKV	Otomatik kontrol valfi
p1	Pompa
t _{oda}	Oda sıcaklığı
t _{dış}	Dış hava sıcaklığı
Hdg	Isıtma derecesi günleri
Hg	Isıtma günleri
T	Yakıt tasarruf oranı
Qkv	80 °C su sıcaklığında ve 25 °C mahal sıcaklığında kazan ısı kayıpları (kcal/kg)
Hu	Yakıt alt ısıl değeri (kcal/kg)
Qh	Kuru dış havayı ısıtmak için gerekli yıllık enerji (kJ)
G1	Havalandırma derecesi günleri sayısı
z	Günlük çalışma saatleri sayısı
M	Dış hava miktarı (kg/h)
c	Kuru hava özgül ısısı 1kJ/kg Karakteristiği
q _b	1 kg hava için buharlaştırılması gereken su miktarı için gerekli enerji
Q _b	Dış havanın nemlendirilmesi için gerekli yıllık enerji miktarı
t _g	Nemlendirmenin gerekli olduğu gün sayısı
F	Yıllık yakıt ihtiyacı (kg)
η	Verim
Q _k	Soğutma için çekilen yıllık enerji miktarı
G _k	Soğutma derecesi günleri sayısı
q _e	1 kg havanın neminin alınabilmesi için gereken enerji miktarı
Q _e	Dış havadan nemin alınabilmesi için gereken yıllık enerji miktarı
t _{ge}	Nem alma işleminin gerektiği toplam gün sayısı
P	Yıllık elektrik enerjisi ihtiyacı
ε	Soğutma cihazı verim faktörü
N1	Sıcaklık kontrol paneli
T1	Dış hava sıcaklık duyar elemanı

- T2 Kazan termostadı
T3 Daldırma tip sıcaklık duyar elemanı



ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1	Basit bir kontrol sistemi blok diyagramı	2
Şekil 1.2.	Sistem genel davranışı ve otomatik kontrol sistemi cevabı	2
Şekil 1.3.	İki konumlu kontrol.....	5
Şekil 1.4.	Yüzer kontrol.....	6
Şekil 1.5.	Oransal kontrol.....	8
Şekil 1.6.	a) Oransal artı integral kontrol	9
	b) Oransal artı integral artı türevsel kontrol	9
Şekil 1.7.	Karışım havası kontrolünde P ve PI kontrol çalışma diyagramları.....	10
Şekil 1.8.	PD hareketi müdahale eğrisi	11
Şekil 1.9.	PID hareketi müdahale eğrisi	12
Şekil 3.1.	Elektromekanik basınç ölçme elemanları	19
Şekil 3.2.	Elektromekanik sıcaklık ölçme elemanları.....	20
Şekil 3.3.	Elektronik sıcaklık ölçme elemanları.....	22
Şekil 3.4.	Elektromekanik nem ölçme elemanı.....	23
Şekil 3.5.	Elektronik nem ölçme elemanı	24
Şekil 4.1.	Civalı kontak	26
Şekil 4.2.	Mikro anahtarlar	27
Şekil 4.3.	Elektromanyetik röle	28
Şekil 4.4.	Potansiyometre	29
Şekil 4.5	Elektromekanik iki konumlu kontrol cihazı.....	30
Şekil 4.6.	Elektromekanik yüzer kontrol cihazı	31
Şekil 4.7.	Elektromekanik oransal kontrol cihazı	32
Şekil 4.8.	Elektronik kontrol cihazı.....	33
Şekil 4.9.	Temel Wheatstone köprüsü.....	34
Şekil 4.10.a.	R2 direncinin arttığı durum	34
Şekil 4.10.b.	R2 direncinin azaldığı durum.....	34
Şekil 4.11	Geliştirilmiş Wheatstone köprüsü	35
Şekil 4.12	İki konumlu elektronik kontrol cihazı	36
Şekil 4.13	Yüzer kontrollü elektronik kontrol cihazı	37
Şekil 4.14	Oransal elektronik kontrol cihazı	38
Şekil 4.15	İkinci bir elektronik ölçme elemanı eklenerek yapılan otomatik düzeltme.....	39
Şekil 4.16	İntegral kontrol ile otomatik düzeltme.....	39
Şekil 4.17	Türevsel kontrol	40
Şekil 4.18.	Oransal artı integral artı türevsel kontrol	41
Şekil 5.1.	Komple damper bağlantı kontrol mekanizması	43
Şekil 5.2.	Tipik bir kontrol motoru.....	43
Şekil 5.3.	Tek yönlü motor	44
Şekil 5.4.	Kapasitans tipli iki yönlü motor	45
Şekil 5.5.	Kontrol sinyalinin bir anahtar vasıtasıyla ters çevrilme diyagramı.....	45
Şekil 5.6.	İki konumlu tek yönlü motorun çalışması (motor “kapalı” durumda olup devre	47
Şekil 5.7.	İki konumlu tek yönlü motorun sıcaklık düşmesinde çalışma şekli	47
Şekil 5.8	İki konumlu iki yönlü motorun çalışması	48

Şekil 5.9	İki konumlu yay geri dönüşlü motorun çalışma şekli	49
Şekil 5.10	İki yönlü yüzer kontrollü motor.....	50
Şekil 6.1	Tipik bir kontrol vanası kesiti	52
Şekil 6.2.	Vana akış karakteristikleri.....	53
Şekil 6.3	Eşit yüzdesel karakteristikli bir vanada V-port tasarımı	54
Şekil 6.4.	Tek oturtmalı vana	61
Şekil 6.5.	Çift oturtmalı vana	62
Şekil 6.6.	Üç yönlü karıştırıcı vana	63
Şekil 6.7.	Üç yönlü ayırıştırıcı vana	63
Şekil 7.1.	Çeşitli damper tipleri.....	64
Şekil 7.2.	Paralel kanatlı damper.....	65
Şekil 7.3.	Paralel kanatlı damperin hava akış karakteristiği	66
Şekil 7.4.	Karşı kanatlı damper	66
Şekil 7.5.	Karşı kanatlı damper karakteristiği	67
Şekil 8.1.	Kontrol paneli ısıtma eğrisi.....	70
Şekil 8.2	Karışım vanasız ısıtma sistemi otomasyonu	70
Şekil 8.3.	Karışım vanalı ısıtma sistemi otomasyonu.....	71
Şekil 8.4.	Ayırıştırma vanalı, boylerli ısıtma sistemi otomasyonu.....	72
Şekil 8.5.	Karışım vanalı, mahal ve boyler ısıtma sistemi otomasyonu.....	73
Şekil 8.6.	Farklı oda sıcaklıklarında ilave yakıt tüketimi.....	74
Şekil 8.7.	Konfor bölgesi.....	75
Şekil 8.8.	İstanbul için ısıtma günleri ve ısıtma derecesi günleri.....	76
Şekil 8.9.	Yarı yükte ısı kayıpları.....	77
Şekil 8.10.	Ortalama dış hava sıcaklığının fonksiyonu olarak kazan suyu sıcaklığı.....	78
Şekil 8.11.	Ortalama dış hava sıcaklığının gelişimi ve değişken kazan suyu sıcaklığı (İstanbul için).....	80
Şekil 8.12.	İklimlendirme santrali bölümleri	81
Şekil 8.13.	Tipik bir klima santrali.....	83
Şekil 8.14.	Karışım havalı bir iklimlendirme santralinde damper kontrolü.....	83
Şekil 8.15.	Çiğ noktası sıcaklık kontrolü.....	85
Şekil 8.16.	Kış çalışmasında mahal sıcaklığı ve üfleme havası sıcaklığının kontrolü.....	85
Şekil 8.17.	Yaz çalışmasında mahal sıcaklığının kontrolü ve dış hava sıcaklığına göre kompanzasyon	86
Şekil 8.18.	İklimlendirme santralinde mahal nem oranı kontrolü.....	87
Şekil 8.19.	İklimlendirme santrali otomatik kontrolü	88
Şekil 8.20.	Duvardan ısı iletimi.....	90
Şekil 8.21.	Temel yük ısıtma ile hava şartlandırma tesisi.....	92
Şekil 9. 1.	Eyüp Kültür Merkezi otomatik kontrol prensip şeması	102
Şekil 9.2.	Psikrometri diyagramı	117
Şekil 9.3.	Örnek bir klima santrali	118

TABLO LİSTESİ

Tablo 3.1.	Ölçme elemanları	18
Tablo 4.1.	Kontrol cihazları.....	25
Tablo 6.1.	DIN 2401'e göre bazı basınç, sıcaklık değerleri.....	59
Tablo 6.2.	Viskozite değerlerine göre k katsayısı değerleri	59
Tablo 6.3.	Epkon iki yönlü ve üç yönlü vana seçim tablosu ve k_v değerleri.....	60
Tablo 8.1.	Günün saatlerine bağlı olarak havalandırma derecesi günleri	94
Tablo 8.2.	İstanbul'da dış havanın aylık ortalama su buharı ihtiva kapasitesi (g/kg).....	95
Tablo 8.3.	Günün saatlerine göre aylık ve yıllık soğutma derecesi saatleri	197
Tablo 9.1.	Eyüp Kültür Merkezi otomatik kontrol malzeme tutarı.....	103
Tablo 9.2.	Ocak ayı enerji sarfiyatı	105
Tablo 9.3.	Şubat ayı enerji sarfiyatı.....	106
Tablo 9.4.	Mart ayı enerji sarfiyatı	107
Tablo 9.5.	Nisan ayı enerji sarfiyatı	108
Tablo 9.6.	Mayıs ayı enerji sarfiyatı.....	109
Tablo 9.7.	Haziran ayı enerji sarfiyatı	110
Tablo 9.8.	Temmuz ayı enerji sarfiyatı.....	111
Tablo 9.9.	Ağustos ayı enerji sarfiyatı.....	112

DENKLEM LİSTESİ

Denklem 6.1.	Vana kapasite faktörü	55
Denklem 8.1.	Ortalama sıcaklık farkı genel denklemi.....	76
Denklem 8.2.	Yakıt tasarruf oranı hesap denklemi.....	76
Denklem 8.3.	Yakıt tasarruf oranının ısıtma günleri ve ısıtma derecesi günleri olarak ifadesi.....	77
Denklem 8.4.	Değişken kazan suyu sıcaklığı uygulamalarında kazan ısı kayıpları tasarruf denklemi	79
Denklem 8.5.	Yıllık yakıt tasarruf denklemi.....	79
Denklem 8.6.	Kuru dış havayı ısıtmak için gerekli yıllık enerji miktarı denklemi.....	94
Denklem 8.7.	1 kg hava için buharlaştırılması gereken su miktarı için gerekli enerji miktarı denklemi.....	95
Denklem 8.8.	Dış havanın nemlendirilmesi için gerekli yıllık enerji miktarı denklemi.....	95
Denklem 8.9.	Dış havayı ısıtmak ve nemlendirmek için gerekli yıllık yakıt miktarı denklemi	95
Denklem 8.10.	Dış havayı soğutmak için çekilen yıllık enerji miktarı denklemi	97
Denklem 8.11.	1 kg havanın neminin alınabilmesi için gereken enerji miktarı denklemi ..	97
Denklem 8.12.	Dış havadan nemin alınabilmesi için gereken yıllık enerji miktarı denklemi	97
Denklem 8.13.	Soğutma ve nem alma işlemi sırasında çekilen enerji miktarı denklemi	98

ABAK LİSTESİ

Abak 6.1. Su için k_v değeri hesaplanması	56
Abak 6.2. Bukar için k_v değeri hesaplanması.....	57



ÖNSÖZ

“ Enerji tasarrufuna yönelik otomatik kontrol sistemleri incelemesi ” konulu yüksek lisans tezimin yürütücülüğünü üstlenen hocam Sayın Prof. Dr. İsmail TEKE’ye teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım sırasında destek ve yardımlarını esirgemeyen SAVEN Ltd. Şti.’ne, ALARKO Otomasyon Grubu’ndan Elektronik Müh. Sayın Ayfer TEKİN’e teşekkür etmeyi borç bilirim.

Ayrıca çalışmam süresince bana manevi desteklerini esirgemeyen arkadaşım ve YTÜ araştırma görevlilerinden Sayın Kadir EDREMİT’e çok teşekkür ederim.



ÖZET

Bu tezin amacı, otomatik kontrol sistemleri hakkında temel bilgileri vermek ve konvansiyonel sistemlerde sağlanan enerji tasarrufunun hesaplanmasıdır. Otomatik kontrol sistemleri, sağladıkları enerji tasarrufu yanında, konfor şartlarının istenen optimum olarak tutulmasını temin ederler. Günümüzde ısıtma, soğutma ve havalandırma sistemlerinin kontrolü elektronik beyinler tarafından yapılmaktadır.

Bilindiği gibi, binaların ısıtma, soğutma ve havalandırma hesapları en ekstrem şartlar için yapılmaktadır. Fakat projede öngörülen şartların mevcut olmadığı durumlarda, şartlarda rahatsızlık verici boyutlara ulaşabilmekte ve konfor için uygulanan çözümler enerjiyi israf etmekte sonuçlanmaktadır. Bu yüzden otomatik kontrol uygulaması gelişen dünyamızda verimli, kararlı ve hassas bir çalışma sağlamak için zaruri duruma gelmiştir.

Bu çalışmanın birinci bölümünde, otomatik kontrol sistemlerinin genel prensipleri, ikinci bölümde, otomatik kontrol sistemleri hakkında bilgi verilmiştir. Üçüncü, dördüncü ve beşinci bölümlerde sırasıyla, otomatik kontrol sistemlerinde kullanılan ölçüm elemanları, kontrol cihazları ve nihai kontrol elemanları tanıtımı gerçekleştirilmiştir. Altıncı bölümde, kontrol vanaları hakkında geniş açıklama yaptıktan sonra seçimi hakkında bilgi verilmiştir. Yedinci bölümde, damper tipleri ve tahrik üniteleri incelenmiş, sekizinci bölümde, bina ısıtma, soğutma ve havalandırma sistemlerinde otomasyon ve İstanbul iklim şartları için enerji tasarruf miktarlarını göstermek amacıyla hesaplamalar yapılmıştır. Son bölümde Eyüp Kültür Merkezi otomatik kontrol uygulama şeması ile birlikte, otomasyonlu ve otomasyonsuz çalışma durumlarında enerji tasarruf oranı hesabı yapılmıştır.

ABSTRACT

The aim of this thesis is to give basic information about automatic control systems and to calculate the energy savings in conventional systems. Automatic control systems supply energy savings and keep optimum of the comfort conditions. Nowadays, heating, cooling and ventilating systems' control is being done by electronic memory processors.

As known, heating, cooling and ventilating calculations of buildings are made for the extreme conditions. But if the suitable conditions are not existing, in the conditions, be able to reach the discomfort cases and applied solutions for the comfort is consequently dissipating the energy. So in our developing world, automatic control applications are obliged to get a productive, stable and sensitive study.

In the first section of the study, general principal of the automatic control systems, in the second section, information about automatic control systems are given. In the third, forth and fifth sections, measuring elements, control equipment and final control equipment are explained that are used in the automatic control systems. In the sixth section, after giving detailed information about control valves, its selection is explained. In the seventh section, detailed information about damper types are given. In the last section, automation of heating, cooling and ventilating systems in buildings and calculations to show energy savings for the Istanbul climate conditions are done. In the last section, Eyüp Culture Centre's automatic control application scheme is drawn. Energy savings are calculated by applying automation.

1. OTOMATİK KONTROL SİSTEMLERİNİN GENEL PRENSİPLERİ

1.1. Giriş

Otomatik kontrol, endüstriyel süreçlerden torna tezgahlarına, ısıtma, havalandırma, iklimlendirme sistemlerinden telekomünikasyon sistemlerine kadar aklımıza gelebilecek hemen her yerde, giderek yaygın bir biçimde kullanılmaya başlanmıştır. Bir değişkenin kontrol edilmesi öngörülen her yerde otomatik kontrol söz konusudur. Bu değişken bir gaz, katı veya sıvının sıcaklık, basınç, nem, akış hızı veya miktarı olabilir.

Belirli bir amaç için bir araya getirilmiş ve birbirleri ile devamlı etkileşim içinde bulunan elemanlar topluluğuna sistem denir. Örneğin ısıtma havalandırma ve iklimlendirme için kullanılan bir klima santrali ve bu santralin bağlı bulunduğu ortam bir sistemi oluşturur. Literatürde sistem ile birlikte, süreç ve kurulu düzen kavramları da kullanılmaktadır. Otomatik kontrolün amacı sistemin değişken büyüklüklerini arzu edilen değerlerde tutarak kararlı bir çalışma ortamı yaratmaktır. Bir otomatik kontrol sisteminde giriş büyüklükleri değiştiğinde, çıkış büyüklüklerinin de mümkün olduğu kadar kısa bir sürede ayar değerlerine ulaşması ve bozucu büyüklükler tarafından meydana gelen değişimlerin sistem tarafından kendi kendine giderilmesi arzu edilir. Eğer kurulu bir düzende bu özellikler sağlanmıyorsa, sisteme bir kontrol cihazı eklenerek arzu edilen koşulların gerçekleşmesine çalışılır.

Bir kontrol sisteminin başarısı aşağıda sıralanan üç özelliği gerçekleştirme oranı ile ölçülür.

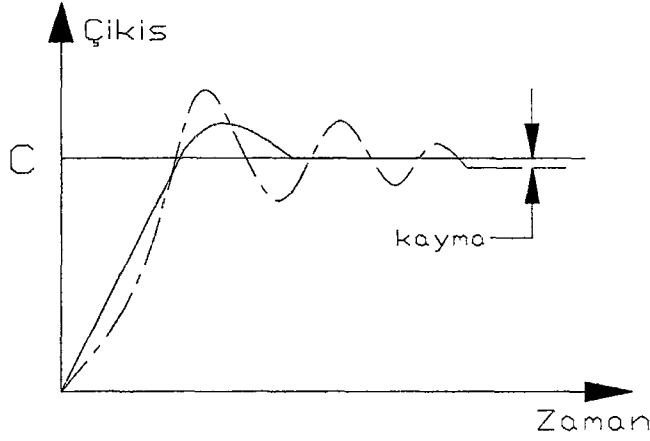
- Sistemde meydana gelen herhangi bir bozucu büyüklükten sonra normal çalışma şartlarından minimum sapma.
- Bozulan çalışma şartlarını normale döndürmek için minimum zaman.
- Çalışma şartlarında meydana gelen değişimlerden ötürü sistemde minimum kayma.

(Akoğlu,K.,1986)

Otomatik kontrol sistemi geri beslemeli bir sistemdir. Tüm kontrol sistemlerindeki (osilatör devreleri hariç) bu geri besleme negatif geri beslemedir. Aşağıdaki şekilde negatif geri beslemeli bir otomatik kontrol sisteminin blok diyagramı görülmektedir.

kendiliğinden giderilmiş olur.

Aşağıda herhangi bir sistemin genel davranışı ve otomatik kontrol sistemiyle elde edilmek istenen sonuç görülmektedir.



— · — : Sistem Cevabı

— — — : Otomatik Kontrol Sisteminin Cevabı

C : Çıkışın Ulaşması İstenen Değeri

Şekil 1.2. Sistem genel davranışı ve otomatik kontrol sistemi cevabı

Çıkış işaretinin kararlı değerine ulaşana kadar geçirdiği değişime geçici rejim, kararlı değerindeki davranışına ise sürekli rejim denir. Bir otomatik kontrol sisteminde geçici rejimin kısa sürmesi, aşım ve salınımların elden geldiğince az olması ve sürekli rejimde kaymanın oluşmaması istenir.(Petek Tek. Malzeme Ticaret A.Ş. Yayınları)

1.2. Kontrol Sisteminin Elemanları

1.2.1. Sistem

Otomatik kontrolün uygulanabilmesi için, içinde kontrol edilebilir bir değişkenin bulunduğu bir sistemin (prosesin) mevcut olması gereklidir. Eğer kontrol edilebilecek herhangi bir şey yoksa, kontrol sistemi ve elemanlarına hiç ihtiyaç yoktur. Örneğin, bir araba kazasından sonra, elinde arabasının direksiyonu ile uzaklaşan bir adamda son derece önemli bir kontrol elemanı bulunmakta, fakat kontrol edilecek bir sistem bulunmamaktadır.

Kontrol edilen bir sistem, bir uçağın uçuşundan, ameliyathanedeki sıcaklığın kontrolüne kadar çeşitli şekiller alabilir.

1.2.2. Ölçme elemanları

Kontrol edilen sistem, devamlı olarak bir bozucu büyüklüğün veya sistemin dışında meydana gelen bazı etkenlerin tesiri altındadır. Bu bozucu büyüklükler sistem tarafından değiştirilmesi imkansız olan bağımsız değişkenlerdir.

Bozucu büyüklük, kontrol edilen değişkende, yani ölçülen ve kontrol edilen miktar ve şartlarda değişiklik meydana getirir. Kontrol edilen değişken kontrol edilen ortamın içinde bulunur. Örneğin su sıcaklığı kontrol ediliyorsa, kontrol edilen değişken “sıcaklık”, kontrol edilen ortam ise “su”dur. Bozucu büyüklüğe karşı düzeltme yapabilmek için çıkış büyüklüğünün yani kontrol edilen değişkenin ölçülmesi gereklidir. Bu iş ölçme elemanı tarafından yapılır. Çünkü bir borunun dışına bakarak içindeki basıncı bilmek imkansızdır.

1.2.3. Kontrol cihazı

Kontrol cihazı ölçme elemanından kontrol edilen değişkenin gerçek değerini alır ve sistemin ne kadar iyi çalıştığına karar verir (Bazı durumlarda ölçme elemanı, bi-metal termostatlarda olduğu gibi, kontrol organının bir parçası olabilir.). Kontrol organı üzerinde istenen değer ayar edildiği bir kısım vardır. Eğer ölçme elemanından bilgiler ayar değeri doğrultusunda ise, sistem iyi durumdadır. Eğer herhangi bir fark söz konusu ise kontrol organı düzeltme hareketini başlatacak olan kontrol sinyalini üretir. Ayar değeri elle sabit bir değere ayarlanabileceği gibi, otomatik olarak kontrol sistemi tarafından şartlara göre değiştirildiği durumlar da olabilir.

1.2.4. Nihai kontrol elemanı

Nihai kontrol elemanı aldığı kontrol sinyalinin değerine göre düzenleyici değişkende gerekli ayarlamaları yapan elemandır. Düzenleyici değişken, kontrol edilen değişkende istenen düzeltmeyi sağlamak üzere otomatik kontrol sistemi ile ayarlanan miktar ve şartlardır. Düzenleyici değişken kontrol ortamının bir niteliğidir. Örnek olarak bir odanın ısıtılmasında kullanılan buharlı bir ısıtıcı serpantini ele alalım. Burada kontrol edilen değişken “oda sıcaklığı”, kontrol edilen ortam “oda”, düzenleyici değişken “buhar miktarı” ve kontrol ortamı da “buhar”dır.

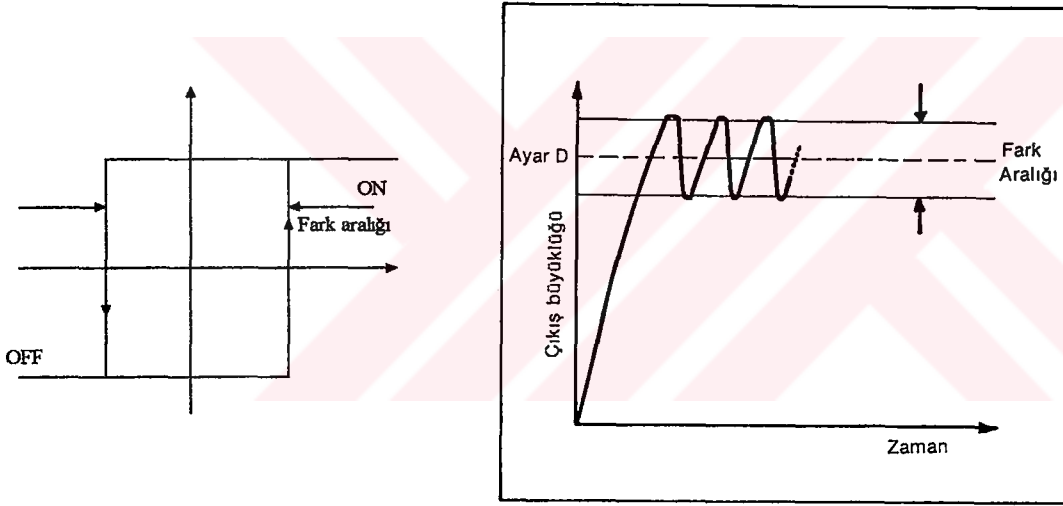
Nihai kontrol elemanı aldığı kontrol sinyalinin değerine göre yeni bir mekanik pozisyon kazanır. Bu çoğunlukla bir vana veya damper olabilir. Nihai kontrol elemanının bu yeni konumu ile sistemdeki enerji veya malzeme akışı değişir ve böylece kontrol sisteminin müsaade ettiği hassasiyet derecesinde hata yok edilerek çevrim tamamlanır.

1.3. Otomatik Kontrol Türleri

Otomatik kontrol cihazı sistemin gerçek çıkış büyüklüğünü ayar değeri ile kıyaslar ve kontrol sinyalini üreterek sapmayı sıfıra indirgemeye veya küçültmeye çalışır. Otomatik kontrol cihazının ürettiği kontrol sinyalinin tavrı, davranışı otomatik kontrol türünü belirler. Kontrol türünün süreç ile uyumu kontrol sisteminin genel performansını ortaya çıkarır. Kontrol türlerinin başlıcaları aşağıda verilmiştir.(Akoğlu, K., 1986)

1.3.1. İki konumlu kontrol

İki konumlu kontrol, kontrol edilen değişkeni sabit tutmak amacıyla nihai kontrol elemanının ya tam açık ya tam kapalı olduğu kontrol türüdür. Bu kontrol türünde iki uç arasında bir ara konum söz konusu değildir. Bu iki konum arasındaki farka, diğer bir deyiş ile, nihai kontrol elemanının bir uç konumdan diğer bir uç konuma geçebilmesi için kontrol edilen değişkende meydana gelmesi gereken değişikliğe fark aralığı denir. Bu aralığın olmadığı veya çok dar olduğu bir durumu düşünürsek, bu iki konum arasındaki değişimler çok sık olacağından sistem öğeleri ve kontrol cihazı bozulacaktır. Çoğu kontrol cihazının ayarlanabilir fark aralığı vardır. Şekil 1.3.'de anlaşılacağı gibi iki konumlu kontrol ile sistemi sabit bir değerde tutmak imkansızdır.(Akoğlu, K., 1986)

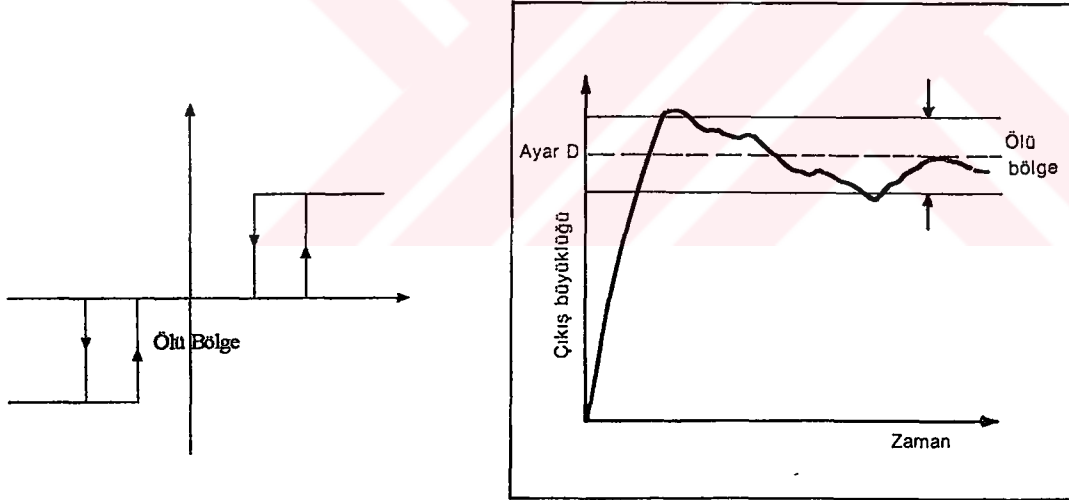


Şekil 1.3. İki konumlu kontrol

İki konumlu kontrolörler genellikle ısı, basınç ve seviye kontrolüyle ilgili uygulamalarda kullanılır. Maliyetleri düşük ve uzun ömürlü olduklarından basit kontrol sistemlerinde tercih edilirler. Ancak açma ve kapama bölgesi arasındaki fark aralığı nedeniyle çıkış işareti belirli bir aralıkta salınır.(Petek Tek. Malzeme Ticaret A.Ş. Yayınları)

1.3.2. Yüzer kontrol

Yüzer kontrol, ayarlanan bir ölü bölge ile bu bölgenin alt ve üst kontaklarında meydana gelen bir kontrol türüdür. İki konumlu kontrolden farkı nihai kontrol elemanının ölü bölge içinde herhangi bir konumda kalabilmesidir. Sistemde oluşan herhangi bir aşırı yük değişiminden ötürü kontrol cihazı ölü bölgenin alt veya üst konumundan herhangi birini alabilir. Bu durumda nihai kontrol elemanı açma veya kapatma yönünde hareket ederek kontrol edilen değişkeni artırır veya azaltır. Kontrol cihazı ölü bölgeye geri döndüğünde nihai kontrol cihazı durur ve kontrol cihazı aksi yönde bir kumanda gönderinceye kadar bu yeni konumunu korur. Yüzer kontrol sistemi, kontrol edilen değişken değeri ya da sistemin çıkış büyüklüğü ölü bölge içinde kaldığı sürece sapmalardan bağımsızdır. İki konumlu kontrol cihazında olduğu gibi her iki yönde de fark aralığı vardır. İki konum arasındaki ölü bölge mesafesi çoğu kontrol cihazında ayarlanabilmektedir. Bu kontrol türü günümüzde nadir kullanılmakta olup yerini gelişmiş kontrol türlerine bırakmıştır.(Akoğlu, K., 1986)



Şekil 1.4. Yüzer kontrol

Bu yöntem yavaş sistemlerde daha iyi sonuç verir. Ancak iki konumlu sistemlerde olduğu gibi çıkış işaretinin belirli bir bölgede salınması burada da mevcuttur. (Petek Tek. Malzeme Ticaret A.Ş. Yayınları)

1.3.3. Oransal kontrol

Oransal kontrolde nihai kontrol elemanı, kontrol edilen değişken değerinin, istenen değerden sapma miktarı ile orantılı olarak konum değiştirir.

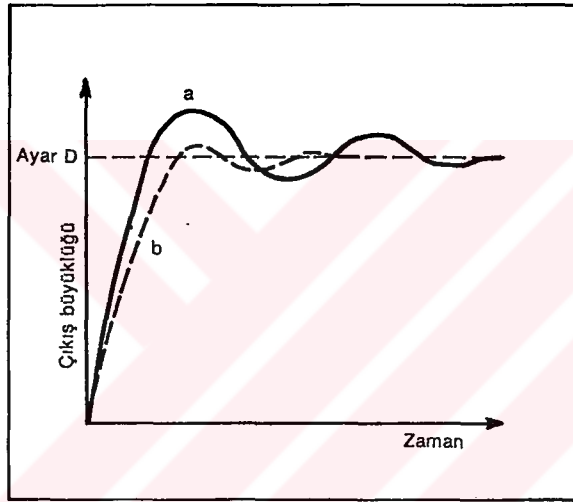
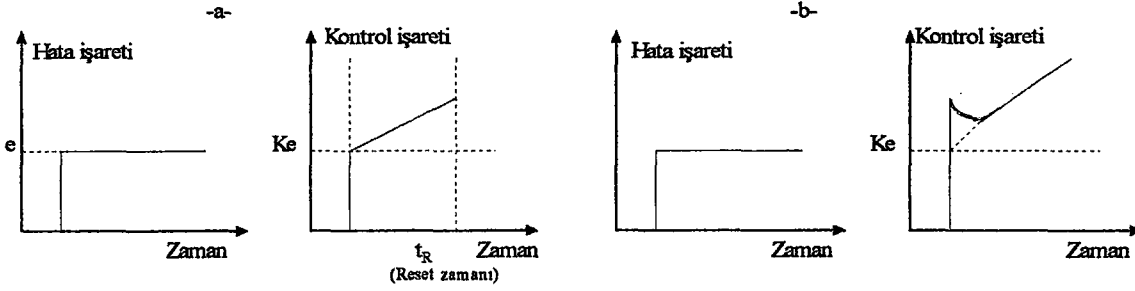
Oransal kontrolde hata işareti belirli bir kazançla çarpılarak büyütülür. Kontrol cihazının oransal bandı içerisinde kontrol edilen değişkenin belirli bir değeri için nihai kontrol elemanının belirli bir (yalnız bir) konumu vardır. Dolayısı ile nihai kontrol elemanının konumu ile kontrol edilen değişken arasında doğrusal bir bağlantı vardır.

Oransal band nihai kontrol elemanının tüm stroku boyunca hareket ettirmek için gerekli hata yüzdesinin ifadesidir. Örneğin, 40/100°C oransal bir termostatta, ayar değeri 60° olsun. İstenen değer iki tarafında yer alan kısma veya fark aralığını 6°C seçersek, çalışma aralığı 57-63°C arasında olur.

Buradan;

Oransal band = $OB = (6/60) \times 100 = \%10$ olarak bulunur. %10'luk oransal band, ayar değeri ile kontrol edilen değişken arasındaki %10'luk bir hatanın nihai kontrol elemanının örneğin vanayı tüm stroku boyunca hareket ettirmesi anlamına gelir. Oransal band ile oransal kazanç (veya sadece kazanç) birbirleri ile ters orantılıdır. Örneğimize uygularsak kazanç $K_c=10$ olarak bulunur. Yüksek kazanç dar bir oransal band, düşük kazanç ise geniş oransal band anlamına gelir.

Oransal kontrolün en büyük dezavantajı daimi rejimde kayma dediğimiz kararlı hal hatası meydana getirmesidir. Bunu önlemenin bir yolu sistem kazancını yükseltmektir. Fakat kazancın büyümesi de sistemi kararsız çalışmaya yöneltir. Dolayısı ile oransal kontrollü çevrimlerde hata kaçınılmazdır.

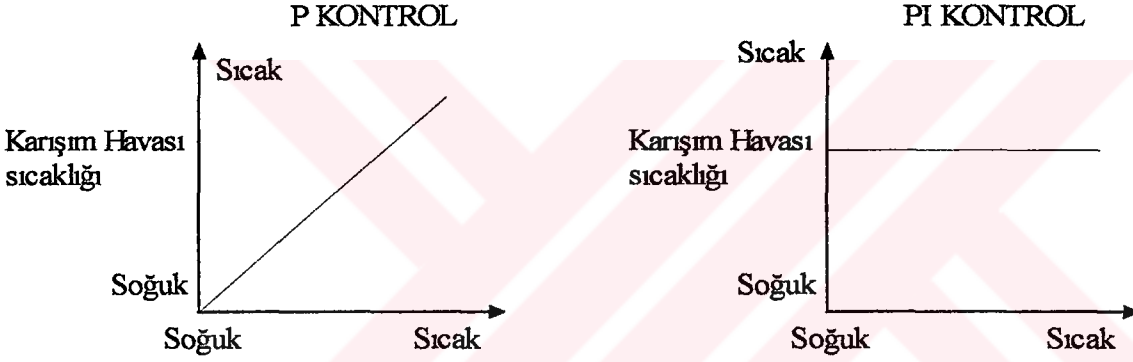


Şekil 1.6. a) Oransal artı integral kontrol
b) Oransal artı integral artı türevsel kontrol

Oransal artı integral kontrolle, kararlı hal hatası da ortadan kaldırılabilir. Bu yöntemde hata işareti belirli bir kazançla çarpılmakla yetinilmeyip hatanın zamana göre integrali de alınır. Böylece hata işareti sabit bile kalsa, kontrol işareti zamanla giderek artar. Ancak hata işaretinin sıfır olmasıyla kontrol işareti sıfırlanır. (Petek Tek. Malzeme Ticaret A.Ş. Yayınları)

İntegral kontrol genelde, üfleme kontrolü yapılan sistemler için uygundur, çünkü hızlı cevap veren sistemlerdir ve yüksek kapasitelidirler.

PI kontrol, karışım havalı sistemlerde, üfleme havası kontrol sınıfında olmasından dolayı, büyük avantajlar sunar. Dış hava sıcaklığının çok fazla değişiklik gösterdiği iklimlerde, karışım havası oransal kontrolü geniş kısma aralığı temin eder. Sadece oransal kontrolün olduğunda, kısma aralığı sistem aleyhine çalışır. Mesela dış hava sıcaklığı düştüğünde, karışım havası sıcaklığı da düşer. Sistemdeki enerji tasarrufu açısından, karışım havası sıcaklığı ya aynı seviyede kalmalı ya da dış hava sıcaklığı düştüğünde artmalıdır. PI kontrol kullanılarak, karışım havalı sistem efektif kısma aralığı yaklaşık sıfırdır. Gerçekte görülmüştür ki, karışım havası için PI kontrol kullanıldığında dış hava ısıtma maliyetinden %10-12 tasarruf edilmiştir.



Şekil 1.7. Karışım havası kontrolünde P ve PI kontrol çalışma diyagramları

İntegral harekette hatırlanması gereken üç nokta vardır:

1- İntegral kontrol, set değeri ile kontrol değeri arasında bir fark olduğunda devreye girer. Aynı olduklarında, herhangi bir integral hareket etkisi görülmez.

2- Yük seviyesi ne olursa olsun, integral hareketin amacı, kontrol değeri ile set değerinin aynı olması.

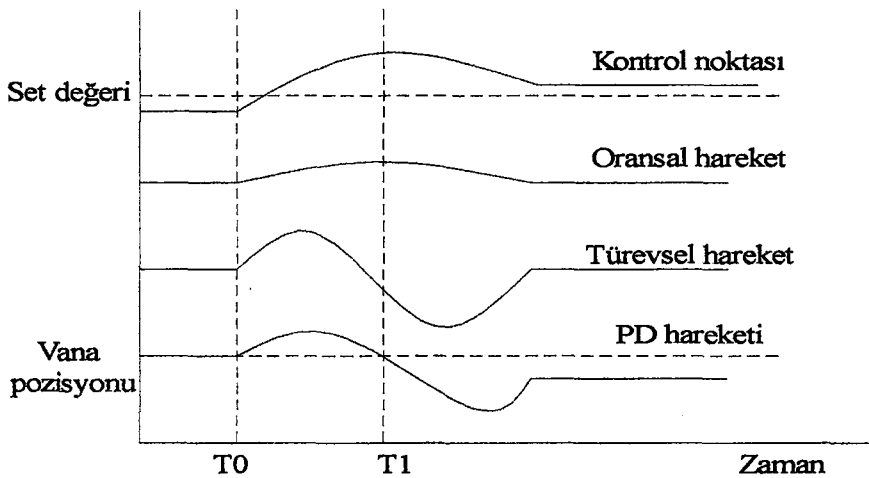
3- Hızlı cevap verebilen üfleme kontrolü yapılan sistemlerde kullanılması en uygun olanıdır. Yavaş cevap veren sistemlerde, yüzey sıcaklığı veya nem alma kontrolünde, PI herhangi bir avantaj sağlamaz, hatta bazı durumlarda oransal kontrol kadar etkili dahi olamaz. Bununla birlikte oda sıcaklığının sabit tutulması istenen durumlarda bu kontrol türü uygundur.(Honeywell Training Center, Wallisellen Basics)

1.3.5. Oransal artı türevsel kontrol

Türevsel kontrol endüstride oran (denkleştirilmiş) kontrol olarak tanımlanır.

PI kontrolün yavaş cevap veren sistemlerde uygun olmadığı daha önce belirtilmişti. Kontrol sistemi için gerekli olan çıkış değişiklikleri anında hissedilmemektedir. (PI kontrolde) İntegral kontrol, kompanzasyonu sonunda üstlenir ve değişikliği hissettiğinde yavaş değişimin tersi yönünde kompanzasyonu yapar. Türevsel kontrol fonksiyonu, değişim oranı fonksiyonu olarak, düzeltme oranını değiştirerek bunu engeller. Bu set değerindeki sapsmalara bağlı olmaksızın gerçekleşir. Türevsel fonksiyon, oransal ve integral fonksiyonların düzeltme sinyallerine ilave veya çıkarma yapabilir.

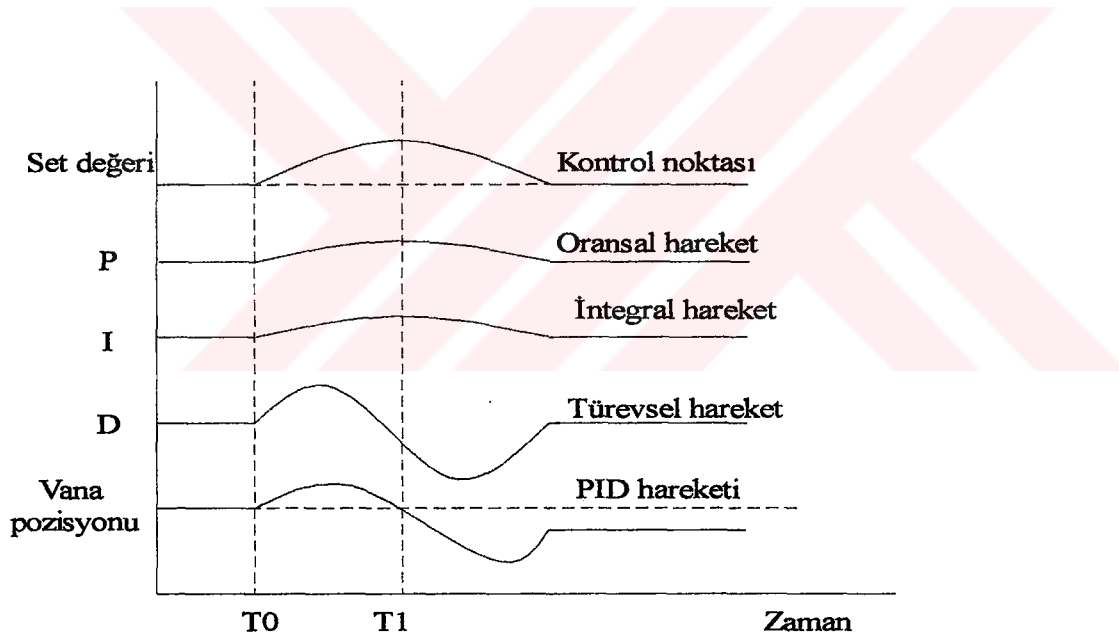
Türevsel fonksiyonu anlatmak için oransal kontrol ile birleştirerek PD kontrol elde ederiz. Yük değişiminden kaynaklanan bir kontrol değeri değişikliğinde, iki hareket görülür. Şekil 1.8'de yükteki değişim T_0 'da olmakta ve oransal kontrol kısma aralığının fonksiyonu olarak düzeltme yapmaktadır. Türevsel kontrol sıcaklık değişim oranını hisseder ve düzeltmeye ilave eder. T_1 'de kontrol değeri, set değerine gelmeden önce, türevsel fonksiyon sıfır olur, çünkü bir değişim söz konusu değildir. Kontrol değeri yeniden set değerine yaklaşmaya başladığında, türevsel hareket negatiftir ve oransal hareketten çıkarılır.



Şekil 1.8. PD hareketi müdahale eğrisi

Sıcaklık kontrol sistemlerinde sıcaklık değişim oranı bir dakikada 1°C ise türev fonksiyonu, düzeltme sinyalini %10 oranında artırır. Eğer sıcaklık değişim artış oranı dakikada 10°C olsaydı, düzeltme sinyal artışı türev fonksiyonu tarafından %100 artardı. Türevsel fonksiyona bağlı olarak düzeltme sinyali miktarı, zaman ayar değeri oranı ile kontrol edilir.

Eğer kontrol değeri seviyesi, yeni bazı değerlere düşüyorsa, Şekil 1.9'da görüldüğü gibi, türevsel fonksiyonun herhangi bir etkisi kalmaz. İntegral hareket fonksiyonu, kontrol değeri ile set değeri arasındaki farkı algılar ve iki noktayı bir araya getirmek için düzeltmeye başlar. İntegral hareketinden dolayı çıktı değişiklikleri başladığında, türevsel hareket, değişim oranı fonksiyonu olarak çıktıları düşürmeye yeltenir.



Şekil 1.9. PID hareketi müdahale eğrisi

Türevsel fonksiyonu özetlemek gerekirse,

1- Değişim oranına orantılıdır, ve sadece etkili bir değişim olduğu zaman etkilidir. Sıcaklık veya kontrol edilen başka herhangi bir fiziksel özellik sabit ise, kontrol değeri ile set değeri arasında her ne kadar fark olsa da herhangi bir türevsel etki olmaz.

2- Türevsel kontrolün amacı, set değerinden uzaklaşan kontrol değerinin mevcudiyetinde düzeltmeyi hızlandırmak, eğer set değerine doğru bir hareket var ise yavaşlatmaktır.(Honeywell Training Center, Wallisellen Basics)

1.3.6. Oransal artı integral artı türevsel kontrol

PID kontrol yöntemiyle, sistemin geçici rejimi de düzeltilebilir. Türevsel kontrolde, hatada bir değişim ortaya çıktığı anda oldukça büyük bir kontrol işareti üretilir. Böylece sistem çıkışının hızlı olarak değişmesi sağlanır.

Türevsel kontrolde kontrol sinyali hatanın zamana göre türevi alınarak elde edilir. Bu kontrol türünde hatanın mutlak değeri değil hatadaki zamana göre değişimi önemlidir. Hatadaki değişim durduğunda halen büyük bir oranda hata olsa dahi bu türevsel etki kaybolur. Bu açıklamadan da anlaşılacağı gibi tek başına türevsel kontrol olamaz. Oransal kontrol ile kullanıldığı durumlarda ise kararlı rejimde sadece oransal kontrol türünün etkisi görülecek ve kontrol edilen değişkendeki kayma giderilemeyecektir. Bu yüzden sınav süreçlerinde oransal artı integral artı türevsel kontrol olarak uygulama bulmuştur.

Bu kontrol türü kaymanın istenmediği ve sistem büyüklüklerinde ani değişmelerin beklendiği süreçler için kullanılır. Oransal etki kontrol edilen değişkenin bir an önce ayar değerine getirilmesini, türevsel etki sistemindeki ani değişmelerin giderilmesini, integral etki ise kararlı rejim hatasının yok edilmesini sağlar. Şekil 1.6. a ve b karşılaştırıldığında türevsel etki ile aşmanın oldukça küçüldüğü açıkça görülür. (Akoğlu, k., 1986)

PID kontrolü yavaş cevap veren sistemlerde kullanılabilir. Bu sistemler için zaman set değeri oranı kritiktir. Kontrolü yapılan HVAC sisteminin cevap zamanına denk düşmelidir. Zaman set değeri oranının temini zaman kaybı olan ve sıkıcı bir süreçtir. Çünkü HVAC sistemi çok değişik koşullar altında cevap zamanı için test edilmelidir. Esas olarak, tüm ticari HVAC sistemleri yeteri kadar hızlıdır ve sonuç olarak PID kontrolüne gereksinim yoktur. Bu sistemlerin kontrolünü çok iyi bir şekilde PI kontrolü yapar. Ticari HVAC sistemlerinden sadece bir uygulamasında PID kontrolü yararlı olabilir. Bu da VAV sistemlerinde hava akış kontrolüdür. Özet olarak, sistemin sürekli hal özellikleri yetersiz

ise PI, geçici hal özellikleri yetersiz ise PD, hem geçici, hem sürekli hal özellikleri yetersiz ise PID kontrolü kullanılır. (Honeywell Training Center, Wallisellen Basics)

Bazı Tarifler:

Ayar Değeri: Değişken değerin (sıcaklık, vs) kontrol eden eleman üzerinde tespit edilen (muhafaza edilmek istenen) konum.

Kapsam: Kontrol edenin değişken değeri ölçüp, kontrol sinyali verebileceği alan.

Sapma: Ayar noktası ile gerçekte muhafaza edilebilen kontrol noktası arasındaki fark.

Kontrol değeri: Kontrol eden elemanın muhafaza edebildiği gerçek “değişken değer”dir.

Sistem tembelliği: Sistemin tembelliği, alınan sinyaldeki değişme ile buna tekabül eden veri sinyalindeki değişimin kontrol sisteminden çıkması için geçen zamandır. Mesela bir termostat tembelliği, sıcaklıktaki değişme karşısında termostatın kontrol edilen elemana (valf vs) kumanda sinyalini vermesine kadar geçen zamandır. Sistem tembelliği uygulama şekline göre bazen istenen bir şeydir (Kararsızlığı önlemek bakımından). Toplam sistem tembelliğini meydana getiren etkenler şu kısımlardan oluşur: Sinyal ulaşımı gecikmesi, ölçme elemanı gecikmesi, mesafe, cihaz kapasite sınırlaması, transfer gecikmesi vs.

Kazanç: Mesela bir buhar sisteminde, buhar basıncının gerçek değerinden olan her sapması karşısında, yakıt vanasını konumlandırması, kontrol cihazının ayarlandığı bir orana bağlı olarak değişmektedir. Bu orana kazanç denir.

2. OTOMATİK KONTROL SİSTEMLERİ

Herhangi bir sistem tasarımında, bütün cihaz ve makineler maksimum yüklere göre konulmuştur. Fakat çoğu zaman bu maksimum yükler gerçekleşmediğinden, sistemler kısmi kapasitede çalışırlar. İşte bu kısmi yüklerde verimli, kararlı ve hassas bir çalışma sağlamak için otomatik kontrol sistemleri kullanılır. Bu sayede çağımızın en büyük sorunlarından biri olan enerji tüketiminden de tasarruf etmek mümkün olur.

Otomatik kontrol sistemleri kullanıldıkları enerji türüne göre dört grupta toplanabilir.

- Elektromekanik Otomatik Kontrol Sistemi
- Elektronik Otomatik Kontrol Sistemi
- Pnömatik Otomatik Kontrol Sistemi
- Hidrolik Otomatik Kontrol Sistemi

Elektromekanik sistemler elektrik enerjisi ile çalışırlar ve elemanları birbirlerine elektrik devreleri ile bağlanmışlardır. Elektronik sistemler de elektrik enerjisi ile çalışırlar, fakat transistor vakum tüpleri gibi elektronik elemanları içerirler. Pnömatik sistemde kullanılan itici güç bir kompresörden gelen tazyikli hava olup elemanları hava borularıdır. Hidrolik sistemler bir sıvının hareketi ve gücü ile çalışırlar ve elemanları bakır ve plastik borulardır. Bu tezde sadece elektrik ile çalışan otomatik kontrol sistemleri incelenecektir.

2.1. Elektrik Kontrol Sistemleri

Elektrik kontrol sistemleri elemanlarını; ölçmeyi yapan elemanlar, kontrol cihazları ve nihai kontrol elemanları olarak üç grupta toplamak mümkündür. Bu elemanlar elektrik kabloları, röle ve kuvvetlendiricilerle birbirine bağlanmış olup, bir elektrik güç kaynağından beslenirler.

Elektrik sistemler endüstriyel süreçlerde ve ısıtma, havalandırma iklimlendirme uygulamalarında kullanılır. Bu sistemler; bilhassa nihai kontrol elemanı ile kontrol cihazı arasındaki mesafenin uzak olduğu durumlar ile nihai kontrol elemanının elektrikle çalıştığı durumlarda vazgeçilmezdir.

2.2. Elektrik Kontrol Sistemlerinin Üstünlükleri ve Sınırlamaları

a) ÜSTÜNLÜKLERİ:

1. Elektrik temin edilen her yerde kullanılabilir.
2. Kumanda ve besleme kablolarının döşemesi basit, kolay ve çabuk yapılabilir.
3. Herhangi bir duyar elemandan alınan zayıf bir sinyali kuvvetlendirmek ve böylece kontrol edilmeyecek bir sistemi kontrol etmek mümkündür.
4. Ölçme elemanından alınan sinyalleri çeşitli şekillerde kullanarak nihai kontrol elemanına birden fazla fonksiyon yaptırmak mümkündür.
5. Uzaktan kumanda kolayca yapılabilir.
6. İletişim nedeni ile herhangi bir zaman gecikmesi söz konusu değildir.
7. Sistem çıkışı doğrusal olduğundan hassasiyet daha iyidir.
8. Sıcaklık açısından geniş çalışma aralığı vardır.
9. İlave edilecek devreler mevcut sisteme kolayca intibak sağlar.

b) SINIRLAMALARI:

1. Pnömatik sistemlerden daha karmaşıktır.
2. Tehlikeli mahallerde çok iyi korunma önlemleri alınması lazımdır.
3. Uzman servis personeline ihtiyaç vardır.

2.3. Elektromekanik İle Elektrik Sistemlerinin Karşılaştırılması

Elektrik kontrol sistemleri hem elektromekanik sistemleri hem de elektronik sistemleri içerirler. Elektronik sistemde; termistör, elektromekanik sistemin körük prensibiyle çalışan duyar elemanının, katı hal kıyaslayıcı devresi; potansiyometrenin ve katı hal yükselticisi denge rölesinin yerini almaktadır. Gerçek uygulamada, birçok sistem ve elemanlar hibrid yani ikisini de ihtiva eden cihazlarla çalışırlar.

Elektronik elemanlar elektromekanik elemanların kullanılamayacağı veya kullanılmasının zor olduğu yerlerde kullanılmak üzere geliştirilmiştir.

2.4. Elektronik Elemanların Üstünlükleri

1. Elemanların basit ve hareketsiz parçalardan olması bakım ve tamir güçlüklerini azaltıp sistemin ömrünün uzun olmasını sağlar.

2. Düşük voltaj ve akımla çalıştığında kablo tutarı ucuz olup emniyetlidir.
3. Ölçme elemanları ölçtükleri değişken değeri süratle hissederek ölçme sinyalini çabuk verirler. Bu da sistemdeki gecikmeyi önler.
4. Elemanların çoğunluğunu (motorlar hariç) herhangi bir pozisyonda monte etmek mümkündür.
5. Elektromekanik elemanların uygun olmadığı titreşimli ve tozlu mahallerde kullanılabilir.
6. Uzaktan kumanda yapmak mümkündür.
7. Elektromanyetik, pnömatik ve hidrolik elemanlarla birlikte kullanılabilir. Böylece tek tür elemanlarla elde edilemeyecek sonuçlar elde edilebilir.
8. Aynı kontrol cihazı birden fazla ölçme elemanından sinyal alabilir.
9. Kalibrasyon üstünlüğü sayesinde daha iyi kontrol yapılabilir. (Akoğlu, K., 1986)



3. ÖLÇME ELEMANLARI

Ölçme elemanı kontrol edilen değişkendeki değişimleri saptayan ve ölçen bir dönüştürücü elemandır. Hassas ve kaliteli kontrol için ölçme işleminin çok iyi ve hatasız olarak yapılması gerekir. Kontrol sistemindeki diğer elemanlar ne kadar mükemmel olursa olsun, ölçme iyi yapılamıyorsa kontrolde büyük aksamalar meydana gelir.

Ölçme elemanları, elektromekanik ve elektronik olarak iki gruba ayrılırlar. Elektromekanik ölçme elemanları, kontrol edilen değişkendeki değişimleri hareketli parçalar sayesinde bir harekete dönüştürerek ölçüm yaparlar. Elektronik elemanlarda hareketli parça bulunmadığından bunlar direnç gibi başka karakteristikleri ölçerler. Tablo 1'de ölçme elemanları toplu halde verilmiştir.

Tablo 3.1. Ölçme elemanları

KONTROL EDİLEN DEĞİŞKEN	ELEKTROMEKANİK ELEMANLAR	ELEKTRONİK ELEMANLAR
Basınç	1. Esnek diyafram 2. Körük	1. Piezo elektrik kristali (yaygın değil)
Sıcaklık	1. Bi-metal çift 2. Boru-çubuk elemanı 3. Kapalı körük 4. Kılcal borulu tüp	1. Termistör 2. Direnç tüp elemanı 3. Isıl çift
Nem	1. Naylon 2. İnsan saçı	1. Higroskopik (altın yapraklı ızgara)

3.1. Basınç Ölçme Elemanları

Basınç bilindiği gibi birim alana uygulanan kuvvet olarak tanımlanır. Elektromekanik sistemlerde bu kuvvet hareketi elde etmek için kullanılır. Elektronik elemanlarda kullanılan kuartz veya baryum titanit gibi piezo elektrik kristaller kendilerine uygulanan kuvvet ile orantılı olarak bir gerilim yaratırlar. Akış hızı, hız, statik basınç ve sıvı seviyesi basınç ölçme elemanlarından faydalanılarak ölçülebilir. (Akoğlu, K., 1986)

Muhtelif değerlerde basınç kontrolü mümkün olduğundan hangi basınç değeri kontrol edilecekse, o değere uygun basınç ölçüm elemanı kullanılmalıdır.

Basınç ölçüm elemanlarının sistem bağlantıları, gaz ve hava için olanları plastik hortumlarla yapılır. Her basınç ölçüm elemanının üzerinde maksimum dayanma basınçları belirtilmiştir.

Bu sayede cihazların hatalı kullanılmaları önlenmektedir. Ölçüm aralıkları arttıkça cihazların ölçüm hassasiyetleri de aynı oranda azalmaktadır.

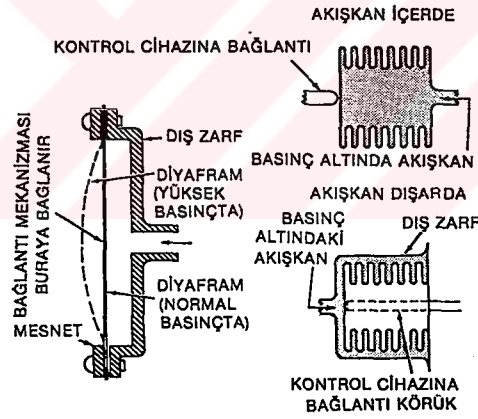
Basınç kontrolü, bina otomasyonu sistemlerinde, basıncın önemli olduğu ameliyathanelerde, hassas malzeme üretim tesislerinde ve özellikle ilaç fabrikalarında kullanılmaktadır.

3.1.1. Esnek diyafram

Esnek diyafram basınç yükselmesi veya azalması ile orantılı olarak Şekil 3.1.'de görüldüğü gibi dışa veya içe doğru esner.

3.1.2. Körük

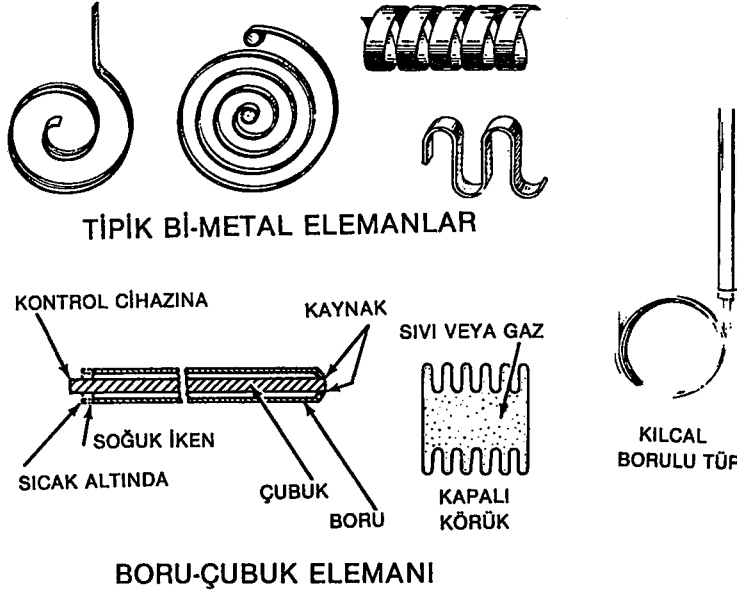
Körükün bir ucu sabit olup, diğer ucu ise basınç yükselmesi ve azalması ile orantılı olarak genişler veya daralır. Bu hareket mekanik bir bağlantı mekanizması ile kontrol cihazındaki bir anahtara veya potansiyometreye iletilir. Şekil 3.1.'de görüldüğü gibi iki ayrı tipi vardır. Birincisinde sıvı veya gaz körüğün içinde olup, diyafram sabittir yani esnemez. Bağlantı mekanizması bu sabit diyaframın dış yüzüne temas eder. İkinci tipinde hava çan şeklinde durdurulmuş olup, bağlantı mekanizması körüğün içinde temas yapar.



Şekil 3.1. Elektromekanik basınç ölçme elemanları

3.2. Elektromekanik Sıcaklık Ölçme Elemanları

Elektromekanik sıcaklık ölçme elemanları, sıcaklığın artması veya azalması neticesi maddelerin uzaması ve kısılması prensibi ile çalışırlar. Her maddenin kendine özgü bir termik uzama katsayısı vardır. Maddelerin uzama katsayıları arasındaki bu fark sayesinde ölçülebilen bir hareket elde edilir. Bunlar toplu halde Şekil 3.2.'de verilmiştir.



Şekil 3.2. Elektromekanik sıcaklık ölçme elemanları

3.2.1. Bi-metal çift

Sıcaklıkta uzama katsayıları birbirinden çok farklı iki metal şeridin veya tabakanın birbirine tespiti ile elde edilir. Sıcaklık değişiminde metal şeritlerin farklı uzaması sonucu, bir ucu tespit edilen metal çiftin diğer ucunda sapma olur ve bu sapmadan ölçme sinyali elde edilir.

Belirli bir sıcaklık aralığı için metal şeritteki değişim metal şeridin uzunluğu ile doğru orantılıdır. Bunun sonucu olarak serbest uçtaki sapma da metal şeridin uzunluğu ile orantılı olmuş olur. Böylece herhangi bir ufak sıcaklık değişimini ölçmek için, minimum bir şerit uzunluğu gereklidir. Bi-metal çiftlerin hassasiyetini arttırmak için, tasarımcılar U-tipi veya spiral tipinde, uzun elemanların dar bir yerde kullanılmasını sağlayan tipler geliştirmişlerdir.

3.2.2. Boru-çubuk sıcaklık ölçme elemanı

Burada da aynı bi-metal prensibi kullanılır. Fakat hareketten yararlanma şekli farklıdır. Uzama katsayıları farklı iki metal elemandan uzama katsayısı yüksek olan boru şeklinde, düşük olan ise çubuk şeklinde bu borunun içindedir. Bunlar bir uçlarından birbirine kaynaklı olduğundan, sıcaklık değişmesi ile borunun ikinci ucunda bir hareket meydana gelir ve bundan da ölçme sinyali elde edilir. Bu eleman bilhassa boyler ve dinlendirme tanklarında kullanılan daldırma tipi sıcaklık kontrol cihazlarında kullanılır.

3.2.3. Kapalı körük

Körük, basınç ölçme elemanında olduğu gibi, içi gaz veya sıvı doldurulmuş olup iki tarafı da kapalıdır. Sıcaklık değişimleri neticesi gaz veya sıvının basıncı veya hacmi değişir ve bu da körüğün genişlemesi veya büzülmesini sağlar. Körüğün serbest ucuna temas eden bağlantı mekanizması bu hareketi kontrol cihazına iletir. Termostatların büyük bir çoğunluğu bu prensip ile çalışır.

3.2.4. Kılcal borulu tüp

Kılcal borulu tüp kapalı bir körüğe veya diyaframa kapiller boru ile bağlanmış bir kapsüldür. Bütün sistem, yani tüp, kapiller boru ve körük (veya diyafram) sıvı veya gaz ile doldurulmuştur. Tüpteki sıcaklık değişimleri sıvı veya gazın hacmi veya basıncını değiştirir ve bu harekette kılcal boru ile körük veya diyaframa iletilir. Sıcaklığın ölçüldüğü mahal ile kontrol cihazı arasındaki mesafenin uzun olduğu durumlarda bu eleman kullanılır.

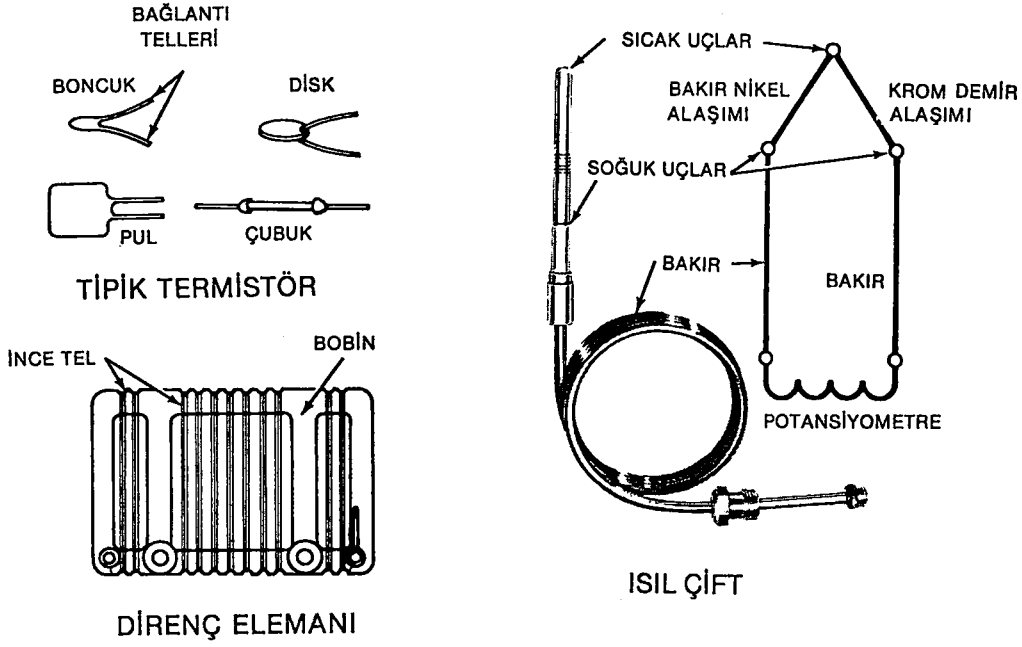
3.3. Elektronik Sıcaklık Ölçme Elemanları

Elektronik sıcaklık ölçme elemanlarında, direncin sıcaklık ile orantılı olarak değişmesi gibi özelliklerden faydalanılır. Genellikle bu elemanlar küçük olup, sıcaklık değişimlerini gayet hızlı bir şekilde algırlar. Algılama hızı, ölçme elemanının zaman sabiti (time constant) ile ifade edilir. Zaman sabiti ne kadar küçük ise elemanın cevabı o kadar hızlıdır. Elektronik sıcaklık ölçme elemanları Şekil 3.3.'de toplu olarak verilmiştir.

3.3.1. Termistör

Termistör elektrik direnci sıcaklık ile değişen bir yarı iletkenidir. Bu ilişki negatif olup doğrusal değildir yani sıcaklık yükseldiği vakit direnç azalır. Termistörün en büyük avantajı sıcaklıktaki ufak bir değişimin elektrik dirençte büyük değişimlere yol açmasıdır. Termistörün bu büyük giriş sinyali verebilme özelliği hem kontrol cihazının tasarımını kolaylaştırır, hem de fiyatını ucuzlatır. Diğer bir avantajı ise küçük boyutlu olmasıdır.

Termistörlerin direnç eğrisi 427°C ' dan sonra doğrusal değildir. Bu özellik şüphesiz termistörlerin çalışma aralığını bu değer ile sınırlar. Bu değerden düşük sıcaklık ölçmeleri için termistörler en uygun ölçme elemanlarıdır.



Şekil 3.3. Elektronik sıcaklık ölçme elemanları

3.3.2. Direnç elemanı

Elektriksel direnci sıcaklık değişimine bağlı olarak değişen bir telin bobin halinde sarılması ile elde edilir. Telin direnci sıcaklıkla doğru orantılı olarak değişir. Direnç elemanlarını 760°C sıcaklıklara kadar kullanmak mümkündür. Fiyat açısından direnç elemanı termistörden daha pahalı olup, ısı çiftten daha ucuzdur.

3.3.3. Isıl çift

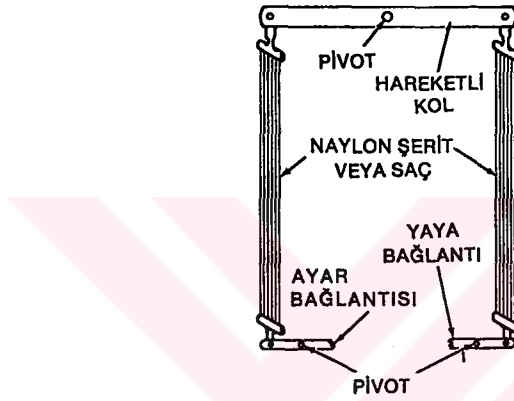
Isıl çift iki ayrı metalin sıcak uç tabir edilen uygulama noktasında birleştirilmesi ile elde edilir. Soğuk uç tabir edilen serbest uçlar arasında sıcaklık ile orantılı olan mili volt mertebesinde bir gerilim elde edilir. Bu gerilim bir potansiyometre vasıtası ile ölçülür. Çalışma sıcaklığı ve çevre koşullarına göre değişik ısı çiftleri kullanılır.

Isıl çiftin en büyük avantajı 1649°C sıcaklıklara kadar kullanılabilmesidir. En büyük dezavantajı ise çıkış sinyalinin çok zayıf olması ve bu yüzden pahalı yükselticilere ihtiyaç göstermesidir. Ayrıca ısı çiftin soğuk ucunda çevre sıcaklığındaki değişimleri normalize eden bir kompanzasyon ünitesinin mevcut olması lazımdır. (Akoğlu, K., 1986)

3.4. Elektromekanik Nem Ölçme Elemanı

Gerek nem alma, gerek nemlendirme işlemlerinde gerekse ısı alışverişlerinde ortam neminin sabit tutulması gereken operasyonlarda nem kontrolü gerekmektedir. Bu çalışmalarda kullanılan nem ölçme elemanları buldukları ortamın bağıl nem değerini kontrol cihazlarının algılayabileceği elektriksel sinyallere dönüştürürler.

Elektromekanik nem ölçme elemanları havadaki nem miktarının artması ile gerilen veya şişen, azalması ile gevşeyen veya büzülen organik maddelerden yapılmışlardır. Şekil 3.4.'de bu elemanlarından birisi görülmektedir.



Şekil 3.4. Elektromekanik nem ölçme elemanı

3.4.1. Naylon şerit veya insan saçı

İnsan saçının uzunluğu havadaki nem miktarı ile orantılı olarak değişir. Saç çapının çok ufak olması nedeni ile, bu elemanlar nemi ani olarak emebilir veya ortama verebilir. Şüphesiz bu saçların çok dikkatlice seçilmesi gerekmektedir.

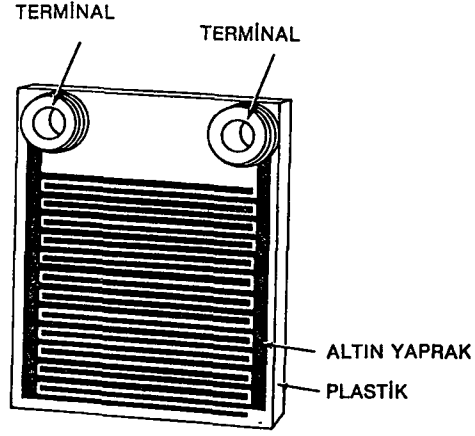
Naylon da aynı özelliğe sahiptir. Naylon sentetik bir madde olduğundan imalatı kontrol altında tutulabilir ve insan saçında olduğu gibi seçme ve eşleme gibi işlemlere lüzum kalmaz. Bu yüzden son zamanlarda daha ucuz olan naylon elemanlar yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır.

3.5. Elektronik Nem Ölçme Elemanı

Elektronik nem ölçme elemanı bir plastik tabaka veya cam üzerine yerleştirilmiş ve üzeri higroskopik bir tuzla kaplanmış, birbirine geçmiş altın yapraklı iki ızgaradan meydana gelmiş

bir direnç elemanıdır. Havadaki nemin değişmesi ile tuzun iletkenliği de değişeceğinden, nem değişimi iki terminal arasındaki direnç değişimi olarak ölçölmüş olur.

(Honeywell, Elektronik Kontrol Devreleri, Dosya No. 77-1012)



şekil 3.5. Elektronik nem ölçme elemanı

4. KONTROL CİHAZLARI

Kontrol cihazı ölçme elemanından kontrol edilen değişkenin değerini alır, ayar değeri ile karşılaştırır, eğer fark varsa bu farkı giderecek düzeltmenin yapılabilmesi için nihai kontrol elemanına kontrol sinyali gönderilir. Gönderilen bu sinyal kontrol cihazının kontrol türünü de belirler (İki konumlu, oransal, vs). Kontrol cihazları da elektromekanik ve elektronik olarak iki gruba ayrılır. Elektronik kontrol cihazları daha karmaşık olmalarına karşın bütün kontrol türlerini içerirler. Tablo 4.1’de kontrol cihazları tablo halinde verilmiştir.

Tablo 4.1. Kontrol cihazları

KONTROL TÜRÜ	ELEKTROMEKANİK MEKANİZMA	ELEKTRONİK MEKANİZMA
İki konumlu Yüzer	Cıvalı kontak Mikro anahtarlar Elektromanyetik röle	Direnç Köprüsü
Oransal	Potansiyometre	Direnç Köprüsü
Düzeltilme		
Türev		

4.1. Elektromekanik Kontrol Cihazları

Elektromekanik kontrol cihazı ölçme elemanından gelen sinyale göre bir kontak veya potansiyometreyi devreye sokar veya çıkarır. Bir çok kontrol cihazında, bu kontak da, ilave bir takım fonksiyonları yapacak olan röleyi harekete geçirir. Elektromanyetik kontrol cihazı nispeten ucuz olup daha ziyade basit iki konumlu ve oransal kontrol uygulamaları için kullanılır.

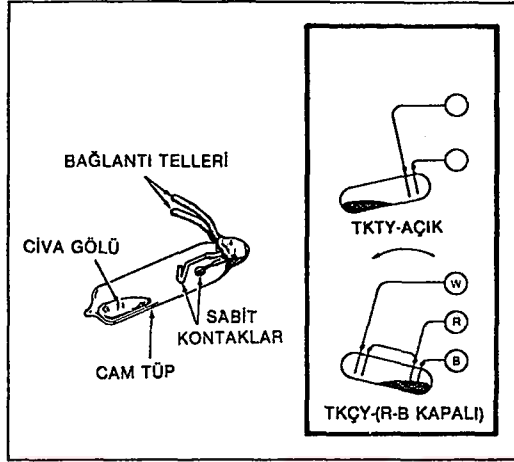
4.1.1. Elektromekanik mekanizmalar

Elektromekanik mekanizma ölçme elemanından aldığı hareketi bir elektrik devresini açıp, kapamak veya bir elektrik devresindeki direnci değiştirmek için kullanır. Elemanlar; kontaklar, röleler ve potansiyometrelerdir.

4.1.1.1. Cıvalı kontaklar

Cıvalı kontak içinde sabit kontaklar ve serbestçe hareket edebilen cıva bulunan bir cam tüptür. Cam tüpün her iki ucundaki kontaklara izole edilmiş elektrik telleri bağlanmıştır.

Genellikle, cam tüp, ölçme elemanına mesnetli bağlantı mekanizması tarafından döndürülebilecek bir plaka üzerine monte edilmiştir. Bu plaka döndüğünde, tüp sağa veya sol tarafa yatar, içindeki civa da tüpün alt tarafına akar ve böylece kontaklar arasındaki boşluk kapatılarak devre tamamlanmış olur. Tüpün sağa veya sola kaydırmak için gerekli mekanik kuvvet oldukça az olduğundan, tutma ve bırakma hareketi oldukça hızlı ve tekrarlama güvenilirliği de çok yüksektir.



Şekil 4.1. Civalı kontak

Kontaklar 0.1 amperden 10 ampere kadar akımlar için tek kutup - tek yönlü ve tek kutup - çift yönlü olarak kullanılabilir. Tek kutup - çift yön uygulamasında kontrol edilen değişkenin değeri düştüğünde R ve B uçları, yükseldiğinde R ve W uçları arasındaki devre tamamlanır.

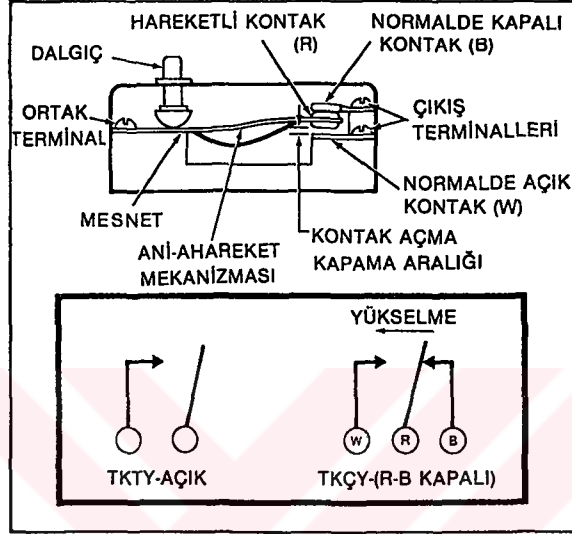
Civalı kontakların avantajları şunlardır. Kapalı bir yapıya sahip oldukları için kir, toz ve diğer kontaminasyonlardan etkilenmezler. Civa dışındaki başka bir hareketli parça olmadığından çalışmaları oldukça güvenlidir. Civa gözle görülebildiği için kontağın açık ve kapalı olduğu anında anlaşılabilir. Sınırlamaları ise, cam tüpün denge konumunu ayarlama zorluğu, titreşimlerden etkilenmesi ve civanın donma sıcaklığı olan 37°C 'nin altında kullanılamamasıdır.

4.1.1.2. Mikro anahtarlar

Mikro anahtarda, ölçme elemanının dalgıç üzerine yaptığı hareketle iki metal arasındaki kontak kapanır veya açılır. Dalgıç plastik muhafazanın içine yerleştirilmiş yay mekanizmasını harekete geçirir. Böylece hareketli kontak sabit kontakların biri ile temas eder (Tek kutup - tek yönlü olanlarda sadece bir tane sabit kontak mevcuttur). Çalışma aralığı 0.1 amperden 25 ampere kadardır.

Başlıca avantajları; hızlı olmaları, çok ufak toleransların gerekli olduğu uygulamalarda başarı ile kullanılabilmesi, civalı kontaklarda olduğu gibi denge sorununun olmaması, titreşimlerden etkilenmemesidir.

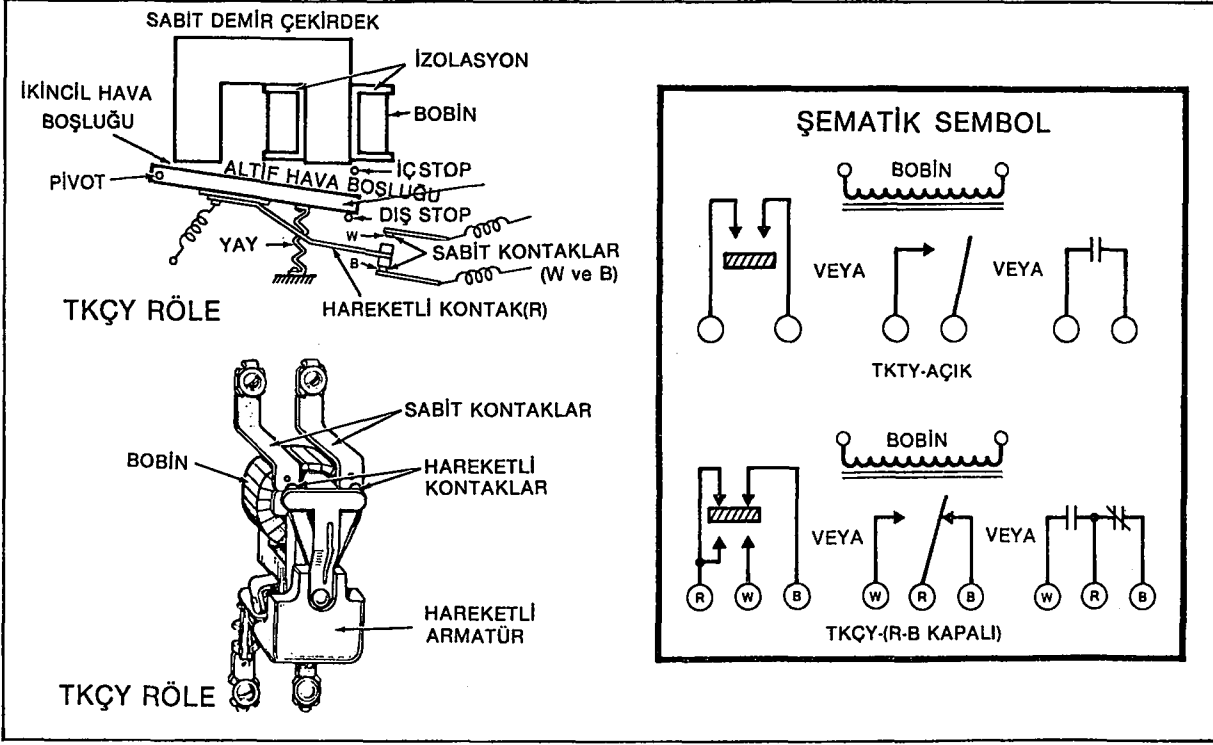
Sınırlamaları ise, kapalı muhafaza içinde olmadıkları için toz ve kirden etkilenmeleri, kontakların gözle görülmemesi ve doğru akım değerlerinin zayıf olmasıdır.



Şekil 4.2. Mikro anahtarlar

4.1.1.3. Elektromanyetik röle

Elektromanyetik röleler en basit tanımı ile elektrikle çalışan anahtarlardır. En çok kullanıldığı yerler; düşük voltaj ile çalışan kontrol cihazları tarafından harekete geçirilerek şebeke voltajını veya yüksek akımlı yükleri devreye sokmak veya çıkarmak, iki veya daha fazla devreyi tek kutuplu bir kontrol cihazı ile devreye sokup çıkarmak ve iki veya daha fazla kontrol devresini belli bir sıraya göre devreye sokup çıkarmaktır.



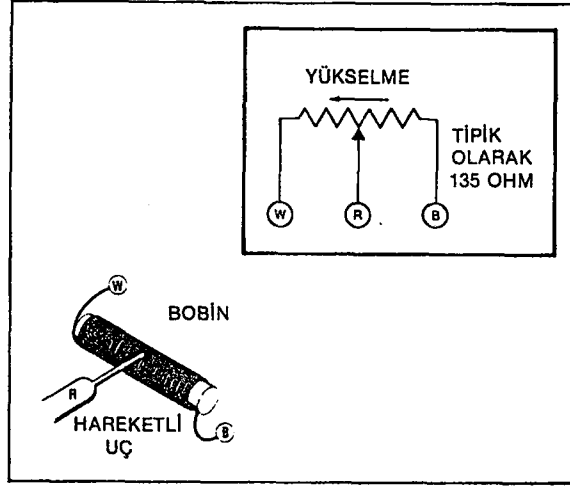
Şekil 4.3. Elektromanyetik röle

Sistem olarak kapı zillerindeki bobin - armatür devresine benzer. Şekil 4.3.'de görüldüğü gibi dört kısımdan oluşur. Birinci kısımda, sabit demir çubuk, hareketli armatür ve iki hava boşluğundan oluşan manyetik devre, ikinci kısımda manyetik alanı yaratan bir veya birden fazla bobin, üçüncü kısımda bir veya birden fazla kontak seti (her sette iki sabit, bir adet bir ucu armatüre bağlanmış hareketli kontak) ve dördüncü kısımda kontakları eski duruma getiren ve armatürün hareketini sınırlayan yay mekanizması vardır. Şekilde gösterilen tek kutup çift yönlü rölede, enerjisiz durumda, yay kuvveti manyetik kuvveti yendiğinden, R hareketli kontağı B sabit kontağı ile temas etmektedir. Bobine enerji verildiğinde, manyetik alan artmakta ve yay kuvveti yenilmektedir. Bu durumda armatür aktif hava aralığını kapatmakta ve R hareketli kontağı W sabit kontağı ile temasa geçmektedir.

4.1.1.4. Potansiyometreler

Potansiyometre, Şekil 4.4.'de görüldüğü gibi, bir metal çubuğa elektrik geçirgenliği yüksek bir telin bobin halinde sarılmasıyla elde edilir. İki sabit, biri bobin sargısı üzerinde hareketli bağlantı ucu vardır. Telin uçları B ve W terminallerine, hareketli uç ise R terminaline bağlanmıştır. Ölçme elemanından alınan hareket, R ucunu bobin sargısı üzerinde sağa veya sola doğru kaydırır. Böylece R ve B arasındaki direnç ile R ve W arasındaki direnç değişir. Eğer hareketli uç W ucuna doğru hareket ederse, R ve B arasındaki direnç yükselir. R kırmızı, W beyaz, B ise mavi rengi temsil eder.

Potansiyometreler oransal kontrol cihazlarında kullanılırlar. Kontrol edilen değişkendeki değişimi dengeleyebilmek için nihai kontrol elemanının ne kadar hareket etmesi gerektiği potansiyometreler tarafından ayarlanır.



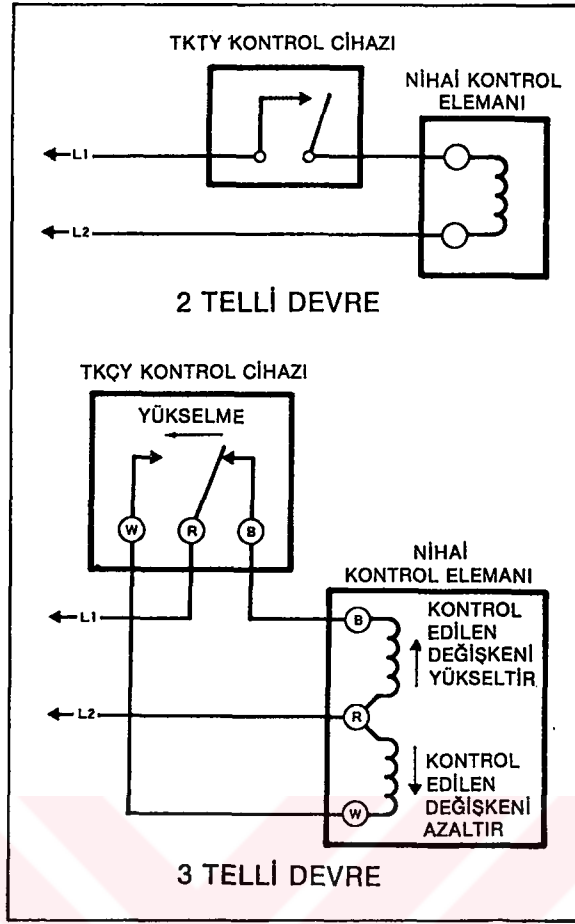
Şekil 4.4. Potansiyometre

4.1.2. Elektromekanik kontrol türleri

Kontak ve röleler iki konumlu ve yüzer kontrol türlerinde, potansiyometreler ise oransal kontrol uygulamalarında kullanılır. Bu bölümde verilecek şekiller şebeke voltajını göstermektedir. Alçak voltaj gerektiren cihazlar gerektiğinde devreye bir transformatör koymak lazımdır.

4.1.2.1. İki konumlu kontrol cihazı

İki konumlu kontrol türünde, kontrol cihazı iki konumun ya birindedir ya diğerindedir. Bu iki konumun her biri de nihai kontrol elemanının konumundan birine tekabül eder. Kontrol cihazının hangi konumda olduğunu ise kontrol edilen değişkenin iki değeri ayarlar. Bu iki değerin arasında, kontrol cihazının herhangi bir değiştirme yapamayacağı ve fark olarak adlandırılan bölge vardır. Şekil 4.5’de tek kutup tek yönlü kontrol cihazı iki telli bir kontrol devresine bağlanmıştır. Kontrol edilen değişken fark aralığının üst limit değerine yükseldiğinde, kontrol cihazının kontakları yapılan tasarıma göre ya açılacak ya da kapatılacaktır. Kapandığını düşünürsek, bu nihai konumdan birisine gelmesini sağlayacaktır. Nihai kontrol elemanı, kontrol edilen değişkenin fark aralığının alt limit değerine düşmesine kadar, aynı konumda kalacaktır. Bu olduğunda, kontaklar açılacak ve nihai kontrol elemanı mekanik olarak (yay geri dönüş mekanizması ile) diğer konuma sürülecektir. Bu durum kontrol edilen değişkenin üst limit değerine ulaşmasına kadar devam edecektir.



Şekil 4.5 Elektromekanik iki konumlu kontrol cihazı

Üç telli uygulamada, tek kutup çift yönlü kontrol cihazının üç terminaline karşılık nihai kontrol elemanını da üç terminali vardır. Kontrol edilen değişken üst limit değerine geldiğinde, R ve B kontağı açılacak, R ve W kontağı kapanacaktır. Bu durumda, nihai kontrol elemanınız R ve W terminalleri arasındaki enerji artacak ve nihai kontrol elemanı kontrol edilen değişkenin değerini düşürecek şekilde elektriksel olarak sürülecektir. Kontrol cihazının kontakları ve nihai kontrol elemanının konumu, kontrol edilen değişken alt limit değerine gelinceye kadar bu durumda kalacaktır.

4.1.2.2. Yüzer kontrollü kontrol cihazı

Kontrol cihazının, herhangi bir kontağın yapılmadığı nötr zonu bulunan tek kutup çift yönlü bir anahtarı vardır. Şekil 4.6.'da görüldüğü gibi, kontrol edilen değişken bu nötr zon içinde kaldığı müddetçe, hiçbir kontak kapanmaz ve nihai kontrol elemanı hiçbir güç uygulanmadığı için aynı konumda kalır.

Şekil 4.6. Elektromekanik yüzer kontrol cihazı

Eğer kontrol edilen değişken, nötr zonun üzerine çıkarsa, kontrol cihazında R ve W kontakları kapanır ve nihai kontrol elemanının R - W kısmına güç verilmiş olur. Bu durumda nihai kontrol elemanı kontrol edilen değişkenin değerini düşürecek istikamette elektriksel olarak sürülür. Kontrol edilen değişken nötr zona döndüğünde, R -W kontağı açılır ve nihai kontrol elemanı durur.

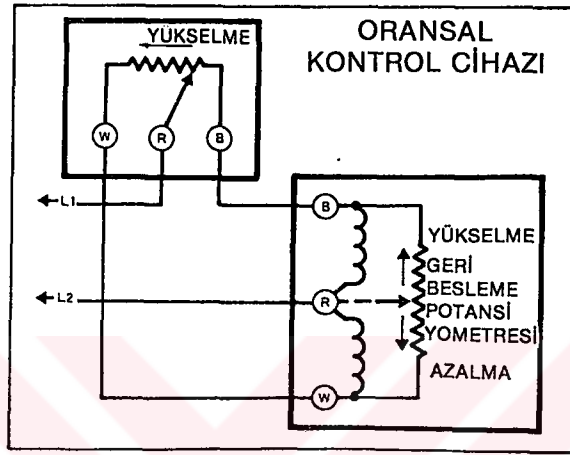
Özet olarak, nihai kontrol elemanı iki uç konumun arasında herhangi bir yerde olabilir ve cihazı kontrol edilen değişkeni ayar değerinde tutabilmek için yüzer.

4.1.2.3. Oransal kontrol cihazı

Oransal kontrol yüzer kontrolün daha geliştirilmiş şeklidir. Kontrol cihazında kontak yerine potansiyometre vardır. Bu değişiklik sayesinde, kontrol cihazı, kontrol edilen değişkeni ayar noktasında tutmak için, nihai kontrol elemanının pozisyonunu iki uç nokta arasında devamlı olarak değiştirir. Bu süreç modülasyon olarak adlandırılır.

Şekil 4.7.'de nihai kontrol elemanı elektrik devresi basit olarak gösterilmiştir. Potansiyometre hareketli ucunun şekildeki gibi olduğu durumda, kontrol cihazının R - B terminalleri arasında R - W terminalleri arasındakinden daha az direnç vardır. Bu durumda nihai kontrol elemanının R - B kısmında R - W kısmından daha fazla akım olacaktır. Bu da nihai kontrol edilen değişkenin değerini yükseltecek şekilde nihai kontrol elemanının sürülmesini sağlayacaktır. Aynı anda, geri besleme potansiyometresi üzerindeki hareketli uç W tarafına

doğru gitmeye başlayacaktır. Geri besleme potansiyometresindeki R - W direnci, kontrol cihazındaki R - B direncine eşit olduğunda, akımlar dengelenecek ve nihai kontrol elemanı duracaktır. Böylece kontrol cihazındaki hareketli ucun herhangi bir konumu için, geri besleme potansiyometresindeki hareketli ucun ve nihai kontrol elemanının sadece bir konumu mevcuttur. Nihai kontrol elemanı kontrol edilen değişkendeki değişime orantılı olarak hareket eder. Bu durum kontrol edilen değişkenin çok dar toleranslarda tutulmak istendiğinde ideal çözümdür.



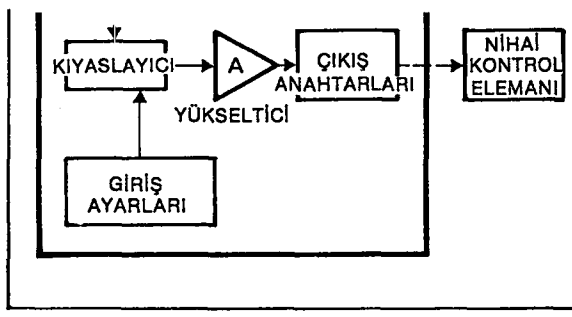
Şekil 4.7. Elektromekanik oransal kontrol cihazı

4.2. Elektronik Kontrol Cihazı

Elektronik kontrol cihazı, ölçme elemanından aldığı geri besleme sinyali ile ayar değerini karşılaştırır ve hata sinyalini elde eder. Bu hata sinyali bir yükselticiden geçirilerek nihai kontrol elemanını süreceğe hale getirir. Elektronik kontrol cihazları ile bütün kontrol türlerini, alarm, limitleme, kompanzasyon vs gibi bütün kontrol fonksiyonlarını yapmak mümkündür.

4.2.1. Elektronik mekanizma

Şekil 4.8.'de gösterildiği gibi, elektronik kontrol cihazı; bir kıyaslayıcı, bir yükseltici, giriş ayarları ve nihai kontrol elemanını süreceğe çıkış anahtarından meydana gelir. Bu cihazlar elektromekanik anahtarların yerine katı hal tekniği ile imal edilmiş elemanları içerir. Kıyaslayıcı, ölçme elemanından gelen sinyal ile ayar değerini karşılaştırır. Eşit oldukları takdirde, dengeli bir durum vardır ve çıkış sinyali sıfırdır yani yoktur.

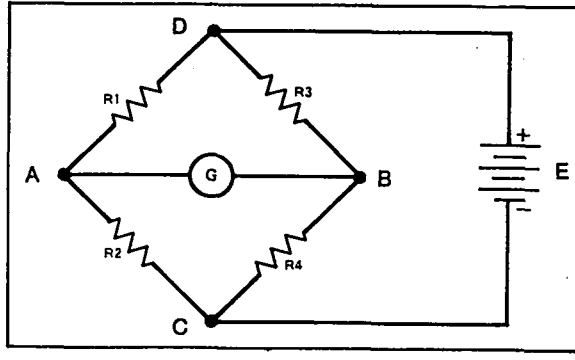


Şekil 4.8. Elektronik kontrol cihazı

4.2.1.1. Direnç köprülü kontrol cihazı

Elektronik devrelerde kullanılan köprü devresi, normal olarak bilinmeyen dirençleri bulmak için kullanılan Wheatstone köprüsünün bir uygulamasıdır. Her ne kadar Wheatstone köprüsü elektrik ve fizik kitaplarında anlatılıyorsa da çalışma niteliklerinin bir özetini vermek, uygulamanın anlaşılmasını kolaylaştırmak açısından faydalı olacaktır.

Şekil 4.9.'da gösterildiği gibi, bir Wheatstone köprüsü bir doğru akım gerilim kaynağına paralel olarak bağlanmış bir çift seri dirençten meydana gelmektedir. Elektrik akımının en hassas göstergesi olan G galvanometresi paralel kollara şekilde gösterildiği gibi bağlanmıştır. Galvanometre A ve B noktaları arasındaki gerilim farkını ölçer.



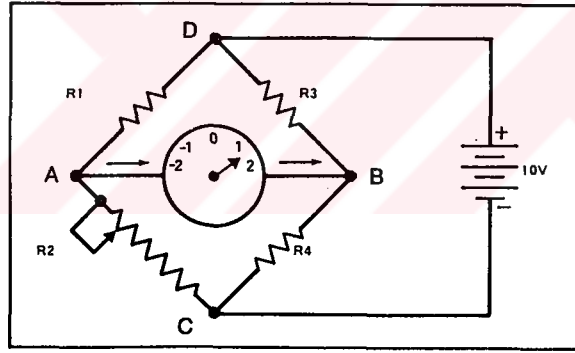
Şekil 4.9. Temel Wheatstone köprüsü

Devre kapalı iken;

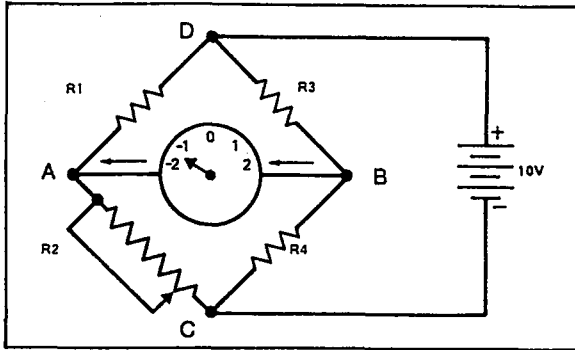
1- E gerilimi CAD ve CBD kollarının her ikisinde de etkisini gösterir.

2- A noktasındaki gerilim B noktasındakine eşit olduğunda (Bütün dirençler birbirine eşit iken) bu noktalar arasında gerilim farkı sıfırdır ve G galvanometresi akım göstermez. Bu durumda köprü dengededir denir.

3- Dirençlerden herhangi biri farklı bir değerde olduğunda galvanometre A ve B noktaları arasındaki gerilim farkından ötürü bir akım gösterir. Bu durumda köprü dengesi bozulmuştur.



Şekil 4.10.a. R2 direncinin arttığı durum

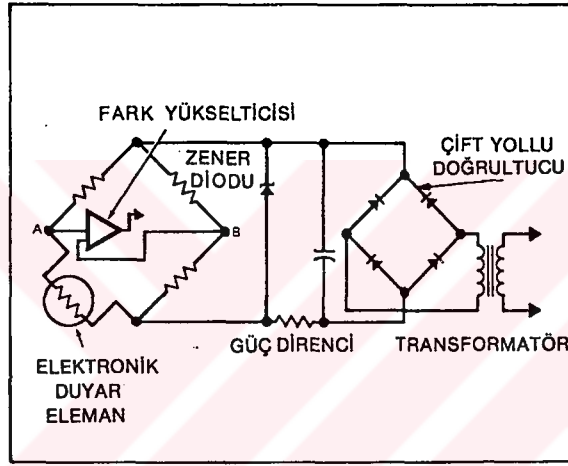


Şekil 4.10.b. R2 direncinin azaldığı durum

olduğundan, A ve B noktaları arasındaki potansiyel farkı sıfırdır. Bu demektir ki yükseltici giriş gerilimi sıfırdır ve röle nihai kontrol elemanını harekete geçirmez.

R2 direncinin arttığı durum ele alındığında, Ohm kanununa göre CAD kolundaki akım $10 / (10 + 20) = 0.33$ Amperdir. CBD kolundaki akım ise 0.5 Amper olarak kalır. Bu durumda A noktasındaki gerilim $0.33 \times 20 = 6.6$ Volt, B noktasındaki gerilim $0.5 \times 10 = 5$ Volttur. Bu demektir ki, A noktası C noktasına göre 6.6 Volt daha pozitif; B noktası da C noktasına göre 5 volt daha pozitifdir. Sonuç olarak A ve B noktaları arasında $6.6 - 5 = 1.6$ voltluk bir gerilim farkı teşekkül etmiştir ve A noktası B' ye göre daha pozitifdir. Yükseltici A ve B noktaları arasındaki potansiyel farkını büyütecek ve nihai kontrol ekranını hareket ettirecek mertebeye getirecektir.

Otomatik kontrolde kullanılan Wheatstone köprüsü, nihai kontrol elemanına sinyal gönderebilmek için aşağıdaki değişikliklere uğratılmıştır.



Şekil 4.11 Geliştirilmiş Wheatstone köprüsü

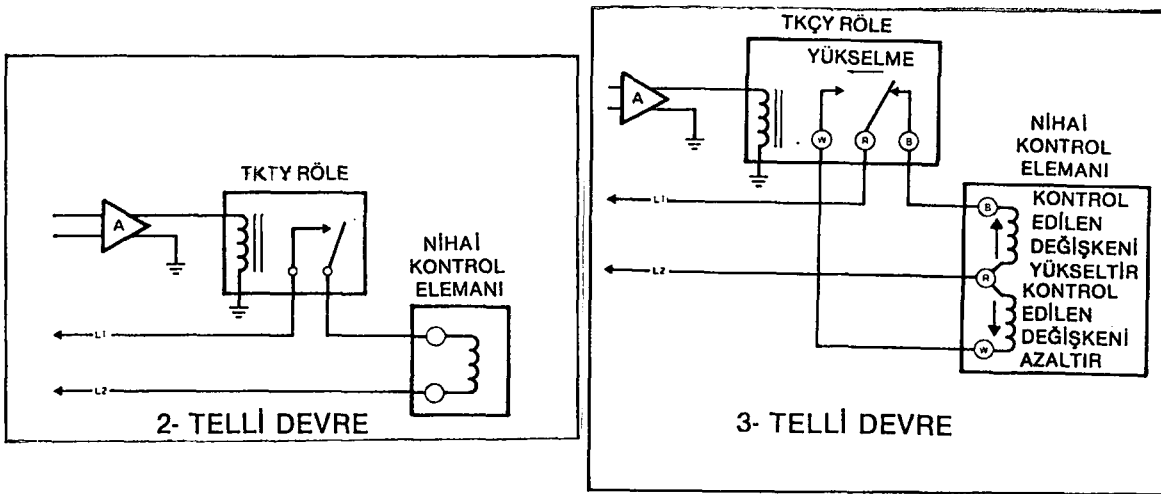
- 1- Galvanometre yerine katı hal elektroniği ile imal edilmiş fark yükselticisi konulmuştur.
 - 2- Batarya yerini bir doğru akım kaynağına bırakmıştır
 - 3- Köprünün sol tarafındaki R2 direnci yerine termistör gibi bir elektronik ölçme elemanı vardır. Fark yükselticisi köprünün A ve B noktaları arasındaki gerilim farkını büyültür. Büyültme oranına yükselticinin kazancı denir. Örneğin yükseltici kazancı 10 ve A ve B noktaları arasındaki gerilim farkı 1 volt ise, yükseltici çıkışı 10 Volt olacaktır. Yükselticinin sistem içinde iki amacı vardır. Birincisi köprü devresini, kontrol sisteminin diğer devrelerindeki voltaj değişimlerinden korumaktır. İkincisi ise, köprü devresinden gelen zayıf sinyali röle sargısı veya elektrik motoru gibi çıkış elemanlarını sürece kuvvete getirmektir.
- (Akoğlu, K., 1986)

4.2.2. Elektronik kontrol türleri

Direnç köprülü kontrol cihazları bütün kontrol türleri için kullanılırlar. Bütün şekillerdeki devreler şebeke voltajını göstermekte olup, alçak voltaj uygulamaları için devreye transformatör eklemek lazımdır.

4.2.2.1. İki konumlu kontrol

İki konumlu kontrolde, çıkış anahtarı TKTY veya TKÇY'lı bir elektromanyetik bir röledir. Ayar değeri, kıyaslayıcı çıkışı sıfır olduğunda röleyi çekecek veya bırakacak şekilde ayarlanır. Çalışma şekli elektromekanik sistem ile aynıdır.

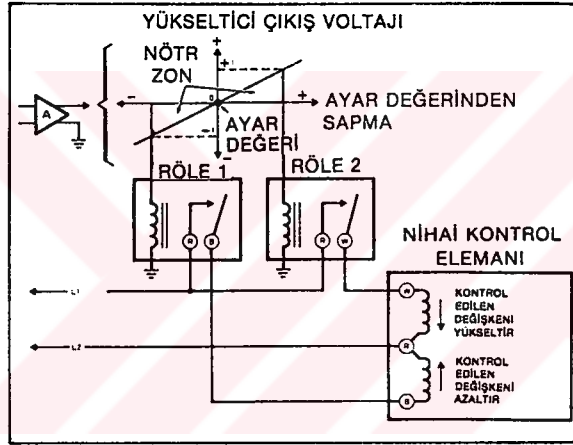


Şekil 4.12 İki konumlu elektronik kontrol cihazı

4.2.2.2. Yüzer kontrol

Yükseltici daha evvel belirtildiği gibi polarite ve fazı ayırabilecek niteliktedir. Kontrol edilen değişken nötr zonda Şekil 4.13'de taralı alan, yüzdüğü müddetçe, iki rölenin enerjisi yoktur. Ne vakit kontrol edilen değişken nötr zonun altına düşerse, 1 numaralı röle kapanacak ve nihai kontrol elemanının B-R kısmı enerjilenerek kontrol edilen değişkenin değerini yükseltecek şekilde harekete geçecektir.

Kontrol edilen değişken nötr zona geri döndüğünde, 1 numaralı röle açılacak ve nihai kontrol elemanı duracaktır. Benzer şekilde, kontrol edilen değişken nötr zonun üstüne çıkarsa, 2 numaralı röle kapanacak, W-R kısmı enerjilenecek ve nihai kontrol elemanı kontrol edilen değişkenin değerini düşürecek şekilde sürülecektir.

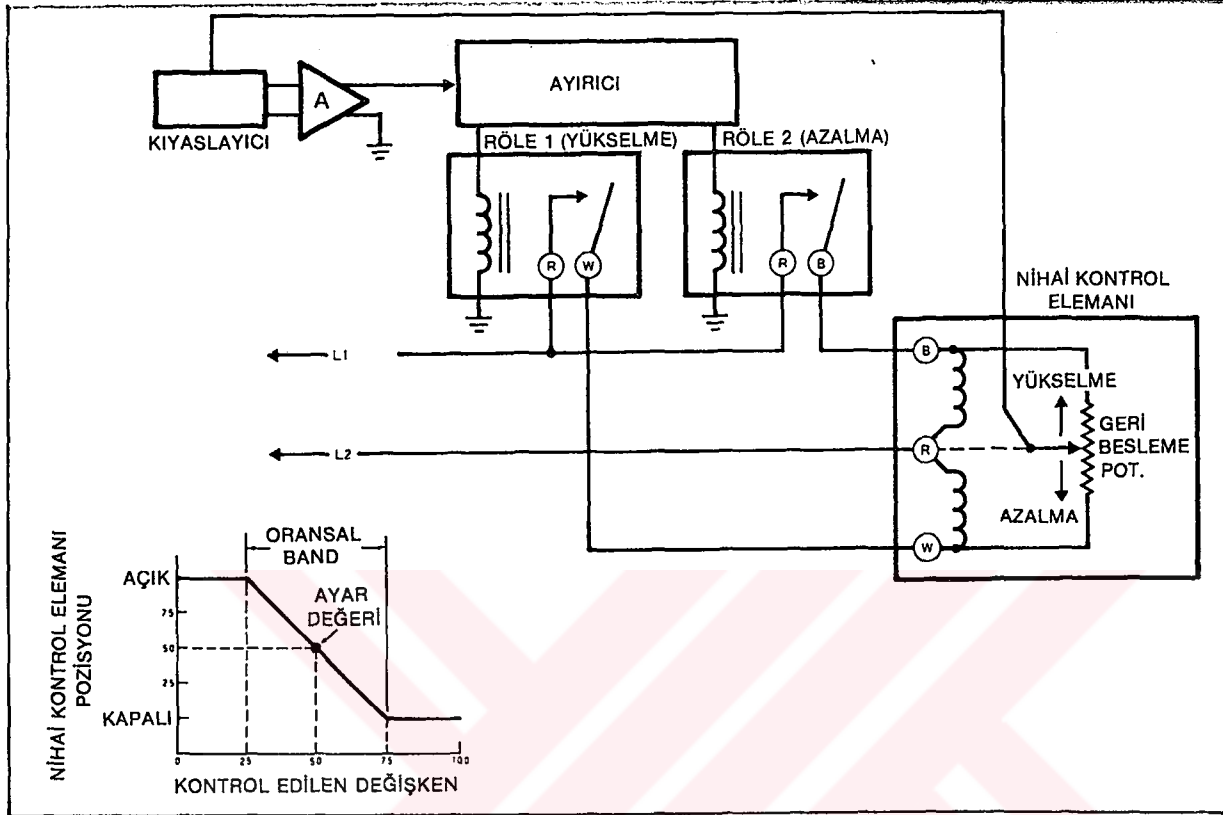


Şekil 4.13 Yüzer kontrollü elektronik kontrol cihazı

4.2.2.3. Oransal kontrol

Oransal elektronik kontrol cihazları elektromekanik kontrol cihazları ile aynı prensipte çalışırlar. (Şekil 4.14) Ayırıcı, şekilde anlatım açısından kolaylık olsun diye ayrı olarak gösterilmesine rağmen, yükseltici devresinin bir parçasıdır. Ayırıcının vazifesi kontrol edilen değişkenin düşmekte veya yükselmekte olduğunu saptamaktır. Eğer, ayar değerinin üstüne çıkılıyorsa, 1 numaralı röle çeker ve nihai kontrol elemanının R-W kısmı enerjilenir. Bu da nihai kontrol elemanının kontrol edilen değişkenin değerini düşürecek yönde harekete geçmesini sağlar. Aynı anda, geri besleme potansiyometresindeki hareketli uç B tarafına doğru gitmeye başlar. Geri besleme potansiyometresi kontrol cihazının kıyaslayıcı devresine elektriksel olarak bağlanmıştır. Hareketli uç kıyaslayıcıyı dengeleyecek kadar ileri gittiğinde,

yükseltici çıkışı sıfır olur, 1 numaralı röle açılır ve nihai kontrol elemanı durur. Bazı oransal elektronik kontrol cihazlarında, kontrol cihazı çıkışı kontrol edilen değişkenin değeri ile değişen miliamper mertebesinde bir doğru akım sinylidir. Bu sinyal bir tristörü veya akım rölesini sürer.



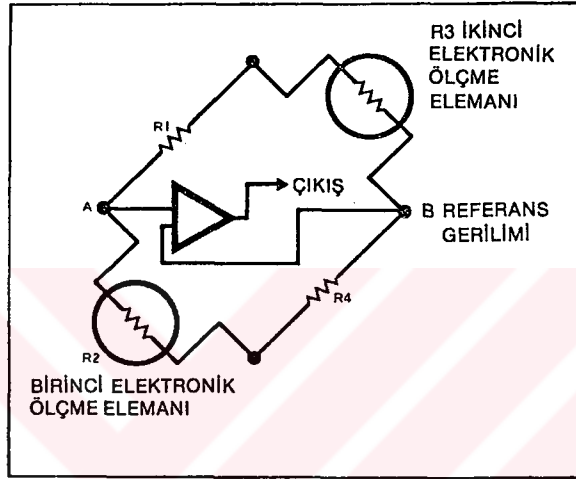
Şekil 4.14 Oransal elektronik kontrol cihazı

4.2.2.4. Düzeltme hareketi

Daha evvel belirtildiği gibi, oransal kontrol yalnız başına uygulandığında ayar değerinden bir kayma meydana gelir. Bu kayma iki ayrı şekilde ortadan kaldırılabilir. Birinci yöntem elle düzeltmektir. İkinci ise düzeltmeyi otomatik olarak yapmaktır. Elle düzeltme, yükseltici çıkışını, pozitif veya negatif yönde değiştirebilen bir potansiyometredir. Bu potansiyometre sayesinde kayma sıfırlanacak şekilde kontrol cihazının kalibrasyonu yapılır. Elle düzeltme, proseste, çevre koşullarında, yükte ve besleme voltajında büyük değişimler olmadığı sürece etkindir.

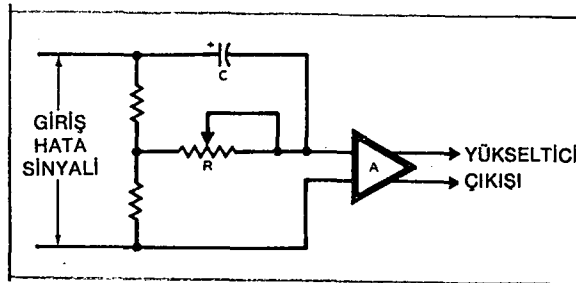
Otomatik düzeltmede, potansiyometre yerini yük değiştikçe ayar noktasını otomatikman ayarlayan ikinci bir elektronik ölçme elemanına bırakmıştır. Bu yöntem, Şekil 4.15’de direnç köprülü kontrol cihazı için gösterilmiştir. Bir an için ölçme elemanlarının termistör olduğunu düşünelim. Bu durumda sıcaklık azaldıkça direnç artacaktır. Ayrıca R2’nin mahal sıcaklığını,

R3'ün ise dış hava sıcaklığını ölçtüğünü varsayalım. Eğer dış hava sıcaklığı düşerse, R3 direnci artar. Bu durumda B noktasındaki referans gerilimi (C noktasına göre) düşer. Çünkü CBD kolundaki akım düşmüş ve R4 direnci sabit kalmıştır. Köprüyü dengelemek için A noktasındaki gerilimin de düşmesi gerekmektedir. Bu ancak R2 direncinde bir azalma veya başka bir deyiş ile mahal sıcaklığında bir artma ile mümkündür. Böylece dış hava sıcaklığı düştükçe, ayar değeri otomatik olarak daha yüksek bir mahal sıcaklığına ayarlanır. Bu yöntem kaymayı meydana getiren bozucu büyüklüğün (bu besleme voltajı, proses veya yük değişimleri olabilir) ölçülmesini sağlayan ikinci bir ölçme elemanının koyulabileceği sistemler için geçerlidir.



Şekil 4.15 İkinci bir elektronik ölçme elemanı eklenerek yapılan otomatik düzeltme

Otomatik düzeltme Şekil 4.16'da görüldüğü gibi devreye kaymanın büyüklüğü ile orantılı olarak yüklenen bir kapasite elemanının konulması ile de yapılabilir. Bu yükleme girişteki hata sinyaline eklenerek, kaymayı düzeltecek olan yükseltici çıkışını otomatik olarak elde eder. Bu yöntem pozitif geri beslemeli kontrol devresinin bir örneği olup bildiğimiz integral kontrol devresidir. İntegral hareket zaman sabiti RC ile orantılı olup, R direncinin ayarlanması ile kalibre edilir.

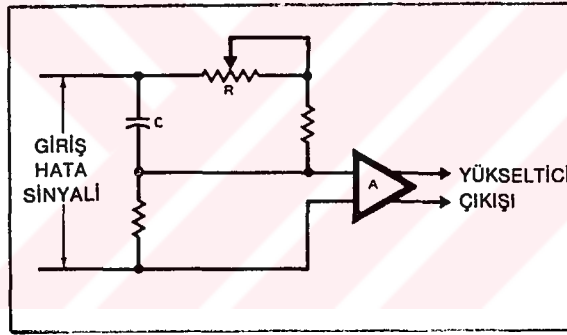


Şekil 4.16 İntegral kontrol ile otomatik düzeltme

4.2.2.5. Türev hareketi

Eğer kontrol edilen değişkendeki değişimin meydana gelmesi ile kontrol cihazının cevap vermesi arasında büyük bir gecikme söz konusu ise, yapılan kontrol oldukça yetersizdir. Bu durum kontrol teorisinde gecikme olarak adlandırılır. Gecikmenin en çok rastlanan nedeni ölçme elemanının kontrol edilen ortamdaki uzaklığıdır. Gecikmenin çok büyük olduğu durumlarda, sistem kararsızlığa gider.

Gecikme problemi türev hareketinin uygulanması ile giderilir. Türev hareketi, devreye hata sinyalindeki değişim ile orantılı olarak yüklenen bir kapasite elemanının konulması ile elde edilir. (Kapasite elemanının devre üzerindeki konumu integral veya türev hareketi olduğunu belirler) Bu yükleme girişteki hata sinyaline eklenerek, gecikmenin giderildiği yükseltici çıkışı elde edilir. Türev hareketi zaman sabiti RC ile orantılı olup, R direncinin ayarlanması ile kalibre edilir.



Şekil 4.17 Türevsel kontrol

4.2.2.6. Oransal artı integral artı türevsel kontrol

Oransal artı integral artı türevsel kontrol en gelişmiş kontrol türüdür. Şekil 4.18'de gösterildiği gibi, kontrol edilen değişken başlangıçta oransal banda girer ve ayar değerini aşar. Sonra bir salınım yaparak ayar değerinin altına düşer. Grafik dört bölgeye ayrılmış olup tabloda her kontrol türünün kontrol edilen değişkeni hangi yönde etkilediği ok halinde gösterilmiştir. Kontrol edilen değişkenin ayar değerine yaklaştığı durumlarda (yaklaşma aşağıdan ise birinci bölge, yukarıdan ise üçüncü bölge), türevsel etki aşmayı veya ayar değerinden düşmeyi minimize etmek için integral etkiye karşı koyar. Ayar değeri geçildikten sonra, kontrol edilen değişken ayar değerinden uzaklaşmaya başlar (ikinci ve dördüncü

5. NİHAİ KONTROL ELEMANLARI

Nihai kontrol elemanı, kontrol cihazından gelen düzeltici sinyaline göre düzenleyici değişkenin değerini değiştirir. Düzenleyici değişken de kontrol edilen değişkeni ayar değerine getirebilmek için proseste gerekli ayarlamaları yapar.

Bu mekanizmayı iki kısımda incelemek mümkündür. Birinci kısımda, kontrol cihazının çıkış sinyalini nihai kontrol elemanını harekete geçirecek şekilde aktaran tahrik ünitesi ve bağlantı mekanizması vardır. İkinci kısımda ise düzeltici değişkenin değerini değiştirmek için kullanılan nihai kontrol elemanları bulunmaktadır.

Bu mekanizmaların, proses şartlarına bağlı olarak, bazen çok yüksek sıcaklık ve basınçlarda çalışması, kimyasal reaksiyonlara dayanıklı olması, minimum bakım istemesi ve kontrol cihazından gelen sinyallere çok duyarlı olması istenir. Çoğu zaman kontrol cihazından gelen sinyaller elektrik, pnömatik veya hidrolik karakterdedir.

Bu gruba giren elemanlar; ısıtma, soğutma ve iklimlendirme sistemlerinde kullanılan 2 ve 3 yollu vanalar ile bunların tahrik üniteleri olan servomotorlar ve yine bu sistemdeki hava damperlerinin konumlandırılmasında kullanılan damper servomotorlarıdır.

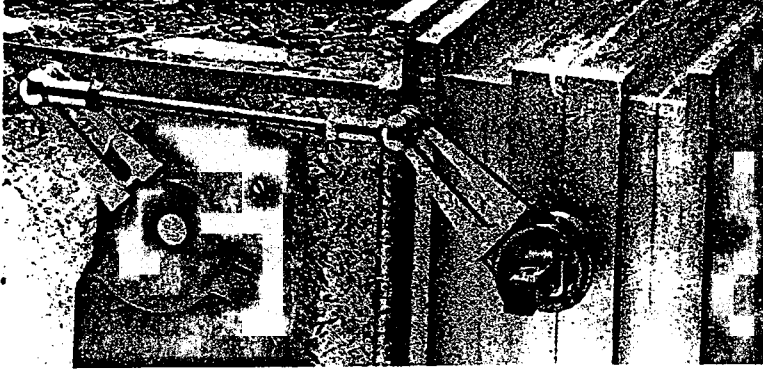
Servomotorlar, otomatik kontrol sistemlerinin en önemli elemanlarından. Dairesel veya mekanik bir çevrim mekanizmasıyla stroklu hareket yaparlar.

5.1. Tahrik Üniteleri ve Bağlantı Mekanizmaları

Tahrik ünitesi, kontrol cihazından gelen sinyale göre nihai kontrol elemanının hareketini durduran, çalıştıran veya ayarlayan bir cihaz olarak tanımlamak mümkündür. Bağlantı mekanizmaları, tahrik ünitesinin hareketini nihai kontrol elemanına bağlantı çubukları ve küresel mafsalların yardımı ile iletir. Örneğin, bir damperi motora bağlayan bağlantı mekanizmasında, bir bağlantı çubuğu, iki adet krank kolu ve iki adet küresel mafsal vardır.

(Şekil 5.1.)

Damper bağlantı mekanizmalı montaj

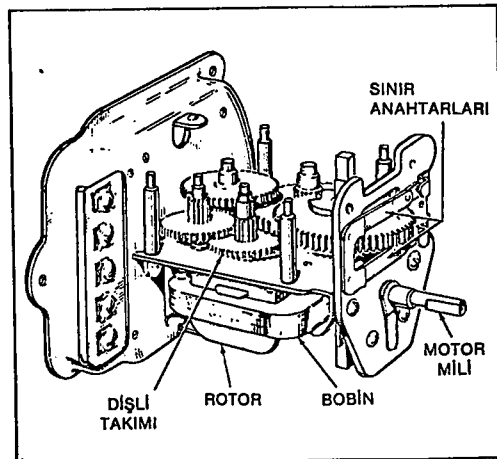


Şekil 5.1. Komple damper bağlantı kontrol mekanizması

5.2. Kontrol Motorları

Solenoidlerin iş görmediği yüksek yüklerde, özel olarak geliştirilmiş elektrik motorları kullanılır. Tek fazlı endüksiyon motorları en çok kullanılanıdır. Bobinlerin meydana getirdiği manyetik alan endüksiyon akımını yaratır ve bu da rotoru döndürür. Rotor için herhangi bir elektrik bağlantısı gerekmediğinden, fırça ve komutatöre ihtiyaç yoktur.

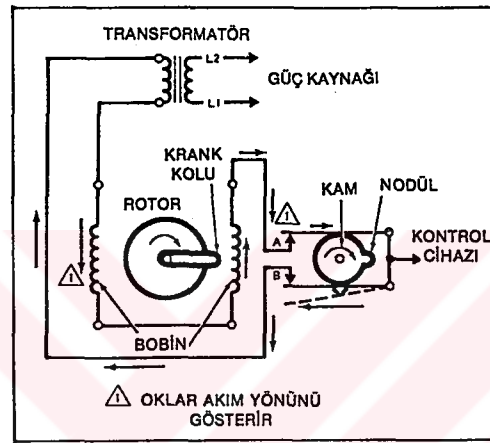
Otomatik kontrol motorları normal elektrik motorlarından değişiktir. Normal motorlar herhangi bir cihazı devamlı ve yüksek hızla çalıştırmak için kullanılır ve aksamaları bobin, armatür veya rotor ve milden oluşur. Kontrol motorları ise belirli bir pozisyondan diğer bir belirli pozisyona yavaş bir hızla hareket ederler ve yük altında belirli bir pozisyonda kalabilirler. Bu yüzden kontrol motorları, bobin ve rotorun dışında; rotor ve çıkış milinin arasında hızı azaltmak ve dönme momentini artırmak için bir dişli takımına, motoru belirli bir pozisyonda durdurmak ve çalıştırmak için sınırlatıcı anahtarlara sahiptir. Oransal kontrol motorlarında ilave olarak denge rölesi ve geri besleme potansiyometresi vardır.



Şekil 5.2. Tipik bir kontrol motoru

5.2.1. Tek yönlü motorlar

Şekil 5.3.'de şematik olarak verilen tek yönlü motorlar, iki konumlu kontrol uygulamaları için kullanılır. İki bobinden geçen akım da aynı fazda olduğu için motor hep aynı yönde çalışır. Bir nodülü bulunan kam bir anahtarı devreye sokar ve çıkarır. Kam motor mili üzerine monte edilmiş olup ve onunla birlikte döner A ve B kontakları motor çalışırken kapalıdır. Kam yarım dönüşünü tamamladığında, nodül aşağı kısımdadır ve kesikli çizgi ile gösterilmiş B anahtarını açar. Kontrol devresi rotörü döndürdüğünde, 180°'lik bir dönme yapılır ve nodül A kontaklarını açar. Böylece motor, motor mili ve krank kolunun her yarım turunda durur.



Şekil 5.3. Tek yönlü motor

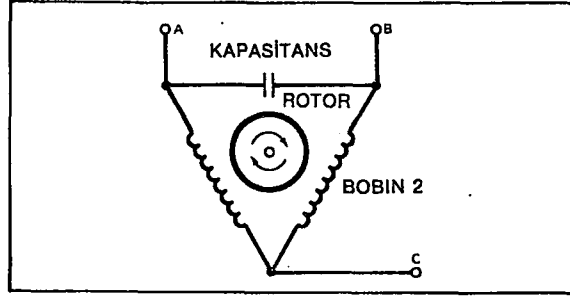
5.2.2. Çift yönlü motorlar

İki konumlu, yüzer ve oransal kontrol uygulamalarında, motorun yönünü değiştirebilmesi gerekmektedir. Kapasitans en çok kullanılan türüdür.

Şekil 5.4.'de gösterilen kapasitans tipi motorda, iki bobin bir uçta birleştirilmiş ve serbest uçlar bir kapasitansa bağlanmıştır. Devredeki kapasitans iki bobin tarafından meydana getirilen manyetik alanın fazlarını değiştirir ve böylece rotorun dönmesini sağlayan bir döngüsel manyetik alan yaratılır.

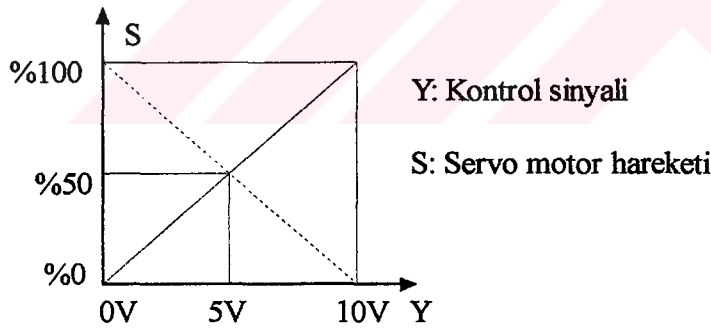
Güç kaynağı iki bobinden herhangi birine bağlanabilir. Eğer A ve C terminallerine bağlanırsa, akım 1 nolu bobine direkt olarak, 2 nolu bobine ise kapasitans üzerinden gelir. Eğer güç kaynağı B ve C terminalleri arasına bağlanırsa, bu defa akım 2 nolu bobine direkt olarak

gelmiş olur. Sonuç olarak, bobinlerin fazları değiştiğinden, rotorun dönme yönü de değişmiş olur. (Akoğlu, K., 1986)



Şekil 5.4. Kapasitans tipli iki yönlü motor

Bu özellik, servomotorun gelen sinyale göre yaptığı hareketi ters çevirir. Bunun sebebi ise daha çok sistemi devreye alırken herhangi bir sistem hatasını, bağlantıları değiştirmeden ortadan kaldırmaktır. Şekil 5.5, bu özelliğın kullanımından sonraki çalışma (bir anahtar vasıtasıyla) kesik çizgili olarak gösterilmiştir. Bu sayede aynı kontrol sinyali kullanılarak, servomotor birbirinin tersi iki hareketi de yapabilir. Böylece aynı eleman kış uygulamasında ısıtıcı kontrolü, yaz uygulamasında ise soğutucu kontrolünde kullanılabilir.



Şekil 5.5. Kontrol sinyalinin bir anahtar vasıtasıyla ters çevrilme diyagramı

5.2.3. Yay geri dönüşlü motorlar

On-off, üç konumlu ve oransal çalışan servomotorların, besleme enerjisi herhangi bir sebepten dolayı kesilirse, bu servomotorlar buldukları konumda kalırlar. Bazı uygulamaların bu gibi durumlarında çeşitli aksaklıklar meydana gelir. Mesela buharla beslenen bir ısıtma santralinde kontrol vanası açık konumdayken, beslemenin kesilmesi

durumunda vana açık kalabilecektir. Kontrolsüz kalan buhar, serpantin içindeki basıncı ve sıcaklığı yükseltecektir. Bunun sonucunda serpantin patlama tehlikesi ortaya çıkacaktır ki, sonuçları büyük maddi ve manevi zararlara sebep olabilir.

Yine benzer şekilde, özellikle dış hava sıcaklığının 0°C'nin altına düştüğü bir zamanda bir iklimlendirme santralinin taze hava damperinin açık kalması durumunda, ısıtma serpantinindeki suyun doğal hava sirkülasyonu sonucunda donmasına, bu da serpantin patlamasına sebep olabilir.

Bu gibi mahsurlardan kaçınabilmek için, bu tip uygulamalarda, yay geri dönüşlü motorlar kullanılmalıdır. Bu motorların işlev ve tür olarak on/off, üç konumlu ve oransal motorlardan herhangi bir farkı yoktur. İlave olarak, besleme akımı kesildiğinde motoru başlama pozisyonuna getiren motor miline bağlanmış yay ünitesi mevcuttur.

5.2.4. Elektronik motorlar

Elektronik motorların elektrik motorlarından tek farkı dönme işleminin katı hal teknolojisi ile imal edilmiş devreler tarafından kontrol edilmesidir. Herhangi bir mekanik kontak olmadığından, bu motorlar titreşimden etkilenmezler.

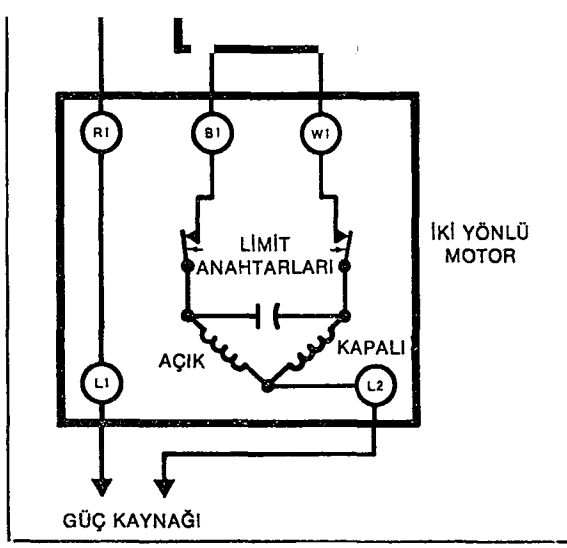
Elektronik motorların, basit ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme sistemlerinden karmaşık enerji yönetim sistemlerine kadar geniş bir uygulama alanı vardır.

5.2.5. Kontrol motorlarının çalışma türleri

Kontrol motorları iki konumlu, yüzer ve oransal kontrol uygulamaları için kullanılır. İki konumlu uygulamalar için kullanılan motorlar tek yönlü, çift yönlü veya yay geri dönüşlü olabilir. Yüzer ve oransal kontrol motorların iki yönlü olmaları şarttır ve elektrik kesilmelerine karşı emniyet olarak yay geri dönüş ilaveleri vardır.

5.2.5.1. İki konumlu tek yönlü motorlar

İki konumlu tek yönlü bir motorun tipik çalışması, Şekil 5.6. ve 5.7.'de gösterilmiştir. Isıya ihtiyaç olmadığı müddetçe, motor kapalı durumdadır. Kam üzerindeki nodül aşağıda olduğundan B kontağı açıktır.

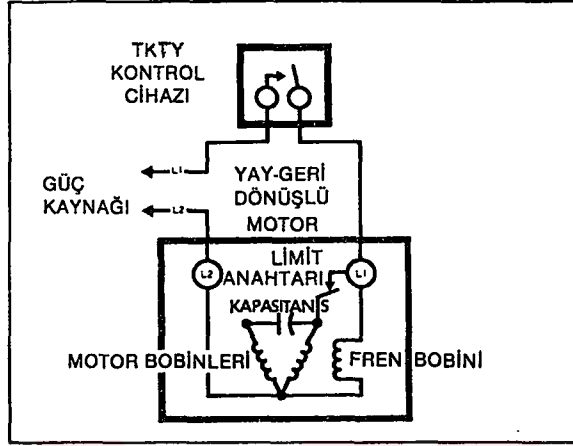


Şekil 5.8 İki konumlu iki yönlü motorun çalışması

5.2.5.3. İki konumlu yay geri dönüşlü motorlar

İki konumlu ve yay geri dönüşlü motorun çalışması ise Şekil 5.9.'da gösterilmiştir. (Motor şebeke hattından beslenmektedir) TKTY'lü kontrol cihazı bu uygulama için yeterli olup TKÇY'lü kontrol cihazı gereksizdir. Isı ihtiyacı doğduğunda, kontrol cihazının kontağı kapanır. Sağ bobin direkt olarak, sol bobin kapasite elemanı üzerinden enerjilenir ve fren bobininin tutma enerjisini yenerek, motor "açma" yönünde, sınır anahtarı devreyi açınca

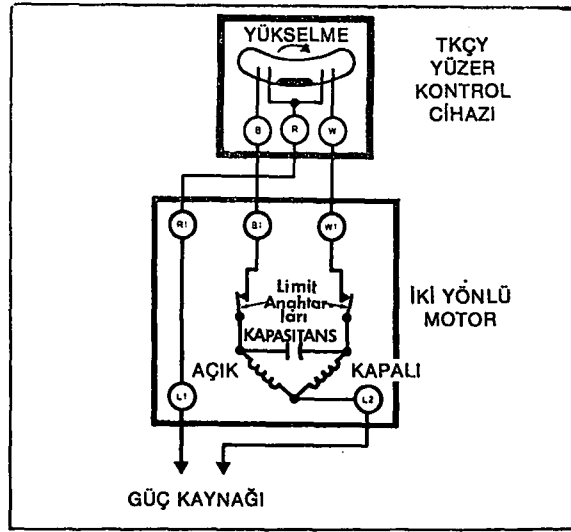
kadar dönmeye başlar. Fren bobini motoru “açık” pozisyonda tutar. Yeteri kadar sıcaklık yükseldiğinde yani ısı gereksinimi bittiğinde kontrol cihazının kontakları açılır. Fren bobininin enerjisi kesilir ve motor miline bağlı yay dönüş mekanizması motoru “kapalı” durumuna getirir. Eğer besleme akımı herhangi bir an kesilirse, yay geri dönüş mekanizması motoru “kapalı” duruma getirecektir. Bu özellik nihai kontrol elemanının elektrik kesilmelerinde kapanmasını sağladığı için çok önemli bir emniyet tedbiridir.



Şekil 5.9 İki konumlu yay geri dönüşlü motorun çalışma şekli

5.2.5.4. Yüzer kontrollü motorlar

Yüzer kontrollü motorun çalışma şekli iki konumlu iki yönlü motor ile aynıdır. Tek farkı bu motorda bir nötr zonun bulunmasıdır. Şekil 5.1.'de görüldüğü gibi, nötr zonda motora herhangi bir gerilim uygulanmazsa, motor aynı pozisyonda kalır. Sıcaklık nötr zonun aşağısına düştüğünde R-B kontağı kapanır ve motor “açık” pozisyonuna doğru dönmeye başlar. Motor strokunu tamamlamadan, sıcaklık tekrar nötr zonun sınırları içine girerse, motor yarı açık durumda kalacaktır. Sıcaklık nötr zonun üzerine çıkarsa, R-W kontakları kapanacak ve motor “kapalı” pozisyona doğru hareket edecektir. Eğer motor “kapalı” pozisyona gelmeden sıcaklık nötr zonun sınırları içine girerse, motor yarı kapalı konumda kalacaktır.



Şekil 5.10 İki yönlü yüzer kontrollü motor

6. KONTROL VANALARI

Isıtma ve klima sistemlerinde vana seçiminin önemini belli başlı 4 maddede toplayabiliriz.

1. Isıtma ve klima endüstrisindeki kontrol sistemlerinin %90'ından daha fazlasında herhangi bir vana nihai kontrol elemanı olarak kullanılır. Başka bir deyişle satılan her 100 termostattan, basınç kontrol cihazlarından, kontrol panellerinden vs. yaklaşık 90 adedi buhar ve su vanalarını konumlandırır.

2. Bina endüstrisinin bütün bölümlerinde hassas kontrol talebinin artması, oransal kontrol talebinin artması sonucunu getirmiştir. Oransal bir sistemde randımanlı çalışmayı sağlamak için iyi vana seçimi kesin gereklidir.

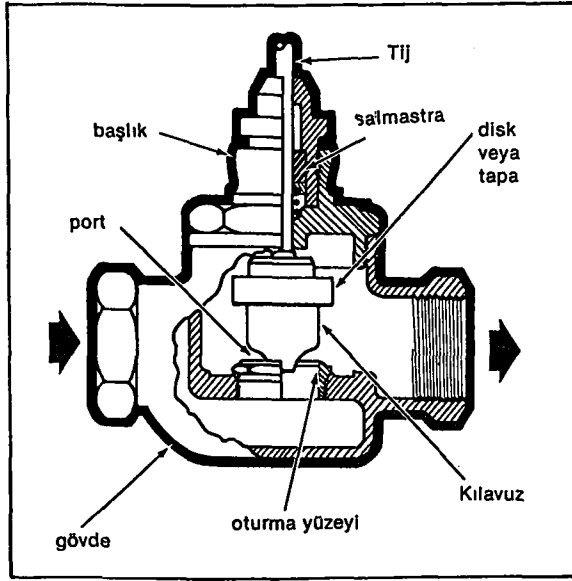
3. İyi vana seçimi neticesinde daha dengeli bir ısıtma ve soğutma ortamı kontrolü ve böyle binada daha dengeli sıcaklık veya diğer kontrol edilen şartlar sağlanır.

4. Doğru bir şekilde boyutlandırılmış vanalar, özellikle oransal sistemlerde yakıt masrafları açısından bakıldığında daha ekonomik bir çalışmayı sağlar. Doğru boyutlandırılmamış bir vana gerekli olduğundan daha fazla açılıp, kapanacağından, doğru seçilmiş bir vana daha uzun bir ömür sağlar.

Otomatik kontrol sistemlerinin nihai kontrol elemanı olan kontrol vanaları madde veya enerji akışını ayarlarlar. Bu ayar işlemi maddenin geçtiği alanın değiştirilmesi sureti ile yapılır. Yani kontrol vanaları, akışkanın bulunduğu hat üzerinde değişken alanlı birer dar geçit meydana getirirler.

6.1. Kontrol Vanası Elemanları

Otomatik kontrol vanası kesiti ve elemanları Şekil 6.1.'de gösterilmiş olup tarifleri aşağıda verilmiştir.



Şekil 6.1 Tipik bir kontrol vanası kesiti

Vana gövdesi: Otomatik kontrol vanasının akışkan ortamını taşıdığı ve geçirdiği parçadır. Prosese bağlı olarak pirinç, pik döküm ve çelik dökümden imal edilir.

Tij: Tahrik ünitesi tarafından hareket ettirilen bir mildir. Vananın açılıp kapanması milin ucundaki disk tarafından ayarlanır.

Salmastra: Vana içinden geçen akışkanın dışarı sızmasını engelleyen ve tijin hareketini kolaylaştırmak için yağlayıcı özelliğe sahip elyaf veya teflondan yapılmış bir elemandır.

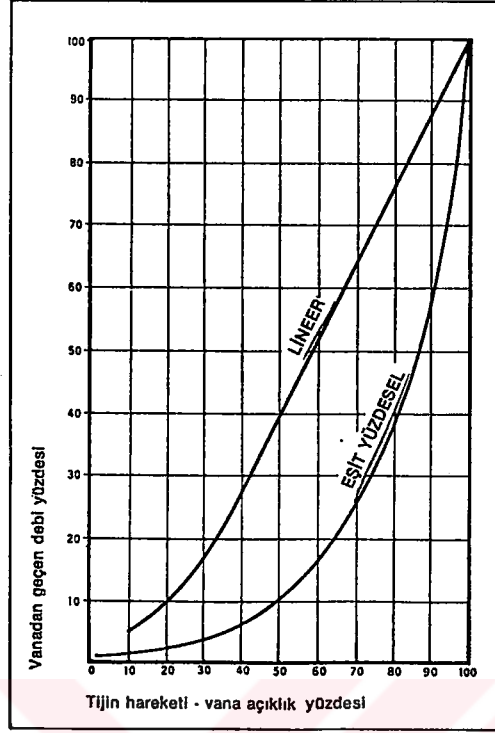
Başlık: Vananın üzerinde bulunan (genellikle gövdeye vida ile bağlanan) ve tahrik ünitesinin bağlandığı elemandır. Genellikle salmastra başlığın bir parçasıdır.

Disk: Vana kapanırken oturma yüzeyi (seat) ile temas eden ve akışı kontrol edebilmek için orifisi değiştiren hareketli parçadır. En çok rastlanan disk türleri kontur, V-yarık ve ani açılan tiplerdir.

Akışı kontrol edebilmek için, kontur diskin uç kısmına özel olarak şekil verilmiştir. Vana terminolojisinde bu disk türüne tapa da denir. V-yarıklı diskin oturma yuvasında aşağı ve yukarı hareket eden silindir şeklinde etek veya kılavuz diye tabir edilen bir parçası vardır. Etek diskin düzgün bir şekilde yuvada hareket etmesini; etekdeki yarıklar ise akış alanını değiştirmeye yarar. Ani açılan disk, diskin oturma yüzeyinden kalktığı an maksimum akış elde edilecek şekilde imal edilmiştir.

6.2. Önemli Vana Karakteristikleri

Herhangi bir uygulamada en doğru vanayı seçmek için, vana akış karakteristiklerinin çok iyi bilinmesi gerekir.



Şekil 6.2. Vana akış karakteristikleri

6.2.1. Vana akış karakteristikleri

Tijin hareket veya kaldırma yüzdesi ile akışkanın debi yüzdesi arasındaki ilişki vana akış karakteristiklerini belirler. En çok kullanılanlar lineer ve eşit yüzdesel vana akış karakteristikleridir. (Şekil 6.2.)

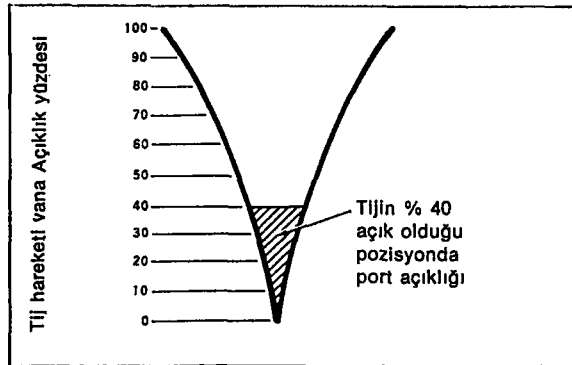
a) Lineer karakteristik

Vananın yüzde kaç açık olduğundan bağımsız olarak, koordinat eksenlerinde akış ve açılma ilişkisinin yaklaşık lineer doğru verdiği, yani eşit açılma miktarlarına karşılık eşit hacim değişikliklerinin sağlandığı vana tipleridir. Başka bir deyiş ile vana açıklık yüzdesi, debi yüzdesine göre lineer bir karakteristik gösterir.

b) Eşit yüzdesel karakteristik

Bu karakteristiği taşıyan vanalarda tijin, strokunun herhangi bir noktasındaki hareketi, mevcut akışın değerinden bağımsız olarak, mevcut akışı eşit (sabit) bir yüzde oranında artırır. Örneğin tijin toplam strokunun %30 kadar açık olduğu durumda 15 litre/dakika akış olsun. Vananın %10 açıldığı düşünülürse akış 21 litre/dakika'ya yükselecektir. Yani mevcut 15 litre/dakika'nın %40'ı kadar ilave edilmiştir. Vana ilave olarak %10 daha açılırsa yani toplam %50 açık duruma gelirse, akış miktarı 29,4 litre olacaktır. Başka bir deyiş ile mevcut 21 litre/dakika'nın %40'ı kadar daha artacaktır. Bu tür vanalar küçük debi kontrollerinde eşit yüzdesellik özelliğini göstermezler.

Bir vanada tijin hareketi ile akış miktarı arasındaki istenen ilişki "port"un ve kılavuz eteğindeki açıklıkların şekillendirilmesi ile mümkün olur. Şekil 6.3.'de "port", tijin hareketinde %10'luk bir değişimin akış miktarında %10'luk bir değişme yaratacak şekilde tasarlanmıştır.



Şekil 6.3 Eşit yüzdesel karakteristikli bir vanada V-port tasarımı

6.3. Otomatik Kontrol Vanası Seçimi

Bir vananın kendisinden beklenen kontrol işlevini yerine getirebilmesi için uygun büyüklükte seçilmiş olması gerekir. Vana küçük seçildiği takdirde, sürecin gerektirdiği maksimum akışı sağlayamaz, tersine büyük seçildiği takdirde ise kapama sınırına yakın bölgede çalışır. Bu durumda vanada meydana gelen yüksek basınç düşümü büyük hızların oluşumuna neden olur. Bu olay vananın tapasında ve yuvasında ince, kıl şeklinde aşınmalar meydana getirir. Zamanla büyüyen bu aşınmalar, vananın sızdırmazlığını tamamen ortadan kaldırır.

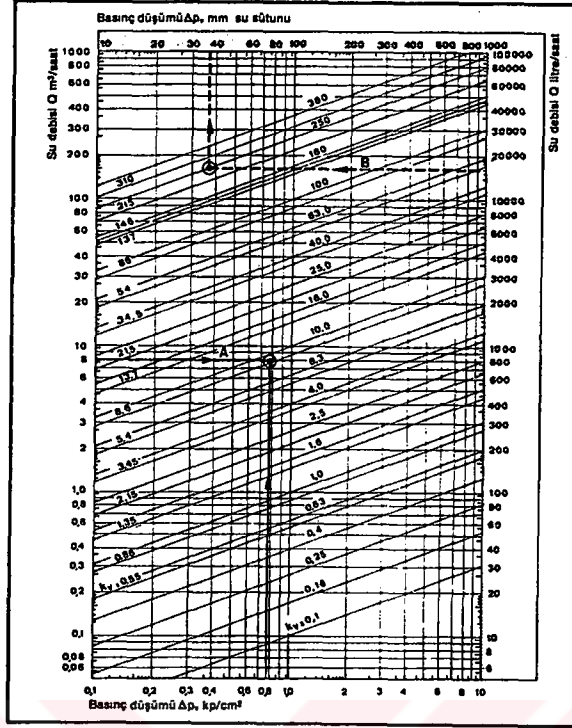
6.3.1. Vana kapasite faktörü

Vana kapasite faktörü “ k_v ”, kontrol vanasının tam açık durumda iken 1 kg/cm^2 ’lik basınç farkı altında ($5\text{-}30^\circ\text{C}$) sıcaklıkta bir saatte geçirdiği su miktarıdır.

Bir vananın k_v değeri belli ve akışkanın özgül ağırlığı ile vanadaki basınç düşümü biliniyorsa, vanadan geçen akış miktarı aşağıdaki formülle bulunur.

$$Q = \frac{k_v}{k} \sqrt{\Delta P_v / \rho} \quad (6.1)$$

Burada Q akış miktarı, k viskoziteye bağlı katsayı (su için: 1), ΔP_v vanadaki basınç düşümü, ρ ise akışkanın özgül ağırlığıdır. Su için kontrol vanası seçimlerinde kolaylık olması için aşağıda verilen Abak 1’den faydalanmak mümkündür. Dikkat edilecek husus, ya sol alt ve alt eksenleri, ya da sağ ve üst eksenleri kullanmaktır. Eksenler karıştırılırsa yanlış sonuç elde edilir. Abak’ın nasıl kullanılacağını gösteren iki örnek aşağıda verilmiştir.

Abak 6.1. Su için k_v değeri hesaplanması

Örnek 1: Abak 6.1'de A doğrusu

Suyun debisi $Q = 8.0 \text{ m}^3/\text{saat}$

Basınç düşümü $\Delta P_v = 0.75 \text{ kp/cm}^2$

* Basınç düşümü kp/cm^2 cinsinden skalandırılmış ekseninde $\Delta P_v = 0.75 \text{ kp/cm}^2$ işaretlenir.

* Bu noktadan dikey bir doğru çizilir.

* Sol taraftaki eksenenden debi miktarı $Q = 8.0 \text{ m}^3/\text{saat}$ bulunur.

* Bu noktadan sağ tarafa yatay bir doğru çizilir.

* Yatay doğru ile dikey doğrunun kesim noktası bize vananın k_v değerini verir (8.6 ile 10.0 arasında).

* Eğer kesişme noktası, üzerlerine k_v değerleri yazılmış doğrularla çakışmazsa bir sonraki yüksek değerli k_v alınır. Aksi takdirde istenen debiye ulaşılamaz.

Örnek 2: Abak 6.1'de B doğrusu

Suyun debisi $Q = 15000 \text{ litre/saat}$

k_v değeri = 250

ΔP_v : ?

* Abak'ın sağ tarafında debi miktarı $Q = 15000 \text{ litre/saat}$ işaretlenir.

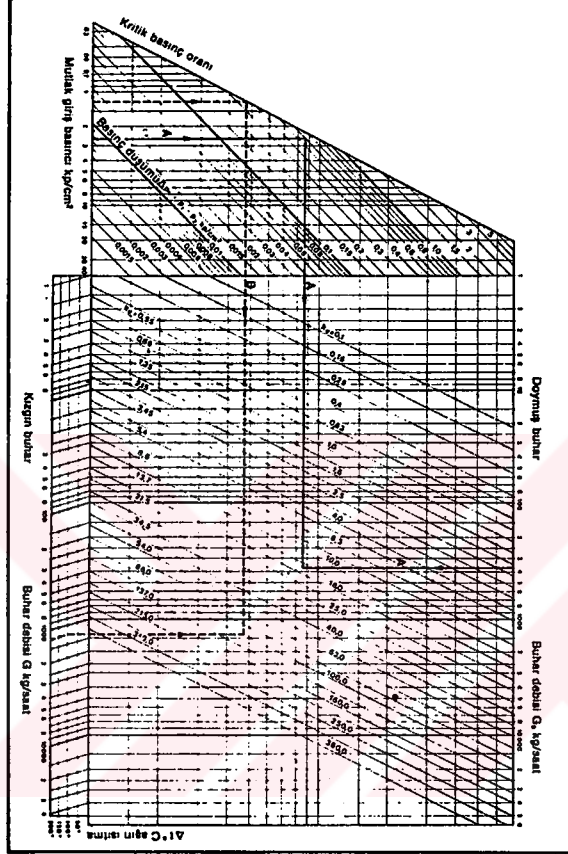
* Bu noktadan k_v değeri = 250 doğrusunu kesene kadar B doğrusu çizilir.

* Bu kesim noktasından dikey olarak basınç düşüm eksenine kadar çıkılır.

* Basınç düşüm eksenini kestiği yer aradığımız değeri verir. Bu da $\Delta P_v = 35$ mm SS dur.

Buhar uygulamalarında, kontrol vanası seçimi Abak 6.2'yi kullanarak yapılır. Bu Abak ve nasıl kullanılacağını gösteren iki örnek aşağıda verilmiştir.

Abak 6.2. Buhar için k_v değeri hesaplanması



Örnek 1: Abak 6.2'de A doğrusu

Doymuş buhar debisi $G_s = 370$ kg/saat

Mutlak giriş basıncı $P_1 = 2.8$ kp/cm²

k_v değeri: ? $\Delta P_v = 0.6$ kp/cm²

* Mutlak giriş basıncı, P_1 değerinden, $P_1 = 2.8$ kp/cm² olarak işaretlenir.

* Bu noktadan dikey olarak $\Delta P_v = 0.6$ kp/cm²'lik basınç düşümü doğrusuna kadar çıkılır.

* Bulunan noktadan A doğrusu yatay olarak sağ tarafa doğru çizilir.

* Doymuş buhar debisi ekseninden $G_s = 370$ kg/saat işaretlenir.

* Bu noktadan düşey olarak bir doğru çizilir.

* Bu düşey doğru ile daha önce çizilen A yatay doğrusunun kesim yeri aranan k_v değerini verir.

* Eğer kesişme noktası, üzerlerine k_v değerleri yazılmış doğrularla çakışmazsa bir sonraki yüksek değerli k_v alınır.

Örnek 2: Abak 6.2'de B doğrusu

Kızgın buhar debisi	$G = 1300 \text{ kg/saat}$
Mutlak giriş basıncı	$P_1 = 1.2 \text{ kp/cm}^2$
Basınç düşüşü	$\Delta P_v = 0.35 \text{ kp/cm}^2$
Aşırı ısıtma derecesi	$t = 100^\circ\text{C}$

k_v değeri: ?

* Mutlak giriş basıncı ekseninden $P_1 = 1.2 \text{ kp/cm}^2$ işaretlenir.

* Bu noktadan dikey olarak $\Delta P_v = 0.35 \text{ kp/cm}^2$ 'lik basınç düşümü doğrusuna kadar çıkılır.

* Bulunan noktadan B doğrusu yatay olarak sağ tarafa doğru çizilir.

* Kızgın buhar debisi ekseninden $G = 1300 \text{ kg/saat}$ işaretlenir.

* Bu noktadan aşırı ısıtma derecesi türevsel $= 100^\circ\text{C}$ 'ye kadar çapraz doğrulara paralel bir doğru çizilir.

* Bu noktadan dikey bir doğru çizilir.

* Eğer kesişme noktası, üzerlerine k_v değerleri yazılmış doğrularla çakışmazsa bir sonraki yüksek değerli k_v alınır. Bu örnekte k_v değeri 100 olarak seçilir.

6.3.2. Maksimum akışkan basıncı ve sıcaklığı

Bu iki faktör vananın maruz kalabileceği maksimum basınç ve sıcaklıklara getirilen sınırlamalardır. Burada etken olan nedenler salmastra, vana gövdesi malzemesi, disk malzemesi ve tahrik ünitesinden gelen sınırlamalardır. Örneğin, vana gövdesi 8.5 kp/cm^2 ve 179°C 'ye dayanıklı bir vanada 7 kp/cm^2 'ye dayanıklı salmastra kullanılabilir. Bu durumda akışkan basıncı 7 kp/cm^2 ile sınırlanmış olur. Eğer akışkan olarak kullanılan buharın sıcaklığı 170°C ise, söz konusu vananın sıcaklığı maksimum 170°C olacaktır. Fakat diskin imal edildiği malzeme 116°C 'ye dayanıklı ise bu durumda sıcaklık sınırlaması 116°C 'ye düşecektir. (Akoğlu, K., 1986)

Nominal gövde basıncı: Bu değer vana gövdesinde yazılı olup basınç yönünden vananın sınıflandırılmasını sağlar. DIN 2401'e göre bazı basınç, sıcaklık değerleri aşağıda Tablo 6.1.'de verilmiştir. Uygun PN değerini seçebilmek için akışkanın hem basınç hem de sıcaklık değeri dikkate alınmalıdır.

Tablo 6.1. DIN 2401'e göre bazı basınç, sıcaklık değerleri

PN sınıfı	120°C sıcaklığa kadar dayanabileceği akışkan sıcaklığı	200°C sıcaklığa kadar dayanabileceği akışkan sıcaklığı	250°C sıcaklığa kadar dayanabileceği akışkan sıcaklığı
6	6	5	4.5
10	10	8	7
16	16	13	11
25	25	20	18

(Şahin, Ş., 1996 Termo Klima Dergisi, 53)

Yine sıvılar için (su, yağ, vs.) vana seçiminde, viskoziteye bağlı olarak k_v değerleri değişim gösterecektir.

$$k_v = k \cdot Q \sqrt{\rho / \Delta p}$$

Tablo 6.2 Viskozite değerlerine göre k katsayısı değerleri

Viskozite		k katsayısı
Engler	SSU	
58	32.6	1.0
97	58.9	1.11
290	186.0	1.30
1400	927.0	1.57

Hesaplamaya gerek kalmaksızın, vana çaplarının aşağıdaki Tablodan seçilmesi de mümkündür. Sıcak, soğuk veya kızgın su uygulamaları için verilen aşağıdaki Tabloda ayrıca Epkon vanaların k_v değerleri de verilmektedir.

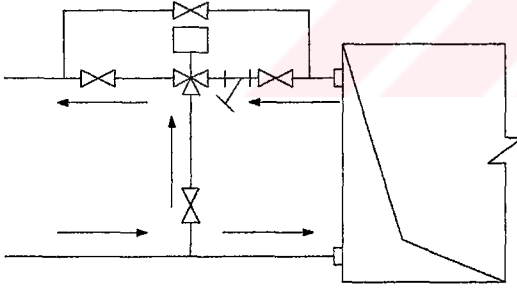
Tablo 6.3 Epkon iki yollu ve üç yollu vana seçim tablosu ve k_v değerleri

Vana Adsal çapı mm	VANA'DAN GEÇEN SU DEBİSİ (m ³ /)																			
	3 YOLLU VANA DEĞERLERİ										2 YOLLU VANA DEĞERLERİ									
	k_v	Basınç kayıpları (mSS)									k_v	Basınç kayıpları (mSS)								
	0.5	1	2	3	4	5	6	7.5	10		0.5	1	2	3	4	5	6	7.5	10	
15	3.7	0.82	1.17	1.65	2.03	2.34	2.6	2.9	3.2	3.7	2.3	0.51	0.73	1.03	1.26	1.45	1.63	1.78	2.0	2.3
20	4.9	1.09	1.55	2.19	2.68	3.1	3.46	3.8	4.24	4.9	5.1	1.14	1.61	2.28	2.8	3.23	3.6	3.95	4.4	5.1
25	7.4	1.65	2.34	3.3	4.0	4.7	5.2	5.7	6.4	7.4	8.6	1.92	2.72	3.89	4.7	5.44	6.1	6.66	7.4	8.6
32	11.1	2.5	3.5	5.0	6.1	7.0	7.9	8.6	9.6	11.1	13.7	3.06	4.33	6.13	7.5	8.7	9.7	10.6	11.9	16.7
40	18.0	4.0	5.7	8.0	9.9	11.4	12.7	13.9	15.6	18.0	17.1	3.82	5.4	7.65	9.4	10.8	12.1	13.2	14.8	17.1
50	30.0	6.7	9.5	13.4	16.4	19.0	21.2	23.2	26.0	30.0	32.5	7.26	10.3	14.5	17.8	20.6	23.0	25.2	28.1	32.5
65	48.3	10.8	16.3	21.6	26.5	30.5	31.4	37.4	41.5	48.0	55.6	12.1	17.6	24.9	30.5	35.2	39.3	43.1	48.1	55.6
80	68.5	15.3	21.7	30.7	37.6	43.4	48.5	53.0	59.4	68.6	80.0	17.9	29.3	35.8	43.8	50.6	56.6	62.0	59.3	80.0
100	134	30.1	42.5	60.1	78.7	85.1	95.1	104	116	134	149	33.1	47.1	66.6	81.6	94.2	105	115	129	149
125	180	40.3	56.9	80.5	98.5	114	127	139	156	180	239	53.4	75.6	107	131	151	169	185	207	238
150	235	52.5	74.3	105	129	149	166	182	204	235	306	68.4	96.8	137	168	194	216	237	265	309

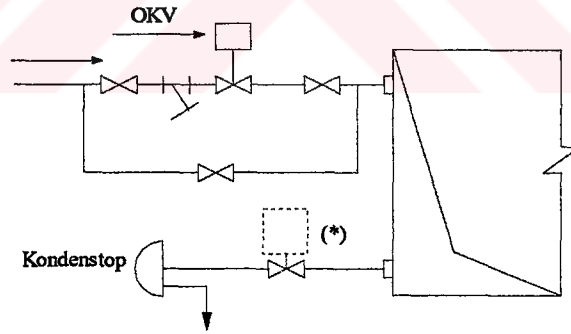
Not : Su için basınç kaybı sistem toplam basıncının %25-40'ı alınmalıdır.

UYGULAMA ÖRNEKLERİ

a) 3 yollu karıştırıcı vana

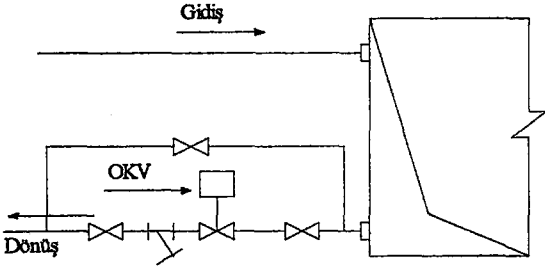


b) Buhar (2 yollu)



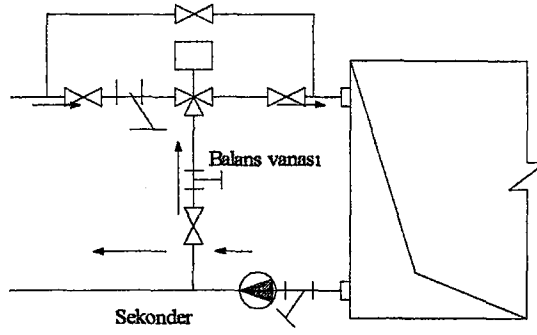
(*) Çok büyük kapasitelerde OKV kondens döndüşüne koyularak vana çapının ekonomik seviyelerde tutulması sağlanabilir.

c) Soğuk, Sıcak ve Kızgın su (2 yollu)



Otomatik kontrol valfinin (OKV) sıcak suda daha düşük sıcaklığa maruz kalması bakımından dönüş hattına konulması tercih edilmektedir. Soğuk su uygulamasında ise yüzey yoğuşumunun (terleme) önlenmesi sağlanır.

d) Sekonder pompa ile sabit serpantin debisi sağlanması



(Alarko, Landis & Gyr Yayınları)

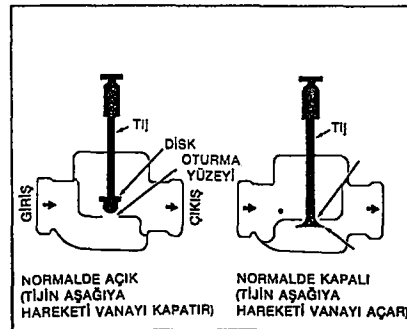
6.3.3. Basınç düşümü

Basınç düşümü, ΔP_v bir vanadan geçen akışkanın giriş ve çıkıştaki basınçları arasındaki farktır. Buhar ve gazlarda vana çıkış basıncı vana giriş basıncının yarısından küçükse veya başka bir deyişle vana basınç düşümü giriş basıncının yarısından büyük ise, vananın en dar akış kesitinde akış ses hızına erişir. Buna kritik akış koşulları denir. Kritik basınç düşümü giriş basıncının yarısı olarak tanımlanır ve Abak 6.2'de eğik çizgi ile gösterilmiştir.

6.4. Konstrüksiyon açısından vana çeşitleri

6.4.1. Tek oturtmalı vanalar

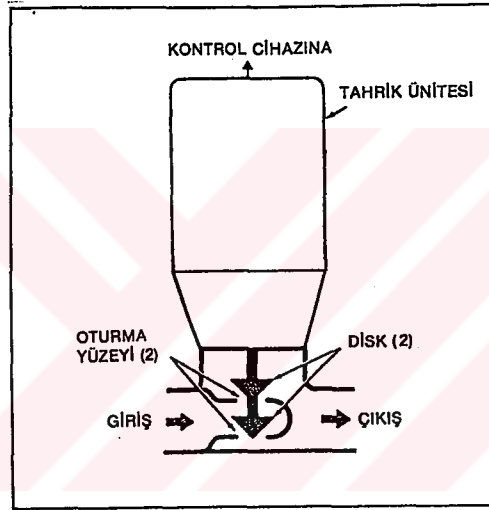
Tek oturtmalı vanalarda bir oturma yüzeyi ve bir tapa bulunmaktadır. Bu tür vanalar daha ucuz ve daha sıkı bir kapama yapmasına karşılık dengesiz bir kuvvet dağılımı neticesi tapa hareketi zorlanır. Bu dengesiz kuvvet, tapanın oturma yüzeyinden ayrılması sırasında oluşan basınç düşüştür. Dolayısıyla bu tür vanaların tahrik üniteleri çift oturtmalı vanaların tahrik ünitelerinden daha güçlü olması gerekir. Tek oturtmalı vanaların kapasite faktörü (k_v) aynı ebattaki çift oturtmalı vanaların k_v değerinden daha küçüktür.



Şekil 6.4. Tek oturtmalı vana

6.4.2. Çift oturtmalı vanalar

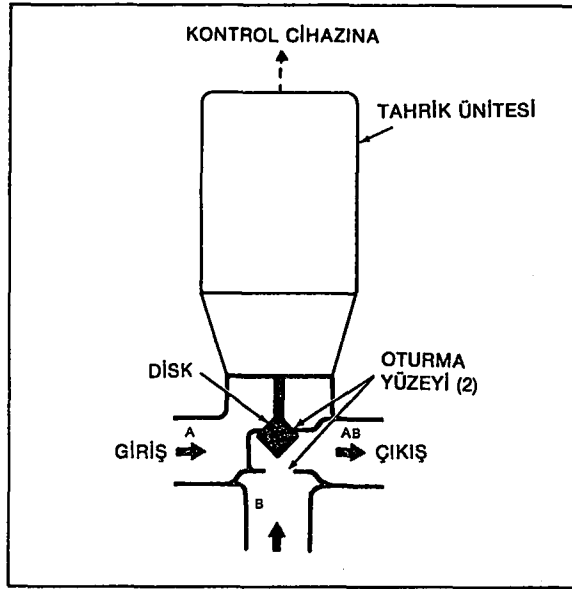
Bu tür vanalarda, 2 adet oturtma yüzeyi ile iki adet tapa; vana tam kapalı durumda iken tiji kapalı ve açık pozisyona doğru zorlayan akışkan basıncı minimum olacak şekilde yerleştirilmişlerdir. Aynı ebatta ve aynı aralığı olan vanalarda, işleme açısından çift oturtmalı vana tek oturtmalı vanadan daha az kuvvet gerektirmektedir. Çift oturtmalı vananın diğer bir avantajı ise belli bir boru çapı için daha büyük aralığı olmasıdır. Bu vanaların dezavantajları ise tam kapama sağlamamasıdır. Bunun sebebi, kontrol edilen akışkandaki sıcaklık değişimlerinin vana gövdesi ve diskte değişik genleşmelere yol açması ve bunun sonucu olarak iki diskin aynı anda oturma yüzeyine oturmamasıdır.



Şekil 6.5. Çift oturtmalı vana

6.4.3. Üç yollu karıştırma vanaları

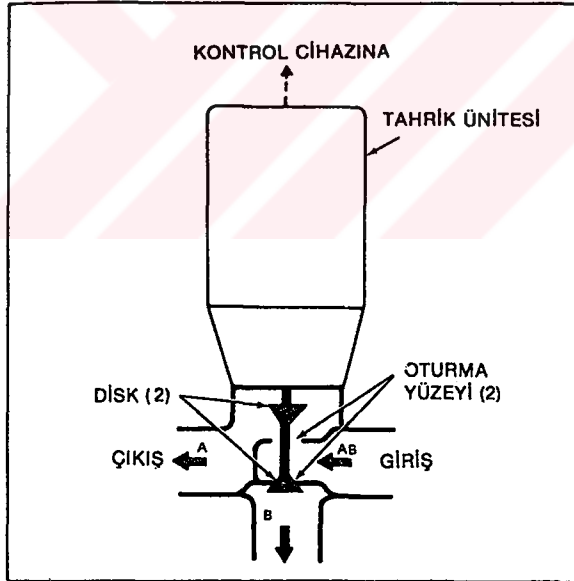
Üç yollu vanalarda, adından da anlaşılacağı gibi, ikisi giriş biri çıkış olmak üzere üç yol bulunmaktadır. Vana tijinin hareketi ile girişlerden geçen akışkanın oranı ayarlanır. Karıştırıcı olarak tasarımı yapılmış vanalar ayrıştırıcı olarak kullanılamaz. Bunun sebebi Şekil 6.6.'da görüleceği gibi 2 oturma yüzeyi ile bir diskin bulunmasıdır.



Şekil 6.6. Üç yollu karıştırıcı vana

6.4.4. Üç yollu ayırıcı vanalar

Karıştırıcı vanaların tersi olarak bir giriş ve iki çıkış yolu vardır. Giriş yolundan gelen akışkanın iki çıkışa dağılma oranı tijin hareketine bağlıdır. Dağıtıcı vanalar nadir olarak karıştırıcı vana uygulamalarında kullanılır. (Eğrikavuk, Ü., 1995, Tesisat Dergisi, 15)

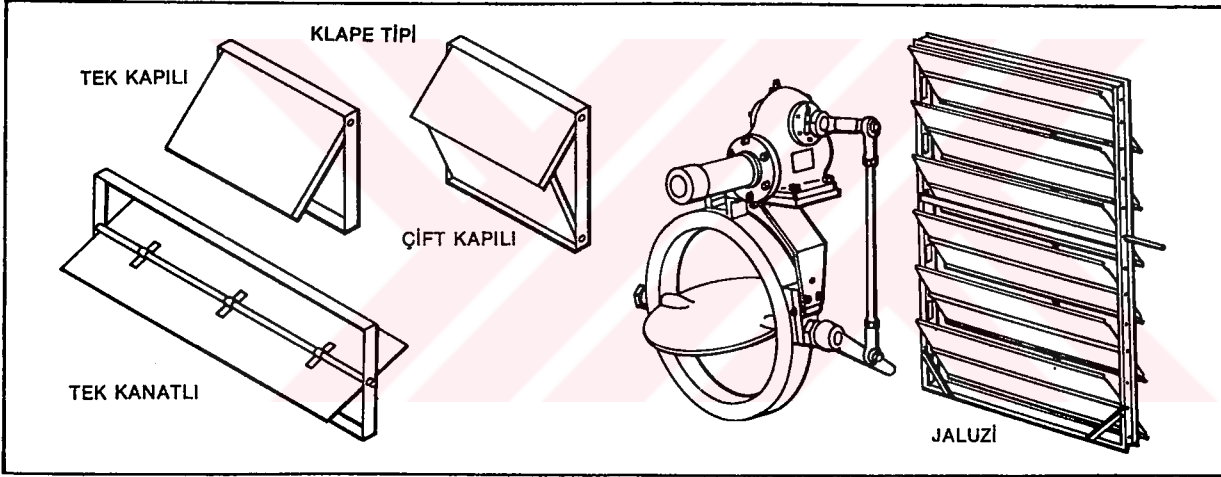


Şekil 6.7. Üç yollu ayırıcı vana

7. DAMPERLER

Isıtma, havalandırma, iklimlendirme sistemlerinde hava akışının kontrolü çok önemli olup bu işlem damperler tarafından sağlanır. Damperler, yuvarlak veya dikdörtgen hava kanallarında çeşitli şekillerde ve büyüklüklerde karıştırma ve ayırıştırma maksadı ile kullanılırlar. En çok kullanıldıkları yer iklimlendirme sistemlerinde dış hava eksoz havasının aynı anda kumandasıdır. Bu durumda iki damper biri açılırken diğeri kapanacak şekilde ayarlanır. Diğer bir uygulama olanı ise brülörlü sistemlerde yanma havasının kontrolüdür.

Damperin bağlandığı tahrik ünitesine bağlı olarak iki konumlu, yüzer veya oransal kontrol yapmak mümkündür. Tek damper motorun gücü yetmediği durumlarda, iki motor paralel olarak damper miline bağlanabilir. Bazı durumlarda, aynı damper motoru ile birden fazla damper kontrol edilebilir.



Şekil 7.1. Çeşitli damper tipleri

7.1. Damper Tipleri

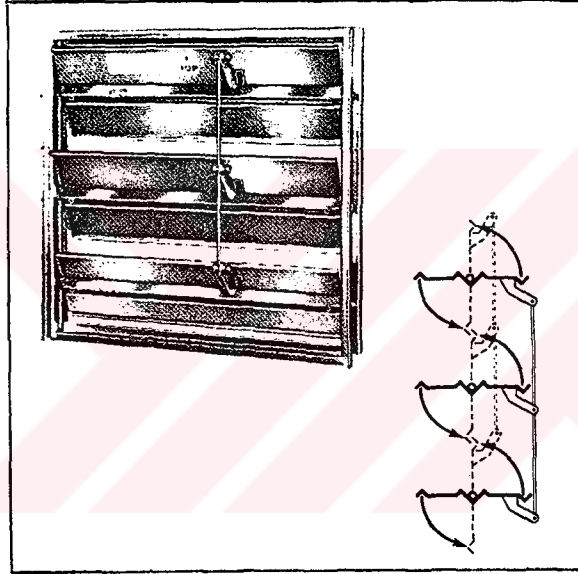
Klape tipi damperler, Şekil 7.1.'de görüldüğü gibi her biri bir kenarından mesnetli ve aynı anda hareket edecek şekilde bağlanmış bir veya iki metal plakadan meydana gelmişlerdir. Tek-kapılı damperler dikdörtgen hava kanallarının birleştiği veya çıkışlarında kullanılan klape damperlerdir. Çalıştırılması oldukça basit olan bu tip damperlerin dezavantajı hava kanallarında düzgün bir akış sağlayamamalarıdır. İki-kapılı damperler ise daha ziyade yatay hava kanallarında kullanılırlar.

Dikdörtgen hava kanallarında kullanılan tek kanatlı damperlerin kanadı merkezden mesnetlidir. Kelebek damperler, tek-kanatlı merkezden mesnetli damperler olup kanatları

disk şeklindedir. Bu tip damperler yuvarlak hava kanallarında kullanılırlar. Louver (jaluzi) tipi damper ise bir seri tek-kanatlı merkezden mesnetli damperlerden meydana gelmiştir. Oldukça hassas hava kontrolü sağlayan bu tip damperler en çok giriş ve eksoz havasının kontrolünde kullanılır. Bu damperlerin hava akış karakteristikleri bir sonraki kısımda verilmiştir.

7.2. Louver Damperler

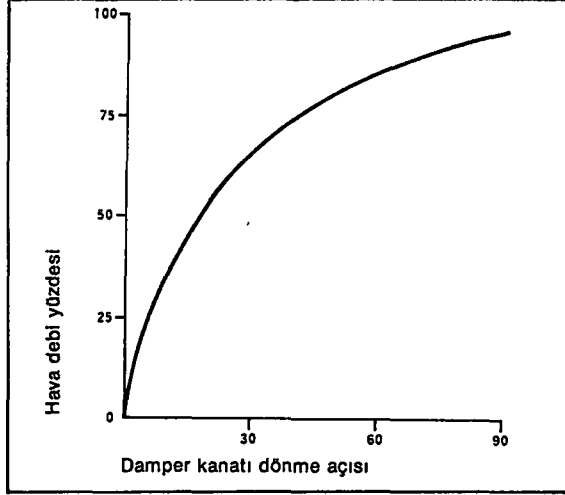
Paralel ve karşı kanatlı olmak üzere iki tip Louver damperi bulunmaktadır. Şekil 7.2.'de gösterilen paralel kanatlı damperde bütün kanatlar aynı yönde dönerler. Daha ziyade havalandırma sistemlerinde kullanılan bu tip damperlerin montajı oldukça kolay olup fiyatları da ucuzdur. Diğer bir avantajları ise çok iyi karışma sağlamalarıdır.



Şekil 7.2. Paralel kanatlı damper

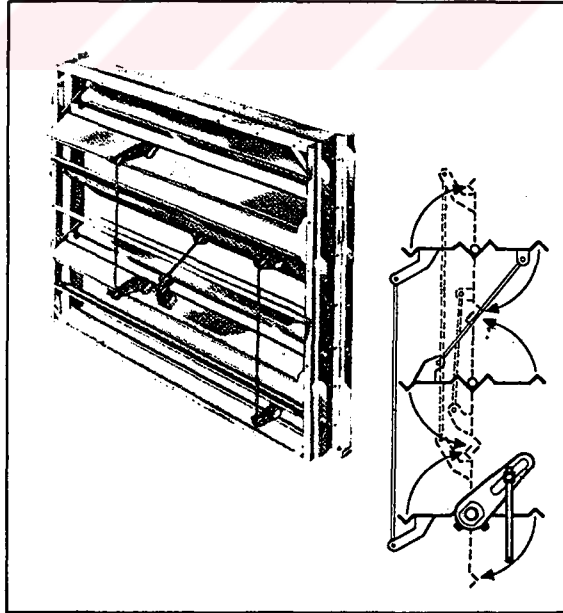
Paralel kanatlı damperlerin hava akış karakteristiği Şekil 7.3.'de görüldüğü gibi lineer olmayıp paraboliktir. Başka bir deyiş ile, damper kanatlarındaki döngüsel değişim hava akışındaki oransal bir değişime tekabül etmemektedir. Damper açılmaya başladığında, kanatlardaki ufak bir döngüsel değişim hava akışında oldukça büyük bir değişim meydana getirir. Bu yüzden paralel kanatlı damperlerin sistemin öngördüğü hava akış şartlarına göre ayarlanması gerekmektedir. (Akoğlu, K., 1986)

Paralel kanatlı damperler daha fazla türbülans yaratırlar ve bundan dolayı daha iyi karışım yaparlar. Karışım havalı uygulamalarda paralel kanatlı damperler kullanılmalıdır.

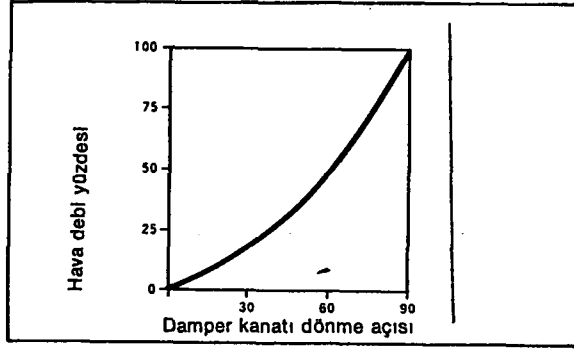


Şekil 7.3. Paralel kanatlı damperin hava akış karakteristiği

Karşı kanatlı damperlerde, Şekil 7.4.'de görüldüğü gibi birbirlerini izleyen damper kanatları ters yönde hareket ederler. Bu damperlerin hava akış karakteristiği lineer karakteristiğe yakın olup daha ziyade eşit yüzdesel özellik gösterirler. Yani, kanatlardaki döngüsel değişimler hava akışında aynı oranda değişimlere tekabül eder. Bu yüzden alçak debili hava akışlarında bu tip damperler ile daha hassas hava kontrolü elde edilir. Fiyat açısından, paralel damperlerden daha pahalıdırlar.



Şekil 7.4. Karşı kanatlı damper



Şekil 7.5. Karşı kanatlı damper karakteristiği

Karşı kanatlı damperlerin hava akış karakteristiği lineer karakteristiğe yakın olduğu için değişken hava debili sistemlerde (zone veya tekli odaların) kontrolünde kullanılır.

7.3. Damper Tahrik Üniteleri

Damperlerin kontrolünde kullanılan damper motorları rahat çalışabildikleri m^2 cinsinden damper alanı ile ifade edilirler. Eğer damper alanı motorun kapasitesinden büyük ise, yapılacak iki şey vardır.

- 1- Daha büyük kapasiteli motor kullanmak.
- 2- Daha küçük alanlı iki damper kullanmak.

İkinci şık seçildiğinde, iki damperin aynı anda hareket etmesini sağlamak yani aralarında herhangi bir faz olmaması gerekir. Bu durumda ikinci motora esir motor denir.

Damper motoru, damper miline direkt olarak bağlanabildiği gibi, bir bağlantı mekanizması ile de damper miline bağlanabilir. Damper bağlantı mekanizması iki krank kolu, bir bağlantı çubuğu ve iki küresel mafsaldan oluşur. Damper bağlantı mekanizması monte edildikten sonra tam kapamayı sağlamak için damper motorunda strok ayarı yapılmalıdır.

%100 taze hava kullanan bir iklimlendirme santralinde, egzost havası damperi ile taze hava damperlerinde iki konumlu damper servomotorları kullanılır. Genelde yay geri dönüşlü olan bu motorlar, iklimlendirme santrali devreye girdiğinde otomatik olarak %100 açık konuma gelirler. Santral kapatıldığında veya herhangi bir sebepten dolayı besleme kesildiğinde ise kurulmuş olan yay mekanizması sayesinde ilk konuma gelir.

Dönüş havasının bir karışım hücresinde taze havayla karıştırıldığı uygulamalarda ise, oransal damper servomotorları kullanılır. Bu servomotorlar, karışım havasının sıcaklığına göre bir kontrol elemanı tarafından %10 ile %100 açık olacak şekilde konumlandırılırlar. Böyle bir sistemde taze havanın tamamen kapatılması istenmez. Çünkü istenen sıcaklık yetersiz bile olsa mahalde belirli bir oranda taze hava olması gerekmektedir.



8. BİNA ISITMA SİSTEMLERİNDE VE HAVALANDIRMA SİSTEMLERİNDE OTOMASYON VE ENERJİ TASARRUFU

8.1. Giriş

Binaların ısıtılmasında en büyük etken şüphesiz dış hava şartlarıdır. Her projede kış değerlerinin ortalaması dikkate alınarak ısı yükleri hesap edildiğinde ısı enerjisi (kontrol edilmiyorsa) dış hava şartları ne olursa olsun her zaman aynı miktarda üretiliyor demektir. Hava koşullarının (güneş, rüzgar, rutubet ve en önemlisi sıcaklık gibi) zamana bağlı olarak değişmesi doğaldır. Proje değerlerine göre üretilen ısı enerjisi hesapların yapıldığı şartların olmadığı durumlarda bina içi sıcaklığını normal değer üzerine çıkarır. Bu artış değeri, konfor şartlarını zorlayana kadar herhangi bir müdahale olmaz. Ancak söz konusu artış, konfor açısından rahatsız edici bir durum ortaya çıkarırsa, bunu ortadan kaldırmak için kapı ve pencereler açılarak ısı enerjisinin fazla gelen miktarı atmosfere atılır. Günlük yaşantımızda bunu her zaman görmekteyiz. Bina içi sıcaklığın konfor şartlarını aşması halinde dışarı atılacak olan bu ısı enerjisi, ısıtma suyu sıcaklığının azaltılması yani daha az bir ısı enerjisi üretmek suretiyle yakıt olarak tasarruf edilebilir. Bunun için de bir sıcaklık kontrolü gerekir.

Çok hacimli binalarda, tüm binanın ısıtılması için bir mahali referans almak ve buna göre kontrol yapmak mahsurludur. Zira tüm binayı temsil eden ortak bir hacim bulmak zordur. Söz konusu hacimde insan sayısının değişmesi, geçici sıcaklık değişmelerine, kapı ve pencerelerin açılması veya o mahalin güneş alması büyük sıcaklık değişmelerine sebep olur. Bu nedenle ısıtma sisteminin projelendirilmesine esas olan değerler dikkate alınarak sıcaklık kontrolü yapmak gerekir. Bu değerler de dış hava sıcaklığı ve ısıtma suyu sıcaklığıdır.

Bina ısıtma sistemlerinde kullanılacak olan ısıtma suyu sıcaklıkları söz konusu yerdeki yıllık dış hava sıcaklık ortalamasına göre belirlenir. Buradan da dış hava sıcaklığı ile ısıtma suyu sıcaklığı arasında bir oran saptanabilir. Böylece her dış hava sıcaklık değerine karşılık olması gereken ısıtma suyu sıcaklığını gösterir cetveller elde edilmiş olur. Dış hava sıcaklığının ölçülmesi, söz konusu cetvelden ısıtma suyu sıcaklığının belirlenmesi ve bu değere göre sistemde sıcaklık ayarının yapılması iyi bir sıcaklık kontrolü olduğu halde ekonomik değildir. Zira bu işlemlerin yapılması için insan gücü gereklidir. Aynı zamanda yapılacak işlemlerdeki ihmaller sistemin devamlılığı açısından da mahsurludur. Tüm mahsurları ortadan kaldırmak

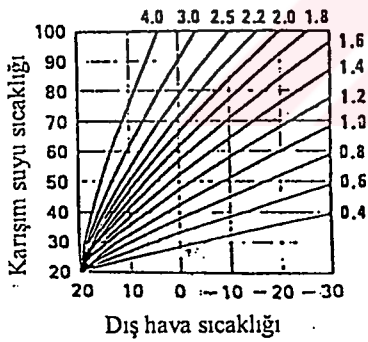
ve ekonomik bir ısıtma yapabilmek için bina ısıtmalarında kullanılmak üzere dış hava kompanzasyonlu olarak adlandırılan sıcaklık kontrol cihazları geliştirilmiştir.

Söz konusu cihazların kullanılması insan gücünün tasarrufu yanında yıllık yakıt tüketiminden de önemli bir tasarruf sağlamaktadır. Zira artık gereğinden fazla ısı enerjisi üretilip fazla olanının kapı veya pencere açmak suretiyle boşa harcanması ortadan kaldırılmıştır. Dış hava sıcaklığının artması bina içi sıcaklığının yükselmesine neden olacaktır. Bu durumda söz konusu cihazlar ısıtma suyu sıcaklığını düşürerek bina içi sıcaklığının yükselmesini önleyecek, böylece düşürülen ısıtma suyu sıcaklığı enerjisi yakıt olarak tasarruf edilecektir.

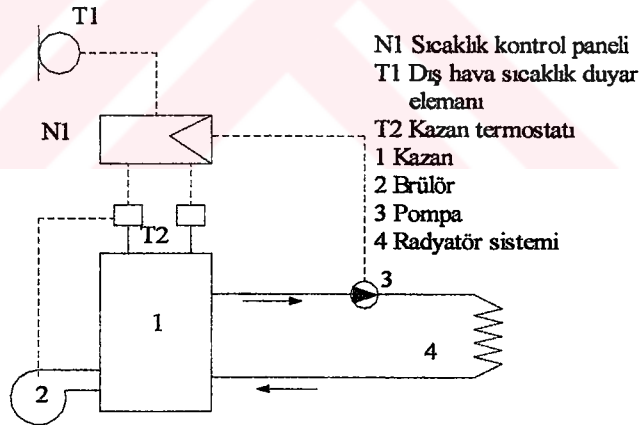
Dış hava sıcaklığının düşmesi halinde ise ısıtma suyu sıcaklığı bina içi sıcaklığının düşmesini önlemek için söz konusu cihazlar tarafından yükseltilecektir. (Petek Tek. Malzeme Ticaret A.Ş. Yayınları)

8.2. Kazan Dairesinde Otomasyon

8.2.1. Karışım vanasız ısıtma sistemi otomasyonu



Şekil 8.1. Kontrol paneli ısıtma eğrisi



Şekil 8.2 Karışım vanasız ısıtma sistemi otomasyonu

Elektronik panel, dış havada ve ısıtma suyunda bulunan sıcaklık duyar elemanlarından uyarım almakta, iklim şartlarına göre seçilmiş bulunan kontrol doğrusuna göre brülörü çalıştırıp durdurmaktadır. Böylece dış hava sıcaklığının değişimine bağlı olarak sisteme gönderilen ısıtma suyu sıcaklığı kontrol edilmektedir. Kontrol türü iki konumludur. Bu sistemde ayrıca sirkülasyon pompasına da kumanda edilir.

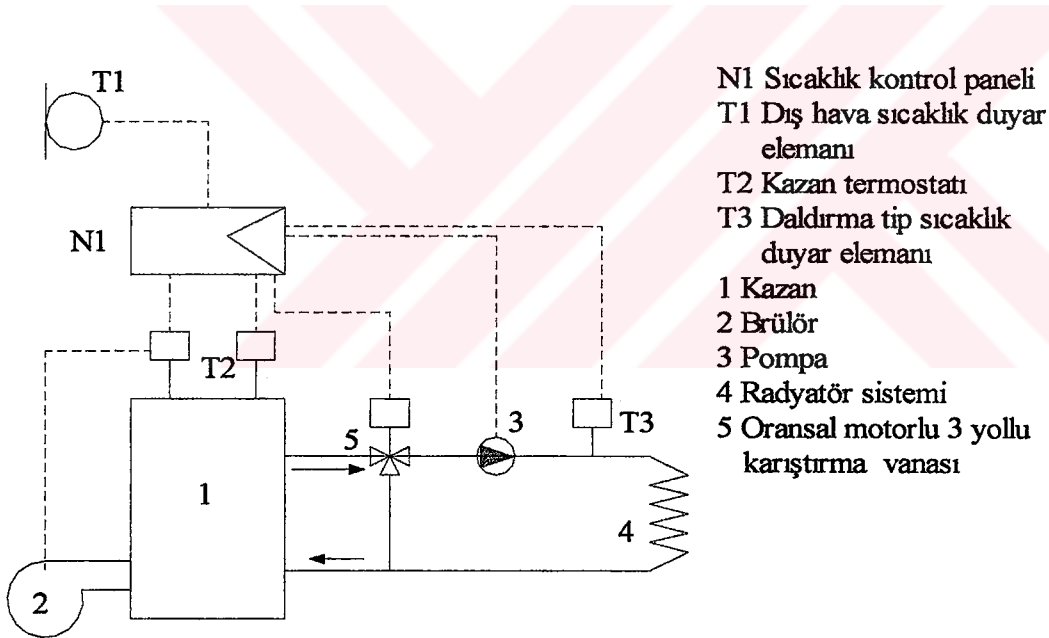
Kazan termostatının emniyet termostadı olarak maksimum sıcaklık değerinde devrede kalmasında yarar vardır.

8.2.2. Karışım vanalı ısıtma sistemi otomasyonu

Uygulama, Şekil 8.3.'de olduğu gibidir. Elektronik panel dış hava, kazan suyu ve sisteme gönderilen karışım suyunda bulunan sıcaklık duyar elemanlarından aldığı uyarımlar ile önceden belirlenmiş olan kontrol doğrusu dahilinde karıştırma vanasını konumlandırır. Böylece dış hava sıcaklığı değişimine bağlı olarak sisteme gönderilen ısıtma suyu sıcaklığı kontrol edilmektedir.

Kontrol türü oransal artı integraldir.

Üretilen sıcak suyun dış havaya bağlı olarak karıştırma vanasıyla birlikte bir oranda dönüş suyu ile karıştırıldıktan sonra ısıtma suyu olarak tesisata gönderilmesi konfor ve tasarruf yönünden en verimli kontrol sistemidir.

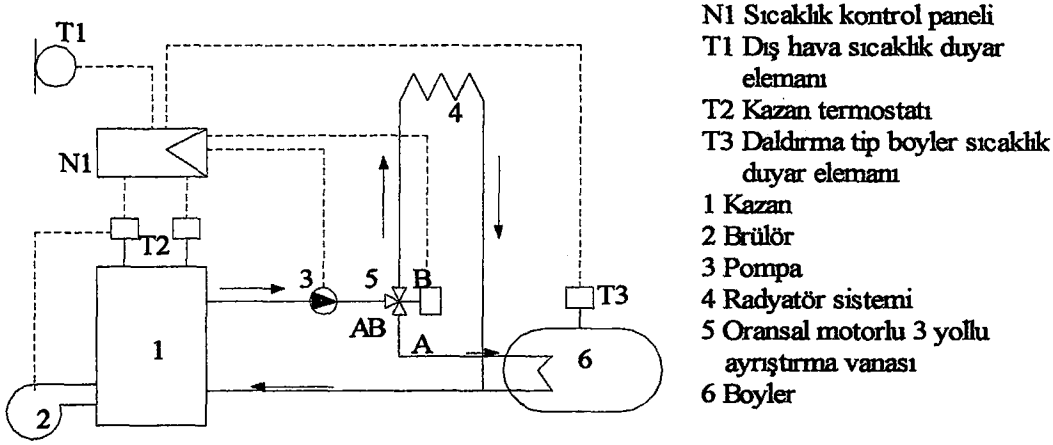


Şekil 8.3. Karışım vanalı ısıtma sistemi otomasyonu

8.2.3. Ayırıştırma vanalı, boylerli ısıtma sistemi otomasyonu

Elektronik panel dış hava, boyler ve kazan suyunda bulunan sıcaklık duyar elemanlardan aldığı uyarımlara önceden belirlenen kontrol doğrusuna göre üç yollu motorlu vanayı konumlandırır. Yalnız bu tür boylerli sistemlerde öncelik boylerdedir. Bu yüzden sadece

boyler içerisindeki su sıcaklığı, istenilen değere ulaştığında, kontrol paneli, üç yollu vana motoruna sinyal göndererek, radyatörlere sıcak su gönderen üç yollu vana ağızını açar.

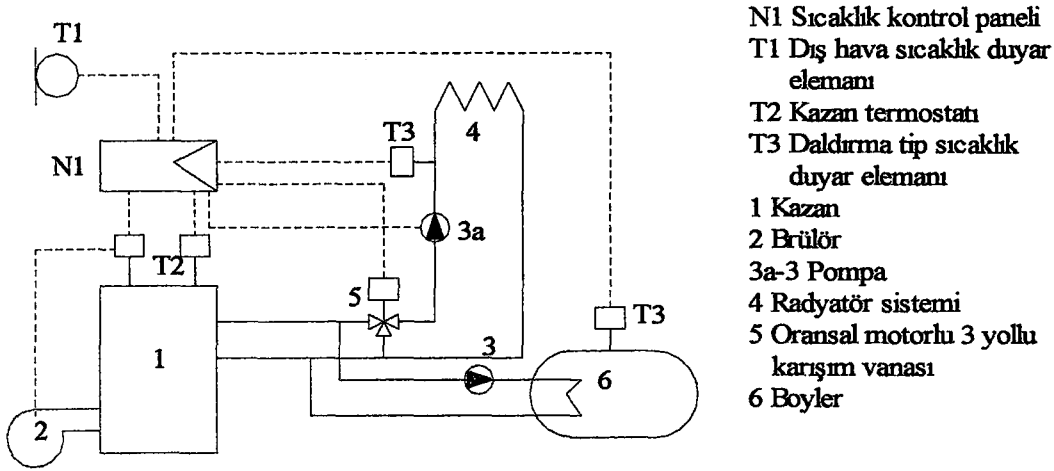


Şekil 8.4. Ayrıştırma vanalı, boylerli ısıtma sistemi otomasyonu

8.2.4. Karışım vanalı, mahal ve boyler ısıtma sistemi otomasyonu

Kazan, hem mahal hem de boyler ısıtılmasında kullanılıyor ve sisteme bir karışım vanası ilave edilmiştir.

Elektronik panel, dış hava, kazan suyu, karışım suyu sıcaklık ve boyler sıcaklık duyar elemanlardan aldığı uyarımlara önceden belirlenen kontrol doğrusuna göre hareket eder. Bu tür sistemlerde boyler daima önceliklidir. Boyler içerisindeki kullanma suyu istenilen sıcaklığa (ayar yapılan değere) gelmeden, kazandan mahale ısıtıcı akışkan gönderilmez 3a pompası çalıştırılmaz; kazan sadece boylere çalışır. Boyler suyu sıcaklık hissedicisinden istenilen değerin elde edildiğini algıladığı anda P1 pompasını çalıştırır ve üç yollu vananın radyatörlere sıcak su gönderen üç yollu vana ağızını açar. Mahal istenilen konfor sıcaklığına getirilir. Konfor sıcaklığındaki değişimlere bağlı olarak, elektronik panel, o an istenilen su sıcaklığına göre karışım miktarını belirler. Burada kontrol paneli dış hava sıcaklığına göre brülörü çalıştırır veya durdur. Eğer ısıtılan mahalın ısıya ihtiyacı yok ise kazanı yalnız boyler için çalıştırır. Boyler de istenilen sıcaklıkta ise kazan durur.

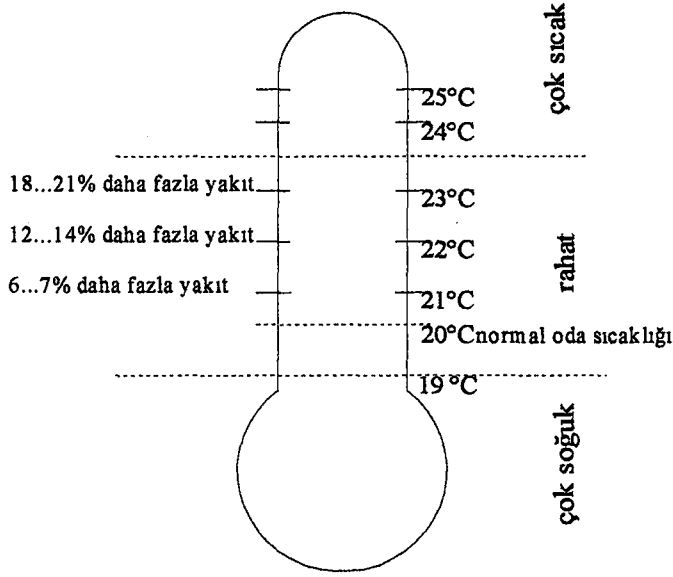


Şekil 8.5. Karışım vanalı, mahal ve boyler ısıtma sistemi otomasyonu

Yukarıdaki uygulamalar sayesinde yıllık yakıt tüketiminden (yapılacak uygulama şekline göre) %10 ile %25 arasında yakıt tasarrufu sağlanmaktadır. Bu da bize ilk kuruluş masraflarının çok kısa zamanda yapılan tasarruf sayesinde karşılanacağını ve ısı tasarrufu önlemleri içinde otomatik kontrolün önemini açıkça göstermektedir. (Petek Tek. Malzeme Ticaret A.Ş. Yayınları)

8.3. Oda Sıcaklığındaki Değişimin, Isıtma Tesislerindeki Fuel-Oil Tüketimi Üzerindeki Etkisi

Pahalı ısıtma enerjisi tasarrufundaki en basit yol, oda sıcaklığını düşürmek ve böylece de ısı enerjisi üretimini azaltmaktır.

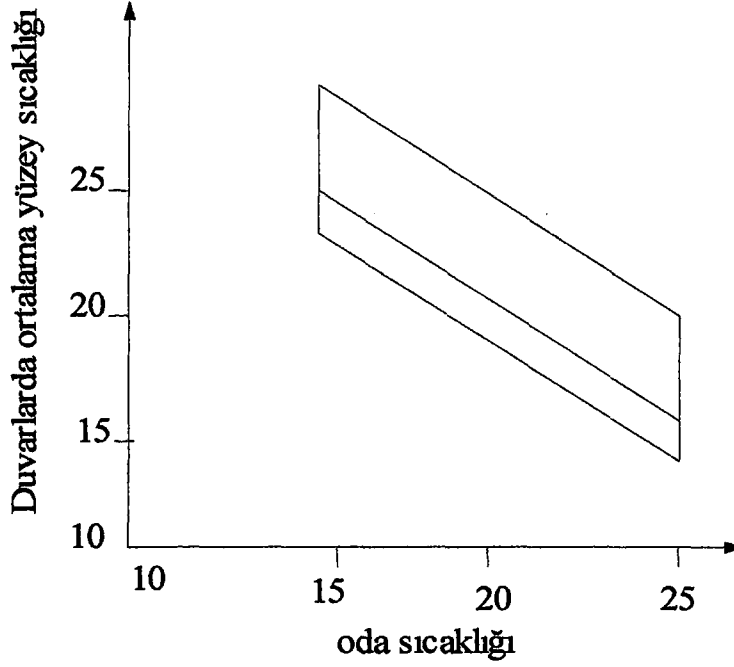


Şekil 8.6. Farklı oda sıcaklıklarında ilave yakıt tüketimi

Kışın pek çok ev, oda ısılarını 25°C 'ye kadar çıkararak gereğinden fazla ısıtma yapmaktadırlar. Bu derecedeki sıcaklık mutlaka belirli bir rahatlık olarak düşünülebilir. Fakat, büyük bir efor sarf etmeden insanın kendisini daha düşük sıcaklığa adapte etmesi de zor değildir ve bu durumda da rahatlık sağlanabilir. Eğer insan oda sıcaklığını düşürerek ne büyük bir ısı tasarrufu yaptığını anlarsa, bu adaptasyon çok daha kolay olacaktır.

Şekil 8.7, sıcaklığın verdiği bu rahatlıktan mahrum kalmadan, oda sıcaklığının ne kadar düşürülebileceğinin boyutlarını göstermektedir. Şekil, oda sıcaklığı ile ortalama duvar yüzey sıcaklığının kesişmesinden meydana gelen konfor alanını göstermektedir.

Odaların ortalama yüzey sıcaklığı, oda zemininin, tavanın, iç ve dış duvarların, pencerelerin, kapıların sıcaklığı ile ısıtma yüzeylerinin ve bu yüzeylerin ebatları ve mobilyalar da düşünülerek hesaplanır. Bugün Orta Avrupa'da inşa edilen evlerde, bu ortalama yüzey sıcaklığı 18°C ile 21°C arasındadır. Daha yüksek dereceler, geniş yüzeyli ısıtma sistemleri için geçerlidir. Radyatörlü ısı sistemleri için ise, radyatörlerin ebatlarına bağlı olarak, ortalama yüzey sıcaklığı $19-20^{\circ}\text{C}$ 'dir.



Şekil 8.7. Konfor bölgesi

8.3.1. Fuel-oil tasarrufunun hesaplanması

a) Problemi basitleştirme;

Genel olarak problemin çözülmesi için aşağıdaki noktaları göz önünde bulundurmakta yarar vardır:

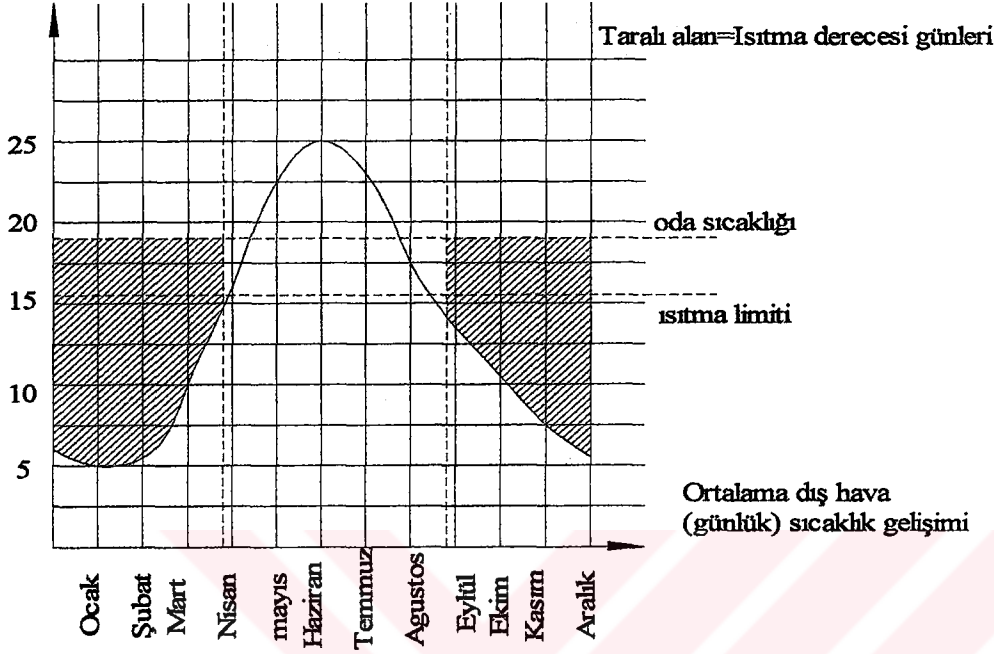
- Hesaplar günlük ortalama hava sıcaklığına dayanılarak yapılacaktır.
- Binanın ısı tutma kapasitesi dikkate alınmamıştır.
- İnsanlardan, makinelerden vs. kaynaklanan ısı kazançları dikkate alınmamıştır.
- Isıtma operasyonu günde 24 saattir.
- Fuel-oil tasarrufu, gece aksamı olmadan, fuel-oil tüketiminin yüzdesiyle verilmiştir.

b) Isıtma günleri ve ısıtma derecesi günleri

Oda sıcaklığı ile günlük ortalama dış hava sıcaklık farkı, istenen sıcaklık şartları altında bir binanın günlük ısı ihtiyacı ölçüsüdür.

Örnek: Dış hava sıcaklığı -3°C , oda sıcaklığı 20°C , o gün için ısı ihtiyacı esası 23°C

Eğer bu sıcaklık farklarını, ısıtma tesislerinin devrede olduğu yılın tüm günlerini göz önüne alarak toplarsak, sonuçta biz bir binanın yıllık ısı ihtiyacı miktarının ölçüsünü temin etmiş oluruz. Bu durum ısıtma derecesi günleri olarak tanımlanır, ve ısıtma tesisinin devrede olduğu gün sayısı da ısıtma günleri olarak ifade edilir. (Şekil 8.8)



Şekil 8.8. İstanbul için ısıtma günleri ve ısıtma derecesi günleri

c) Yakıt tasarrufu: Bir ısıtma sezonu için geçerli olan ortalama sıcaklık farkını (oda sıcaklığı - dış hava sıcaklığı, $t_{oda} - t_{dış}$) temin etmek için ısıtma derecesi günlerini (H_{dg}), ısıtma günlerine (H_g) bölmek gerekmektedir.

$$t_{oda} - t_{dış} = H_{dg} / H_g \quad (8.1)$$

Bu durum şimdi yakıt tasarruf oranının hesaplanmasında da kullanılabilir (T). (Ortalama oda sıcaklığının 1°C azalması durumuna göre).

$$T = \frac{1}{t_{oda} - t_{dış}} \cdot 100 \quad 1^\circ\text{C için yüzde olarak} \quad (8.2)$$

veya, ısıtma günleri veya ısıtma derecesi günleri olarak ifade edilirse;

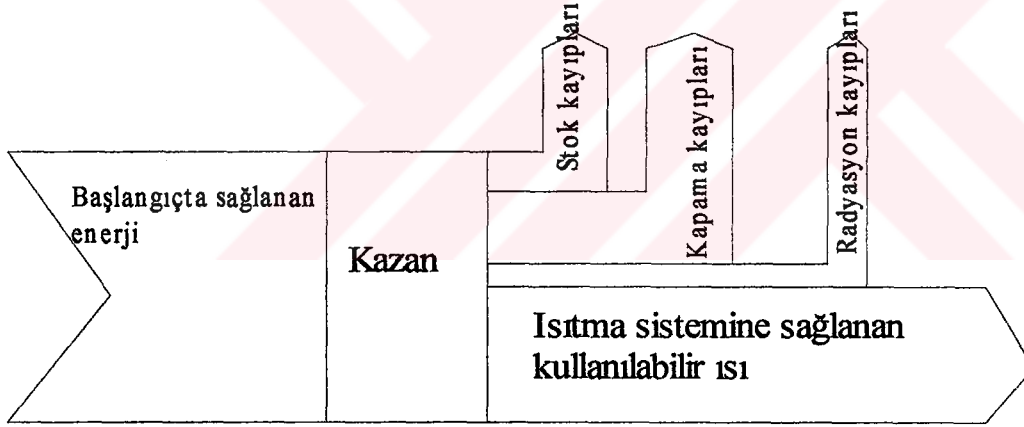
$$T = \frac{H_g}{H_{dg}} \cdot 100 \quad 1^\circ\text{C} \text{ için yüzde olarak} \quad (8.3)$$

	Isıtma Günleri	Isıtma Derecesi Günleri	1°C Oda Sıcaklığına Tekabül Edilen Yakıt Tasarrufu
İstanbul	182	1985	10.9

8.4. Sıcak Su Hazırlama Sistemlerinde Enerji Tasarrufu

Isı üretildiğinde, sistemin yük şartlarına bağlı olarak, başlangıçta elde edilen enerjinin %10 ile %60 arası kaybolmaktadır. Bu enerji üç şekilde israf edilir. (Şekil 8.9)

- Brülör ilk çalışmasında serbest ısı ihtiva eden duman gazları
- Brülörün kapanması sırasında, yanma hücresinin ve egzost (duman) kanallarının soğuması
- Kazan radyasyonu ile



Şekil 8.9. Yarı yükte ısı kayıpları

Daha ileride de anlatılacağı gibi, bu ısıtma kayıpları, uygun değerler alınırsa kayda değer bir şekilde düşme gösterir.

8.4.1. Isıtma yüküne göre kazan suyu sıcaklığı ayarı

Tüm ısıtma sezonunda birçok ısıtma kazanı sabit su sıcaklığında çalıştırılır. Bu su sıcaklığı, birkaç en soğuk kış günlerinde, binanın ihtiyacını karşılayacak şekilde seçilir. Bu demektir ki, tüm ısıtma sezonu boyunca maksimum ısı üretimini sağlamak için hazır olacak ve kazan her zaman en yüksek su sıcaklığını ihtiva edecektir. Bununla birlikte, normal tesislerde bu ne gerekli ne ekonomiktir, yüksek kazan suyu sıcaklıkları kazanda kayda değer ısı kayıplarına

sebebiyet verir. Bu kayıplar, kazan suyu sıcaklığının gerçek ısı ihtiyacını karşılayacak şekilde ayarlanması ile azaltılabilir.

a) Hesaplamalar

Sadeleştirmeler;

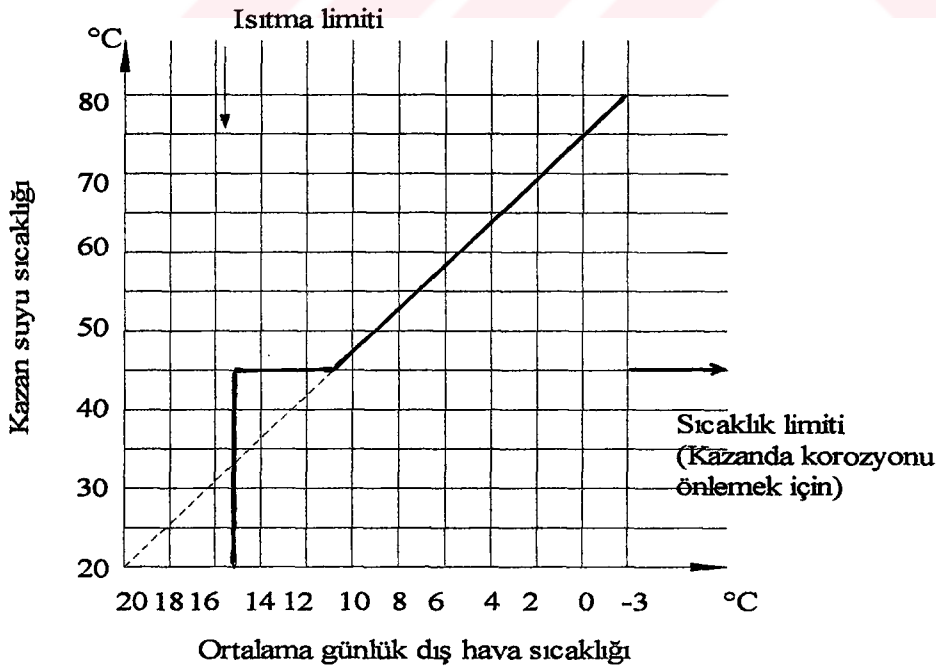
- Hesaplamalar İstanbul iklim koşulları dikkate alınarak yapılmıştır.
- Boyler ısıtması mevcut değildir. Binalara kullanma sıcak suyu sağlanmamıştır.
- Binanın ısı kazançları ve depolama kapasitesi dikkate alınmamıştır.
- Sadece kazanın ısı kayıpları göz önüne alınmıştır. Yanma proseslerindeki mümkün verim değişiklikleri dikkate alınmamıştır.

- Ortalama kazan suyu sıcaklığı maksimum 80°C 'dir.

- Çevre sıcaklığı 25°C 'dir.

b) Kazan ısı kayıplarındaki

Bir binanın ısıtma yükü oda sıcaklığına ve ortalama günlük dış hava sıcaklığına bağlıdır. Eğer oda sıcaklığı sabit tutulmak isteniyorsa, kazan suyu sıcaklığı, dış hava sıcaklığının fonksiyonu olarak verilmelidir. Bu bağlantı aşağıda şekil 8.10.'da görülmektedir. Bu şekilde, basitleştirmek amacıyla dış hava sıcaklığı, ortalama günlük sıcaklıkla eşit kabul edilmiştir. 5°C ve 15°C dış hava sıcaklıkları arasında, kazanda korozyonu önlemek amacıyla kazan suyu sıcaklığı 45°C tutulur. Dış hava sıcaklığı 15°C 'yi (Isıtma limiti) geçtiği anda ısıtma sistemi kapatılır.



Şekil 8.10. Ortalama dış hava sıcaklığının fonksiyonu olarak kazan suyu sıcaklığı

Şekil 8.11.'de, İstanbul günlük dış hava sıcaklığı görülmektedir. Bu şekil bize bir yılda gerekli kazan suyu sıcaklığı yönünü göstermemize olanak sağlayacaktır. Şekilde A alanı değişken kazan suyu sıcaklığına göre kazanın ısı kayıplarını göstermektedir. A ve B taralı alanları birlikte, maksimum kazan suyu sıcaklığında ısı kayıplarının ölçüsüdür.

Değişken kazan suyu sıcaklığı uygulamalarında kazan ısı kayıpları tasarruf hesabı aşağıdaki gibidir.

$$\text{Tasarruf} = \frac{B}{A+B} \cdot 100 = \%40 \quad (8.4)$$

Eğer 80°C su sıcaklığına ait kazan ve 25°C kazan mahal sıcaklığı olan bir durumun ısı kayıpları biliniyorsa, yıllık yakıt tasarruf hesabı aşağıdaki gibidir;

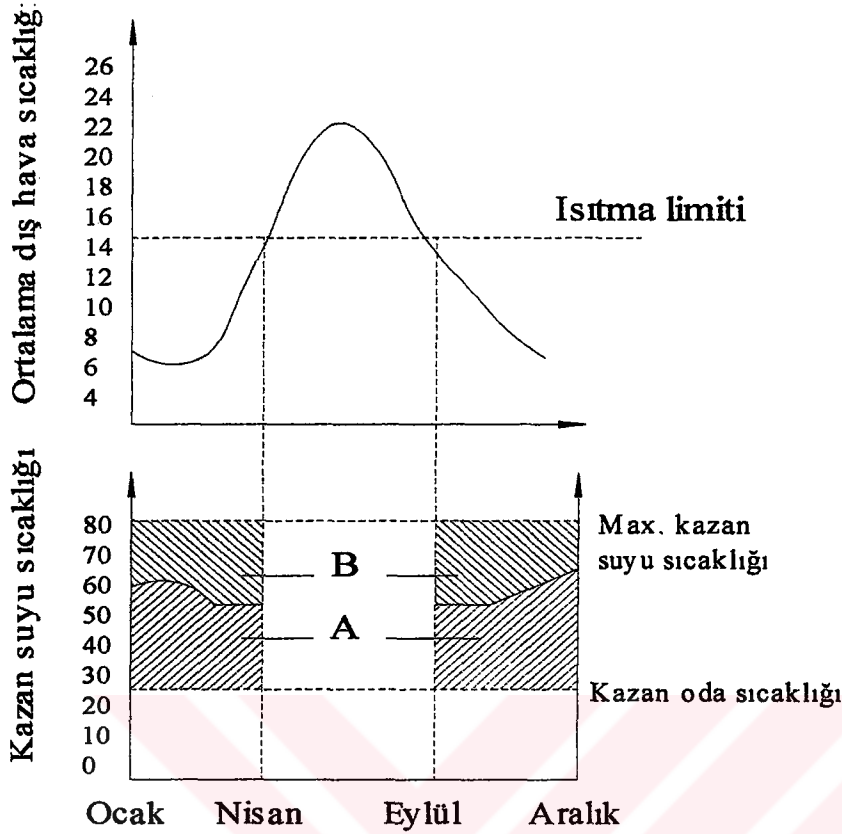
$$T = 0.40 \frac{Q_{kv} \cdot 24}{H_u} \cdot H_g \quad (8.5)$$

T = Değişken kazan suyu sıcaklığında yakıt tasarrufu (kg/yıl)

Q_{kv} = 80°C su sıcaklığında ve 25°C mahal sıcaklığında kazan ısı kayıpları (kcal/h)

H_g = Isıtma günleri sayısı

H_u = Yakıt ısıl değeri (kcal/kg)



Şekil 8.11. Ortalama dış hava sıcaklığının gelişimi ve değişken kazan suyu sıcaklığı (İstanbul için)

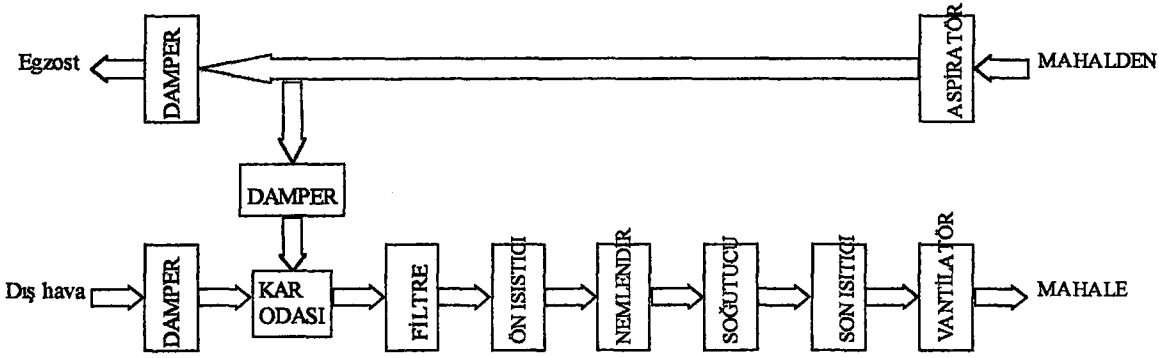
Örnek: 600.000 kcal/h'lik sıcak su kazanı ve %8.5 ısı kaybı söz konusu olduğunda

$$T = 0.40 \times 600\,000 \times 0.085 \times 24 \times 182 / 10\,100 = 8822.5 \text{ kg/yıl}$$

(Alarko, Landis & Gyr Yayınları)

8.5. Elektronik Kontrol Devrelerinin Klima Santrallerine Uygulanması

Klimatize edilmek istenen mahallere gönderilecek havanın söz konusu mahallerde istenilen şartları sağlayabilmesi için önceden bazı işlemlere tabi tutulması, kısacası şartlandırılması gerekmektedir. Bu şartlandırma işlemi klima santrallerinde yapılır. Çeşitli ihtiyaçlara göre dizayn edilen iklimlendirme santrallerinin birbirinden farklı uygulamaları vardır. Bunlar %100 taze havalı, karışım havalı, ön ısıtıcı, nemlendiricili, soğutuculu veya son ısıtıcı gibi çeşitlere ayrılabilir. Bu bölümde, bütün bu özellikleri ihtiva eden bir iklimlendirme santrali ve otomasyonu incelenecektir. Bu bölümleri şematik olarak gösterecek olursak havanın sırasıyla hangi işlemlere tabi tutularak şartlandırıldığını da görebiliriz. (Şekil 8.12)



Şekil 8.12. İklimlendirme santrali bölümleri

Şekil 8.12.'de görülen bölümlerde hangi işlemlerin nasıl yapıldığını bölüm adı altında şöyle özetleyebiliriz.

1- Damperler: Şartlandırılması gereken veya dışarı atılacak hava miktarlarını azaltıp çoğaltmaya yararlar. Klimatize edilecek mahal için gerekli olan toplam hava miktarının belirlenmiş olan dış hava, dönüş havası ve egzost havası oranları damperler vasıtasıyla sağlanır. Dış hava ve egzost havası damperleri paralel çalışırlar. Karışım (dönüş) havası damperi dış hava ve egzost havasına göre ters çalışır.

2- Karışım hücresi: Dış hava ile dönüş havasının karışmasını sağlar. Bu sayede klimatize edilecek mahal için gerekli toplam hava dış havaya göre kışın biraz ısıtılmış, yazın ise soğutulmuş olur. %100 dış hava ile çalışan klima santrallerinde bu bölüm yoktur.

3- Filtre: Havanın klimatize edilecek mahal için zararlı olan toz vs. gibi yabancı maddelerden temizlenmesini sağlar. Çeşitli tipleri vardır.

4- Ön ısıtıcı: Isıtma işleminin ilki burada yapılır. Genellikle ısıtma, nemlendirici çıkışında çığ nokta sıcaklığı sağlanacak şekilde yapılır. Isıtma işlemi, sıcak su, kızgın su veya buharla olabilir.

5- Nemlendirici: Havayı mahaldeki nem oranının istenilen değerde tutulması için gerekli olan değere kadar nemlendirir. Nemlendirme işlemi suyla olduğu gibi buhar ile de olabilir.

6- Soğutucu: Havayı mahal sıcaklığının istenilen değerde tutulması için gerekli olan değere kadar soğutur. Soğutma işlemi soğuk su veya direk expansion adı verilen sistemlerde gaz ile olur.

7- Son ısıtıcı: Havayı mahal sıcaklığının istenilen değerde tutulması için gerekli olan değere kadar ısıtır. Isıtma işlemi sıcak su, kızgın su veya buharla olabilir.

8- Vantilatör: Şartlandırılmış havayı, hava kanalları vasıtasıyla klimatize edilerek mahale gönderir. Bir elektrik motoru ve bu motorun tahrik ettiği fanın meydana gelmiştir.

9- Aspiratör: Mahaldeki hava değişimini sağlamak için mahalden havayı emerek bir kısmını dışarı atarken, bir kısmını da şartlandırılmak üzere yeniden klima santraline gönderir.

İklimlendirme sistemlerinde otomatik kontrol uygulamasının iyi bir şekilde yapılması için söz konusu sisteme ait psikrometrik diyagramdan hareket edilmelidir. Psikrometrik diyagramlardan da rahatça görüleceği gibi iklimlendirme sistemlerinde sabit tutulması gereken değerler vardır. Bunları şöyle sıralayabiliriz:

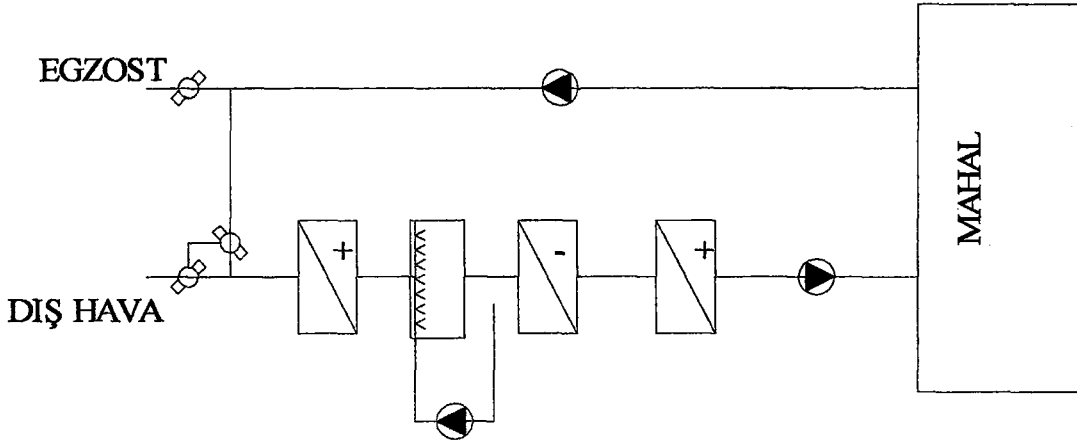
- Karışım havası sıcaklığı
- Çiğ noktası sıcaklığı
- Mahal sıcaklığı
- Mahal nem oranı

Bu dört değer dışında başarılı bir çalışma için şu değerleri de kontrol altında tutmak gereklidir. Bu değerlerin kontrolü yukarıda sözü edilen değerlerin kontrolü içinde olur.

- Üfleme havası sıcaklığı
- Mahal sıcaklığının dış hava ile kompanzasyonu
- Minimum dış hava miktarı
- Donma noktası sıcaklığı

Bu değerlerin bir klima santralinde hangi noktalardan nelere kumanda edilerek sağlandığını inceleyeceğiz.

Tipik bir klima santralini otomatik kontrol prensip şemalarında Şekil 8.13.'de olduğu gibi gösteriyoruz. Tüm uygulamalarda bu prensip şemasından yararlanacağız.

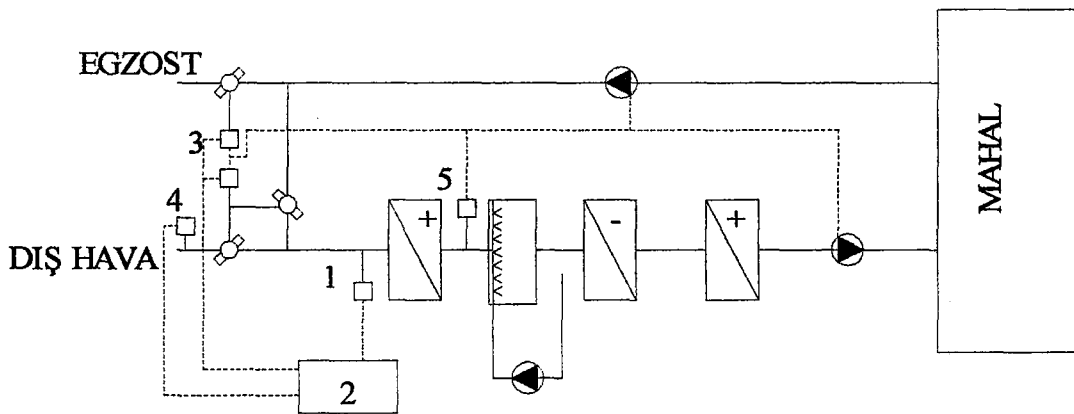


Şekil 8.13. Tipik bir klima santrali

Giriş bölümünde sıraladığımız ve iklimlendirme sistemlerinde sabit tutulması veya kontrol altında tutulması gereken değerleri aynı başlıklar altında inceleyelim.

8.5.1. Karışım havası sıcaklığı, donma noktası ve minimum dış hava miktarı kontrolü

Bu değerler damperlere kumanda edilerek sağlanır. Şekil 8.14.'den de görülebileceği gibi 2 numaralı sıcaklık kontrol paneli 1 numaralı sıcaklık duyar elemanından aldığı uyarımlara göre 3 numaralı damper motorlarını konumlandırarak karışım havası sıcaklığını istenilen değerde tutmaya çalışır. Bu işlem kışın karışım havası sıcaklığının yükselmesinde dış hava damperinin daha fazla açılması, yazın ise tersi dış hava damperinin kapanması şeklinde olur.



Şekil 8.14. Karışım havalı bir iklimlendirme santralinde damper kontrolü

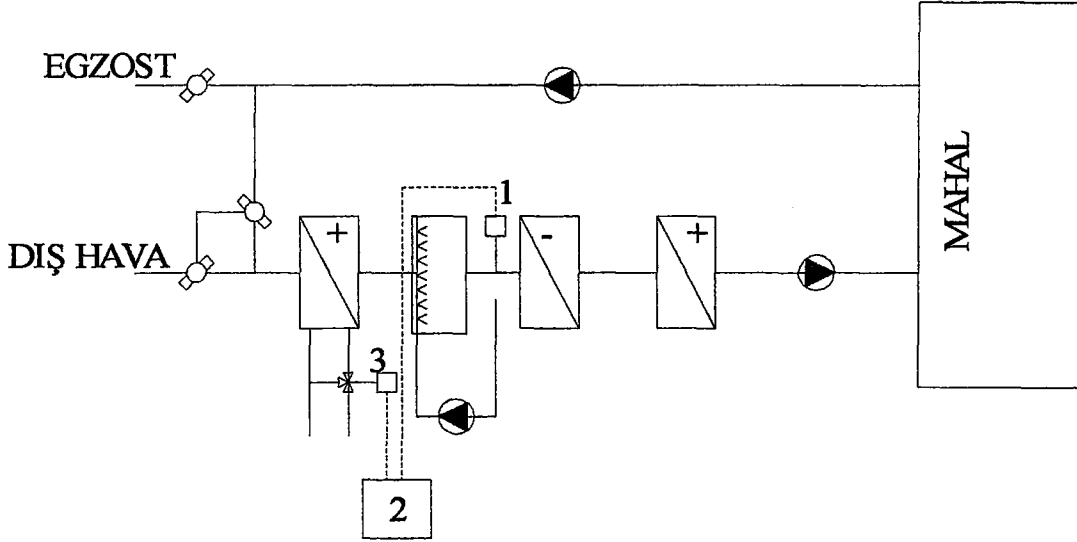
Kontrol elemanında, kış ve yaz ayar değerlerini belirleyen iki adet ayar değeri vardır. Kontrol elemanında hangi ayar değerinin esas alınacağı 1 numaralı sıcaklık ölçüm elemanı ile 4 numaralı sıcaklık ölçüm elemanlarının değerleri karşılaştırılarak belirlenir. 1 numaralı ölçüm elemanının değeri 4 numaralının değerinden büyükse, kış çalışması ayar değeri esas alınır. Tersi durum ise mevsimin yaz olduğunu gösterir ve yaz çalışması ayar değeri esas ayar değeri olarak değerlendirilir.

Damperlerin konumlandırılması her ne kadar karışım havası sıcaklığına bağlı ise de sistemin ihtiyacı olan minimum dış havanın her zaman sisteme alınabilmesi için dış hava damperinin, donma olayı hariç, hiçbir zaman tam kapanmaması gerekir. Bu da kontrol elemanı bünyesinde bulunan bir potansiyometre ile elde edilir. Potansiyometrede ayarlanan limit değere, ki genellikle %10'dur, ulaşıldığında, servomotor damperi kapatamaz.

Ön ısıtıcı çıkışındaki hava sıcaklığının donma noktasına kadar düşmesi halinde (5°C) 5 numaralı donma termostatı vantilatörü ve aspiratörü durdurarak, dış hava ve egzost havası damperlerini kapalı, dönüş havası damperini açık duruma getirir.

8.5.2. Çiğ nokta sıcaklığı kontrolü

Psikrometrik diyagram incelendiğinde, nemlendirme olayı sırasında, nem verilen havanın sıcaklık değerinin düştüğü gözlemlenir. Bunu önlemek için havanın nemlendirmeden önce ısıtılması gerekir. Nemlendirme hücresinden çıkan havanın sıcaklığının kontrolü ile bu sıcaklık düşüm olayı yok edilmiş olur. Şekil 8.15.'de gösterilmiş olan 2 numaralı sıcaklık kontrol paneli 1 numaralı sıcaklık duyar elemanından aldığı uyarımlara göre ön ısıtıcının 3 numaralı motorlu vanasını konumlandırarak çiğ noktası sıcaklığını istenilen değerde tutmaya çalışır.

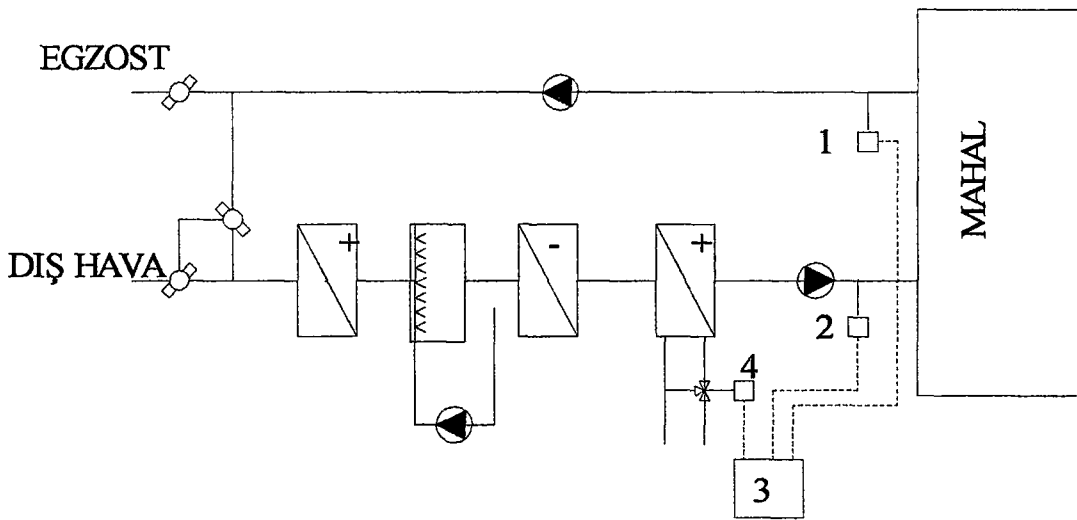


Şekil 8.15. Çiğ noktası sıcaklık kontrolü

8.5.3. Mahal sıcaklığı, üfleme havası sıcaklığı ve mahal sıcaklığının dış hava kompanzasyonu ile kontrolü

Bu değerler, kışın son ısıtıcıya, yazın soğutucuya kumanda edilerek sağlanır. Bu nedenle bu kontrolü kış ve yaz çalışması olarak iki ayrı bölümde incelemek gerekir.

a) Kış çalışması

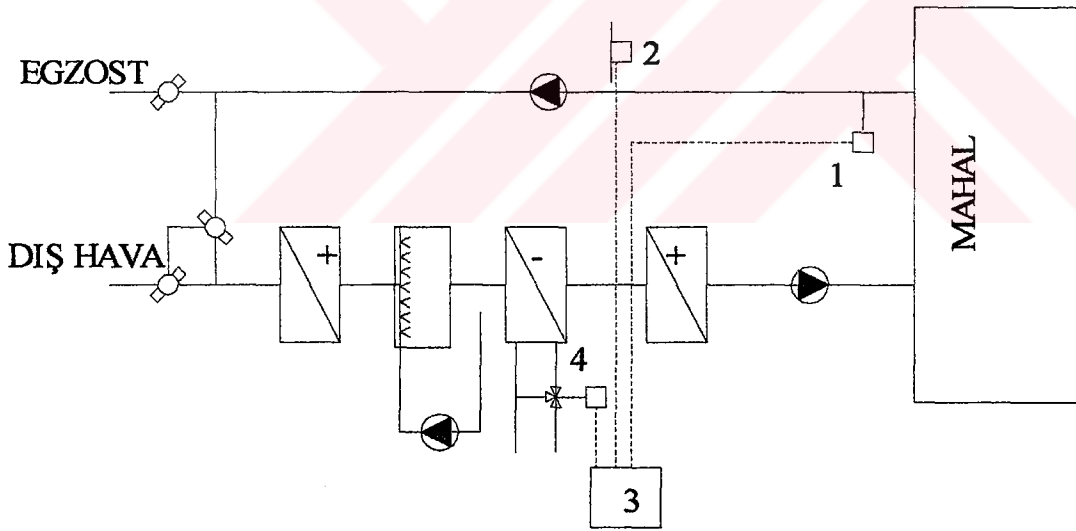


Şekil 8.16. Kış çalışmasında mahal sıcaklığı ve üfleme havası sıcaklığının kontrolü

Kış çalışmasında mahal sıcaklığı ve üfleme havası sıcaklığı son ısıtıcıya kumanda edilerek sağlanır. Şekil 8.16.'dan da görüldüğü gibi 3 numaralı sıcaklık kontrol paneli 1 numaralı sıcaklık duyar elemanından aldığı uyarımlara göre son ısıtıcının 4 numaralı motorlu vanasını konumlandırarak dönüş havası (ki bu da mahal sıcaklığıdır) sıcaklığını istenilen değerde tutmaya çalışır. Şayet dönüş havası kanalı yoksa 1 numaralı sıcaklık duyar elemanı mahale konur.

Mahalde ısı kazancının fazla olması, mahale soğuk hava üflenmesini gerektirir. Üfleme havasının belli bir değer altında olması ve mahale üflenmesi istenmeyen bir durumdur. Bunu önlemek için üfleme havası sıcaklığı alt limit kontrolü yapılır. Üfleme havası sıcaklığı kontrolü son ısıtıcıya kumanda edilerek yapılır. Şekil 8.16.'dan da görüleceği gibi 3 numaralı sıcaklık kontrol paneli 2 numaralı sıcaklık duyar elemanından aldığı sıcaklık değerini üfleme havası limit değeriyle karşılaştırır. Eğer üfleme havasının sıcaklık değeri bu limit değerin altına düşmüş ise kontrol elemanı esas ayar değerini yükseltir. Kontrol elemanı yeni oluşan bu ayar değeriyle 1 numaralı ölçüm elemanının değerini karşılaştırarak çalışmasına devam eder.

b) Yaz çalışması



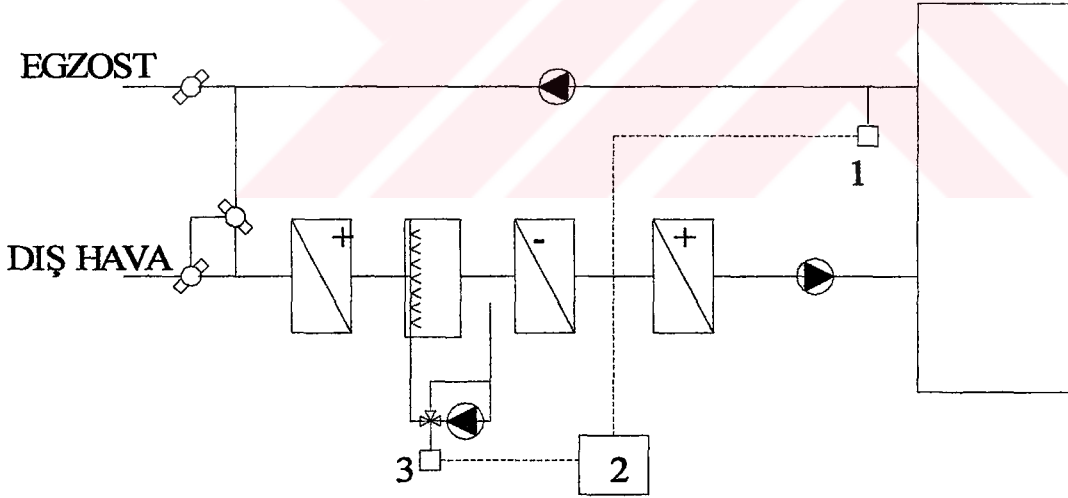
Şekil 8.17. Yaz çalışmasında mahal sıcaklığının kontrolü ve dış hava sıcaklığına göre kompanzasyon

Yaz çalışmasında mahal sıcaklığı ve mahal sıcaklığının dış hava kompanzasyonu soğutucuya kumanda edilerek sağlanır. Şekil 8.17.'den de görüleceği gibi 3 numaralı sıcaklık kontrol paneli 1 numaralı sıcaklık duyar elemanından aldığı uyarımlara göre soğutucunun 4 numaralı

motorlu vanasını konumlandırarak, dönüş havası (ki bu da mahal sıcaklığıdır) sıcaklığını istenen değerde tutmaya çalışır.

Yaz mevsimlerinde bir termal şokun olmaması için, dış hava sıcaklığı ile mahal havası sıcaklık değeri arasındaki fark en fazla 9°C olmalıdır. Bu durumu önlemek için mahal havasının dış hava sıcaklığına göre kompanze edilmesi gerekir. Sisteme ilave edilen 2 numaralı sıcaklık ölçüm elemanı dış hava sıcaklığını kontrol elamanına bildirir. Dış hava sıcaklığı, kritik sıcaklık değerinin altında ise, kontrol elemanı bu sıcaklık değerini önemsemeden mahalın sıcaklığını sadece 1 numaralı ölçüm elemanındaki değişimleri ayar değerine göre kıyaslayarak, kontrol çevrimini sürdürür. Dış hava sıcaklık değeri kritik değere gelince kontrol elemanı mahal sıcaklığı ayar değerini dış hava sıcaklığına paralel olarak yukarı doğru kaydırmaya başlar. Bu durumda ise kontrol vanası, yeni ayar değeri ve 1 numaralı sıcaklık ölçüm elemanının karşılaştırılması sonucu ortaya çıkan hata değerine göre konumlandırılır.

8.5.4. Mahal nem oranı kontrolü



Şekil 8.18. İklimlendirme santralinde mahal nem oranı kontrolü

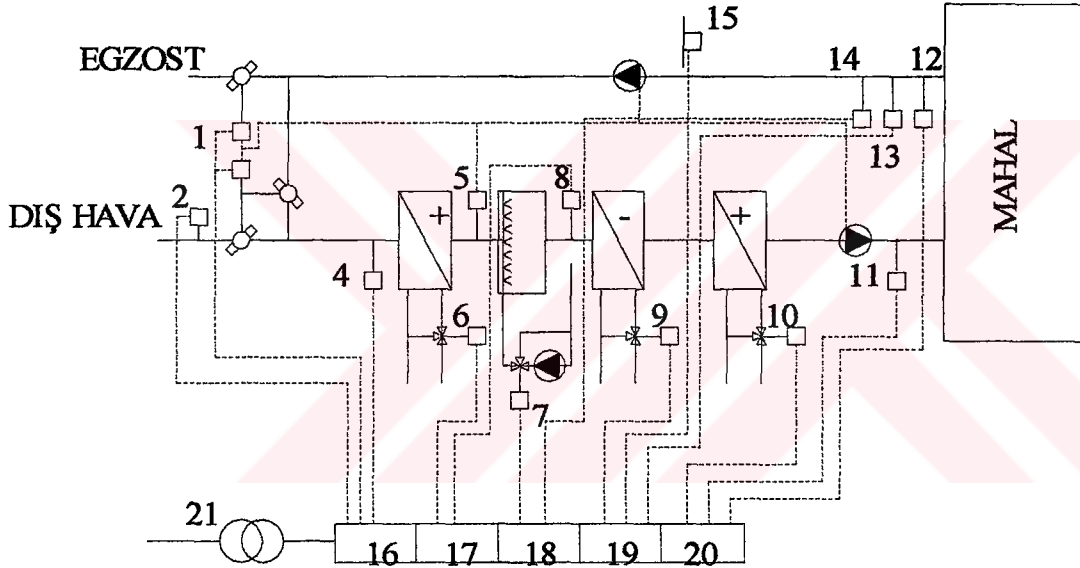
Mahal nem oranı nemlendiriciye kumanda edilerek sağlanır. Şekil 8.18.'den de görüleceği gibi 2 numaralı nem kontrol paneli 1 numaralı nem duyar elemanından aldığı uyarımlara göre nemlendiricinin motorlu vanasını konumlandırarak mahal nem oranını istenilen değerde tutmaya çalışır. Nem kontrolü, burada olduğu gibi nemlendiricinin fiskiyelerinden

püskürtülen su miktarını ayarlamak suretiyle nemlendirici pompasını durdurup, çalıştırarak da gerçekleştirilebilir.

Buraya kadar olan kontrollerin hepsini Şekil 8.13.'deki klima santraline uygularsak, Şekil 8.19'daki otomatik kontrol prensip şemasını elde ederiz. Şekil 8.19'da otomatik kontrol prensip şemasını kısaca özetlemeye çalışırsak üç ayrı çalışma görürüz:

- Yaz-kış ortak çalışma
- Kış çalışması
- Yaz çalışması

Bu çalışma şekillerini kısaca özetleyecek olursak;



Şekil 8.19. İklimlendirme santrali otomatik kontrolü

8.5.5. Yaz-kış ortak çalışması

- 16 numaralı sıcaklık kontrol paneli 4 numaralı sıcaklık duyar elemanından aldığı uyarımlara göre (2 nolu sıcaklık ölçüm elemanının değeriyle karşılaştırarak) 1 numaralı damper motorlarını konumlandırarak karışım havası sıcaklığını istenilen değerde tutmaya çalışır.

- Ön ısıtıcının çıkışındaki hava sıcaklığı donma noktasına düşmesi halinde 5 numaralı donma termostatı vantilatörü ve aspiratörü durdurarak dış hava ve egzost havası damperlerini kapalı, dönüş havası damperini açık hale getirir.

- 18 numaralı nem kontrol paneli, 14 numaralı nem duyar elemanından aldığı uyarımlara göre nemlendiricinin 7 numaralı motorlu vanasını konumlandırarak mahal nem oranını istenilen değerde tutmaya çalışır.
- Dış hava damperi, panel üzerindeki potansiyometrenin belirlediği değerden fazla kapanmaz. Bu değer %50'den fazla olamaz.

8.5.6. Kış çalışması

- 17 numaralı sıcaklık kontrol paneli 8 numaralı sıcaklık duyar elemanından aldığı uyarımlara göre ön ısıtıcının 6 numaralı motorlu vanasını konumlandırarak çığ nokta sıcaklığını istenilen değerde tutmaya çalışır.
- 20 numaralı sıcaklık kontrol paneli 12 numaralı sıcaklık duyar elemanından aldığı uyarımlara göre son ısıtıcının 10 numaralı motorlu vanasını konumlandırarak mahal sıcaklığını istenilen değerde tutmaya yarar.
- Üfleme havası sıcaklığının belirlenen değer altına düşmesi halinde 20 numaralı sıcaklık kontrol paneli, 11 numaralı sıcaklık duyar elemanından aldığı uyarımlara göre son ısıtıcının 10 numaralı motorlu vanasını hesapladığı yeni ayar değerine göre açma yönünde konumlandırır.

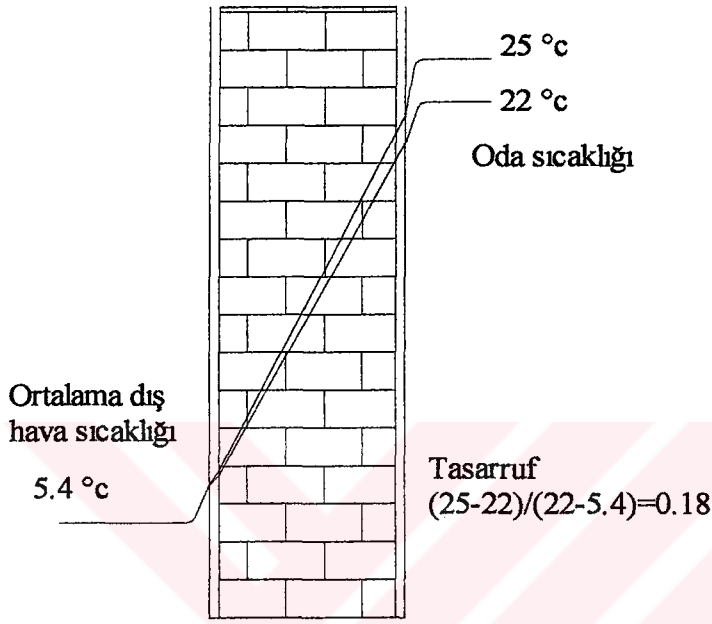
8.5.7. Yaz çalışması

- 19 numaralı sıcaklık kontrol paneli 13 numaralı sıcaklık duyar elemanından aldığı uyarımlara göre soğutucunun 9 numaralı motorlu vanasını konumlandırarak mahal sıcaklığını istenilen değerde tutmaya çalışır.
- Mahal sıcaklığının belirlenen değer üzerine çıkması halinde 19 numaralı sıcaklık kontrol paneli 15 numaralı sıcaklık duyar elemanından aldığı uyarımlara göre mahal sıcaklığını dış hava sıcaklığına bağlı olarak kompanze edecek şekilde soğutucunun 9 numaralı motorlu vanasını konumlandırır. (Petek Tek. Malzeme Ticaret A.Ş. Yayınları)

8.6. Havalandırma ve Hava Şartlandırma Tesislerindeki Enerji Tasarrufu Kontrol Devreleri Üzerine Genel Bilgiler

Havalandırma ve hava şartlandırma tesislerindeki enerji tüketimi, ısıtma tesislerindeki genelleştirilebilir. Bunun iki sebebi vardır. İlki bir ısı iletim aracı olan havanın, suyun sahip olduğu istenilen özelliklere sahip olamamasıdır. İkincisi ise gerekli ve istenilen oda

Enerji tasarrufu söz konusu olduğunda, bu ölçüm artı bir avantaj sağlar. Kışın, eğer ısı ihtiyacının bir bölümü temel yük ısı sistemleri (radyatör) ile karşılanıyorsa, daha yüksek ortalama radyasyon sıcaklığının bir sonucu olarak, konfordan vazgeçmeden oda sıcaklığı düşürülebilir. Buna karşıt olarak, tamamen ısı iletim aracı olarak havaya havalandırma ve hava şartlandırma tesislerinde, daha soğuk radyasyon yüzeylerinin kompanzasyonu için oda sıcaklığı arttırılmalıdır. Nitekim, yüksek duvar yüzey sıcaklığı, yüksek iletim kayıplarına neden olur.



Şekil 8.20. Duvardan ısı iletimi

Temel yük ısıtması, nemlendirme açısından küçük bir avantaj da sağlar. Düşük oda sıcaklığına bağlı olarak, bağıl nem oranı aynı kalırken, mutlak nem oranı düşer ki, bu da gerekli nemlendirme enerjisinin azalmasına neden olur.

Tasarrufu yapılan enerjinin, temel yük ısıtması ile havalandırma ve hava şartlandırma sistemleri arasında yeniden ziyan olmaması için, her iki sistemdeki enerjinin kontrol edilmesi gereklidir. Eğer bu yapılmaz ise, temel yük ısıtması ile fazla ısı sağlanan odanın, havalandırma sistemiyle bu ısının atılması sonucunun oluşma riski vardır.

Temel yük ısıtma için dış havaya dayalı kompanzatör kullanmak tavsiye edilir ki, bunun nedeni temel yük amacının dış sıcaklığa bağlı parametreler olan ısı geçişini ve duvar veya pencere sıcaklığını kompanze etmesidir. Havalandırma veya hava şartlandırma sistemleri, oda sıcaklığını referans değer olarak kabul eder ve böylece de insan veya aydınlatma gibi yerel ısı kazançlarından meydana gelen değişimlerin çabucak kompanze edilmesini sağlar.

Pratikte, temel yük ısıtma sisteminin boyutlandırılması şu şekildedir: Minimum dış hava sıcaklığında, oda sıcaklığı 14-15°C'de tutulur. 20-22°C'lik normal oda sıcaklığına ulaşmak için de lokal ısı kazançları veya havalandırma veya hava şartlandırma sistemleriyle ek ısı sağlanır.

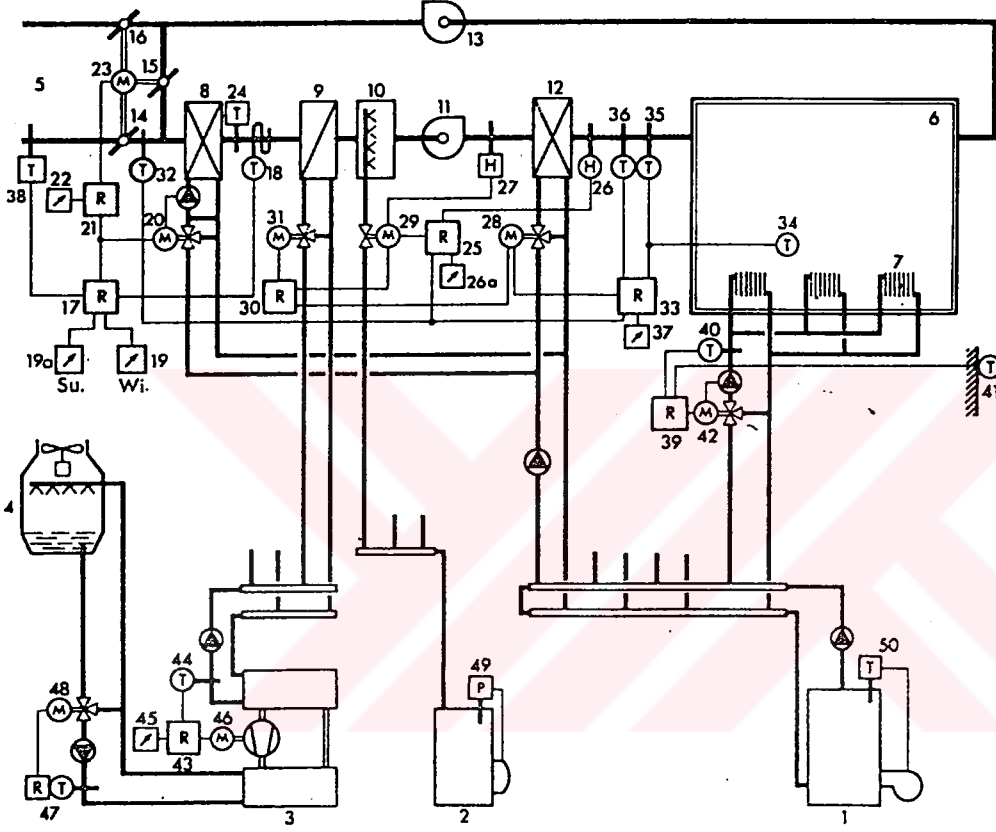
Şekil 8.21, temel yük ısıtma sistemi ile birlikte çalışan hava şartlandırma sistemini göstermektedir. Şekil aşağıda açıklanan kontrol devrelerini içermektedir:

- Ön ısıtıcının, ardışıl çalışan karışım havası damperlerinin (14,15,16), yaz ve kış operasyonları (22°C ve 16°C) için farklı set değerleri ile sıcaklık kontrolü (17)
- Nemlendirici (10) ve soğutucu bataryanın (9) ardışıl operasyonu ile sabit/değişken ayar değerleri ile üfleme havasının mutlak nem kontrolü (25)
- Son ısıtıcı (12) ve soğutucu bataryanın (9) ardışıl operasyonu ile sabit/değişken ayar değeri ile oda sıcaklığının kaskad kontrolü (33)
- Dış hava sıcaklığına dayalı kompanzatör (39) ile temel yük ısıtma sistemi (7)
- Soğutulmuş su sıcaklık kontrolü (43)
- Soğutma dönüş suyu sıcaklık kontrolü (47)
- Elektrikli buhar jeneratörü (2) basınç kontrolü (49)
- Kazan (1) sıcaklık kontrolü (50)

Oda havasının doğru kontrolü ve taze hava miktarının fazla olmasından dolayı, iki adet ısıtıcı bataryaya ihtiyaç duyulmuştur. %50 oranındaki fazla dış hava miktarından dolayı, dönüş havasının, -15°C'nin altındaki taze hava ile karışımı sonrasında donma kontrolü temin

edilemez. Bu yüzden bir ön ısıtıcıya ihtiyaç duyulmuştur. Son ısıtıcı yardımıyla, oda sıcaklık kontrol cihazı, oda sıcaklığını arzulanan değerde tutar.

Kışın, ön kontrol, üfleme havası sıcaklığını 16°C 'de muhafaza eder, ve yazın, dış hava sıcaklığı, dönüş havası sıcaklığını aştığı anda, dış hava ve egzost hava damperleri minimum pozisyonlarına set edilirler.



Şekil 8.21. Temel yük ısıtma ile hava şartlandırma tesisi

- | | |
|--------------------------------|---|
| 1. Kazan | 26. Mutlak nem dedektörü |
| 2. Elektrikli buhar jeneratörü | 26. a. Nem içi uzaktan kumanda cihazı |
| 3. Soğutma cihazı | 27. Maksimum nem limitleme dedektörü |
| 4. Soğutma kulesi | 28. Son ısıtıcı vanası+servomotor |
| 5. Hava şartlandırma ünitesi | 29. Nemlendirme vanası+servomotor (YGD'li) |
| 6. Havası şartlandırılan mahal | 30. Öncelik rölesi (düzenleyicisi) |
| 7. Temel yük ısıtması | 31. Soğutma vanası+servomotor |
| 8. Ön ısıtıcı | 32. Dış hava sıcaklık kompanzatörü |
| 9. Soğutma bataryası | 33. Oda sıcaklık kontrol cihazı |
| 10. Buharlı nemlendirici | 34. Oda sıcaklık dedektörü |
| 11. Vantilatör | 35. Üfleme havası sıcaklık kaskad dedektörü |
| 12. Son ısıtıcı | 36. Üfleme havası alt limitleme sensörü |
| 13. Aspiratör | 37. Oda sıcaklığı için uzaktan kumanda cihazı |

- | | |
|--|---|
| 14. Dış hava damperi | 38. Yaz/kış anahtarlı termostat |
| 15. Karışım havası damperi | 39. Dış hava sıcaklığına dayalı kompanzatör |
| 16. Egzost hava damperi | 40. Tesisat suyu sıcaklık ölçüm dedektörü |
| 17. Ön ısıtıcı ve karışım havası sıcaklık kontrol cihazı | 41. Dış hava dedektörü |
| 18. Sıcaklık dedektörü | 42. Isıtma vanası+servomotor |
| 19. Kış operasyonu için uzaktan kumanda cihazı | 43. Soğutulmuş su sıcaklık kontrol cihazı |
| 19.a. Yaz operasyonu için uzaktan kumanda cihazı | 44. Tesisat suyu sıcaklık ölçüm dedektörü |
| 20. Ön ısıtıcı vanası+servomotor | 45. Soğutulmuş su için uzaktan kumanda cihazı |
| 21. Hava damperi kontrol cihazı | 46. Kademe kontrol cihazı |
| 22. Min. damper pozisyon potansiyometresi | 47. Soğutma suyu sıcaklık kontrol cihazı |
| 23. Damper motoru | 48. Ayırıştırıcı vana+servomotor |
| 24. Donma termostadı | 49. Buhar basınç kontrol cihazı |
| 25. Nem kontrol cihazı | 50. Kazan termostadı |

8.6.1. Dış hava miktarını azaltarak enerji tasarrufu

Birçok hava şartlandırma ünitesi, genel şartnamelerde saptanan değerler doğrultusunda hesaplanan dış hava miktarlarına göre faaliyet gösterir. Bu değerler bazen istenen minimum miktarı aşar. Bu demektir ki dış hava miktarı kontrol edilerek azaltılabilir.

Bu azalma yolu ile elde edilen minimum enerji tasarrufu aşağıdaki gibi hesaplanır.

Hesaplamalar:

a) Problemi basitleştirme;

- Bu hesaplamalar minimum enerji ile “ideal” bir hava şartlandırma ünitesinin havayı iyileştirme prosesini gerçekleştirecek koşulda olduğu düşünülmüştür.

- Binada kışın sıcaklık ve mutlak nem sabit kalacaktır. $T_{\text{bina}}=19\text{ }^{\circ}\text{C}$ bağıl nem: %50

- Binada yazın sıcaklık ve mutlak nem sabit kalacaktır. $T_{\text{bina}}=24\text{ }^{\circ}\text{C}$ bağıl nem: %50

- Dış hava miktarı sabit kalacak.

- Yardımcı ekipmanlar (fanlar, pompalar) için gerekli enerji dikkate alınmamıştır.

- Tüm meteoroloji bilgileri İstanbul içindir.

b) Dış havanın ısıtılması ve nemlendirilmesi için gerekli yıllık enerji;

Hesaplamalar şu şekilde ikiye ayrılır:

- Kuru dış havayı ısıtmak için gerekli enerji

- Dış havayı nemlendirmek için gerekli enerji

- Kuru dış havayı ısıtmak için gerekli enerji:

Havalandırma derecesi günleri: Bu tanım bize, istenen oda sıcaklığının sağlanması sırasında, dış havanın ısıtılması için gerekli yıllık enerji miktarı hakkında fikir verecektir.

Havalandırma günleri derecesi= $\frac{\text{Bir yıldaki havalandırma X (oda sıcaklığı - ortalama günlük günleri sayısı dış hava sıcaklığı)}}{\text{günleri sayısı}}$

Havalandırma sistemlerinin günün belirli zamanlarında devrede olmasından dolayı, çalışma saatlerine karşılık gelen ortalama günlük dış hava sıcaklığı için havalandırma derecesi günleri sayısı bilinmelidir. Bu bağıntı aşağıdaki Tablo 8.1’de görülmektedir.

Tablo 8.1 Günün saatlerine bağlı olarak havalandırma derecesi günleri

Günün Saatleri	Havalandırma derecesi günleri
0	2148
2	2166
4	2202
6	2221
8	2093
10	1838
12	1711
14	1638
16	1765
18	1948
20	2020
22	2075

Eğer çalışma periyotları için havalandırma derecesi günleri sayısı biliniyorsa, yıllık gerekli enerji miktarı hesabı aşağıdaki gibidir.

$$Q_h = G_1 \cdot z \cdot M \cdot c \quad (8.6)$$

Q_h : Kuru dış havayı ısıtmak için gerekli yıllık enerji (kJ)

G_1 : Havalandırma derecesi günleri sayısı

z : Günlük çalışma saatleri sayısı

M : Dış hava miktarı (kg/h)

c : Kuru hava özgül ısısı ≈ 1 kJ/kg.K (0.24 kcal/kg °C)

- Dış havayı nemlendirmek için gerekli enerji

Sıcaklığa tezat şekilde, günlük dış hava su buharı ihtiva oranı değişimi çok azdır. Bu yüzden hesaplamalar, aylık ortalama havanın su buharı ihtiva durumuna göre yapılacaktır. (Tablo 8.2)

Tablo 8.2 İstanbul'da dış havanın aylık ortalama su buharı ihtiva kapasitesi (g/kg)

Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Hazir.	Tem.	Ağus.	Eylül	Ekim
6.82	5.50	4.89	4.10	4.29	5.61	8.87	11.50	12.35	12.30	9.41	8.10
6 Ay boyunca nemlendirme						6 Ay boyunca nem alma					

19 °C oda sıcaklığında ve %50 oda bağıl nemi durumunda, havanın ihtiva ettiği su buharı miktarı 6.82 g/kg, Tablo 8.2'de görülmektedir ki, İstanbul'daki dış hava, yılın 6 ayı boyunca nemlendirilmelidir. Bu süre içerisinde ortalama su buharı miktarı 5.20 g/kg. Bu demektir ki dış havaya ilave edilecek su buharı miktarı;

$$6.82 - 5.20 = 1.62 \text{ g/kg}$$

1 kg hava için buharlaştırılması gereken su miktarı için gerekli enerji miktarı;

$$q_b = 2.45 \times 1.62 = 3.969 \text{ kJ/kg} \quad (8.7)$$

$$(q_b = 0.586 \times 1.62 = 0.95 \text{ kcal/kg})$$

Dış havanın nemlendirilmesi için gerekli yıllık enerji miktarı Q_b hesaplanma tarzı aşağıdaki şekildedir:

$$Q_b = q_b \cdot z \cdot t_g \cdot M \quad (8.8)$$

Q_b : Dış havanın nemlendirilmesi için gerekli olan yıllık enerji miktarı

z : Günlük çalışma saatleri

t_g : nemlendirmenin gerekli olduğu gün sayısı (6 ay boyunca)

M : Dış hava miktarı (kg/h)

- Dış havayı ısıtmak ve nemlendirmek için gerekli yıllık yakıt;

$$F = \frac{Q_h + Q_b}{H_u \cdot \eta} \quad (8.9)$$

F = Yıllık yakıt ihtiyacı

H_u = Fuel-oil alt-ısıt değeri 42.287 kJ/kg (10.100kcal/kg)

η = Verim (Isıtma santrali) %80

Örnek: Ofis binası için 1 kg/h'lik dış havanın ısıtılması ve nemlendirilmesi için gerekli enerji ve yakıt miktarı hesabı:

Çalışma saatleri: 6.00-18.00 saatleri arası (Pazar günleri hariç)

Oda sıcaklığı: 19°C

Oda bağlı nemi: %50

z: 12 saat

G1: 1618 (Tablo 8.1.'e göre 6-18 saatleri arasında ortalama 1888 değeri, Pazar günleri hariç tutularak 1618 olarak hesaplanmıştır.)

$$Q_h = 1618 \times 12 \times 1 \times 1 = 19416 \text{ kJ (4639 kcal)}$$

$$Q_b = 3,969 \times 12 \times 155 = 7383 \text{ kJ (1764 kcal)}$$

$$\text{Toplam } Q_h + Q_b = 26799 \text{ kJ (6403 kcal)}$$

Yakıt gereksinimi:

$$F = 26799 / (42287 \times 0,8) = 0,80 \text{ kg}$$

Eğer bu binanın toplam dış hava miktarını 5000 kg/h azaltmamız mümkün olabilirse, tasarruf edilecek minimum yakıt miktarı 4000 kg'dır.

c) Dış havayı soğutmak ve nemini almak için gerekli yıllık enerji:

- Kuru havayı soğutmak için gerekli enerji miktarı:

Soğutma derecesi saatleri: 24°C'nin üstündeki hava sıcaklığı saatlerinin, oda sıcaklığı (24°C) ile ortalama dış hava sıcaklığı farkının çarpılmasıyla bulunan değerdir.

Soğutma derecesi saatleri, günün zamanlarıyla doğrudan ilişkilidir. (Tablo8.3.)

Tablo 8.3. Günün saatlerine göre aylık ve yıllık soğutma derecesi saatleri

Günün saatleri	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Yıllık
7	-	13	4	-	-	-	17
8	-	18.2	4.8	10.4	-	-	33.4
9	7.3	33.8	7.2	20.8	-	-	69.1
10	14.6	39	8	36.4	-	9.9	107.9
11	7.3	41.6	10	46.8	-	9.9	115.6
12	14.6	41.6	10.4	46.8	13.2	19.8	146.4
13	21.9	41.6	10.4	49.4	19.8	9.9	153
14	43.8	44.2	10.8	46.8	13.2	9.9	168.7
15	51.1	44.2	10.8	41.6	13.2	9.9	170.8
16	21.9	41.6	10	39	-	-	112.5
17	21.9	39	10.4	36.4	-	-	107.7
18	21.9	39	8	33.8	-	-	102.7
19	14.6	28.6	6.4	7.8	-	-	57.4
20	14.6	13	5.2	2.6	-	-	35.4
21	7.3	7.8	3.2	2.6	-	-	20.9
22	-	2.6	2	-	-	-	4.6
23	-	2.6	2	-	-	-	4.6

Eğer soğutma derecesi saatleri biliniyorsa, soğutma için çekilen yıllık enerji miktarı aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$Q_k = G_k \cdot M \cdot c \quad (8.10)$$

Q_k : Soğutma için çekilen yıllık enerji miktarı

G_k : Soğutma derecesi günleri sayısı

M : Dış hava miktarı (kg/h)

c : Havanın zgl ısısı kJ/kg K (0.24 kcal/kg °C)

- Dış havanın neminin alınabilmesi için gerekli enerji miktarı

Örneğimizde Tablo 8.2.'de de açıkça grldği gibi yılın 6 ayı boyunca nem alma işleminin gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bu süre içerisinde dış havanın ihtiva ettiği ortalama su buharı miktarı 10.42 gr/kg. Sahip olduğumuz odanın nemi 6.82 olduğuna göre, 3.6 gr/kg miktarında su buharı havadan çekilmelidir. 1 kg havanın neminin alınabilmesi için gereken enerji miktarı;

$$q_e = 2.45 \times 3.6 = 8.82 \text{ kJ/kg} \quad (8.11)$$

Nitekim, dış havadan çekilmesi gereken yıllık enerji miktarı;

$$Q_e = q_e \cdot z \cdot t_{ge} \cdot M \quad (8.12)$$

Q_e : Yıllık enerji miktarı

z : Günlük alışma saatleri miktarı

t_{ge} : Nem alma işleminin gerektiği toplam gün sayısı (Yılda 6 ay boyunca)

M : Dış hava miktarı (kg/h)

Güç ihtiyaçları:

Soğutma ve nem alma işlemi sırasında çekilen enerji bir soğutma cihazı ile gerçekleştirilir.

Bu işlemlerin yapılması için gerekli elektrik enerjisi hesabı:

$$P = (Q_k + Q_e) / \varepsilon \cdot 3600 \quad (8.13)$$

P : Yıllık enerji miktarı

ε : Soğutma cihazı verim faktörü (3)

Örnek: Yine aynı ofis binasında, 1 kg/h'lik dış havanın soğutulması ve neminin alınması için gerekli yıllık enerji ve güç miktarlarını hesaplanması.

$G_k = 1118.4$ (Tablo 8.3.'e göre Pazar günleri hariç tutularak ofis için uygun değerler toplamı)

$$Q_k = 1118.4 \times 1 \times 1 = 1118.4 \text{ kJ}$$

$$Q_e = 8.82 \times 12 \times 81 \times 1 = 8573 \text{ kJ}$$

$$\text{Toplam } Q_k + Q_e = 9691.4 \text{ kJ}$$

$$P = 9691.4 / (3 \times 3600) = 0.897$$

Böylece, eğer dış hava miktarını 5000 kg/h azaltmamız mümkün olabilirse, minimum elektrik enerjisi tasarrufu 4485 kwh olur. (Alarko, Landis & Gyr Yayınları)

9. OTOMATİK KONTROLÜN EYÜP KÜLTÜR MERKEZİNDE UYGULANMASI VE EKONOMİKLİK HESABI

Uygulanmakta olan otomatik kontrol sistemleri içerisinde, uygulaması yapılmış bulunan İSTANBUL EYÜP KÜLTÜR MERKEZİ'ndeki otomatik kontrol sisteminin incelemesi yapıp, enerji tasarruf miktarı bu bölümde gösterilmeye çalışılacaktır.

İstanbul Eyüp Kültür Merkezi Dizayn Şartları;

Yazın: $T_{iç} = 26^{\circ}\text{C}$ %50 = RH

Kışın: $T_{iç} = 22^{\circ}\text{C}$ %50 = RH

Projeci, KÜLTÜR MERKEZİ için 400 kişi üzerinden hesaplarını yapmıştır. Soğutma yükü projeci tarafından Ağustos ayı saat 14^{oo} için hesaplanmıştır. Bu değer direk olarak alınmıştır. Isıtma yükü Yusuf İlkentapar tarafından hesaplanmıştır.

(Toplam yük) $Q_{TT} = 206119 \text{ kcal/h}$

(Ön ısıtıcı yükü) $Q_{OI} = 85000 \text{ kcal/h}$

(Son ısıtıcı yükü) $Q_{SI} = 121119 \text{ kcal/h}$

Soğutma yükü = 282 000 kcal/h (Projeden alınmıştır.)

Kayıp ve kazanç değerleri projeci tarafından verilmiş olup, gün içerisindeki (1997 meteorolojik değerleri kullanılarak) muhtelif dış hava sıcaklıkları için kayıplar yeniden hesaplanmıştır.

9.1. Sistem Elemanları Ve Sistem Açıklaması

B1, QPA 61.1 Hava kalite sensörü: Ölçüm elemanının yarı iletken malzeme iletkenliği, oda havasındaki çeşitli gaz ve koku konsantrasyonu farklılaşmasına bağlı olarak değişmektedir. Ölçülen değerler, kontrol cihazına yükselen voltaj sinyali ile beslenmektedir.

B2 QFA 65 Oda nem ve oda sıcaklık dedektörü: Oda sıcaklığını ölçerek N1 panelini bilgilendirir. Ayrıca oda nemini ölçerek N3 panelini bilgilendirir. Entalpi kontrolü geçerli olmadığı sürelerde, mahal bilgisini alan kontrol cihazları, set değerleriyle ölçülen değerleri mukayese ederek, ısıtma vanası, soğutma vanasını veya damperleri konumlandırır. Ayrıca nem kontrol cihazı N3, odadaki bağıl nemi ölçer ve sapma durumunda, nemlendirici vanasını ve soğutma vanasını konumlandırır.

B3 QFM 65 Kanal nem ve sıcaklık dedektörü: Minimum sıcaklık ve maksimum nem limitlemesi yapar. İstenen değerlerin aşılması durumunda hava sevki durdurulur.

B4, B5 QFM 61.2 Entalpi dedektörü: QFM 61.2 havalandırma ve klima sistemlerinde, dış hava ve dönüş havası entalpi farkının ısı geri kazanımı hedefi için saptanmasında kullanılır. Dedektör bağıl nem ve sıcaklığı ölçer ve bundan sonra sonuç entalpisini saptayarak N1 kontrol panelini bilgilendirir.

B6 QAM 22 Kanal sıcaklık sensörü: QAM 22 tarafından ölçülen sıcaklık değeri, N4 ön ısıtıcı kontrol cihazı tarafından değerlendirilerek, sapma durumunda çığ noktası sıcaklık kontrolü için ön ısıtıcı üç yollu vana motoru konumlandırır.

N1, RWF 61.201-t50 Sıcaklık kontrol cihazı: RWF 61.201-t50 sıcaklık kontrol cihazı havalandırma ve klima sistemlerinde sıcaklık, bağıl nem ve mutlak nem kontrolünü gerçekleştirir. RWF 61.201-t50 hava damperleri veya ısı geri kazanım sistem uygulamalarında ısıtma ve soğutma ile sıralı çalışmasını sağlar. Bu anlamda, Şekil 9.1'de anlatılan sistemde enerji geri kazanımı için geçiş dönemlerinde serbest soğutma (free-cooling) işlevini yerine getirmektedir. B3, B4 entalpi dedektörlerinden aldığı sinyalleri mukayese ederek hareket eder. Eğer dış hava entalpi değeri dönüş havası entalpi değerinden düşük ise, mahale dış hava gönderilerek enerji sarf etmeden klimatizasyon gerçekleştirilir.

N2, SER 61.1 Hava kalitesi kontrol cihazı: Havalandırma ve klima sistemlerinde, dış hava temininde, şartlandırılan ortam hava kalitesine bağlı olarak başarılan enerji tasarrufunun

kontrolüdür. Yukarıdaki uygulamada Kültür Merkezi'ndeki hava kalitesine bağlı olarak, damper kontrolü aracılığıyla mahale verilen hava miktarı değiştirilerek enerji tasarrufu ve kontrol elde edilmektedir.

N3 RWF 61.202 aH95  niversal kontrol cihazı: Mahal nemini ölçen ve N3'e bildiren QFA 65 vasıtasıyla ortam nemi kontrolü gerçekleştirilir.

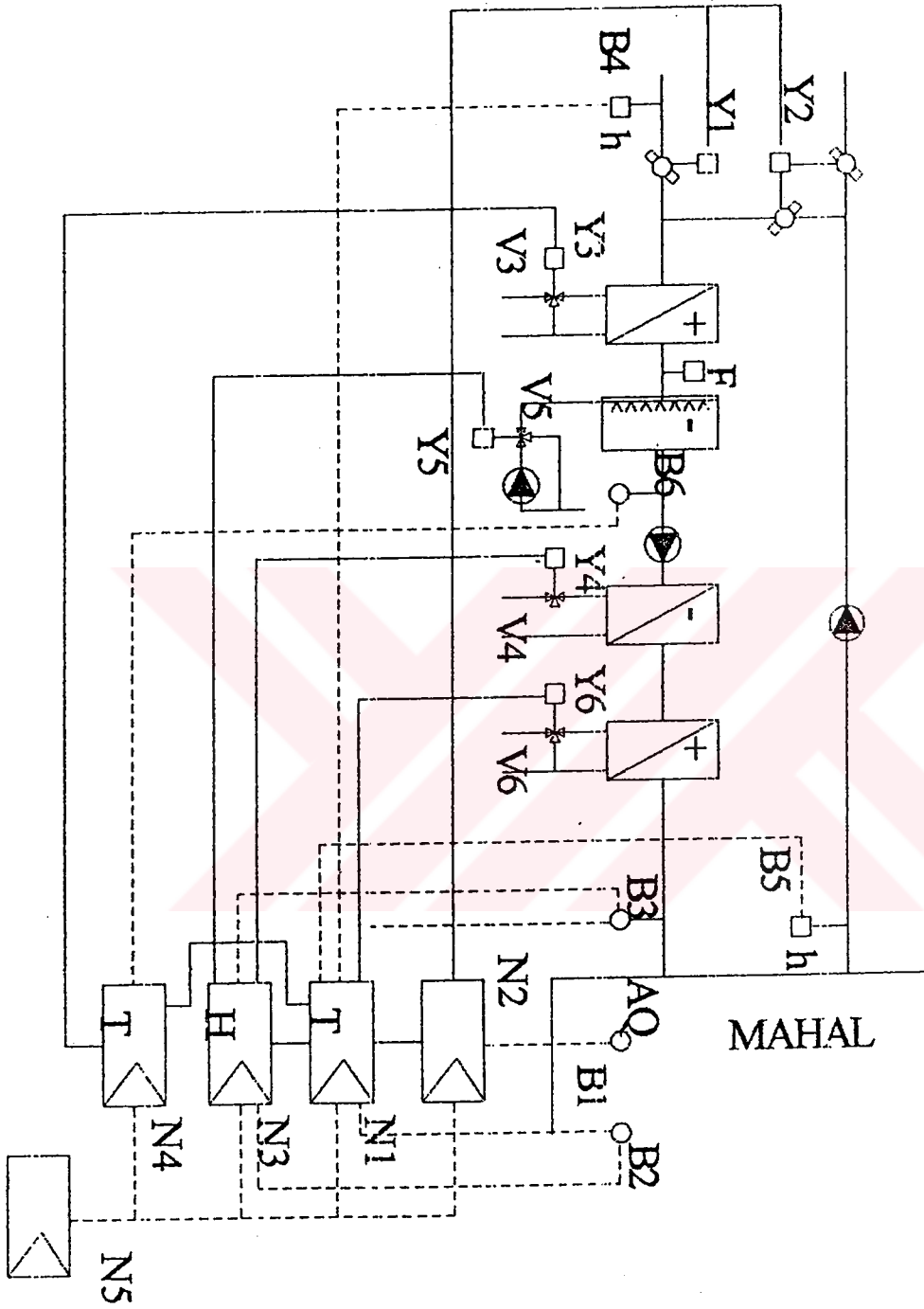
N4 RWF 61.100  niversal kontrol cihazı: Çiğ noktası kontrolünü gerçekleştirir.

N5 SEL 61.190  ncelik rölesi: Mevcut sistemimizde  ncelik, SER 61.1'dedir.  nk n  sistemde, kişi sayısına bağlı minimum taze hava temin edilebilmelidir. SEL 61.190 sistemde ekonomik olunması ve konfor Şartlarının sağlanması için kontrol cihazlarındaki öncelik sırasını, önceden girilen bilgiler vasıtasıyla gerçekleştirir.

F RAK 32.0/1878 Donma termostatı: Donma durumunda (set edilen 5°C durumunda) vantilatör ve aspiratörü durdurur. Dış hava damperini kapatır ve ısıtıcı üç yollu vanalarını, bataryayı %100 besleyecek Şekilde konumlandırır.

Y1, Y2 B 32.24.30 Damper motoru: Yay geri dönüşlü, oransal damper motorudur. RWF 61.201-t50 vasıtasıyla enerji tasarrufunun gerçekleştirilmesi için 0...10V sinyal ile kumanda edilerek sistemin ihtiya ı olan hava miktarı ayarlanacaktır. Ayrıca önceliğe sahip olan hava kalite kontrol cihazı ile mahale gereken minimum hava ayarı yapılmaktadır.

Y4, Y6 SQX 61 üç yollu vana motoru: Yay geri dönüşsüz, oransal vana motorudur. Yine damper motorlarında olduğu gibi, RWF 61.201-t50 ve RWF 61.202-aH95 sıcaklık kontrol cihazı ve nem kontrol cihazı tarafından sürülür ve mahal ihtiya ını sağlayacak Şekilde üç yollu vana kumandası ile hava Şartlandırma olayı gerçekleştirilir.



Şekil 9.1. Eyüp Kültür Merkezi otomatik kontrol prensip şeması

Tablo 9.1. Eyüp Kültür Merkezi otomatik kontrol malzeme tutar tablosu

	Kodu	Malzeme	Miktar (adet)	B.Fiyat(USD)	Tutar(USD)
B1	QPA 61.1	Hava kalite sensörü	1	122	122
B2	QFA 65	Kombine oda nem ve oda sıcaklık dedektörü	1	300	300
B3	QFM 65	Kanal nem ve kanal sıcaklık dedektörü	1	300	300
B4	QFM 61.2	Dış hava entalpi dedektörü	1	310	310
B5	QFM 61.2	Dönüş havası entalpi dedektörü	1	310	310
B6	QAM 22	Kanal sıcaklık sensörü	1	79	79
N1	RWF 61.201 -t50	Sıcaklık kontrol cihazı (Sub modüller ve panel kesiti dahil)	1	621	621
N2	SER 61.1	Hava kalitesi kontrol cihazı	1	225	225
N3	RWF 61.202 -aH95	Üniversal kontrol cihazı (Sub modüller ve panel kesiti dahil)	1	629	629
N4	RWF 61.100	Üniversal kontrol cihazı (Sub modüller ve panel kesiti dahil)	1	561	561
N5	SEL 61.190	Öncelik rölesi	1	300	300
Y1,Y2	B 32.24.30	Oransal YGD'li damper motoru	2	220	440
Y3,Y4, Y6	SQX 61	Oransal YGD'siz vana motoru	3	348	1044
F	RAK 32.0 /1878	Donma termostatu	1	63	63
V3	VEP 40.3 ND16	Üç yollu ön ısıtma vana gövdesi	1	160	160
V4	VEP125.3 ND16	Üç yollu soğutma vana gövdesi	1	470	470
V6	VEP50.3 ND16	Üç yollu son ısıtma vana gövdesi	1	195	195
			GENEL TOPLAM		6129

9.2. Isıtma Yükü Hesabı ($V_{top} = 27\ 000\ m^3/h$)

Dış hava : $t_a = -4.2\ ^\circ C$

Mahal : $t_i = 22\ ^\circ C$, RH = 50 %

İletim yolu ile vuku bulan ısı kayıpları $Q_T = 58\ 600\ \text{kcal/h}$

Salon içindeki insanlardan ve aydınlatmadan yayınan ısı miktarı $Q_I = 35\ 000\ \text{kcal/h}$

Salon ancak yarı yarıya dolu olduğu zaman insanlardan ve aydınlatmadan yayınan ısı miktarı $Q_I' = 20\ 890\ \text{kcal/h}$

Havalandırma ısısı $Q_L = 400 \times 35 \times 0.24 \times 1.2 \times (22+4.2) = 105\ 638\ \text{kcal/h}$

$$Q_{HL} = Q_T - Q_I - Q_L = 129\ 238\ \text{kcal/h} \text{ (Kanal kayıpları ihmal edilmiştir.)}$$

$Q'_{HL} = Q_{HL} + Q_I' = 129\ 238 + 20\ 890 = 150\ 128\ \text{kcal/h}$ (Salonun yarı yarıya dolu olması durumu.)

Nemlendirme ısısı Q_F ;

$$Q_F = [V_{taze} (x_i - x_a) 1.2 - (\text{kişi} \times \text{Şahıs başına çıkan su buharı})] 10^{-3} \times 590$$

$$Q_F = [14\ 000(8.35 - 1.85) 1.2 - (400 \times 71.5)] 10^{-3} \times 590$$

$$Q_F = 55\ 991\ \text{kcal/h}$$

Böylece lüzumlu ısıtma gücü;

$$Q_{HL} = 150\ 128 + 55\ 991 = 206\ 119\ \text{kcal/h}$$

OCAK ($t_{di} = 22 \text{ }^\circ\text{C}$, RH = 50 %)

Tablo 9.2. Ocak ayı enerji sarfiyatı

Saat	En düşük dış hava sıcaklığı ($^\circ\text{C}$)	Q_{kayp} (kcal/h)	İnsan sayısı	Duyulur ısı kazancı (kcal/h)	Gizli ısı kazancı (kcal/h)	Mfn. Taze hava (m^3/h)	Dış havadan dolay gerekti ısı (kcal/h)	Harcanan ısı enerjisi (kcal/h)
09:00	0.3	48500	100	13830	7150	3500	22026	66032
10:00	0.0	49200	100	13830	7150	3500	22330	66868
11:00	0.0	49200	100	13830	7150	3500	22330	66868
12:00	0.1	48950	200	20890	14300	7000	44457	90590
13:00	0.4	48250	200	20890	14300	7000	48348	89321
14:00	1.6	45500	200	20890	14300	7000	41412	84291
15:00	2.0	44700	400	35000	28600	14000	81200	123703
16:00	1.8	45150	400	35000	28600	14000	82012	123618
17:00	1.5	45850	400	35000	28600	14000	83230	126606
18:00	1.6	45600	300	27950	21450	10500	62118	104072
19:00	1.3	46250	300	27950	21450	10500	63032	105582
20:00	1.3	46250	300	27950	21450	10500	63032	105582
21:00	1.0	46950	200	20890	14300	7000	42630	86880

ŞUBAT

Tablo 9.3. Şubat ayı enerji sarfiyatı

Saat	En düşük dış hava sıcaklığı (°C)	$Q_{kayıp}$ (kcal/h)	İnsan sayısı	Duyulur ısı kazancı (kcal/h)	Gizli ısı kazancı (kcal/h)	Min. Taze hava (m^3/h)	Dış havadan dolayı gerekli ısı (kcal/h)	Harcanan ısı enerjisi (kcal/h)
09:00	-0.9	51170	100	13830	7150	3500	23244	70788
10:00	-4.2	58566	100	13830	7150	3500	26593	81010
11:00	-4.0	58566	100	13830	7150	3500	26390	80710
12:00	-3.0	55900	200	20890	14300	7000	50750	106335
13:00	-3.0	55900	200	20890	14300	7000	50750	106335
14:00	-3.0	55900	200	20890	14300	7000	50750	106335
15:00	-2.2	54100	400	35000	28600	14000	98252	152352
16:00	-3.0	55900	400	35000	28600	14000	101500	157400
17:00	-4.0	58566	400	35000	28600	14000	105560	164126
18:00	-4.0	58566	300	27950	21450	10500	79170	137736
19:00	-4.2	58566	300	27950	21450	10500	79779	138345
20:00	-4.2	58566	300	27950	21450	10500	79779	138345
21:00	-4.2	58566	200	20890	14300	7000	53186	111752

MART

Tablo 9.4. Mart ayı enerji sarfiyatı

Saat	En düşük dış hava sıcaklığı (°C)	Q _{kayıp} (kcal/h)	İnsan sayısı	Duyulur ısı kazancı (kcal/h)	Gizli ısı kazancı (kcal/h)	Min. Taze hava (m ³ /h)	Dış havadan dolayı gerekli ısı (kcal/h)	Harcanan ısı enerjisi (kcal/h)
09:00	1.0	47000	100	13830	7150	3500	21315	68315
10:00	0.3	48500	100	13830	7150	3500	22026	70526
11:00	1.5	45840	100	13830	7150	3500	20808	66648
12:00	2.0	44720	200	20890	14300	7000	40600	85320
13:00	2.3	44032	200	20890	14300	7000	39991	84023
14:00	2.0	44720	200	20890	14300	7000	40600	85320
15:00	1.6	45580	400	35000	28600	14000	82824	128404
16:00	1.4	46100	400	35000	28600	14000	83636	129736
17:00	1.9	44892	400	35000	28600	14000	81606	126498
18:00	1.4	46100	300	27950	21450	10500	62727	108827
19:00	1.0	47000	300	27950	21450	10500	63945	110945
20:00	1.1	46700	300	27950	21450	10500	63641	110341
21:00	0.9	47128	200	20890	14300	7000	42833	89961

Tablo 9.5. Nisan ayı enerji sarfıyatı

NİSAN

Saat	Aylık ortalama dış hava sıcaklığı (°C)	Q _{kayıp} (kcal/h)	İnsan sayısı	Duyulur ısı kazancı (kcal/h)	Gizli ısı kazancı (kcal/h)	Min. Taze hava (m ³ /h)	Dış havadan dolayı gerekli ısı (kcal/h)	Harcanan ısı enerjisi (kcal/h)
09:00	9.8	27176	100	13830	7150	3500	12383	27440
10:00	10.4	25800	100	13830	7150	3500	11774	25026
11:00	10.9	24682	100	13830	7150	3500	11267	23115
12:00	11.3	23822	200	20890	14300	7000	21721	26508
13:00	11.6	23134	200	20890	14300	7000	21112	25215
14:00	11.8	22704	200	20890	14300	7000	20706	23958
15:00	11.8	22704	400	35000	28600	14000	41412	48894
16:00	11.5	23392	400	35000	28600	14000	42630	51321
17:00	10.8	24940	400	35000	28600	14000	45472	59472
18:00	9.9	26918	300	27950	21450	10500	36845	56628
19:00	9.3	28294	300	27950	21450	10500	38672	56352
20:00	8.9	29154	300	27950	21450	10500	39890	59515
21:00	8.6	29842	200	20890	14300	7000	27202	38875

Tablo 9.6. Mayıs ayı enerji sarfiyatı

MAYIS

Saat	Aylık ortalama dış hava sıcaklığı (°C)	İnsan sayısı	Duyulur ısı kazancı (kcal/h)	Gizli ısı kazancı (kcal/h)	Min. Taze hava (m ³ /h)	Basılması gereken Taze hava (m ³ /h)	Harcanan soğutma enerjisi (kcal/h)
09:00	17.5	100	15239	7150	3500	14000	-(Free-cooling)
10:00	17.8	100	15239	7150	3500	14000	-(Free-cooling)
11:00	18.5	100	15239	7150	3500	14000	-(Free-cooling)
12:00	19.0	200	23710	14300	7000	14000	-(Free-cooling)
13:00	19.5	200	23710	14300	7000	14000	-(Free-cooling)
14:00	20.2	200	23710	14300	7000	14000	-(Free-cooling)
15:00	20.1	400	40626	28600	14000	14000	-(Free-cooling)
16:00	19.7	400	40626	28600	14000	14000	-(Free-cooling)
17:00	19.3	400	40626	28600	14000	14000	-(Free-cooling)
18:00	18.1	300	32164	21450	10500	14000	-(Free-cooling)
19:00	16.9	300	32164	21450	10500	14000	-(Free-cooling)
20:00	16.0	300	32164	21450	10500	14000	-(Free-cooling)
21:00	16.0	200	23710	14300	7000	14000	-(Free-cooling)

Tablo 9.7. Haziran ayı enerji sarfiyatı

HAZİRAN ($t_{dış} = 26 \text{ }^{\circ}\text{C}$)

Saat	En yüksek dış hava sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)	İnsan sayısı	Duyulu ısı kazancı (kcal/h)	Gizli ısı kazancı (kcal/h)	Mfn. Taze hava (m^3/h)	D10	Harcanan soğutma enerjisi (kcal/h)
09:00	29	100	20606	7150	3500	0.7424	108864
10:00	29	100	20726	7150	3500	0.7435	108122
11:00	30	100	24510	7150	3500	0.7742	98496
12:00	32	200	31553	14300	7000	0.6881	159408
13:00	33	200	32026	14300	7000	0.6913	164332
14:00	34	200	32551	14300	7000	0.6948	171072
15:00	34	400	40222	28600	14000	0.5844	274752
16:00	34	400	37573	28600	14000	0.5678	274752
17:00	33	400	38244	28600	14000	0.5721	274752
18:00	33	300	34710	21450	10500	0.6181	215136
19:00	32	300	33867	21450	10500	0.6122	238464
20:00	31	300	33024	21450	10500	0.6062	209952
21:00	30	200	27658	14300	7000	0.6592	150336

%20 By-pass faktörü alındı. Fanda ve kanaldaki ısı kazançları ihmal edildi.
Son ısıtıcıda ihtiyaç olunan enerji miktarı ihmal edilmiştir.

Tablo 9.8. Temmuz ayı enerji sarfiyatı

TEMMUZ

Saat	En yüksek dış hava sıcaklığı (°C)	İnsan sayısı	Duyulur ısı kazancı (kcal/h)	Gizli ısı kazancı (kcal/h)	Min. Taze hava (m ³ /h)	DİO	Harcanan soğutma enerjisi (kcal/h)
09:00	29	100	20606	7150	3500	0.7424	103680
10:00	30	100	20743	7150	3500	0.7437	100727
11:00	31	100	24734	7150	3500	0.7757	98322
12:00	32	200	31570	14300	7000	0.6882	159408
13:00	33	200	32087	14300	7000	0.6917	164332
14:00	34	200	32611	14300	7000	0.6952	171072
15:00	35	400	40652	28600	14000	0.5870	274752
16:00	34	400	37995	28600	14000	0.5705	274752
17:00	34	400	38588	28600	14000	0.5743	274752
18:00	34	300	34710	21450	10500	0.6181	238464
19:00	33	300	33832	21450	10500	0.6120	215136
20:00	32	300	32930	21450	10500	0.6056	238464
21:00	30	200	29429	14300	7000	0.6730	150336

AĞUSTOS

Tablo 9.9. Ağustos ayı enerji sarfiyatı

Saat	En yüksek dış hava sıcaklığı (°C)	İnsan sayısı	Duyulur ısı kazancı (kcal/h)	Gizli ısı kazancı (kcal/h)	Min. Taze hava (m ³ /h)	D10	Harcanan soğutma enerjisi (kcal/h)
09:00	29	100	21200	7150	3500	0.7478	100723
10:00	30	100	20795	7150	3500	0.7441	100412
11:00	31	100	24923	7150	3500	0.7771	98105
12:00	32	200	35974	14300	7000	0.7156	137376
13:00	33	200	36560	14300	7000	0.7188	142425
14:00	34	200	37118	14300	7000	0.7219	149812
15:00	35	400	41082	28600	14000	0.5896	274752
16:00	34	400	38399	28600	14000	0.5731	274752
17:00	34	400	38900	28600	14000	0.5763	274752
18:00	34	300	34710	21450	10500	0.6181	238464
19:00	33	300	33755	21450	10500	0.6114	215136
20:00	32	300	32775	21450	10500	0.6044	238464
21:00	30	200	29507	14300	7000	0.6736	150336

9.3. Isıtma Yüğü - Yakıt Gereksinimi

$$Q_{IT} = 206119 \text{ kcal/h}$$

$$F = \frac{Q_I}{H_u \cdot \eta}$$

F: Yakıt ihtiyacı

H_u : Fuel oil alt ısı değeri (10100 kcal/kg)

η : Verim (%80)

Yakıt gereksinimi

$$F = \frac{206119}{10100 \times 0.8} = 25.51 \text{ kg/h}$$

9.4. Soğutma Yüğü - Elektrik İhtiyacı

$$P = \frac{Q}{\varepsilon \times 3600}$$

P = Enerji miktarı

ε = Soğutma cihazı verim faktörü

$$P = \frac{1086800 \text{ kJ}}{3 \times 3600} = 100 \text{ kWh}$$

9.5. Enerji Sarfiyat Analizi

9.5.1. Otomatik kontrol uygulandığı durum:

Ay	Çalışma saatleri	Günlük harcanan ısı enerjisi toplamı (kcal/h)	Aylık harcanan ısı enerjisi toplamı (kcal/h)	Aylık yakıt sarfiyatı (kg)
Ocak	09:00 - 21:00	1240013	38440403	4758
şubat	09:00 - 21:00	1551569	43443932	5377
Mart	09:00 - 21:00	1264864	39210784	4853
Nisan	09:00 - 21:00	522319	15669570	1940
			TOPLAM	16928

Ay	Çalışma saatleri	Günlük harcanan enerji (kcal/h)	Aylık harcanan enerji (kcal/h)	Aylık sarfiyat
Mayıs	09:00 - 21:00	-	-	-

Mayıs ayında tümüyle free-cooling yapılmıştır.

Ay	Çalışma saatleri	Günlük harcanan enerji (kcal/h)	Aylık harcanan enerji (kcal/h)	Aylık elektrik sarfiyatı (kWh)
Haziran	09:00 - 21:00	2448438	73453140	28429
Temmuz	09:00 - 21:00	2464197	76390107	29566
Ağustos	09:00 - 21:00	2395509	71865270	27815
			TOPLAM	85810

9.5.2. Otomatik kontrol uygulanmadığı durum:

Ay	Çalışma saatleri	Günlük yakıt sarfiyatı (kg)	Aylık yakıt sarfiyatı (kg)
Ocak	09:00 - 21:00	332	10292
şubat	09:00 - 21:00	332	9296
Mart	09:00 - 21:00	332	10292
Nisan	09:00 - 21:00	332	9960
		TOPLAM	39840

Ay	Çalışma saatleri	Günlük yaklaşık harcanan enerji (kcal/h)	Aylık yaklaşık harcanan enerji (kcal/h)	Aylık elektrik sarfiyatı (kWh)
Mayıs	09:00 - 21:00	816146	25300526	9800

Ay	Çalışma saatleri	Günlük elektrik sarfiyatı (kWh)	Aylık elektrik sarfiyatı (kWh)
Haziran	09:00 - 21:00	1300	39000
Temmuz	09:00 - 21:00	1300	40300
Ağustos	09:00 - 21:00	1300	39000
		TOPLAM	118300

9.5.3. Otomatik kontrol uygulanmasında durum değerlendirme (8 Ay için)

Yakıt Sarfiyatı (kg) 16928 kg (4 ay için)

Elektrik Sarfiyatı (kWh) 85810 kWh (3 ay için)

9.5.4. Otomatik kontrol uygulanmadığında durum değerlendirme

Yakıt Sarfiyatı (kg) 39840kg (4 ay için)

Elektrik Sarfiyatı (k) 128100 kWh (4 ay için)

9.5.5. Otomatik kontrol uygulamasında enerji tasarrufu

Elektrik sarfiyatı farkı (kWh) = Enerji tasarrufu = Otomatik kontrol uygulanmadığı durumda elektrik sarfiyatı (kWh) - Otomatik kontrol uygulandığı durumda elektrik sarfiyatı (kWh)

$$= 39840 - 16928$$

$$= 22912 \text{ kg.}$$

* Enerji tasarruf bedeli = 22912 * 65000 = 1.489.280.000 TL.

$$\begin{aligned}
\text{Elektrik sarfiyatı farkı (kWh)} &= \text{Enerji tasarrufu} = \text{Otomatik kontrol uygulanmadığı durumda elektrik sarfiyatı (kWh)} - \text{Otomatik kontrol uygulandığı durumda elektrik sarfiyatı (kWh)} \\
&= 128100 - 85810 \\
&= 42290 \text{ kWh}
\end{aligned}$$

* Enerji tasarruf bedeli = 42290 * 17400 = 735.846.000 TL.

** Toplam tasarruf = 1.489.280.000 + 735.846.000 = 2.225.126.000 TL (8 ay için)

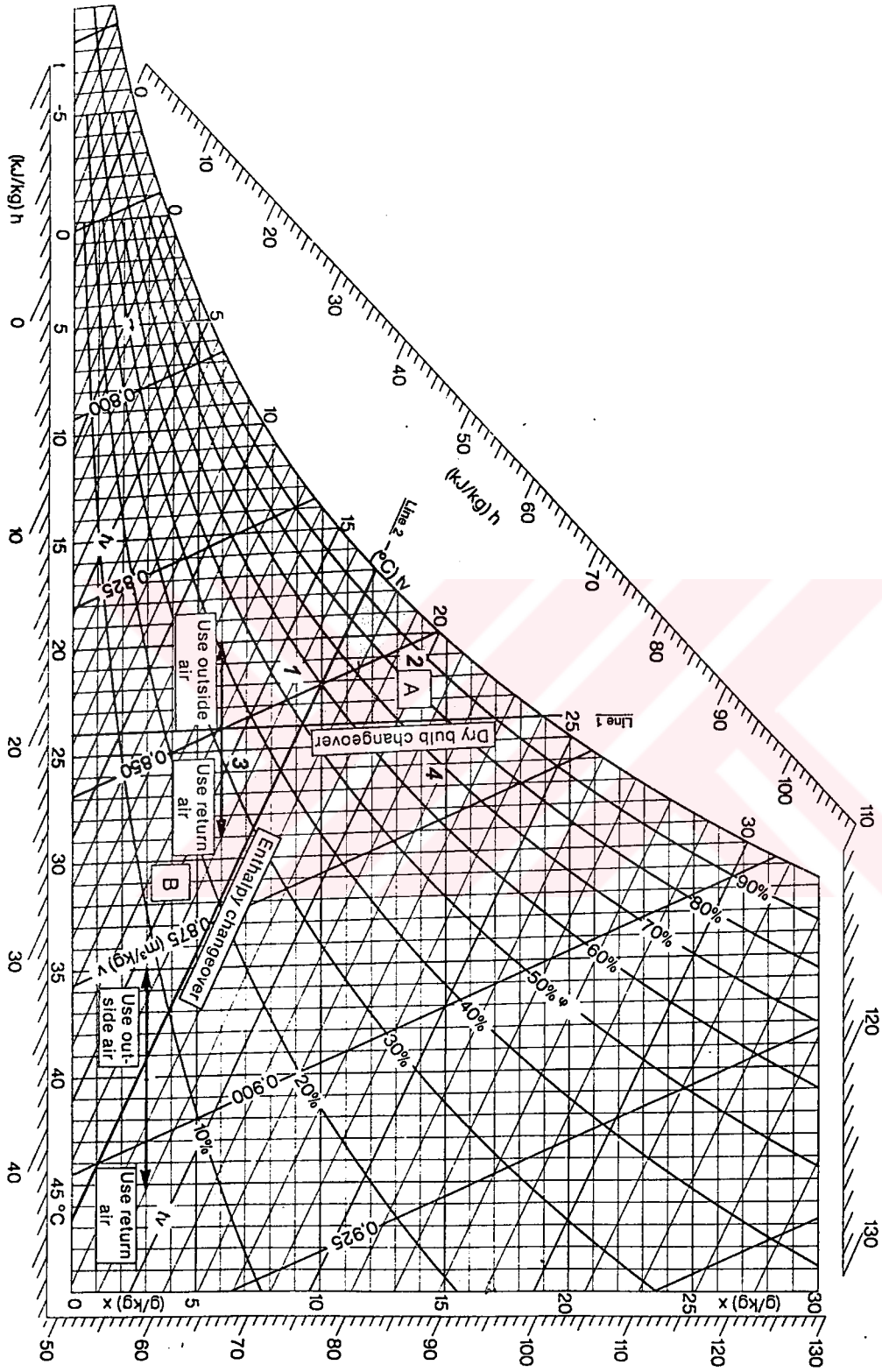
Otomatik kontrol malzemesi ilk yatırım bedeli = 6129 * 272000 = 1.667.088.000 TL.

Bu hesaplamalar sonunda görülmektedir ki, 6 ayda otomatik kontrol malzeme ilk yatırım tutarı enerji tasarrufu sonucu karşılanmaktadır.

9.6. Entalpi Kontrol Açıklaması

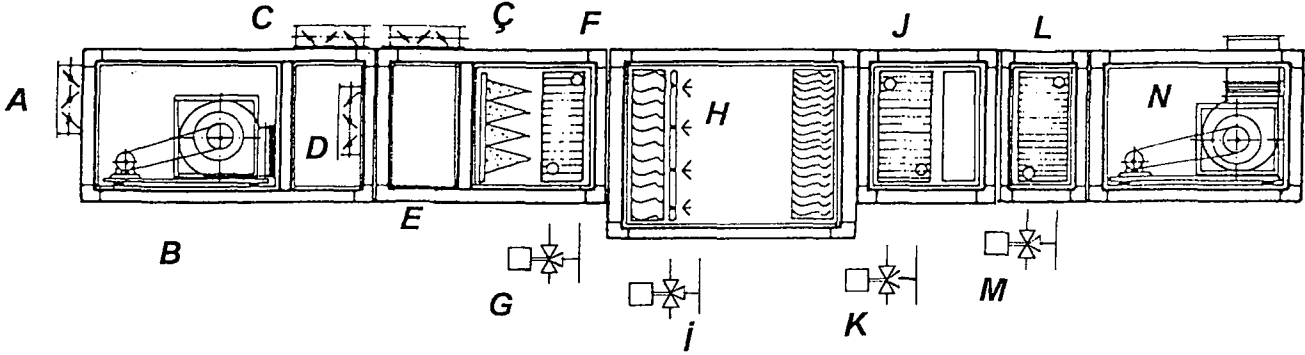
Sistemimiz için uygun görülen bölgeleri Şekil 9.2.'deki psikrometri diyagramında. 1. doğru dış hava sıcaklığının değişken dış hava miktarının maksimumdan minimuma değişimini gösterecek şekilde inceleyebiliriz. 2. doğru dönüş havasının ortalama durumunu göstermektedir. Dış hava şartlarının A alanı içerisinde olduğu herhangi bir zamanda, konvansiyonel sistem %100 dış hava kullanır. Fakat entalpi kontrolü olması durumunda, bu şartlardaki dış hava oranı minimumdur.

Eğer dış hava şartları B alanı içerisinde ise, konvansiyonel sistem minimum dış hava kullanır. Fakat bu durumda, entalpi kontrolü ile %100 dış hava kullanılarak enerji tasarrufu sağlanır.



Şekil 9.2. Psikrometri diyagramı

9.6.1. Klima santrali üzerinde, şekil 9.2 de belirtilen noktalarda nihai kontrol eleman durumları



Şekil 9.3. Örnek bir klima santrali

A Dönüş havası damperi	H Nemlendirme hücresi
B Aspiratör hücresi	İ Nemlendirme üç yollu motorlu vanası
C Egzost damperi	J Soğutucu hücresi
Ç Temiz hava damperi	K Soğutma üç yollu motorlu vanası
D Karışım havası damperi	L Son ısıtıcı
E Karışım hücresi	M Son ısıtıcı üç yollu motorlu vanası
F Ön ısıtıcı hücresi	N Vantilatör
G Ön ısıtıcı üç yollu motorlu vanası	

Şekil 9.2. üzerindeki;

1 ŞARTLARINDA

Egzost damperi, karışım havası damperi kapalı, temiz hava damperi açık. Batarya üç yollu vanalarından enerji bataryaya beslenmiyor.

2 ŞARTLARINDA

Temiz hava damperi minimum pozisyonunda egzost damperi ve karışım havası damperi açık. Enerji ihtiyacına göre batarya üç yollu vanaları otomasyona bağlı olarak bataryaya enerji beslemekte.

3 ŞARTLARINDA

Egzost damperi, karışım havası damperi kapalı, temiz hava damperi açık. Batarya üç yollu vanalarından enerji bataryaya beslenmiyor.

4 ŞARTLARINDA

Temiz hava damperi minimum pozisyonunda egzost damperi ve karışım havası damperi açık. Enerji ihtiyacına göre batarya üç yollu vanaları otomasyona bağlı olarak bataryaya enerji beslemekte.

SONUÇ

Üretim için kullanılan kaynaklardan biri insan gücüdür. Yapı ve donanım maliyetleri yanında çok pahalı olan bu kaynak, en iyi şekilde kullanılmalıdır. Otomatik donanımları eksikliği veya yetersizliği nedeniyle konfor bölgelerinden uzak iç hacim koşulları, insanın bedensel ve zihinsel performansını etkilemekte ve böylece iş gücünün verimsiz olarak kullanılmasını ve üretim maliyetinin artmasına neden olmaktadır. Üretim tesislerindeki ısı konfor ve iç hava kalitesini sağlayan sistemler, en başta çevresel duyarlılık, daha sonra da üretim verimi açısından gereklidir.

Son bölümde yapılan hesaplardan da görüldüğü gibi, iş gücü veriminin artırılması yanında, enerji tasarrufundan sağlanan kaynak girdisi temini büyük kazançlar sağlamaktadır. Yine aynı şekilde, daha az enerji tüketerek çevreyi daha az kirletmekte ve sahip olduğumuz kısıtlı tabii kaynakların tüketimini azaltmaktayız.

Sonuç olarak, otomatik kontrol sisteminin, ekonomik ve sosyal yönden gelişmekte olan ülkemizde uygulanma gerekliliği açıkça görülmektedir.

KAYNAKLAR

- Akoğlu, K., (1986), Otomatik Kontrol Prensipleri, Petek Teknik Malzeme Ticaret A.Ş. Yayınları, İstanbul
- Alarko, Landis & Gyr Yayınları
- Eğrikavuk, Ü., (1995), “Otomatik Kontrol Vanaları 1”, Tesisat Dergisi, 15
- Endüstride Enerji Tasarrufu, Koç Holding A.Ş. Araştırma Geliştirme Merkezi Yayınları
- Haines, R.W., Control Systems for Heating, Ventilating and Air Conditioning, Van Nostrand Reinhold Company, New York
- Honeywell Training Center Wallisellen Basics
- Honeywell, Elektronik Kontrol Devreleri, Dosya No. 77-1012
- Özkol, N. ve Pirinçoğlu, T., (1979), Isıtma - Soğutma - Klima Uygulamalarında Otomatik Kontroller, Yüksek Teknik Öğretmen Okulu Yayınları, 39, Ankara
- Petek Teknik Malzeme Ticaret A.Ş. Yayınları
- Şahin, Ş., (1996), Kontrol Vanaları, Termo Klima Dergisi, 53

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	10.07.1972	
Doğum yeri	Adana	
Lise	1983-1990	Özel Adana Koleji
Lisans	1990-1994	Yıldız Teknik Üniversitesi Mühendislik fak. Makine Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	1995-	Yıldız Teknik Üniversitesi F.B.E. Makine Müh. Anabilim Dalı, Isı Proses Programı
Çalıştığı Kurum	1994-	Saven Teknik Malzeme Ticaret ve Taahhüt Limitet Şirketi

