

66737

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİNA ENERJİ YÖNETİMİ VE OTOMASYONUNUN

PROJELENDİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Müh. Yavuz AVİNCAN

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 9 Haziran 1997

Tezin Savunulduğu Tarih : 2 Temmuz 1997

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Nurdan Güzelbeyoğlu

Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Faik Mergen

Prof. Dr. Adnan Kaypmaz

1.8.1997
1/8/97
1.8.1997

TEMMUZ 1997

ÖNSÖZ

İstanbul Teknik Üniversitesi, Elektrik Elektronik Fakültesi, Elektrik Programı Yüksek Lisans tezi kapsamında olan bu çalışmaya başlarken, beni her zaman desteklemiş olan aileme, çalışmanın danışmanlığını üstlenen ve çalışma süresince değerli yardımlarını esirgemeyen sayın hocam Prof. Dr. Nurdan Güzelbeyoğlu'na teşekkür ederim.

TEMMUZ 1997

Yavuz AVINCAN



İÇİNDEKİLER

ÖZET	vi
SUMMARY	vii
BÖLÜM 1. GİRİŞ	1
BÖLÜM 2. SENSÖR KARAKTERİSTİKLERİ	2
2.1. Transfer Fonksiyonu	2
2.2. Ölçüm Aralığı	3
2.3. Tam Skala Çıkış Değeri	5
2.4. Doğruluk	5
2.5. Kalibrasyon Hatası	7
2.6. Histerisiz	8
2.7. Lineerlik Hatası	8
2.8. Doyma	10
2.9. Kararlılık (Tekrar Edilebilirlik)	11
2.10. Ölü Bölge	12
2.11. Çözünürlük	12
2.12. Çıkış Empedansı	13
2.13. Sensör Besleme Sinyali	13
2.14. Dinamik Karakteristikler	14
2.15. Çevresel Faktörler	18
2.16. Güvenilirlik	19
2.17. Bina Otomasyonunda Kullanılan Sensörler Ve Doğruluk Değerleri	20
BÖLÜM 3. GERİBESLEME KONTROL SİSTEMLERİ	22
3.1. Geribesleme Kontrol Çevrimi	22
3.2. Blok Diyagramları	23

3.3. Geribesleme Çevriminin Fonksiyonel Açılışı	24
3.4. Geribesleme Kontrol Yöntemleri	25
3.4.1. Oransal Kontrol (P Kontrol)	26
3.4.2. İntegral Kontrol (I Kontrol)	29
3.4.3. Türevsel Kontrol (D Kontrol)	31
3.4.3.1. Oransal + İntegral + Türevsel (PID) Kontrol	33
3.5. Parametrelerin Ayarlanması Yöntemleri	34
3.5.1. Kararlılık Sınırı Yöntemi	34
3.5.2. Geçici Zaman Cevabı Yöntemi	37
3.5.3. Örneklem Periyodunun Seçimi	39
3.5.4. Tipik Bir Kontrol Sisteminin Özellikleri Ve Örnekler	40
BÖLÜM 4. BİNA OTOMASYON SİSTEMLERİ	46
4.1. Giriş	46
4.2. Bina Otomasyonu Tasarım Konuları	47
4.3. Bilgisayar Destekli Sistemler	47
4.3.1. Donanım Özellikleri	48
4.3.1.1. Giriş Çıkış Noktaları	48
4.3.1.2. Dış İstasyonlar	50
4.3.1.3. Veri İletim Sistemleri	51
4.3.1.4. Merkezi İşlem Birimi	52
4.3.1.5. Haberleşme Hattı Genişleme Ara Birimleri	52
4.3.1.6. Yazıcılar	52
4.3.2. Yazılım Özellikleri	52
4.3.2.1. Donanım Noktaları	53
4.3.2.2. Yazılım Noktaları	56
BÖLÜM 5. BİNA OTOMASYONU SİSTEM UYGULAMALARI	58
5.1. Isıtma Ve Soğutma Sistemleri Genel Kontrol Yapısı	58
5.1.1. Bağımsız Kontrol	59
5.1.2. Bağımlı Kontrol	59
5.1.2.1. Paralel Çalışma	59
5.1.2.2. Seri Çalışma	60
5.2. Isıtma Sistemleri Kontrolü	62

5.3. Soğutma Sistemleri	68
5.3.1. Soğutma Grupları	68
5.3.1.1. Soğutma Grupları Paralel Çalışma Kontrolü	68
5.3.1.2. Soğutma Grupları Seri Çalışma Kontrolü	69
5.3.1.3. Soğutma Gruplarında Koruma	69
5.3.2. Soğutma Kuleleri	69
5.3.2.1. Soğutma Kuleleri Kontrol Yöntemleri	70
5.3.2.1.1. Hava Tarafında Kontrol	70
5.3.2.1.2. Su Tarafında Kontrol	71
5.3.2.1.3. Hem Hava Hemde Su Tarafında Kontrol	72
5.3.2.2. Soğutma Kuleleri Koruma Yöntemleri	72
5.4. Havalandırma Sistemleri	74
5.5. Aydınlatma Kontrolü	76
5.6. Bir Klima Santrali Simülasyonu	77
BÖLÜM 6. ENERJİ YÖNETİM SİSTEMLERİ	102
6.1. Maksimum Talebe Dayanan Yük Dönüşümü	102
6.1.1. Maksimum Talep Ölçümü	103
6.1.2. Yük Dönüşüm Yöntemi	104
6.1.3. Maksimum Talep Noktası Alarmları	105
6.1.4. Hesaplama Algoritması	106
6.1.5. Maksimum Talep Noktası Simülasyonu	107
6.2. Pompa Ve Fanlarda Frekans Konvertörü Kullanımı İle Sağlanan Enerji Tasarrufu Simülasyonu	122
6.2.1. Frekans Konvertörü Kontrollü Fan Hızı Kontrolü İle Damper Kontrolü Kıyaslaması	123
6.2.2. Frekans Konvertörü Kontrollü Pompa Hız Kontrolü İle Vana Kontrolü Kıyaslaması	126
SONUÇ	128
KAYNAKLAR	130
ÖZGEÇMİŞ	131

ÖZET

Tezde bina otomasyonu ve enerji yönetim sistemleri incelenmiştir. Bina otomasyonu konusuna ilk giriş algılama elemanları olan sensörlerin karakteristikleri ve seçim kriterleridir. Daha sonra bir otomatik kontrol sisteminin kararlı çalışmasını belirleyen oransal, integral ve türevsel parametrelerin ayarlanması anlatılmıştır. Diğer bölümlerde ise bina otomasyonu uygulamaları ve enerji yönetim sistemleri örnek simülasyonlarla birlikte verilmiştir.



SUMMARY

Automatic control has played a vital role in engineering and science. Additionally , automatic control has become an integral part of modern manufacturing and industrial processes. For example , automatic control is essential in controlling pressure , temperature , humidity , viscosity and flow in the process industries.

A system is a combination of components that act together and perform a certain objective. Sensors , actuators , controllers , disturbances are parts of a system.

A sensor is defined as a device that receives and responds to a signal or stimulus. The purpose of a sensor is to respond to some kind of an input physical property (stimulus) and covert it into an electrical signal which is compatible with electronic circuits. A sensor is a translator of generally non-electrical value into an electrical value. Electrical signal information is modified by electronic devices. The sensor's output signal may be in a form of voltage , current or charge.

All sensors may be passive or active. The passive sensors directly generate an electrical signal in response to an external signal in response to an external stimulus. The input stimulus energy is converted by the sensors into output energy without the need for an additional power source. Active sensors require external power source. Active sensors require external power for their operation , which is called an excitation signal. That signal is modified by the sensor to produce the output signal

Sensors have some characteristics that represent the relationship between its output and input signals. Transfer function , span , full scale output , accuracy , calibration error , hysteresis , nonlinearity , saturation , repeatability , dead band , resolution , output impedance , excitation , dynamic characteristics to be taken care by the application engineer. Using an appropriate sensor for process accuracy is so important.

Second chapter gives details about all kind of sensor characteristics. A sensor does not function by itself. It is always a part of larger system which may incorporate many other signal processors , memory devices , data recorders and actuators. A sensor is always a part of a system which includes various feedback loops.

The simplest way to automate the control of process is through conventional feedback control as given in chapter 3. Sensors or measuring devices are installed to measure the actual values of the controlled variables. These actual values are then transmitted to feedback control hardware , and this hardware makes an automatic comparison between the set points (desired values) of the controlled variables and measured (actual) values of these same variables. Based on the difference (error) between the actual value and the desired values of the controlled variables , the feedback control hardware calculates signals that reflect the needed values of the controlled variables.

These signals are then transmitted automatically to adjusting devices. The comparator , or error detector , is common to all feedback control systems. This is negative feedback control , i.e. , the signal fed back to the comparator is subtracted from the set point.

The various blocks of a feedback control loop have different types of dynamic behavior. Many of individual components of the process control loop have no time - dependent behavior , i.e. , there is no lag in their operation when the input to the component changes , for all practical purposes , the output changes instantaneously. The output changes instantaneously when the input changes. In effect , the output is always proportional to the input and this proportionality constant will be referred to as the sensitivity or gain.

Many individual components illustrate dynamic characteristics. Typically , their output will lag behind any input. The specific mathematical form of these dynamic lag is a differential equation with time.

Process dynamic vary significantly from one individual loop to another , and the engineer must gain some appreciation and insight into the dynamics of an individual loop in order to design , install and tune the loop to provide quality control.

Process control is obviously needed only in situations that are changing , i.e. , if nothing is changing , control is not needed. Things that are changing are doing so with respect to time , and understanding their dynamic behavior is important. As a result , to understand process control , one must appreciate and understand process dynamic behavior.

A controller can be made to operate a final control element , e.g. , a valve or damper , in a number of different ways in response to a signal.

The term “ Control Mode “ means the manner in which a controller moves the final control element (actuator) in response to a change in detector signal.

There are five different modes or combinations ;

ON / OFF

INTEGRAL

PROPORTIONAL

PROPORTIONAL + INTEGRAL

PROPORTIONAL + INTEGRAL + DERIVATIVE

Most common continuous control mode is proportional control in which the controller is algebraically proportional to the error signal. This means that in integral action , the value of manipulated variable is changed at a rate proportional to the error. Integral control action usually is combined with proportional control action. The combination is termed proportional + integral action. This is referred PI control.

Derivative control action is based on rate of change of the error signal. It is not theoretically possible to use an independent control action. Because the error might be huge , if it were unchanging , the controller output would be zero. Thus derivative control is usually found in combination with proportional.

Control loop tuning can be achieved can be achieved by using the stability limit method or the step method.

Nowadays, Building automation systems have a huge market to monitor and control other building services such as energy, security and fire protection systems. Other manufacturers also offer such systems, particularly in the fire and security sector and there is a rapidly increasing number of large and small firms with basic processor and software capabilities who are entering the market. It is advisable to question the level and validity of the software offered to perform the tasks required in the context of building services automation. Much of the software has still not been proven in practice and it is unwise to accept these programs until they have been demonstrated on a real project.

One other area which requires emphasis is the possible susceptibility of all processor based systems to electrical interface. The rapid advance of microelectronics and the consequential reduction in equipment costs has made the consideration and use of these systems much more widespread. Because the technology and associated software are both still being developed this section covers the essential principles and requirements to obtain satisfactory systems. It also covers the facilities available and associated arrangements which are now being incorporated. The principles apply whether the system has one unit with 10-20 points or multiple processors and outstations serving 10000 points.

The use of the term building automation system (BAS) is a generic title for all forms of data centers used in building systems data collection and control services. An energy management system (EMS) is one element of the BAS and some forms of BAS operate wholly as an EMS.

Building automation systems use standard controllers and a stand out computer which are linked together with a two core pair cable to allow communication to take place between the computer and the controllers. Each controller is fitted with a serial link port which allow the computer to talk through network cable or via a modem over the Public Telephone Line System.

The system normally uses standard microprocessor controllers such as compensatory, optimizers, temperature and humidity controllers etc. These controllers will all have a serial link port to allow communication over the serial link system to the computer.

The controllers are however “stand alone” devices and can be programmed completely through their own keyboards. They can thus be used as normal controllers without a network system or as remote units within a network system. To make installation easier multi-loop controllers are available. For example, with a district heating application, a single microprocessor controller can have a number of compensator loops.

The network software is a relatively simple set of software which allows the computer to communicate with the remote controllers. It will normally be written by the controls manufacturer and be suitable for use with a range of IBM compatible computers. Modern software is user friendly and menu driven either by mouse or the computer keyboard. The software should be password protected to prevent unauthorized access. Whilst the software is running the operator can interrogate and/or program the network controllers from the central computer. The computer can be instructed to automatically poll the network controllers continuously to update information selected by the operator such as alarms, control parameters and sensor readings. Alarms can be set up and if any parameter exceeds the specified limits, an alarm is annunciated both audibly and with an on screen message. The alarm message may also be printed out and logged.

As the size and complexity of modern buildings has increased, the efficient and economic operation of the mechanical services has become a more complex problem. Helping engineering staff to solve this problem ,is one of the main roles of the Building Management System.

Energy in the form of electricity, oil and gas is used to light, heat and cool the environment space inside a building. The efficient use of these fuels results in significant savings whilst retaining the all important comfort conditions within the building. In addition to this a reduction in the use of any fossil fuel will considerably improve the environment outside the building. The BMS also provides a means of control. It is able to switch lighting on and off ; to start and stop fans and pumps and to start and stop boilers and refrigeration machines.



1.GİRİŞ

Otomatik kontrol sistemleri geribesleme devrelerini içerir. Bu tür sistemlerde kontrol edilen bir büyüklük, kontrol edilen büyüklüğün istenen değeri olan referans ve ikisinin farkından elde edilen hata büyüklüğü vardır. Hata büyüklüğünü elde etmek için sistemde kontrol edilen büyüklüğün ölçümü yapılmalıdır. Bu ölçümde sensörlerle yapılır. Bu şekilde hataya bağlı olarak bir çıkış sinyali üretilir ve sistem referans değeri civarında tutulur.

Otomatik kontrol sisteminde hatanın sürekli hal değeri, sistemin geçici hal davranışı ve bozucu etkiler dikkat edilecek noktalardır.

2. SENSÖR KARAKTERİSTİKLERİ

Bir sensör elektrik sinyalinı üretmeden önce birkaç dönüşüm basamakları vardır. Örnek olarak fiberoptik sensör üzerine etkiyen basınç, önce fiberde gerginliğe, sonra sırasıyla reaktif indeksinde sapmaya neden olur. Son olarak foton akısı hissedilir ve elektrik akımına dönüştürülür. Bu bölümde sensörün fiziksel yapısı dikkate alınmadan sensörlerin tüm karakteristikleri incelenecektir [3].

2.1. TRANSFER FONKSİYONU

İdeal veya teorik olarak çıkış - uyarım ilişkisi her sensörde vardır. Eğer sensör ideal olarak tasarlanıp üretilmişse, daima uyarımın gerçek değerini verir. İdeal fonksiyon tablo değerleri, grafik yada matematiksel eşitlik olarak verilebilir. İdeal (teorik) çıkış sinyali-uyarım ilişkisine transfer fonksiyonu denir. Bu fonksiyon sensörde üretilen S sinyali ile s uyarım sinyalinden oluşur. Bu fonksiyon lineer yada lineer olmayan bir yapıda olabilir. Örneğin logaritmik, eksponansiyel yada üstel bir fonksiyon olabilir. Lineer bağıntı aşağıdaki formülle verilebilir [3].

$$S = a + b s \quad (2.1)$$

a : Sıfır Uyarım Sinyali

b: Eğim (Hassasiyet)

s: Uyarım

S : Sensör Elektriksel Çıkış Sinyali

Sensör çıkış sinyali, özelliğine bağlı olarak genlik, frekans gibi birimler olabilir.

$$S = a + b \ln(s) \quad (2.2)$$

Ekspansiyel fonksiyon ;

$$S = a e^{ks} \quad (2.3)$$

Kuvvet fonksiyonu ;

$$S = a_0 + a_1 s^k \quad (2.4)$$

k: Sabit

Bu denklemlerin hiçbirisine uymayan sensör karakteristikleride olabilir. Bu durumda yüksek dereceden polinomial yaklaşım durumuna başvurulur. Lineer olmayan transfer fonksiyonu için hassasiyet (b), lineer bağıntıdaki gibi sabit değildir. Herhangi bir belirli giriş uyarım değerinde (s_0) hassaslık aşağıdaki gibi belirlenebilir.

$$b = dS(s_0)/ds \quad (2.5)$$

Birçok durumda sınırlı bir aralıkta, lineer olmayan sensör lineer olarak düşünülebilir. Tüm çalışma aralığında lineer olmayan bir fonksiyon birkaç doğru olarak modellenenebilir. Buna Kısmi Yaklaşım denir. Bir sensörün lineer modelde olup olmadığını anlamak için uyarım değerlerinde artan değişkenlere bakılır ve bu sırada çıkış gözlenir. Lineer model ile gerçek cevap arasında karşılaştırma yapılır. Bu karşılaştırmada hata değeri belirlenen sınırlar içinde olmalıdır.

2.2. ÖLÇÜM ARALIĞI

Uyarımın dinamik aralığı yada kabul edilebilecek bir hata oranında sensör tarafından algılanabilecek nominal uyarımdır. Çok geniş ve lineer olmayan karakteristiğe sahip bir sensör için giriş uyarımının dinamik aralığı genellikle desibel (dB) olarak verilir. Desibel, güç yada kuvvet (gerilim) değerlerinin logaritmik ölçümüdür. Desibel ölçümde değer değil oran ölçümüdür. Desibel skalası çok düşük değerlere kadar gider. Lineer olmayan skalada düşük seviyedeki sinyalleri yüksek doğrulukta verir [3].

Güç için ;

$$1 \text{ dB} = 10 \text{ Log} P_2/P_1 \text{ (2.6)}$$

Kuvvet, akım, gerilim için ;

$$1 \text{ dB} = 20 \text{ Log} S_2/S_1 \text{ (2.7)}$$

Tablo 2.1 Güç, Kuvvet, (Gerilim, Akım) ve Desibel Arasındaki Bağntı

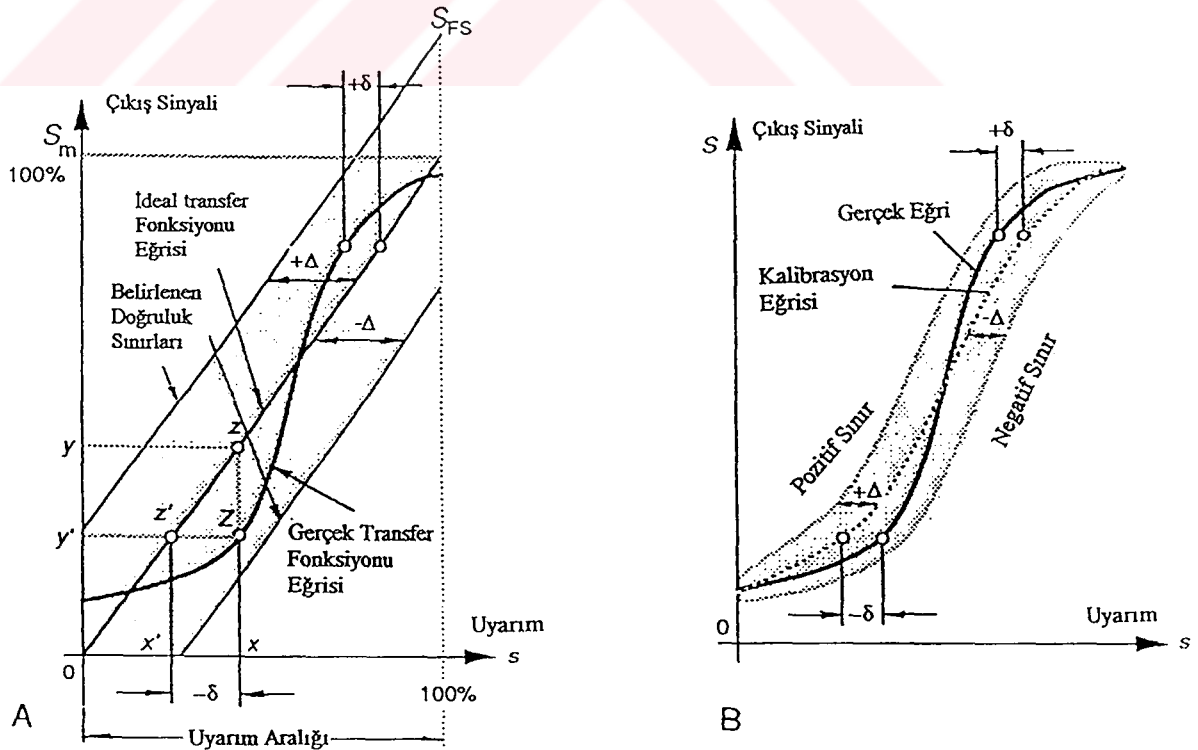
Güç Oranı	1.023	1.26	10.0	100	10^3	10^4
Kuvvet Oranı	1.012	1.12	3.16	10.0	31.6	100
Desibel	0.1	1.0	10.0	20.0	30.0	40.0
Güç Oranı	10^5	10^6	10^7	10^8	10^9	10^{10}
Kuvvet Oranı	316	10^{32}	316^2	10^4	$3 * 10^4$	10^5
Desibel	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0	100.0

2.3. TAM SKALA ÇIKIŞ DEĞERİ

Sensöre uygulanan maksimum ve minimum uyarımlarda elektriksel çıkış sinyali farkıdır. İdeal transfer fonksiyonunda tüm bir devinimdir. Şekil 2.1 A da S_{FS} olarak verilmiştir.

2.4. DOĞRULUK

Çok önemli bir sensör karakteristiğinde doğruluk değeridir. Gerçekte bu değerin anlamı hata oranıdır. Bu oran sensörün nominal devinimde verdiği değer ile ideal değeri arasındaki orandır. Örnek olarak lineer deplasman (yer değişim) sensörünü inceleyelim. İdeal olarak 1mV sinyali 1 mm yer değiştirme için verşin. Gerçekte 10 mm yer değiştirmede 10.5 mV sinyal verdiğini kabul edelim. Bu değer gerçek değerinden 0.5 mm daha fazladır. 10.5 mm'lik yerdeğişim algılanır. Böylece sensörün hatası $(0.5\text{mm}/10\text{mm}) * \%100 = \%5$ dir.



Şekil 2.1 İdeal ve teorik transfer fonksiyonunu verir. Gerçekte sensörlerin çıkış sinyalleri mükemmel olarak gerçek transfer fonksiyonlarını vermezler. Gerçek transfer fonksiyonu nadiren ideal eğri ile çakışır. Yapılış malzemesi farklılıkları, tasarım hatası, üretim toleransları ve diğer sınırlamalarla gerçek transfer fonksiyonu ailesi çok geniştir. Bu izin verilen sınırlar ideal transfer fonksiyonundan $\pm\Delta$ kadar uzaklaşır. Gerçek transfer fonksiyonu ideal eğriden $\pm\delta$ kadar ($\pm\Delta$) devinim gösterir. x Değerinde bir uyarım düşünelim. İdeal transfer fonksiyonu eğrisi üzerinde z değerine karşılık y çıkış değerini alır. Fakat gerçek transfer fonksiyonu Z noktasında cevap verir ve çıkış değeri y' dür. Bu çıkış değeri ideal transfer fonksiyonu üzerinde z' değerine karşılık gelir. z' değeri ise x' uyarım değerine karşılık gelir ve x değerinden küçüktür [3].

Bu örnekteki ölçüm hatası $-\delta$ kadardır. Doğruluk oranı şu etkilerin bileşimidir; kısmi değişkenler, histerizis, ölü bölge, kalibrasyon, tekrarlılık hatası. Doğruluk sınırları genellikle en kötü koşullara göre tasarlanır. Şekil 2.1 B de $\pm\Delta$ hatası gerçek transfer fonksiyonuna daha yakındır. Bu da sensör doğruluk toleranslarının daha iyi olduğunu gösterir. Belirlenen doğruluk sınırları ideal transfer fonksiyonu civarında değil kalibrasyon prosedürüne göre belirlenen kalibrasyon eğrisi civarındadır. Böylece izin verilen sınırlar daralır ve daha doğru ölçüm yapılır. Bu yöntemle ölçümün daha doğru olduğu açıktır fakat sensör maliyeti arttığından dolayı tercih edilmeyebilir. Hata oranı aşağıdaki şekillerde verilebilir.

1- Doğrudan ölçülen değer (Δ)

2- Ölçüm aralığı yüzdesi

3- Çıkış değeri olarak

Örnek olarak bir piezorezistif basınç sensörü 100kPa nominal giriş uyarımı için 10Ω'luk tam skala çıkış değeri versin. Hata oranı $\pm 0.5\%$, $\pm 500\text{Pa}$ yada $\pm 0.05\Omega$ olarak verilebilir.

2.5.KALİBRASYON HATASI

Kalibrasyon hatası üretici tarafından belirlenen hata sınırıdır. Bu hata gerçek transfer fonksiyonuna eklenir. Bu hatanın çalışma aralığı boyunca düzgün dağılmış olması gerekmez ve kalibrasyondaki hatanın şekline bağlı olarak değişir [3].

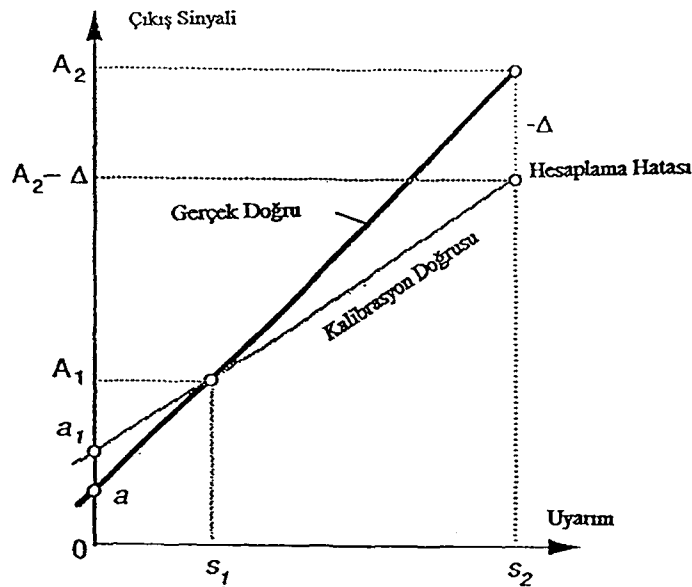
İdeal lineer transfer fonksiyonu üzerinde iki nokta verilsin. Eğimi belirlemek için iki s_1 ve s_2 uyarımı sensöre uygulanır. Sensör cevabı ise A_1 ve A_2 sinyalleridir. İlk cevap doğru ölçülürken yüksek sinyal $-\Delta$ hatası ile ölçülür. Böylece eğim ve sıfır uyarım sinyali hatalıdır. Yeni sıfır uyarım çıkış değeri a_1 , gerçek değer a 'dan farklıdır.

Sıfır uyarım çıkışı hatası ;

$$\delta_a = a_1 - a = \Delta / (s_2 - s_1) \quad (2.8)$$

Eğim hatası ;

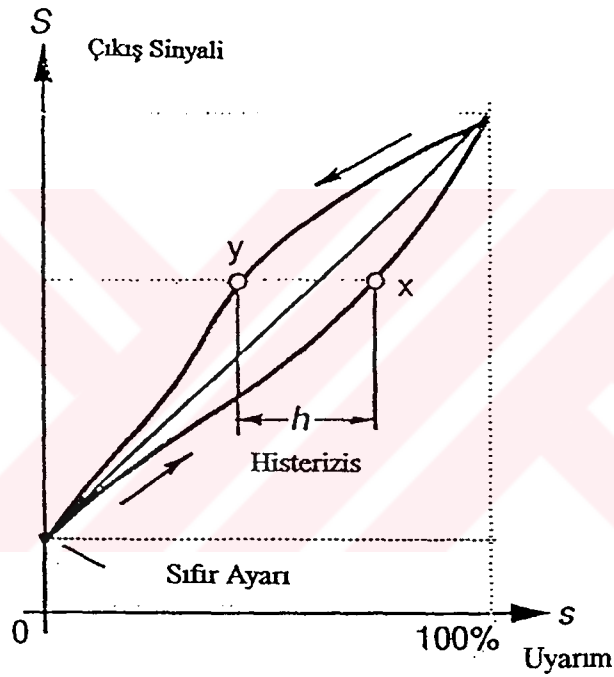
$$\delta_a = \Delta / (s_2 - s_1) \quad (2.9)$$



Şekil 2.2 Kalibrasyon Hatası

2.6. HİSTERİSİZ

Sensör sinyalinin geriye dönüşünde belirli bir uyarımda çıkış sinyalinin gösterdiği sapmaya histerizis hatası denir. Bu hata şekil 2.3’de verilmiştir. Mesela 50 °C sıcaklığı bir termometre ısınırken 49°C ve soğurkende 51°C gösteriyorsa histerisiz 2°C dir. Yada $\pm 1^\circ\text{C}$ ideal transfer fonksiyonundan sapma olur.

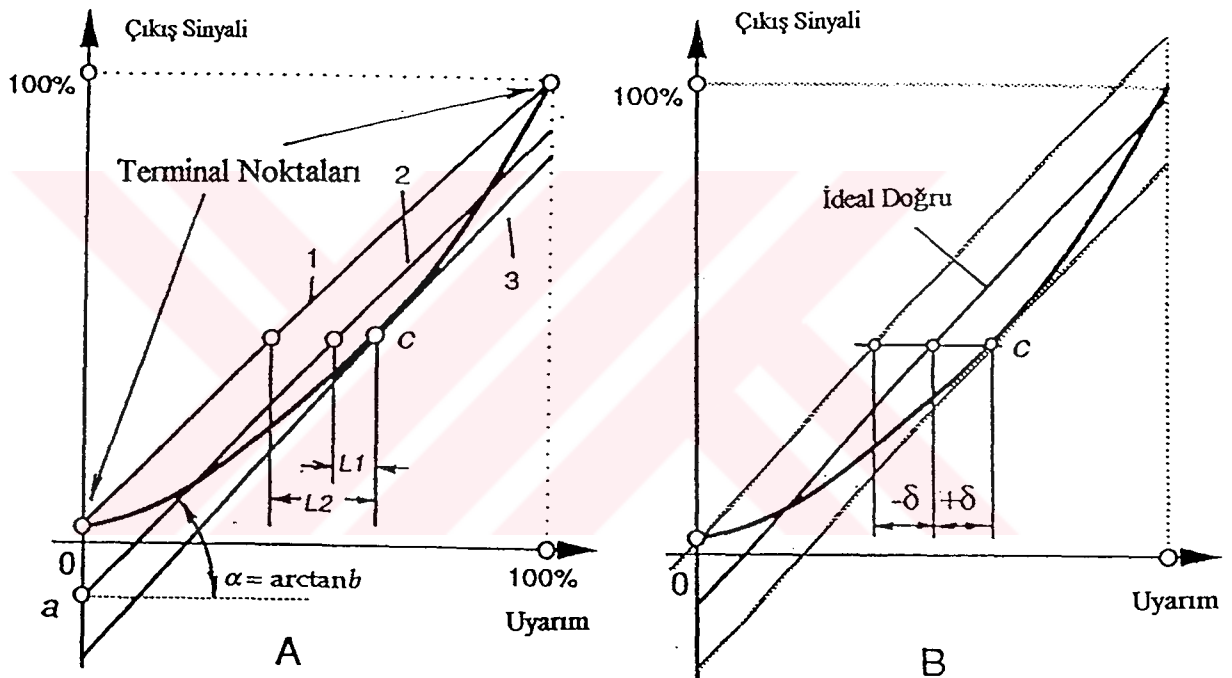


Şekil 2.3 Histerisiz Transfer Fonksiyonu

2.7 LİNEERLİK HATASI

Lineerlik hatası, eşitlik 2.1’de verilen denkleme uygun olan, transfer fonksiyonu düzgün doğruya yaklaşılabilen sensörlerde belirlenir. Lineerlik hatası, gerçek transfer fonksiyonunun düzgün yaklaşım doğrusundan maksimum devinimidir (L). Aslında lineerlik teriminin anlamı lineersizliktir. Eğer birden fazla kalibrasyon

yapılıyorsa, herhangi bir kalibrasyon çevriminde görülen en kötü lineerlik eğriye yerleştirilmelidir. Genellikle ölçüm aralığının yüzdesi yada ölçülen birim (kPa, °C) cinsinden verilir. Doğrunun transfer fonksiyonunda nasıl süperempoze edildiğine bağlı olarak lineersizliği belirlemenin birkaç yolu vardır. Birinci yöntem terminal noktalarını kullanmaktır (şekil 2.4.A). En büyük ve en küçük uyarım değerlerinde çıkış değerini belirlemek üzere iki terminal noktası arasına düz bir çizgi çekilir (1. Çizgi). Terminal noktaları yakınlarında lineerlik hatası azalır ve orta noktalarda ise artar [3].



Şekil 2.4 (A) Lineer Olmayan Transfer Fonksiyonunun Lineer Yaklaşımı
(B) Bağımsız Lineerlik

Yaklaşım doğrusunu belirlemenin diğer bir yolu en küçük kareler yöntemini kullanmaktır (2.Çizgi). Bunun için geniş bir aralıkta s uyarımlarında birkaç (n adet) S çıkış sinyalleri ölçülür. Tercihan bu ölçüm tüm aralıkta yapılır. Aşağıdaki formüllerle en uygun doğrunun sıfır uyarım sinyali (a) ve eğimi (b) hesaplanabilir.

$$a = (\sum S \sum s_2 - \sum s \sum S) / (n \sum s_2 - (\sum s)_2)$$

$$b = (n \sum s S - \sum s \sum S) / (n \sum s_2 - (\sum s)_2) \quad (2.10)$$

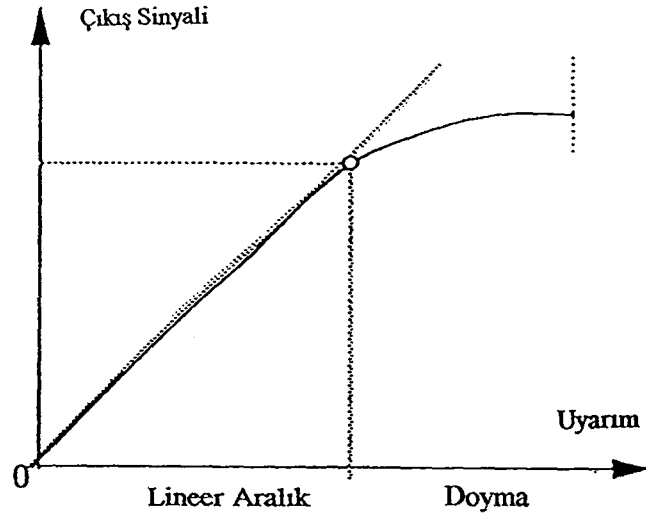
$\sum$: n adet bileşenin toplamı

Bazı uygulamalarda dar bir uyarım aralığında yüksek doğruluk istenir. Mesela bir medikal termometre 37-38°C’de çok hassas ölçüm yapmalıdır. Bu sınırlar dışında daha az doğrulukta ölçüm yapılabilir. Böyle bir sensörde kalibrasyon, yüksek doğruluk istenen aralıkta yapılır. Böylece yaklaşım doğrusu C kalibrasyon doğrusuna çekilir. Sonuç olarak kalibrasyon noktası civarında lineersizlik en düşük değerini alır. Nominal çıkış değerine yaklaştıkça hata değeri artar. Eğer gerçek transfer fonksiyonu biliniyorsa eğim eşitlik 2.5’den bulunabilir. Bağımsız lineerlik “en iyi doğru” olarak şekil 2.4.B’de verilmiştir. Şekilde birbirine en yakın iki paralel doğru arasındadır ve tüm çıkış değerlerini gerçek transfer fonksiyonu üzerinde kapsar.

Çeşitli yöntemlere göre yaklaşım doğruları farklı eğimlerde ve sıfır uyarım değerlerinde olabilir. Bu yüzden lineerlilik ölçümü üreticilere göre farklılık gösterir.

2.8. DOYMA

Her sensörün doyma sınırı vardır. Bazı seviyelerin üzerindeki uyarımlarda sensör, bu sınırdan daha fazla çıkış sinyali veremez. Bu durumda sensörün doymaya girdiği söylenebilir.



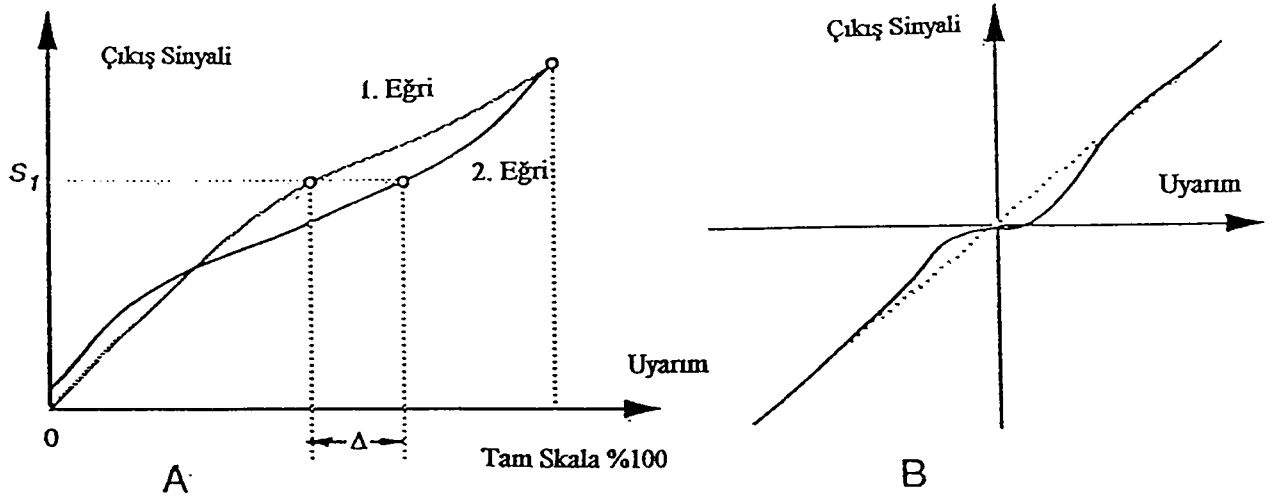
Şekil 2.5 Doyma Eğrisi Transfer Fonksiyonu

2.9. KARARLILIK (TEKRAR EDİLEBİLİRLİK)

Kararlılık hatası belirli koşullar altında sensör çıkış sinyalinin farklı iki uyarıma karşılık gelmesidir. İki eğri arasındaki maksimum uzaklık olarak verilebilir. Genellikle tam skala çıkışın yüzdesi olarak verilebilir.

$$\delta_r = (\Delta/TS) \%100 \quad (2.11)$$

Kararlılık hatası kaynakları ısı gürültü, malzeme yapısı, gibi sebeplerden kaynaklanabilir.



Şekil 2.6 A : Kararlılık Hatası (S_1 çıkış sinyali iki farklı uyarım sinyaline karşılık gelir), B : Transfer Fonksiyonundaki Ölü Bölge

2.10. ÖLÜ BÖLGE

Ölü bölge belirli bir aralıktaki dış dünyadan gelen uyarımların algılanamamasıdır. Şekil 2.6.B’de gösterildiği gibi tüm bir ölü bölge boyunca çıkış sinyali belirli bir değerde kalır. Bu değerde genellikle sıfırdır.

2.11. ÇÖZÜNÜRLÜK

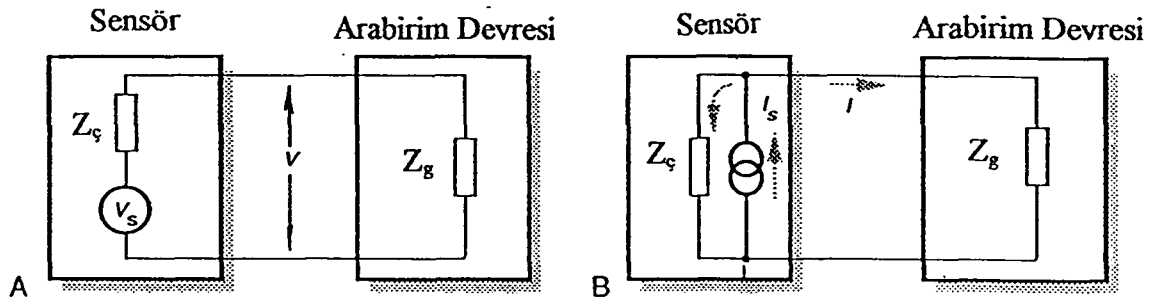
Çözünürlük, algılanabilen uyarımdaki en küçük artış olarak düşünülebilir. Eğer bir uyarım sürekli olarak bir aralık boyunca değişiyorsa, bazı sensörlerin çıkış sinyalleri gürültüsüz ortamda bile düzgün değildir. Çıkış sinyali çok ufak basamaklarla değişir. Bu durum genellikle potansiyometrik transduserler , infrared sensörler gibi çıkış sinyalinin sadece belirli bir uyarım aralığında iken sağlanabildiği sensörlerde

geçerlidir. Çözünürlük, çıkış değerinde en küçük artışa neden olan girişin değişim değeridir. Mesela tam skalası 270° olan bir açısal sensörde 0.5° 'lik çözünürlük için bu değer %0.181 tam skala olarak verilir [3].

2.12. ÇIKIŞ EMPEDANSI

Sensör çıkış empedansı (Z_c), sensör ile elektronik devrenin birleşiminde çok önemlidir. Bu empedans ya devrenin giriş empedansı (Z_g) ile paralel (gerilim bağlantısı), yada seri (akım bağlantısı) bağlanır. Şekil 2.7 bağlantıları gösterir.

Z_g ve Z_c empedansları aktif ve reaktif bileşenleri kapsayacağından kompleks bir yapıda formülleştirilir. Çıkış sinyal dağılımını küçültmek için akım üreten sensör B, mümkün olduğu kadar yüksek çıkış empedansına sahip olmalıdır ve devre giriş empedansında düşük olmalıdır. Gerilim üreten sensörde (A), çıkış empedansı mümkün olduğu kadar küçük, devre giriş empedansı pratikte yüksek olmalıdır.



Şekil 2.7 Sensör İle Bir Devrenin Birleşimi, A : Gerilim Çıkışlı Sensör

B : Akım Çıkışlı Sensör

2.13. SENSÖR BESLEME SİNYALİ

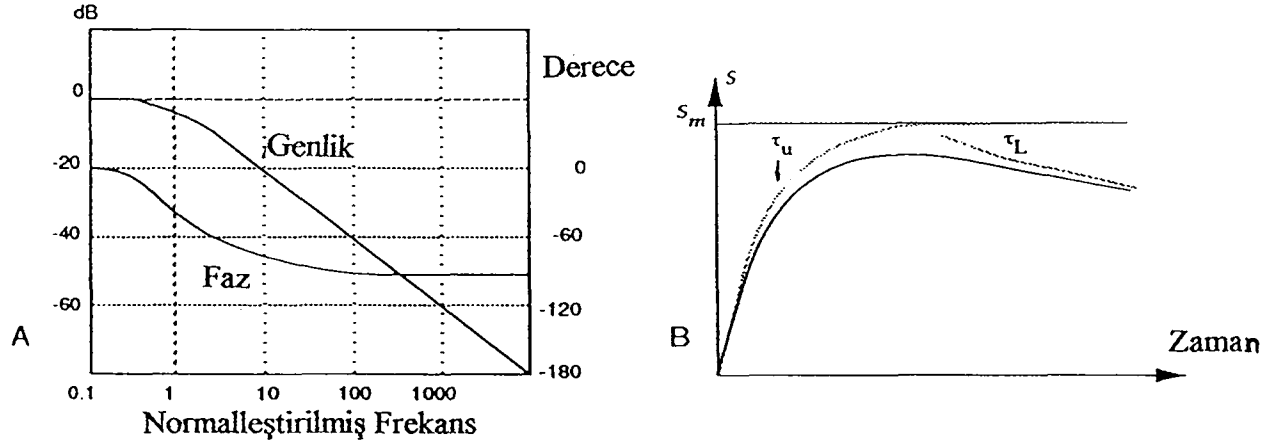
Aktif sensörlerin çalışması için dışardan mutlaka besleme sinyali gereklidir. Gerilim yada akım şeklinde besleme gerçekleşir. Bazı tip sensörlerde besleme sinyalinin frekansı ve bunun kararlılığı hassastır. Uyarım sinyallerindeki değişiklik, transfer fonksiyonunu ve çıkış değerini değiştirir.

2.14. DİNAMİK KARAKTERİSTİKLER

Kararlı durumlarda sensör tamamıyla transfer fonksiyonu, çalışma aralığı, kalibrasyon gibi etkenlerle belirlenir. Bununla birlikte bir uyarım değiştiğinde sensör tepkisi, cevabı genellikle mükemmel doğrulukta tahmin etmez. Bunun sebebi uyarım kaynağı ile sensör birleşiminin anında birbirine cevap vermemesidir. Başka bir deyişle bir sensör dinamik karakteristik ile zamana bağlıdır. Eğer bir sensör anında cevap veremezse dinamik hata olarak adlandırılan uyarım hatası ile ölçüm yapar. Statik ve dinamik hatalar arasındaki fark dinamik hatanın zamana bağlı olmasıdır. Eğer bir sensör kendi dinamik kararlılığına sahip bir kontrol sisteminin parçası ise bu birleşim osilasyona neden olur.

Isınma süresi, uyarma sinyali veya gücünün uygulandığı an ile sensörün kendi sınırları içerisindeki doğrulukta çalışmaya başladığı an arasındaki süredir. Birçok sensörde bu süre çok kısadır. Fakat bazen bu süre dakikalarca sürebilir. Isınma süresi dolunca sensör istenen doğrulukta çalışır.

Frekans cevabı önemli bir sensör dinamik karakteristiğidir. Bu sensörün uyarım girişine ne kadar çabuk cevap verdiğini gösterir. Frekans cevabı Hz yada rad/sn olarak verilip belirli frekanslarda çıkış sinyalindeki azalmayı belirler (şekil 2.8 A). Genel olarak kullanılan frekans sınırı -3dB'dir. Çıkış akım veya geriliminin yaklaşık %30 oranında düştüğü frekansı gösterir. Frekans cevap sınırı, f_u , üst kesme frekansı olarak adlandırılır ve sensörün fonksiyonlarını gösterebildiği en üst frekanstır.



Şekil 2.8 Üst ve Alt Sınır Kesme Frekansları İle Birlikte Frekans Karakteristiği (A) ve Birinci Dereceden Sensör Cevabı (B)

τ_u : Üst kesme frekansı zaman sabiti

τ_L : Alt kesme frekansı zaman sabiti

Frekans cevabı doğrudan hız cevabıdır ve her bir birim zamandaki birim giriş uyarımıdır. Frekans cevabı veya hız sensör tipine, uygulamaya ve üreticiye bağlıdır.

Hız cevabını belirlemede diğer bir yöntemde süreyle belirlenir. Bu süre sensörün basamak uyarımında kararlı halinin %90'ını vermesi için geçen süredir. Zaman sabiti sensörün eylemsizlik momenti ölçüsüdür. Elektrik terim olarak zaman sabitini kapasite ve direnç oluşturur ($\tau = RC$). Isıl terimlerde ise ısı kapasite ve ısı direnç kullanılır. Zaman sabiti kolayca ölçülebilir [3].

Birinci dereceden sistem cevabı ;

$$S = S_m (1 - e^{-t/\tau}), \quad (2.12)$$

S_m = Kararlı hal çıkışı

$t = \tau$ aldığımızda,

$$S/S_m = 1 - (1/e) = 0.6321 \quad (2.1)$$

Başka bir deyişle belirli bir zaman sabiti sonunda sistem kararlı hal seviyesinin %63'üne varır. Yaklaşık iki zaman sabiti süresi sonunda yükseklik %86.5 ve üç zaman sabiti sonunda %95 olur.

Alt kesme frekansı sensörün işlem yapabileceği en düşük frekanstır. En düşük ve en yüksek frekansı belirlemede birçok benzerlik vardır. Aynı terimler kullanılır ve zaman sabitinin anlamı aynıdır. Üst kesme frekansı sensörün ne kadar çabuk reaksiyon göstereceğini verirken , alt kesme frekansı ise sensörün çalışabileceği uyarımın nasıl yavaş değiştiğini gösterir. Şekil 2.8.B'de hem alt hemde üst sınır kesme frekanslarında sensör cevabı veriliyor. Genelde sensör kararlı hal S_m değerine ulaşamaz. Çıkış sinyali birinci dereceden cevap için aşağıdaki gibi verilebilir.

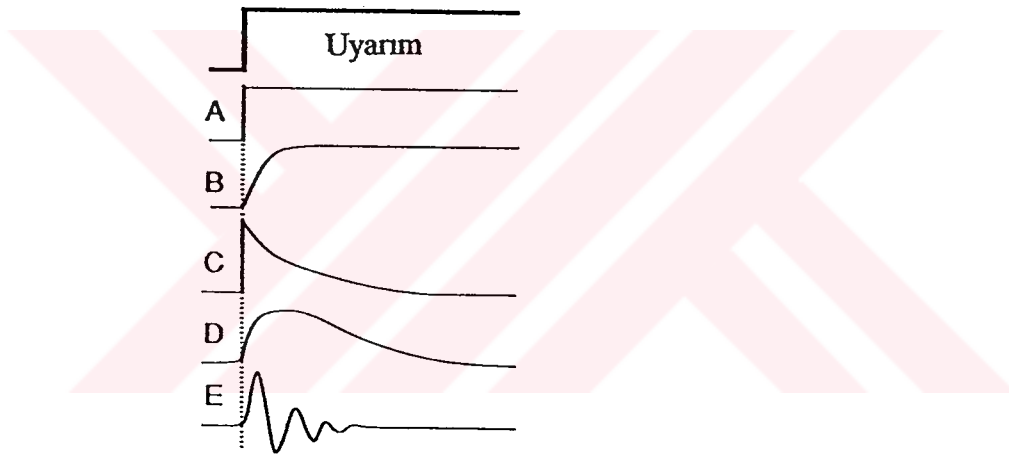
$$S = S_m (1 - e^{-t/\tau_u}) e^{-t/\tau_l}, \quad (2.14)$$

Birinci dereceden sensörler için kesme freksansı (alt ve üst sınır) basit bir formül olarak aşağıdaki gibi verilebilir.

$$f_c \approx 0.159/\tau \quad (2.15)$$

Çok dar bir bant aralığındaki sensörde alt ve üst sınır kesme frekansları birbirine yakındır. Bu durumda zaman sabiti kullanmak Çok geniş bir bant aralığında ise (üst sınır frekans 50 kat daha büyük), her iki zaman sabitleride oldukça doğru ölçülür [3].

Sabit uyarıma cevap veren sensör sınıfları çok çeşitlidir. Bu tip sensörlerde $\tau_L = \infty$, ve $f_L = 0$ dır. Aşağıdaki şekilde değişik kesme frekanslarındaki sensörlerin cevapları veriliyor.



Şekil 2.9 Tipik Sensör Cevapları,

- A : Sınırsız Alt ve Üst Frekanslar
- B : Birinci dereceden Sınırlı Üst Kesme Frekansı
- C : Birinci Dereceden Sınırlı Alt Kesme Frekansı
- D: Birinci Dereceden Sınırlı Alt ve Üst Kesme Frekansları
- E: Dar Bant Genişliği Cevapları (Rezonans)

Faz kayması, belirli bir frekansta uyarım değişimini veren sinyal sinyaldeki gecikmeyi belirler. Kayma, açısal derece veya radyan olarak ölçülür. Eğer sensör bir geribesleme kontrol çevriminin bir parçası ise faz karakteristiği bilinmelidir. Bu faz karakteristiği sistem kararlılığını etkiler.

Rezonans (doğal) frekans, sensör çıkış sinyalinin önemli ölçüde artış gösterdiği frekanstır. Hz yada rad/sn boyutunda olabilir. Birçok sensör rezonans göstermeyen, birinci dereceden lineerdir. Bunun yanında dinamik bir sensörün ikinci dereceden cevap eğrisine uyarsa üretici firma bu doğal frekansı. Rezonans frekansı sensörün mekanik, ısı ve elektriksel özellikleri ile ilgili olabilir. Genel olarak rezonans frekansını, sensör çalışma frekansının çok üzerinde veya altında seçmek iyidir. Mesela cam kırılmasını algılayan bir sensörde rezonans önemli bir seçim parametresidir. Kırılan camın akustik spektrumuna göre dar bir aralıkta olmalıdır.

2.15 ÇEVRESEL FAKTÖRLER

Çalışma koşulları, normal çalışma altında sensörün çalışmasını etkilemediği ortam koşullarıdır. Genellikle sensörlerin çalışma ortam koşulları, endüyük ve en yüksek sıcaklıkları ve relatif nem koşullarını verir. Sensörün yapısına bağılı olarak bazı spesifik sınırlamalarda verilebilir.

Kısa dönem kararlılık sensörün çok düşük gürültü frekanslarında çıkış sinyalindeki değişimdir ve dakikalık, saatlik veya günlük olarak ifade edilen süredir.

Uzun dönem kararlılık sensörün yaşlanması ile ilgilidir. Yaşlanma etkisi ile sensörün elektriksel, kimyasal veya ısı özellikleri değişir. Bu değişim aylar, yıllar gibi uzun sürelerde gerçekleşir. Uzun dönem kararlılığı hassas ölçümde kullanılan sensörler için çok önemlidir. Yaşlanma çevre koşulları ve sensörün çalışmasına bağılıdır.

Sensör kalitesi çevre ortamlardan ne kadar izole edildiğine ve ne tür malzemeden yapıldığına bağılıdır. Örneğin cam kaplı metal oksit termistör için uzun dönem kararlılığı epoksi kaplı termistöre göre çok daha fazladır.

Sensörün etki altında kaldığı çevre koşulları sadece sensörün ölçüm yaptığı değişkenleri içermez. Mesela hava basınç sensörü sadece havanın basıncı etkisi altında değil, hava sıcaklığı, nem, elektromagnetik alan, yerçekimi kuvveti, vibrasyon gibi etkilerin altındadır. Tüm bu faktörler sensör karakteristiğini etkiler. Hem statik hemde dinamik etkiler göz önüne alınmalıdır. Bazı çevresel faktörler sensör karakteristiğini etkiler.

Çevresel kararlılık oldukça geniş ve çok önemli bir gerekliliktir. Hem sensör tasarımcısı hemde uygulama mühendisi sensör performansını gözönüne almalıdır. Mesela insan hareketini hisseden bir sensör, ortam sıcaklığındaki ani değişiklik, rüzgar, ani gürültü, vibrasyon, elektromagnetik enterferans gibi çevresel faktörlerden etkilenir. Eğer çevre faktörleri sensör verimini düşürüyorsa ekstra koruma gereklidir. Mesela sensörü koruyucu kutuya koymak, elektriksel ekranlama, ısı yalıtım gibi önlemler alınabilir. Üretici bu tür etkenlerden bahsetmese bile uygulama mühendisi bu tür korumaları düşünmelidir.

Sıcaklık etkisi sensörler için çok önemlidir ve daima hesap dahilindedir. Çalışma sıcaklık aralığı alt ve üst sınırları sensör doğruluk karakteristiğine göre daima belirlidir. Birçok sensör sıcaklıktan etkilenir ve transfer fonksiyonu kayar.

Kendi kendini ısıtma, uyarma sinyali sensöre geldiğinde sensördeki hissedici malzeme üzerinde ısınma görülür. Mesela termistör sıcaklık sensörü elektrik akımının geçişini gerektirir. Buda sensörün çevresinde ısı artışını meydana getirir. Çevre ile bağlantısına göre sensör sıcaklığı kendi kendine ısınma etkisi ile artar. En kötü çevre-sensör ilişkisi kuru havadadır [4].

2.16. GÜVENİLİRLİK

Bulunduğu durum ve periyod boyunca sensörün istenen fonksiyonu elde etme yeteneğine güvenilirlik denir. İstatistik terim olarak verilir. Belirli bir süreç boyunca sensörün hatasız fonksiyonlarını sürdürmesidir. Gürültü kararlılık karakteristiği güvenilirlik değildir. Normal çalışma koşulları altında sürekli yada geçici olarak sensör performans sınırlarının aşılmasıdır.

Güvenilirlik önemli olduğu halde nadiren sensör üreticisi tarafından verilir. Amerikada birçok elektronik firması güvenilirlik tahmini için MTBF prosedürünü kullanırlar. Bu yaklaşım, kullanılan aletle farklı bileşenlerin farklı hata oranları ve sıcaklık, basınç, çevresel faktörler, ekranlama seviyesi gibi faktörlerin etkisi altında bir oran hesaplanır. MTBF güvenilirliği doğrudan yansıtmaz. Başka bir yaklaşım ise sensörü 1000 saat maksimum sıcaklıkta test etmektir. Bu test hızlı sıcaklık değişimleri gibi etkiler için kaliteyi belirlemez. En uygun yöntem Hızlandırılmış Ömür Kalitesi'dir. Bu yöntemde sensörün çalışması, gerçek ömründeki tüm kötü koşullar sağlanarak yapılır. Fakat gerçek zamanda geçmesi gereken yıllar haftalara sıkıştırılır.

2.17. BİNA OTOMASYONUNDA KULLANILAN SENSÖRLER VE DOĞRULUK DEĞERLERİ

Bina otomasyonu yazılımı sisteme yüklenmeden önce binadaki tüm donanım noktaları kontrol edilmelidir. Sensörleri testi için çeşitli işlemler uygulanır.

Kalibrasyonu yapılmış bir ölçüm cihazı ile tüm sensörlerin montaj yapılacak binada normal çalışma koşulları altında testleri yapılmalıdır.

Bina otomasyonu yazılımının bulunduğu bilgisayarda merkezi kullanıcının dış istasyonda (dijital kontrolör) okuduğu değer ile test ölçüm cihazı karşılaştırılır.

Sensör çıkış sinyali belirli toleransların dışında ise hatalıdır ve yenisi ile değiştirilmelidir.

Sensörün bulunduğu ortamda hiç bir noktada test etme imkanı yoksa sensör yerinden çıkartılıp test edilir. Hava hızı sensörüne bu işlem uygulanamaz.

Eğer sensör tüm çalışma aralığında lineer değilse sensörün çalışma aralığındaki en üst, orta ve en alt değerleri kontrol edilir.

Test cihazı üretici tarafından daha erken bir süre belirtilmedikçe bir sene aralıklarla test edilmelidir.

Bina otomasyonu sistemini alan müşteri veya atadığı kişi tarafından belirli sayıdaki sensöre test yaptırılmalıdır [6].

Tablo 2.2. Sensörlerin Doğruluk Oranları [6]

Sensör	Sensör Çalışma Aralığı	Doğruluk
Sıcaklık-Hava	-10/+40°C	$\pm 0.5^{\circ}\text{C}$
Sıcaklık-Gaz	+30/+850°C	$\pm 3.0^{\circ}\text{C}$
Sıcaklık-Soğuk Su	-10/+30°C	$\pm 0.5^{\circ}\text{C}$
Sıcaklık-Su	-10/+150°C	$\pm 2.0^{\circ}\text{C}$
Nem	10-90%RH	$\pm \%5\text{RH}$
Hava Akış Hızı	-	$\pm \%5\text{FSD}$
Yakıt Sayacı	0-10Hz	$\pm \%3$
Su Sayacı	>5:1	$\pm \%2$
Elektrik Sayacı	-	$\pm \%1.5$
Basınç	-	$\pm \%2$

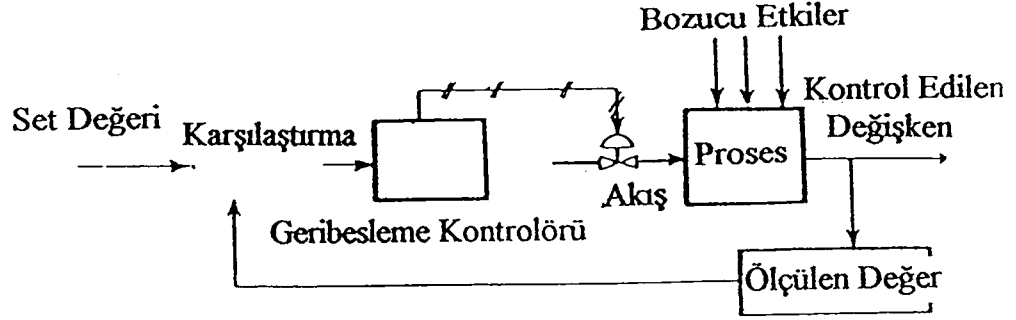
3. GERİBESLEME KONTROL SİSTEMLERİ

3.1. GERİBESLEME KONTROL ÇEVİRİMİ

Bir proste belirli sayıda birbirinden farklı kontrol edilen değişken vardır ve her kontrol edilen değişkenin kendisini kontrol eden değişkeni belirlenmelidir. Bu bölümde bu terimler en genel anlamda ifade edilecektir. Belirli bir kontrol edilen değişken, uygun geribesleme kontrol donanımı üzerinden belirli bir kontrol değişkenine bağlanır.

Kontrol edilen değişken uygun bir sensör ile algılanır ve bu ölçülen değer kontrol edilen değişkenin istenen değeri (set değeri) ile karşılaştırılır. Bu terimler arasındaki fark geribesleme kontrolörü için hata sinyalidir. Bu sayede geribesleme kontrolörü, kontrol değişkeni için bir sinyal değeri hesaplar.

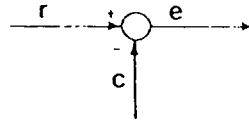
Kontrol edilen değişken bir akışkan ise geribesleme kontrolörü çıkış sinyali şekil 3.1'deki gibi bir vanaya gönderilir. Bu çevrimde bozucu faktörler prosesi etkiler ve kontrol edilen değişkeni set değerinden uzaklaştırır. Kontrol değişkeni tek başına bu bozucu etkileri yok etmeye ve sistemi set değerinde tutmaya çalışır.



Şekil 3.1 Tipik Bir Geribesleme Kontrol Çevrimi

3.2. BLOK DİYAGRAMLARI

Bir kontrol çevrimini anlatan etkili ve basit bir yöntemde blok diyagramları kullanılmaktadır. Blok diyagramları otomatik kontrolde sıkça kullanılan basit, sembolik, grafiksel bir yöntemdir. Blok diyagramlarının iki temel sembolü vardır. Bunlardan birincisi şekil 3.2'deki çemberdir [5].

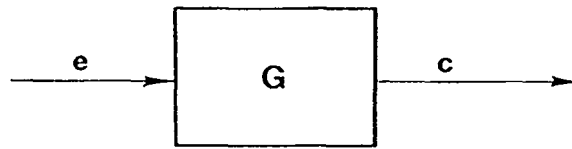


Şekil 3.2 Çember Şeklindeki Blok Diyagramı

Çembere gelen ve çıkan oklar vektörel büyüklükler değildir fakat bilgi akışını ve değişkenleri temsil ederler. Her okun ucunda (+) veya (-) olarak matematiksel bir sembol vardır. Bir işaret yoksa (+) işaretini belirtir. Çember ise

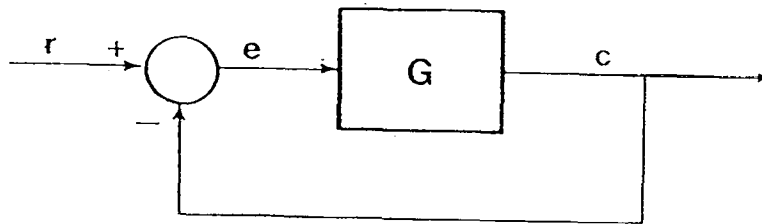
toplama veya çıkarma işlemini temsil eder. Yukarıdaki şekle göre $r - c = e$ (3.1) denklemi elde edilir.

Diğer bir blok diyagram sembolü ise kendisine gelen ve kendisinden ayrılan bir oku olan dikdörtgendir [5].



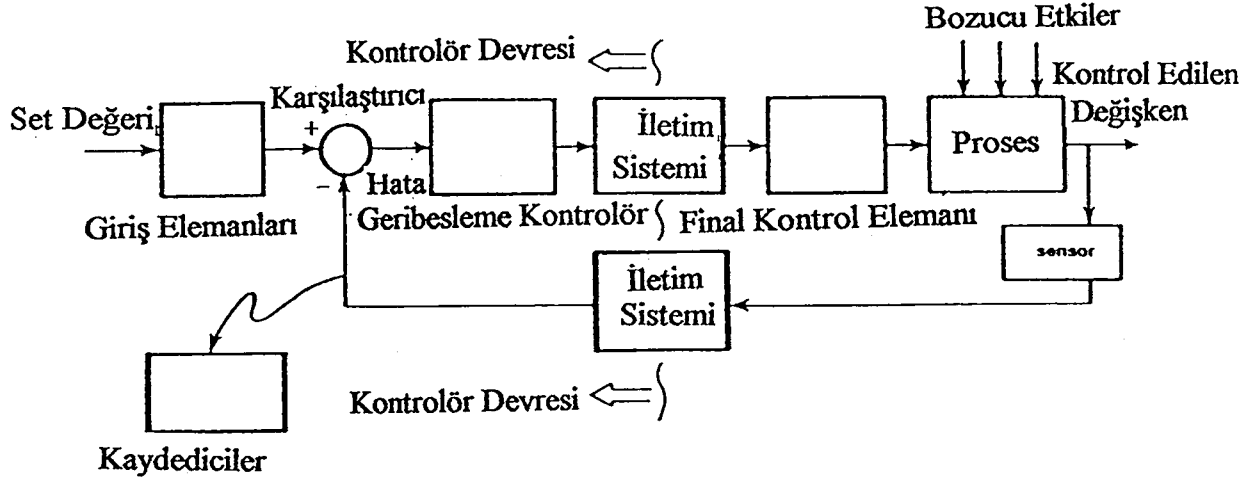
Şekil 3.3 Dikdörtgen Şeklindeki Blok Diyagramı

Bu çarpma ve bölme işlemlerinin sembolik olarak ifade edildiği bir yoldur. Buna göre $c = G e$ (3.2) eşitliği elde edilir. Blok diyagramları birleştirilerek devreler oluşturulabilir.



Şekil 3.4 Bir Negatif Geribesleme Blok Diyagramı

3.3. GERİBESLEME ÇEVİRİMİNİN FONKSİYONEL AÇILIŞI



Şekil 3.5 Geribesleme Çevriminin Fonksiyonel Açılımı

Bu şekil iki kısımda incelenebilir. Birinci bölümde kontrolör içinde yer alan amaç fonksiyonlar vardır. Diğer tarafta ise kontrol çevriminin dengesini sağlayan bloklar bulunur. Burada ya operatörün sağladığı yada donanımdan gelen bir set değeri olmalıdır. Bu set değeri, kontrol edilen değişkenin proseste istenen değeridir aynı boyutta olmalıdır. Mesela lt/s, m/s, mbar gibi birim değerleri her ikisi içinde aynı olmalıdır. Kontrol edilen değişken sensör tarafından ölçülür ve kontrolöre iletilir. Kontrolör içinde karşılaştırıcıda geribesleme sinyali ile set değeri karşılaştırılır. Fark değeri hata terimini oluşturur. Karşılaştırıcıdan çıkan hata terimi geribesleme kontrolörüne giriş değerini verir. Hata terimine göre geribesleme kontrolörü final kontrol elemanına gidecek sinyali hesaplar. Böylece prosesteki değişken kontrol altında tutulur.

3.4 GERİBESLEME KONTROL YÖNTEMLERİ

Analog kontrol bileşenleri Oransal, İntegral ve Türevsel Kontrol olmak üzere üç gruba ayrılır.

$$\text{Kontrol Sinyali} = \text{Oransal Kontrol} + \text{İntegral Kontrol} + \text{Türevsel Kontrol} \quad (3.3)$$

Bir analog kontrol sisteminde bu kontrol bileşenlerinin çeşitli kombinasyonları bulunabilir. Bunların en çok kullanılan türleri aşağıda verilmiştir.

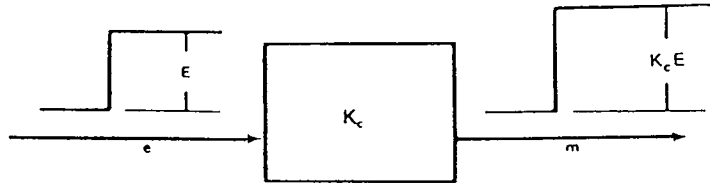
Oransal Kontrol,

Oransal + İntegral Kontrol,

Oransal + İntegral + Türevsel Kontrol.

3.4.1 ORANSAL KONTROL (P KONTROL)

Oransal kontrol en genel sürekli kontrol yöntemidir. Kontrolör çıkışı matematiksel olarak hata sinyali ile orantılıdır. Oransal kontrolün blok diyagramı aşağıdaki gibidir.



Şekil 3.6 Oransal Kontrol Blok Diyagramı

Kontrolör çıkış denklemi $m = K_c e$ (3.4) dir.

Kontrolör kazanç terimi K_c , oransal hassasiyet olarakta adlandırılabilir. Hata sinyalindeki her birim değişim için kontrolör çıkış sinyalindeki değişimi verir. Endüstriyel kontrol sistemlerinde kazanç ayarı genellikle doğrudan kazanç ayarı olarak değil oransal bant değeri olarak verilir ve yazılımda basit bir oransal bant olarak değeri

girilir. Oransal bant, kontrolör çıkış sinyalinin tüm aralığına karşılık gelen, ölçülen değerlerin değişim aralığıdır.

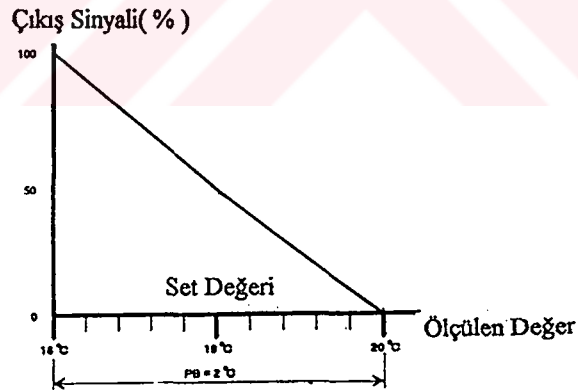
Oransal bant ile oransal kazanç arasındaki bağıntı aşağıdaki gibi verilebilir.

$$\text{Oransal bant : PB} = (1/K_c) * 100 \quad (3.5)$$

Oransal kontrolde kazancı arttırmak demek, oransal bantı azaltmak demektir. Oransal bant sistemde ölçülen değer için uygun olan minimum ve maksimum değişim aralığıdır. Örnek olarak kazancın 4 olduğu bir sistemi düşünelim.

$$\text{Oransal Bant : PB} = (1/4) * 100 = \%25$$

Bunun anlamı girişte %1'lik değişim, çıkışta %4 değişim verir.



Şekil 3.7 Sadece Oransal Kontrolde Geribesleme Sinyali İle Çıkış Sinyali Değişimi

Şekil 3.7’de görüldüğü gibi set değeri ile ölçülen değer birbirine eşit olursa çıkış sinyali %50’dir. Buda 0-10V doğru gerilim oransal çıkış veren kontrolör analog çıkışında 5V sinyal görülür.

Oransal kontrolör, basit bir denklem olarak aşağıdaki gibi verilebilir.

$$\text{Oransal Kontrol} = \frac{(\text{Set Değeri} - \text{Geribesleme Sinyali})}{\text{Oransal Bant}} * 100 + 50 \quad (3.6)$$

Örnek 3.1 : Bir ısıtma vanasını kontrol eden sistemde aşağıdaki değerler verilmiş olsun.

$$\text{Set Sıcaklığı} = 22^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Oransal Bant} = 4^{\circ}\text{C}$$

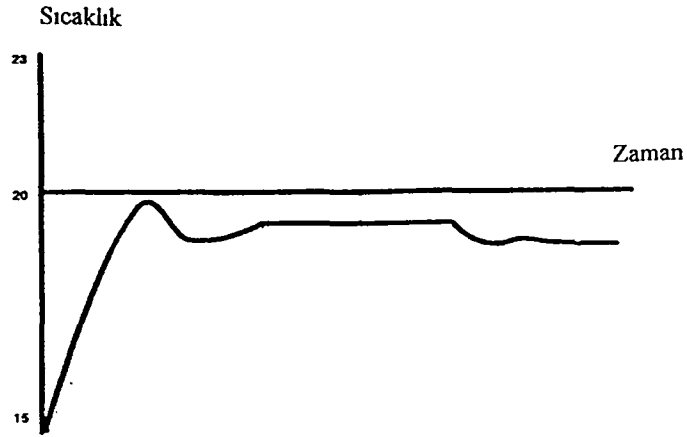
Herhangi bir t anında sistemde ölçülen değer 21°C olsun.

$$\text{Oransal Kontrol} = [(22-21)/4] * 100 + 50 = \%75$$

Isıtma vanası 0-10V doğru gerilim modülasyon sinyalini kabul eden vanaya 7.5V sinyal gelir. Vana %75 açıktır.

Sadece oransal kontrol kullanmak sakıncalıdır. Çünkü sistemde ölçülen değer sürekli olarak set değeri altında kalma olasılığı vardır.

Set değeri altında kalma oranı önemlidir. Bu değer oransal bant ile ayarlanır. Oransal bant küçüldükçe set değeri altında kalma oranı azalır. Fakat oransal bant çok küçük tutulursa sistem aç-kapa kontrol sistemine benzer ve kararsızlaşır. Bu durumda sistemde bulunan kontrol elemanları gereksiz yere çok çabuk konum değiştirir. Oransal bantın geniş tutulduğu durumda set değerinden uzaklaşma görülür.



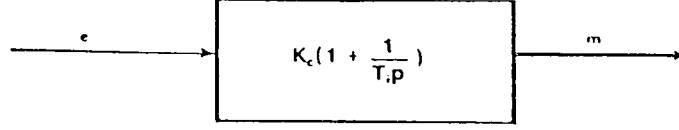
Şekil 3.8 Oransal Kontrolde Sistemin Set Değeri Altında Kalması

Günümüzde oransal kontrol yalnız başına kullanılmaz. En sık kullanılan yöntem Oransal + İntegral kontroldür.

3.4.2 İNTEGRAL KONTROL (I KONTROL)

İntegral kontrol gerçekte hata terimi e 'nin integralidir. İntegral kontrol, reset kontrol olarakta adlandırılır. Sistemde hata olduğu sürece integral kontrolör sinyal üretir. Bu değer hata terimi ile orantılıdır. Eğer ölçülen değer ile set değeri birbirine eşitse yani hata sıfırsa integral kontrolörün o anki örneklemedeki çıkışı sıfırdır. İntegral kontrolörün amacı kararlı hal hatasını sıfıra götürmektir.

İntegral kontrolör genellikle oransal kontrolör ile birleştirilir. Kısaca PI kontrolörde denebilir. PI kontrolörün temel kontrol davranışı şekil 3.9'daki gibidir.



Şekil 3.9 PI Kontrolör Blok Şeması

$$m(t) = K_c e(t) + (K_c/T_i) e(t)/p \quad (3.7)$$

K_c : Oransal Kazanç

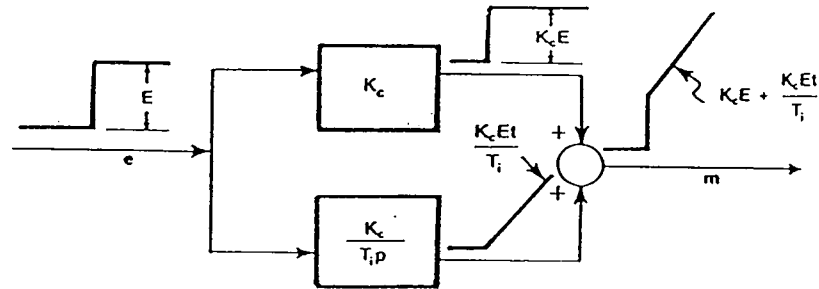
T_i : İntegral Süresi

e : Hata Terimi

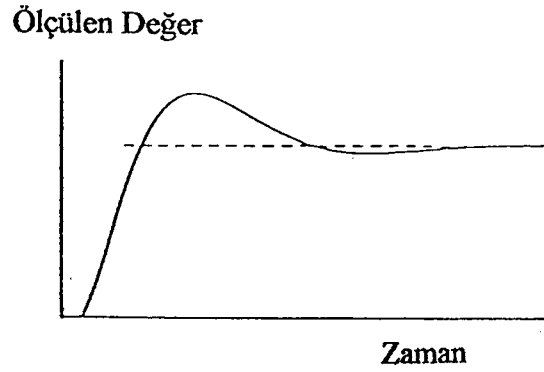
m : Kontrolör Çıkışı

$1/p$: Hata Terimi İntegrali

Bu blok diyagramını daha geniş bir şekilde incelemek istersek iki gruba ayırabiliriz. Bu şekil 3.10'da, üst kısımda oransal kontrol, alt kısımda integral kontrol olarak verilmiştir [5].



Şekil 3.10 Hatanın Birim Basamak Değişimine PID Cevabı



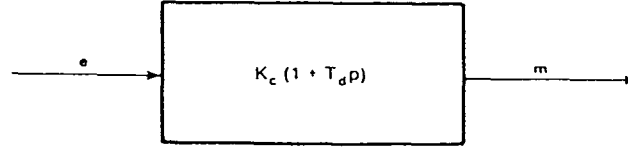
Şekil 3.11 PI Kontrolör Davranışı

Birim basamak hatasının sabit kaldığı düşünülürse oransal kazanç, integral süresi sonunda iki katına çıkar. İntegral süresi (T_i), integral kontrolörün oransal kontrolörü tekrar etme süresi olarak düşünülebilir.

PI (Oransal+İntegral) kontrolörün parametrelerinin set edilmesi oransal kontrole göre daha zordur. Hem oransal bant, hemde integral süresi ayarlanmalıdır. İntegral kontrolörü oransal kontrolör olmadan tek başına kullanmak mümkündür fakat bu yöntem pek tercih edilmez.

3.4.3. TÜREVSEL KONTROL (D KONTROL)

Türevsel kontrolör hata oranı ile değil hatanın değişim oranı ile ilgili çıkış verir. Yani hata sürekli sabit kalıyorsa sıfır çıkış sinyali verir. Eğer iki örnekleme arasındaki hata oranları arasında değişim varsa bir kontrol sinyali alınabilir. Türevsel kontrol sadece geçici durumlarda etkilidir ve aşımaya karşı etkili olması istenir. Bu nedenlerden dolayı asla tek başına kullanılamaz.



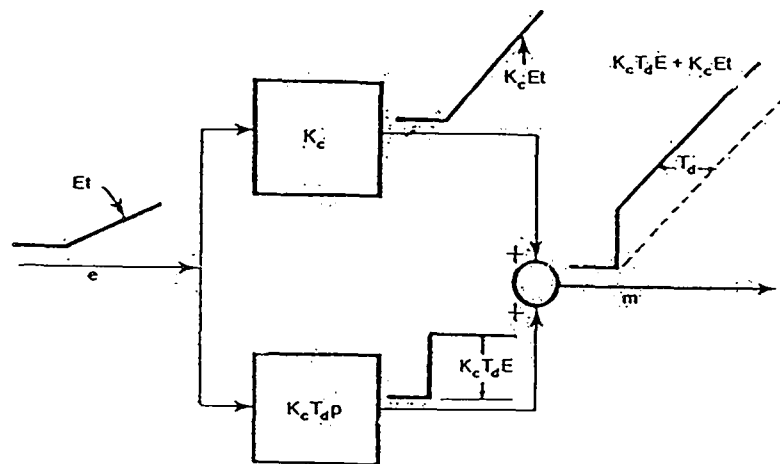
Şekil 3.12 Oransal + Türevsel Kontrolör (PD) Blok Diyagramı

$$m(t) = K_c e(t) + K_c T_d \frac{de(t)}{dt} \quad (3.8)$$

T_d : Diferansiyel Süre

$p : d/dt$

PD kontrolör proste gecikme oranı büyük değerlerde ise kullanılır. Şekil 3.13’de PD kontrolör blok diyagramı hem oransal hemde türevsel kontrolör olarak iki kısımda incelenir.



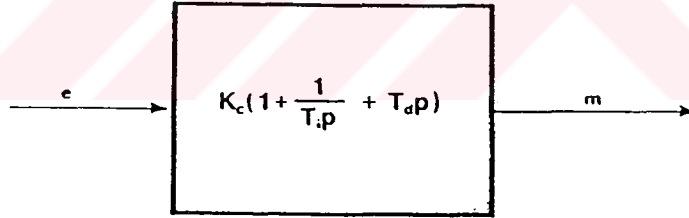
Şekil 3.13 Rampa Girişine Göre PD (Oransal + Türevsel) Kontrolör

Şekilde hata sinyalinin rampa şeklindeki durumu verilmiştir. Türevsel süre, kontrolörün erken davranış gösterme süresidir. Diferansiyel süre (T_d) olarakta adlandırılır.

Eğer parametreler doğru şekilde set edilirse kontrol çevrimi, türevsel kontrolöründe katılmasıyla daha kararlı bir hal alır. Çevrim daha kararlı olduğundan oransal kazanç daha fazla olabilir. Böylece set değeri altında kalma oranı yalnız oransal kontrolör kullanıldığındaki durumdan daha düşük değerdedir.

3.4.3.1. ORANSAL + İNTEGRAL + TÜREVSEL (PID) KONTROL

Bu kontrol yöntemi geribesleme çevrim kontrolünde en karmaşık olandır. Tipik bir PID kontrol blok diyagramı şekil 3.14’de verilmiştir.



Şekil 3.14 PID Kontrolör Blok Diyagramı

$$m(t) = K_c e(t) + K_c T_d \frac{de(t)}{dt} + (K_c/T_i) e(t)/p \quad (3.9)$$

PID kontrolör üç modda kontrol olarakta adlandırılır ve en karmaşık algoritmadır. Çok çabuk cevap veren bir sistemdir ve set değerinden uzaklaşmayı sıfıra götürür. Fakat parametrelerinin ayarlanması zordur. Bu kontrolör için üç

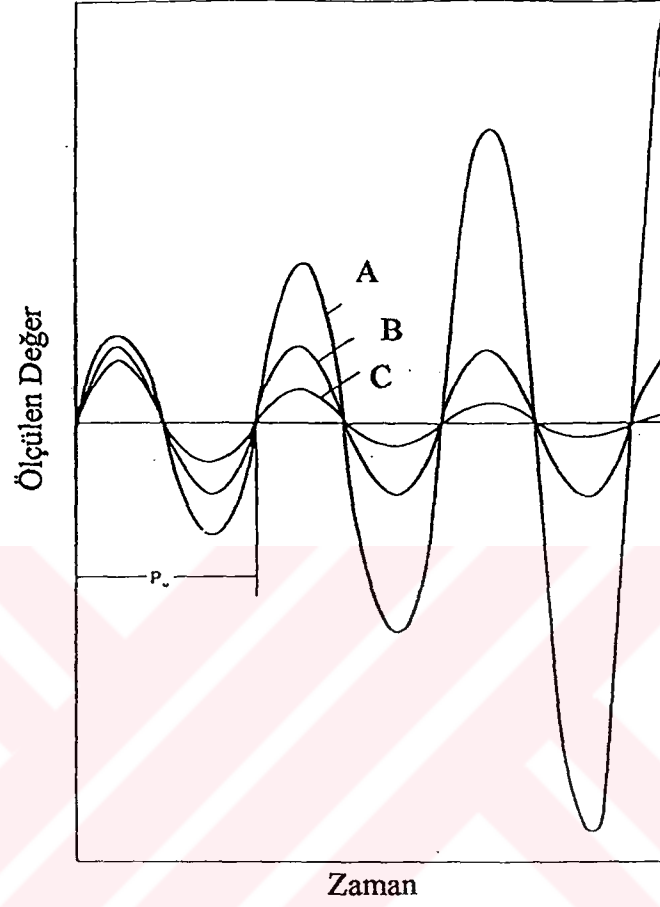
parametre ayarlanmalıdır. Bunlar oransal bant, integral süresi ve diferansiyel süredir. Bu parametreler iyi ayarlanırsa çok hassas bir kontrol yöntemi elde edilir.

3.5 PARAMETRELERİN AYARLANMASI YÖNTEMLERİ

3.5.1 KARARLILIK SINIRI YÖNTEMİ

Bu yöntem Ziegler ve Nichols tarafından 1942 de çıkarılmıştır. Bu yöntemde çevrim için kritik kazanç ve kritik periyod belirlenmesi gereken parametrelerdir. Bu kazanç parametresi, sadece oransal kontrol altındaki kararlı bir kapalı çevrim için nominal izin verilen kazançtır [6].

Herhangi bir kontrol çevriminde, eğer çevrim kapalı ise, kontrolör kazancı artırılabilir. Bu durumda çevrimin çıkışı daha fazla osilasyona (dalgalanma) yönelir. Eğer kazanç daha da arttırılırsa kontrol edilen değişkende sürekli bir osilasyon görülür. Bu kazanç, sistemin kararsız duruma geçmeden önceki kritik kazançtır. Sürekli osilasyonların periyoduda kritik periyottur. Eğer kazanç biraz daha arttırılırsa sistem kararsız hale geçer.



Şekil 3.15 Kritik Kazanç ve Periyot Eğrisi

Kritik kazanç ve periyodu belirlemek için yapılması gereken işlemler sırasıyla;

1- İntegral ve türevsel kontrol sistemden çıkarılarak sadece oransal kontrol modu bırakılır. Bunun için T_i sonsuza, T_d sıfıra eşitlenir.

2- Kontrolör otomatige alınıp çevrim kapalı hale getirilir.

3- Oransal kontrolde bir kazanç değeri ile sistem çalışırken geçici bir süre sistem bozularak cevap gözlenir. Bunun için kolay bir yol set değerini birkaç saniye süreyle başka bir değere kaydırıldıktan sonra tekrar orjinal değerine getirilir.

4- Eğer üçüncü adımda elde edilen eğri şekil 3.15'deki A eğrisinde olduğu gibi sönen bir eğri değilse kazanç çok fazla yani oransal bant değeri düşüktür. Kazanç azaltılır veya oransal bant arttırılır ve 3.adım tekrar edilir.

5- Eğer 3. Adımdaki sistem cevabı şekil 3.15 C eğrisinde olduğu gibi sönen bir eğriyse kazanç çok azdır. Yani oransal bant değeri çok yüksektir. Kazanç arttırılmalı yada oransal bant azaltılmalıdır. 3.adım tekrar edilir.

6- Cevap eğrisi şekil 3.15 B eğrisindeki gibi sürekli osilasyon haline gelince kritik kazanç değeri ve osilasyon periyodu kaydedilir. Bu kararlılık sınırıdır.

Kritik kazanç ve kritik periyod değerleri kontrolör parametrelerini set ederken kullanılır. Aşağıda bu parametrelerin otomatik kontrol yöntemine göre kullanımı verilmiştir.

Oransal Kontrol :

$$K_c = 0.5 S_u \quad (3.10)$$

Oransal + İntegral Kontrol :

$$K_c = 0.5 S_u , T_i = 0.83 P_u \quad (3.11)$$

Oransal + İntegral + Türevsel Kontrol :

$$K_c = 0.6 S_u, T_i = 0.5 P_u, T_d = 0.125 P_u \quad (3.12)$$

S_u : Kritik Kazanç

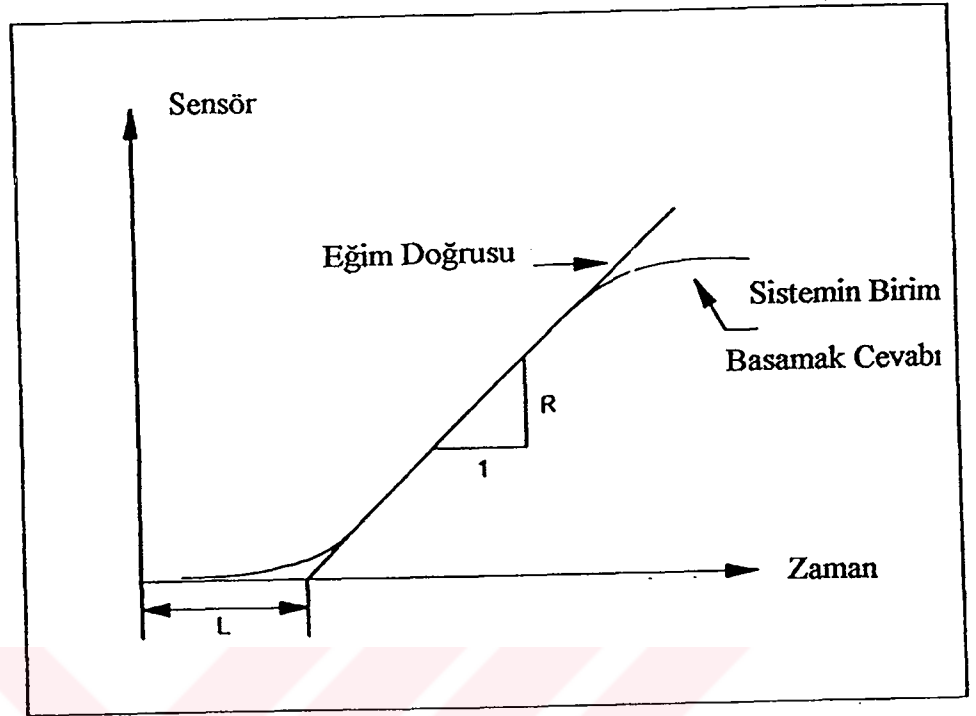
P_u : Kritik Periyod

3.5.2. GEÇİCİ ZAMAN CEVABI YÖNTEMİ

Parametrelerin Ayarlanması :

1- Kontrol çevriminin çıkışını manuel olarak sıfır çıkışa getirip tüm koşulların kararlı bir hal alması beklenir. Bunun anlamı analog çıkış değerinin %0 değerine getirilmesidir.

2- Çıkış sinyali manuel olarak birim basamak değere yani %10 sinyale getirilir. Böylece şekil 3.16'daki eğri elde edilir.



Şekil 3.16 Birim Basamak Cevabı İle Parametre Ayarı [6]

R : Proseste 1 dakikalık sürede geribesleme sinyalindeki değişim.

$$[R] = \text{Birim} / \text{dak}$$

L : Birim basamak eğrisi ile çakışan doğrunun zaman eksenini kestiği noktadır.

Kontrolör için optimum parametre ayarı aşağıdaki gibidir.

Oransal Kontrol :

$$K_c = 1 / (R L) \quad (3.13)$$

Oransal + İntegral Kontrol :

$$K_c = 0.9/(R L), T_i = 3.3 L \quad (3.14)$$

Oransal + İntegral + Türevsel Kontrol :

$$K_c = 1.2/(R L), T_i = 2 L, T_d = 0.5 L \quad (3.15)$$

3.5.3 ÖRNEKLEME PERİYODUNUN SEÇİMİ

P , PI , PID kontrolörler için örnekleme periyodu seçilmelidir. Bu periyod kararlı ve hassas bir kontrol için önemlidir. Sadece oransal kontrolör kullanılıyorsa sistem cevabı yavaş demektir. Bu yüzden örnekleme süresi bir dakikayı bile aşan bir süre seçilebilir.

PI ve PID kontrolörler için örnekleme periyodu seçimi için proste önce kontrol elemanı tam kapalı konumdan tam açık konuma getirilir. Sensörden okunan değerin önemli bir değişim gösterdiği süre kaydedilir. Bu değişim sıcaklık proseslerinde 1°C olabilir. Bu süre örnekleme periyodu olarak kaydedilir. Başka bir yöntem ise integral kontrolörün zaman sabitinin yarı değerini örnekleme periyodu olarak kullanmaktır [6].

3.5.4. TİPİK BİR KONTROL SİSTEMİNİN ÖZELLİKLERİ VE ÖRNEKLER

Bir dijital kontrolörde yazılım noktası olan bir kontrol noktası ve parametreleri aşağıdaki gibidir.

Kontrol Noktası

Oransal Banı :

İntegral Hareket (sn) :

Diferansiyel Süre (sn) :

Örnekleme Periyodu (sn) :

Oransal Kontrol : ☐ Evet ☐ Hayır

Geribesleme Noktası :

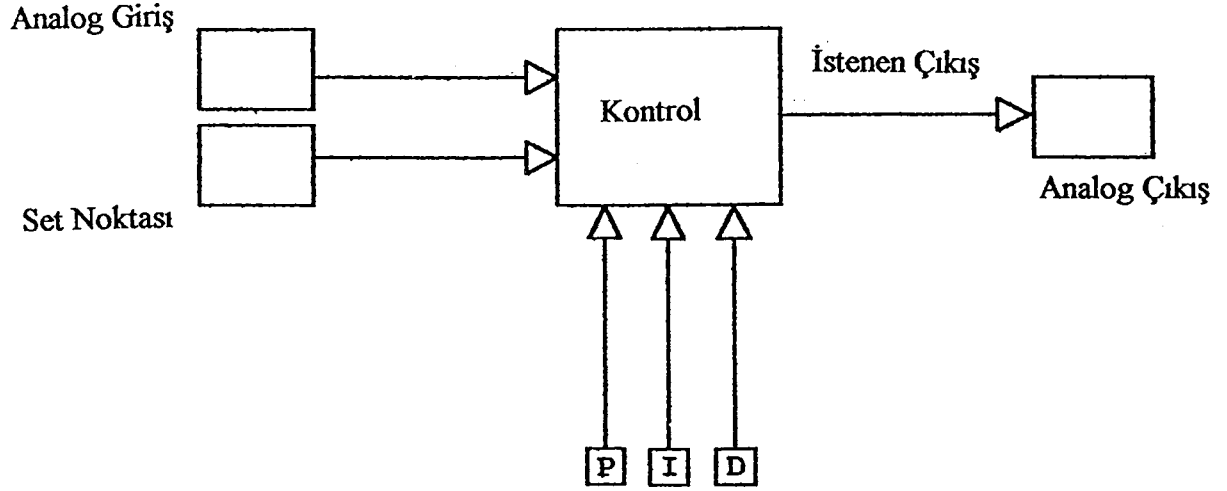
Adresi :

Ölçülemediğindeki Değeri :

Set Noktası :

Adresi .

Ölçülemediğindeki Değeri :



Şekil 3.17 Tipik Bir Kontrol Sistemi Blok Diyagramı

Ölçülemediğindeki değerinin anlamı sensör kablosunun kopması gibi sebeplerden dolayı bir değer okunamazsa sistem burada girilen değeri kabul edip çalışmasına devam eder.

Burada İntegral Hareketin anlamı proseste set edilen İntegral Süre (T_i) değildir. İntegral Hareket ile İntegral Süre arasındaki bağıntı aşağıdaki gibi verilebilir.

$$\text{İntegral Süre } (T_i) = \text{İntegral Hareket} * \text{Örnekleme Periyodu} \quad (3.16)$$

Örnek 3.2: Oransal kontrol altında bir ısıtma vanasının çalışmasını alalım. Aşağıdaki verilere göre sadece oransal kontrol kullanılsın.

$$\text{Oransal Bant} = 10^\circ\text{C}$$

$$\text{İntegral Hareket} = 0 \text{ sn}$$

Diferansiyel Süre = 0 sn

Örnekleme Periyodu = 20 sn

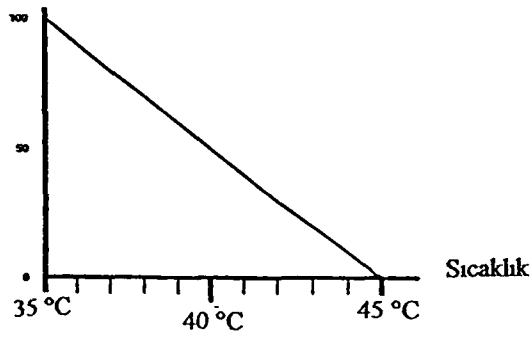
Set değeri = 40°C

İntegral hareket sıfıra eşitlenirse, integral kontrol yok demektir. Aynı özellik türevsel kontrol içinde geçerlidir.

Analog Çıkış = P + I + D + %50

I = D = 0

Isıtma sistemlerinde kontrol noktası ile analog çıkış arasındaki bağıntı normal davranıştır. Set değerinin üzerine çıkıldıkça analog çıkış sinyali azalır. Buna göre aşağıdaki grafik elde edilir.



Şekil 3.18 Geribesleme Sinyaline Göre Vana Konumu

Sıcaklık 35°C ye düşerse vana tam açar, 45°C ye çıkarsa tam kapalı konuma gelir. Birbirini izleyen üç sıcaklık değişimi aşağıdaki gibi kabul edilsin.

1. Saniyedeki sıcaklık : 38°C (1.Örnekleme)

10. Saniyedeki sıcaklık : 37°C

20. Saniyedeki sıcaklık : 39°C (2.Örnekleme)

1.Saniyedeki Analog Çıkış :

$$\text{Hata (\%)} = \frac{(\text{Set Değeri} - \text{Geribesleme Sinyali})}{\text{Oransal Bant}} * 100$$

$$\text{Hata (\%)} = \frac{(40-38)}{10} * 100 = \%20$$

Analog Çıkış = %20 + %50 = %70 . Vana %70 açık.

10. Saniyedeki Analog Çıkış :

Kontrol noktası 20 saniyede bir geribesleme sinyalini örneklediği için 10. saniyedeki sıcaklık değişimini algılamaz ve çıkış sinyali aynı kalır.

20. Saniyedeki Analog Çıkış :

$$\text{Hata (\%)} = (40-37) * 100/10 = \%30$$

Analog Çıkış = %30 + %50 = %80. Vana %80 açık.

Örnek 3.3 : Sadece integral (reset) kontrolün bulunduğu bir sistem düşünelim. Kontrol noktaları parametreleri aşağıda verilmiştir.

Oransal Bant = 10°C

İntegral Hareket = 20 sn

Diferansiyel Süre = 0 sn

Örnekleme Periyodu = 5 sn

Set Değeri = 20°C

Herhangi bir andaki örneklemede geribesleme sinyalinin 18°C olduğu ve bu değerin hiç değişmediğini kabul edilsin.

$$\text{Hata (\%)} = (20-18) * 100/10 = \%20$$

Hatanın sabit kaldığını kabul ettiğimizden her örneklemedeki sinyal değişimi;

$$(1/I) * \text{Hata} = (1/20) * \%20 = \%1$$

Bunun anlamı çıkış sinyalinin her 5 saniyede %1 artması ve tüm bir integral süre sonunda hata oranı değeri %20'ye ulaşmasıdır.

$$\text{İntegral Süre} = \text{İntegral Hareket} * \text{Örnekleme Periyodu} = 20 * 5 = 100 \text{ sn}$$

5.Saniyedeki Analog Çıkış :

$$\text{Analog Çıkış} = I + \%50 = \%1 + \%50 = \%51$$

10. Saniyedeki Analog Çıkış :

$$\text{Analog Çıkış} = I + \%50 = \%2 + \%50 = \%52$$

100. Saniyedeki Analog Çıkış :

$$\text{Analog Çıkış} = I + \%50 = \%20 + \%50 = \%70$$



4. BİNA OTOMASYON SİSTEMLERİ

4.1. GİRİŞ

Bina otomasyonu ve enerji yönetim sistemleri (BEMS) son 10 yılda oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır. Bina otomasyonu sayesinde binanın ısıtma ve soğutma sistemlerini, aydınlatmayı, enerji tüketimini ve tüm elektrik yüklerini yapılan yıllık programa göre dijital kontrolörlerle denetim altında tutulur. Bina yönetim sistemleri ile enerji, güvenlik ve yangın koruması sağlanır. Bina otomasyonunda çok önemli konulardan birisi de yazılımın belirttiği bina kontrolünün gerçek uygulamadaki geçerliliğidir. Diğer önemli konu ise dijital kontrolörlerin elektrik enterferansına karşı hassasiyetidir.

Mikroişlemcilerdeki gelişme ve kullanılan malzemelerin maliyetinin düşmesi ile bina otomasyon sistemlerinin kullanımı artmıştır. Bu sistemlerde günümüzde hem yazılım hem de donanım olarak yeterli düzeye ulaşmış ve tüm bina kontrol gerekliliklerini sağlayacak niteliktedir. Kontrol edilen nokta sayısı birkaç noktadan onbinlerce noktaya kadar çıkabilir.

Enerji yönetim sistemleri bina otomasyon sistemlerinin kapsamına girmektedir. Bina ve enerji yönetim sistemlerinde istenen verim ancak mühendisliğin çok iyi verilmesi ile olur. Mühendislik ve programlamada görülen hatalar yüzünden sistemin kararlı ve güvenilir çalışmasında uyumsuzluk olur, enerji tasarrufu azalır, bakım maliyetleri artar ve binada konfor şartlarından uzaklaşma görülür. Bu tür olumsuz koşulları yok etmek için bina otomasyon şartnamesinin detaylarına uyulmalı ve bu şartnameye uygun yazılımda bir sistem seçilmelidir.

4.2.BİNA OTOMASYONU TASARIM KONULARI

Bina otomasyonunun temel çalışma şekli dijital kontrolörlere bağlı bulunan giriş ve çıkış noktalarının taranması ve beklenmeyen durumlarda alarm ve rapor verilmesi ile birlikte kontrol fonksiyonlarını otomatik olarak yerine getirmesidir. Merkezi sistemlerle kontrol ile konvansiyonel doğrudan bağlantılı sistemlerle kıyaslanamayacak kadar esnek kontrol sağlar ve sistemi sürekli izleyen bir personele gerek duyulmaz. Böylece insan gücü daha verimli kullanılmış olur.

Bina otomasyon sistemlerinde en iyi performansı sağlamak için dikkat edilecek noktalar vardır. Bunlar aşağıdaki gibi verilebilir :

- (a) Bina tasarım içeriği önceden düşünülmelidir aksi halde sonradan eklenen elemanlar kendi içinde bir bütün oluşturan elemanlarla çakışabilir.
- (b) Müşteri merkezi sistemi kontrol edebilecek yetenekte personel bulundurmalıdır.
- (c) Sistemdeki sensör, enstrümanlar, kontrolörler (dış istasyonlar) gibi donanım ve yazılımın maliyeti belirlenmelidir.
- (d) Sistemin sağlayacağı enerji tasarrufu bilinmelidir.
- (e) İlk bir veya üç yıl içinde enerji tüketiminin yazılımda optimizasyonu yapılmalıdır.
- (f) Bina otomasyonu idare edecek personel ile bina otomasyonu kullanılmadığındaki bakım elemanlarının maliyeti karşılaştırılmalıdır.

4.3 BİLGİSAYAR DESTEKLİ SİSTEMLER

Veriler dış istasyonlardan (dijital kontrolörler) iki veya dört iletkenli kablo ile merkezi sisteme ulaşır. Bazı sistemlerde adresli tüm noktaların taranması merkezi işlemci tarafından gerçekleşir. Merkezi işlemcide PID kontrol çevrimleri bulunur.

Diğer bir yöntemde akıllı dış istasyonlar kullanılmaktadır. Bu sistemin farkı her dış istasyonun kendine ait mikroişlemcisi olmasıdır. Merkezi bilgisayar sistemi üzerinden lokal süpervizyon ve kontrol yapılır. Bu tür sistemlerde veri akışı ve kontrolü çok daha hızlıdır ve büyük projelerde tercih edilir. Veri hattı iletim hızı günümüzde 19200/38400 bps (bit per second) değerdedir.

Sistemdeki her sensör için alarm ve histerizis değerleri merkezi işlemcide veya dış istasyonda belirlenebilir. Bu alarmlar istenirse sistem kapandığında durdurulabilir. Bilgisayar destekli birçok sistemin kontrol ve enerji yönetimi değişiktir. Planlanan bakım süresine uygun olarak sistemde yapılması gereken işlemler bilgisayar ortamında izlenip raporlanabilir. Bu özellikler yazılım bölümünde detaylı olarak incelenecektir.

4.3.1. DONANIM ÖZELLİKLERİ

Bu bölümde donanım olarak sadece veri algılama sistemine doğrudan bağlı dış istasyonlar ve ilgili elemanlar incelenecektir.

4.3.1.1. GİRİŞ ÇIKIŞ NOKTALARI

(a) Dijital Giriş

Sistemde durum yada alarm bildiren iki konumlu anahtarlardır. Bu nokta bir akış anahtarı, diferansiyel basınç anahtarı, gibi algılayıcı sensörlere bağlı olabileceği gibi, fan durumunu belirten yardımcı röledende alınan bir sinyal olabilir. Bu girişler gerilimsiz kontaklardır ve bir gerilim değeri izlenecekse mutlaka bir arabirim modül gereklidir. Algılama frekanslarının nominal değeri 0.5 Hz civarında olabilir. Algılama

frekansları düşük olduğu için enerji yönetimi amaçlı darbe sayıcı nokta olarak kullanılamazlar.

(b) Dijital Çıkış

Dijital çıkışlar ilgili dijital çıkış modülündeki röleleri kontrol eder. Bu rölelere bağlı bulunan cihazlar programa göre açıp kapatılabilir.

(c) Analog Giriş

Analog girişlerde sıcaklık, basınç, nem, hava hızı, su akış hızı gibi proses bilgileri algılanarak kontrol çevrimleri gerçekleştirilir. Analog girişlerde 8 yada 12 bitlik analog/dijital dönüştürücüler kullanılmaktadır. Analog girişlerde genellikle 12 bit tercih edilir yani $2^{12} = 4096$ değer okunabilir. Bu yüksek çözünürlük sistemden yeterli hassasiyette değer ölçülmesini sağlar.

Standart olarak giriş sinyal aralıkları ;

0-10 V Doğru gerilim

0-20 mA Doğru akım

0-10 k Ω Direnç

(d) Analog Çıkış

Prosesten alınan sinyallerin dış istasyonlarda kontrol çevrimlerinde değerlendirip analog çıkışa iletilir. Bu noktada yazılımdaki oransal, integral ve türevsel parametreler sayesinde analog çıkışlara sinyal üretilir. Analog çıkışlarda

dijital/analog dönüştürücü 8/12 bitlik olabilir. Analog çıkışlarda 8 bitlik dönüştürücü yeterli çözünürlüktür ve sıkça rastlanır.

(e) Darbe Sayıcı Giriş

Bu tür girişlerin dijital girişlerden tek farkı algılama frekansının yüksek olmasıdır. 10 Hz frekans değeri sıkça rastlanılan bir değerdir. Böylece darbe çıkış veren enerji sayaçları ile uyum sağlanarak binada enerji yönetimi sağlanır. Bu girişlerde darbeler sayılır ve her bir darbeye karşılık gelen birim enerji miktarı toplanarak bulunur.

4.3.1.2. DIŞ İSTASYONLAR

Dış istasyonlarda bulunan işlemciler ile hafızasında bulunan yazılım ile kendine bağlı bulunan sistemi kontrol edebilir yetenektedir. Dış istasyonların terminolojisi üreticiye göre değişir. Veri işleme sistemleri değişik verileri merkezi işlemciye ulaştırmak için uygun bir dile çevirir. Dış istasyon kapasiteleri üreticiye göre değişmekle birlikte tipik olarak 20 ile 100 arasındadır. Böylece dış istasyonların binadaki dağılımı optimum olarak ayarlanıp kablolama minimuma indirilir. Akıllı dış istasyonlarda yüklü bulunan veriler ile kendine bağlı bulunan sistemi doğrudan kontrol edebilir. Bu tür akıllı dış istasyonlar ile çok güçlü işlemciler gerektirmez ve Merkezi kontrol sisteminde bir hata ile tüm sistemin durmasını gibi bir durum gerçekleşmez. Her dış istasyon diğer dış istasyonlara veri hattında bağlıdır ve birisinde oluşan bir arıza diğerini etkilemez. Veri hattı kablosunda bir noktada kopukluk olsa bile kopan hattın her iki tarafındaki dış istasyonlar haberleşmeye devam eder.

Günümüzde dış istasyonlar tam akıllı ve bina otomasyonu terminallerinden bağımsız olarak kendisine atanan tüm kontrol ve enerji yönetim fonksiyonlarını gerçekleştirebilmelidir.

Dış istasyonların hafızalarındaki verilerin silinmesi, sistemin ilk başlangıcı gibi durumlarda gerekli tüm veriler yedek terminalden kullanıcı müdahalesi gerektirmeden yüklenmesi gerekmektedir.

Dış istasyonun bağımsızlık özelliğine dikkat edilmelidir. Bağımsız dış istasyonlarda hafızadaki verilerin silinmesinde, yazılım yedek terminalden alınırken tam bağımsız dış istasyonlar bu verileri yedek hafızadan alırlar. Özellikle terminal bulunmayan sistemlerde tam bağımsız dış istasyonlar kullanılır.

4.3.1.3. VERİ İLETİM SİSTEMLERİ

Dış istasyonların verileri toplayıp merkezi panellere iletmesidir. Yangın ve güvenlik sistemleri için farklı bir yol izleyen ikinci bir veri iletim hattı gereklidir. Bir hattaki arıza alarm üretir ve diğer hattın kullanımına devam edilir. Veri iletimi modemler üzerinden gerçekleştirilebilir ve dünyanın herhangi bir yerindeki sistemler birleştirilebilir.

Dış istasyonlar arası veri iletimini sağlayacak nokta haberleşme kartıdır. Haberleşme kartı üzerinde lokal RS232 portları ve global RS485 portu bulunur. RS232 portu ile dış istasyonu lokal olarak bir dizüstü bilgisayar ile bağlanılabilir. Veri iletimi genelde 9600 bps (bit per second) değerdedir. RS485 Hattı ise tüm veri hattını ve dış istasyonları dolaşarak merkezi terminale kadar gelir. Veri iletim hızı genelde 19200 bps değerdedir.

Veri iletimi için iki tür hat vardır. Bunlardan birincisi LAN (local area network) olarak adlandırılan haberleşme hattıdır ve bir sistemin belirli sayıda taşıyabileceği cihaz sayısı ile sınırlıdır. Bu cihazlar terminal (bilgisayar), dış istasyon, protokol dönüştürücü gibi birimlerdir. Bu sınırlar geçildiğinde LAN hattı sayısını arttırmak için WAN (wide area network) denilen geniş veri hattı oluşturulur.

4.3.1.4. MERKEZİ İŞLEM BİRİMİ

Merkezi işlemcide hafıza bulunur ve sistemi kontrol edip ilgili elemanlarla arabirimi oluşturur. Elektrik kesilmelerine karşı mutlaka koruma olmalıdır. Merkezi işlem birimi dış istasyonla birlikte bulunabilir ve dış istasyonun haberleşme kartından sonra gelir. Tipik bir dış istasyonda haberleşme kartı, merkezi işlem birimi, giriş/çıkış kartları, besleme kartı bulunmaktadır.

4.3.1.5. HABERLEŞME HATTI GENİŞLEME ARABİRİMLERİ

Lokal veri hattının genişlemesi durumunda kullanılan cihazlardır. RS485 hattındaki iki devreyi birbirlerine bağlamak için en az iki arabirim kullanılır. Bu arabirimlerin RS232 portları ile köprü oluşturulur ve her iki hat haberleşir duruma gelir.

4.3.1.6. YAZICILAR

Bina otomasyon sistemlerinde çeşitli noktalarda adreslenen yazıcılar ile çeşitli alarm ve raporlar alınabilir. Bina otomasyonu ve yangın, güvenlik yazıcıları istenirse ayrı tutulabilir.

4.3.2. YAZILIM ÖZELLİKLERİ

Yazılımlarda en çok aranan özellik kullanıcı kolaylığıdır. Kullanıcı kolaylığı özelliğine sahip yazılımlar hem vakit kaybını önler hemde nokta kontrolü kolaydır. Bina otomasyonu yazılımından beklenen diğer özellik ise başka yazılımlarla integrasyonu ile projelendirme aşamasında birçok kolaylık sağlanmasıdır. Noktalar

yazılımda yaratıldıktan sonra bağlantı şemalarının, kontrol çevrimleri akış diyagramlarının, noktaların çalışmasını anlatan dökümantasyonların otomatik olarak çıkarılabilmesidir.

Yazılımda oluşturulan noktalar iki gruba ayrılır. Bunlar gerçekte dış istasyona bağlı bulunan donanım noktaları ve sanal noktalar olan yazılım noktalarıdır.

Her noktaya ait nokta tarama hızı, alarm ve raporlama özellikleri mutlaka girilmesi gereken ortak noktalardır.

Analog alarm özellikleri olarak alt ve üst limit alarm, histerizis, alarm iptali dikkat edilmesi gereken noktalardır.

Dijital alarm özellikleri olarak alarm bağlantısı olan noktanın konumu, alarm iptal noktası ve alarm gecikme süresi verilebilir.

4.3.2.1. DONANIM NOKTALARI

Analog Giriş ;

Analog giriş noktası sıcaklık, basınç, seviye, konum ve benzer durumları ölçmek için kullanılır. Ölçüm analog girişe bağlı bir sensör tarafından yapılır. Bir analog/dijital dönüştürücü üzerinden %0-100 arasında bir değere dönüştürülür. Bu değer daha sonra dış istasyonda (merkezi işlemci) saklı bulunan bir dönüşüm tablosuna konur ve karşılığı olan mühendislik değeri elde edilir.

Analog girişlerde kullanılan analog/dijital dönüştürücüler 8/12 bitlik olabilir. 12 Bitlik bir dönüştürücü $2^{12}=4096$ değer okuyabildiğinden sistemde yeterli çözünürlüktür.

Analog toplama diğer bir özelliktir. Analog toplama enerji yönetiminde kullanılır. Bazı enerji sayaçları analog çıkış verir ve bu analog çıkışlar toplanarak belirli bir periyottaki enerji tüketimi bulunur.

Dijital Giriş ;

Dijital girişler dış istasyonlara bağlı bulunan röleler, kontaklar ve çeşitli cihazların durumlarını verir. Dijital algılama açık yada kapalı olarak belirtilir. Genellikle gerilimsiz kontakların algılanmasında kullanılır. Nokta her konum değiştirdiğinde işlem görür.

Çalışma saati toplamı ile bir noktanın ne kadar süre açık veya kapalı olduğu belirlenir. Bu sayede fan veya pompa gibi elemanların ne kadar saat çalıştığı belirlenir.

Dijital girişler 0.5 Hz gibi düşük frekansta olduklarından enerji ölçüm sayaçlarında kullanılamaz.

Analog Çıkış ;

Analog çıkış noktası 0-10V doğru gerilim veya 0-20V doğru akım sağlayarak vana, damper, frekans konvertörü gibi elemanları kontrol eder. Dönüşüm değeri dış istasyonda bulunan dönüşüm tablosu ile gerçekleşir.

Analog çıkışlar zaman programı, optimizasyon, yük dönüşümü ve kontrol noktası etkileri altında olabilir.

Dijital Çıkış ;

Dijital çıkışlar fiziksel bir noktayı açıp kapayan röleye kumanda verir. Bu noktanın çalışmasını etkileyen fonksiyonlar zamana bağlı çalışma, optimizasyon noktası, toplam çalışma saati, yüklerin sıralı çalışması, darbeli çalışmaya başlama, yük dönüşümü olarak düşünülebilir.

Darbe Sayıcı Nokta ;

Darbe sayıcı noktada dijital girişlere gelen darbeler sayılarak belirli bir birimde değer elde edilir. Bu değer ya bir sayıda yada belirli bir periyot sonunda sıfırlanır. Belirli bir değer aşıldığında ise üst limit alarmı alınabilir. Enerji ölçümünde kullanılmak üzere tasarlanmıştır.

Darbe sayıcı noktanın frekansı 10 Hz değerlerindedir ve enerji sayaçlarının çıkış darbelerine uygundur.

Maksimum Talep Noktası ;

Maksimum talep noktası sistemde enerji tüketimini gösterir. Ölçüm periyodu boyunca tüketilen enerjinin hedef enerjiyi geçmesi durumunda analog çıkış, dijital çıkış noktalarının kontrolü altındaki yükler devre dışı bırakılır yada özel bir mühendislik değerinde çalıştırılır. Bu mühendislik değeri %0-100 arasında değişir ve bir vanaya çalışma sınırlaması getirilebilir. Maksimum talep noktası darbe sayıcıları üzerinden ölçüm yapar.

4.3.2.2.YAZILIM NOKTALARI

Dönüşüm Noktası ;

Dönüşüm noktaları belirli sayıdaki dijital çıkış noktasını kapsar ve bu yüklerin anahtarlama şeklini belirler. Yük dönüşümüne etki eden faktörler kontrol noktası, zamana bağlı dönüşüm, optimum çalışma noktası, yük dönüşümü olarak incelenebilir. Kontrol noktası etkisi altındaki dönüşümde bağlı bulunan dijital çıkışlar sistem gerektirdiği ölçüde devreye girer. Zamana bağlı çalışmada ise amaç tek bir çıkışa yüklenmeyip yedek güçleride asıl yük konumuna getirmektir. Optimum çalışma noktası etkisi altında iken yüklerin ısıtma ve soğutma durumuna göre farklı koşullarda çalıştırılır. Yük dönüşümü ise maksimum talep noktası ile enerji tüketimine bağlı olarak yükler devre dışı bırakılabilir.

Optimum Çalışma Noktası ;

Bu nokta sayesinde minimum enerji sarfiyatı sağlanır. Sistemin çalışması mümkün olduğu kadar geciktirilirken çalışma saatlerindede istenen tüm konfor şartları sağlanmalıdır. Sistemde ısıtma ve soğutma mümkün olduğu kadar geç başlatılıp erken kapatılır. Bu nokta 9 kontrol konumuna geçebilir. Bunlar, ısıtma ve soğutmanın kapanması, ısıtma optimum başlangıç, ısıtma normal çalışma, ısıtma optimum kapanma, donma koruması, soğutma optimum başlangıç, soğutma normal çalışma, soğutma optimum kapanma, yüksek sıcaklık koruması.

Set Değeri Noktası ;

Bu noktada kontrol edilmesi istenen büyüklüğün değeri girilir. Burada verilen değer kontrol çevrim noktasında kullanılır. Set değeri kompanzasyon, optimizasyon, sabit yada zamana bağlı olabilir.

Kontrol Çevrim Noktası ;

Kontrol çevrim noktası ile analog çıkışlar kontrol edilir. Kontrol çevrim noktasında oransal bant, integral hareket, diferansiyel süre, birincil giriş olan sensör analog girişi ve set değeri noktası verilir. Bu noktadan alınan çıkış sinyali bir analog çıkışa taşınarak bir vana, damper gibi final kontrol elemanına iletilir.

Zaman ve Tatil Programları Noktaları ;

Bu noktalarda sistemin zamana bağlı olarak yıllık çalışması yapılır. Bütün diğer noktalar istenirse bu noktanın etkisi altına sokulabilir.

Programlanabilir Nokta ;

Bu noktanın en büyük özelliği kullanıcıya üst düzeyde program yazabilme imkanı sağlamasıdır. Bu nokta sayesinde istenen özel çalışma şekli programlanabilir. Diğer tüm noktalar belirli parametrelerle bu yazılım noktası içinde kullanılabilir olması gerekir.

5. BİNA OTOMASYONU SİSTEM UYGULAMALARI

Uygulamada dikkat edilecek noktalar sistemin ısı davranışı, kontrol edilen değişkenin istenen değeri, değişkende istenen toleranslar, yükteki değişim etkisidir. Bu etkilerin iyice anlaşılması ile sisteme aç/kapa yada modülasyonlu kontrol uygulamasına karar verilir. Tüm noktaların kontrol şekli belirlendikten sonra binada uygun şekilde dış istasyon (dijital kontrolör) dağılımı belirlenir. Kullanılacak elemanların kalibrasyonu, testi ve mühendisliği ve son kullanıcı diğer dikkat edilecek noktalardır.

5.1. ISITMA VE SOĞUTMA SİSTEMLERİ GENEL KONTROL YAPISI

Isıtma ve soğutma kaynaklarının kontrolünde öncelikle bağımsız mı yoksa bağımlı mı olduğuna karar verilir. En uygun kontrol şeklinin bulunması için sistem çok iyi incelenmelidir. Tüm ısıtma ve soğutma kaynakları bağımlı veya bağımsız kontrol edilmeleri durumunda belirli koşulları gerçekleştirmeleri gerekir. Bu koşullar şöyle sıralanabilir [1];

- (a) Isıtma ve soğutma gruplarını kontrol eden zaman anahtarı manuel konuma geçebilir olmalıdır. Optimum açık kapama konumunda iken manuel konuma alınabilir olmalıdır.
- (b) İzolasyon/kontrol vanası asıl yükte sürekli olarak açık olmalıdır.
- (c) Hata sinyali veren sistem otomatik olarak kapanmalıdır.
- (d) Akış anahtarı kullanılarak sistemde akış olduğu kesinleşince sistem çalıştırılmalıdır.

(e) Sistemde düşük dönüş sıcaklığı limitlemesi yapılmalıdır.

5.1.1. BAĞIMSIZ KONTROL

Çoğunlukla hem ısıtma hemde soğutma grupları kendi kontrol paketleri ile verilir. Tek bir ısıtma veya soğutma kaynağı kullanıldığında otomatik kontrol paneli olarak bağımsız kontrolü seçmek en uygundur.

Bağımsız kontrolde bina otomasyonu ile integrasyon sağlanmalıdır. Sisteme sonradan eklenen sıcaklık sensörü ile alt-üst limit kontrol yapılır. Akış anahtarları ile sistem kontrol edilerek bağımsız otomatik kontrol paneline sinyal gönderilerek sistem güvenliği sağlanır [1].

5.1.2. BAĞIMLI KONTROL

Soğutma ve ısıtma kaynaklarının gruplaması paralel veya seri olarak iki grupta toplanabilir [1].

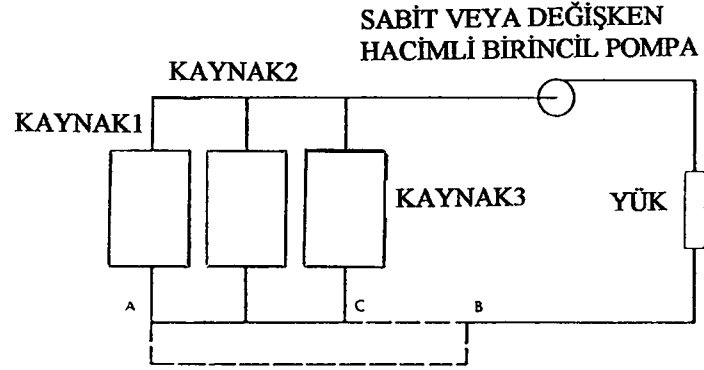
5.1.2.1 PARALEL ÇALIŞMA

Paralel çalışmada dikkat edilecek noktalar şu şekilde sıralanabilir [1];

(a) Kazanların ve soğutma gruplarının sıralı çalıştırılmasında limitleme sıcaklıkları belirlenmelidir. Kazanların dönüş suyu sıcaklığı limit değerin altına inip inmediği kontrol edilmelidir.

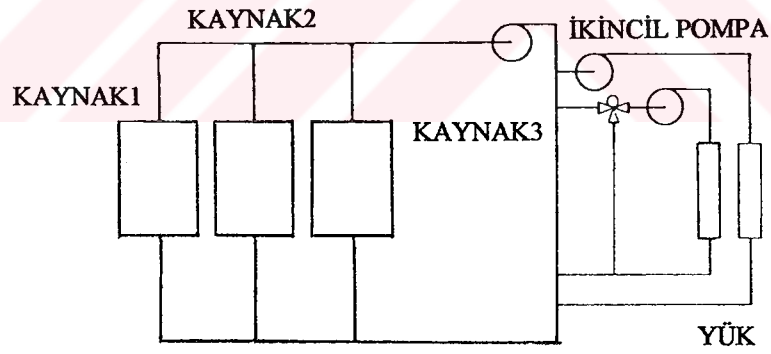
(b) Kazan ve soğutma gruplarına akan suyun akış miktarı belirlenen miktarın altına düşmemelidir.

- (c) Bağımsız birimler arasında akış dengesi olmalıdır.
- (d) Sıralı çalıştırılabilecek grupların maksimum sayısı belirlenmelidir.



Şekil 5.1. Birincil Pompalı Paralel Kaynak

A-B Değişken akışlı sistem , B-C Sabit hacimli sistem



Şekil 5.2. Birincil ve ikincil pompalı Paralel Kaynak

5.1.2.2. SERİ ÇALIŞMA

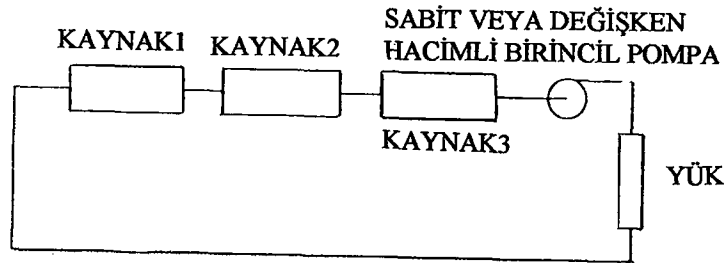
Seri çalışmada dikkat edilecek noktalar şu şekilde sıralanabilir [1];

(a) Seri çalışmada ısıtma ve soğutma gruplarında sıcaklık limitlerinin aşılması sorunu görülmez. Her kazan için kabul edilebilir minimum sıcaklık yükselişi ve her soğutma grubu için minimum sıcaklık düşüşü belirlenmelidir.

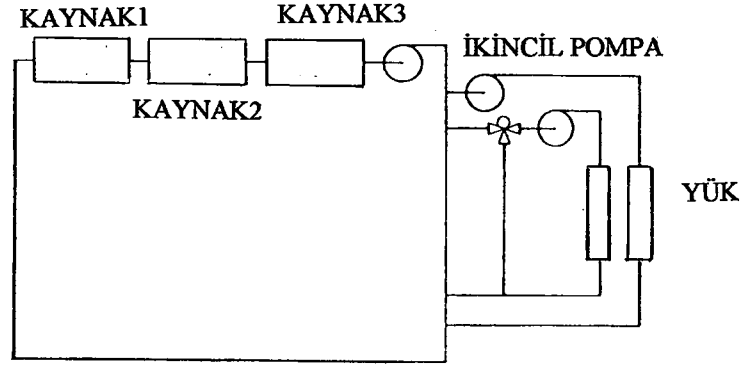
(b) Sadece birincil yada birincil/ikincil pompa sistemleri arasında tercih yapılmalıdır.

(c) Seçilen sıralı çalışmanın sistemin çıkış kapasitesini etkileyip etkilemediğine dikkat edilmelidir. Mesela seri olarak çalışan 3 soğutma grubunda gidiş sıcaklığı 5°C , dönüş sıcaklığı 11°C olarak tasarlansın. Giriş sıcaklık koşulları 5°C ile 9°C arasında değişirken herhangi bir soğutma grubu 2°C sıcaklık düşümünü gerçekleştirebilmelidir.

(d) Seri sistemin avantajları yine seri sistemde olan ek pompa sistemi dezavantajını yenebilecek güçte olup olmadığına dikkat edilmelidir.



Şekil 5.3. Birincil Pompalı Seri Kaynak

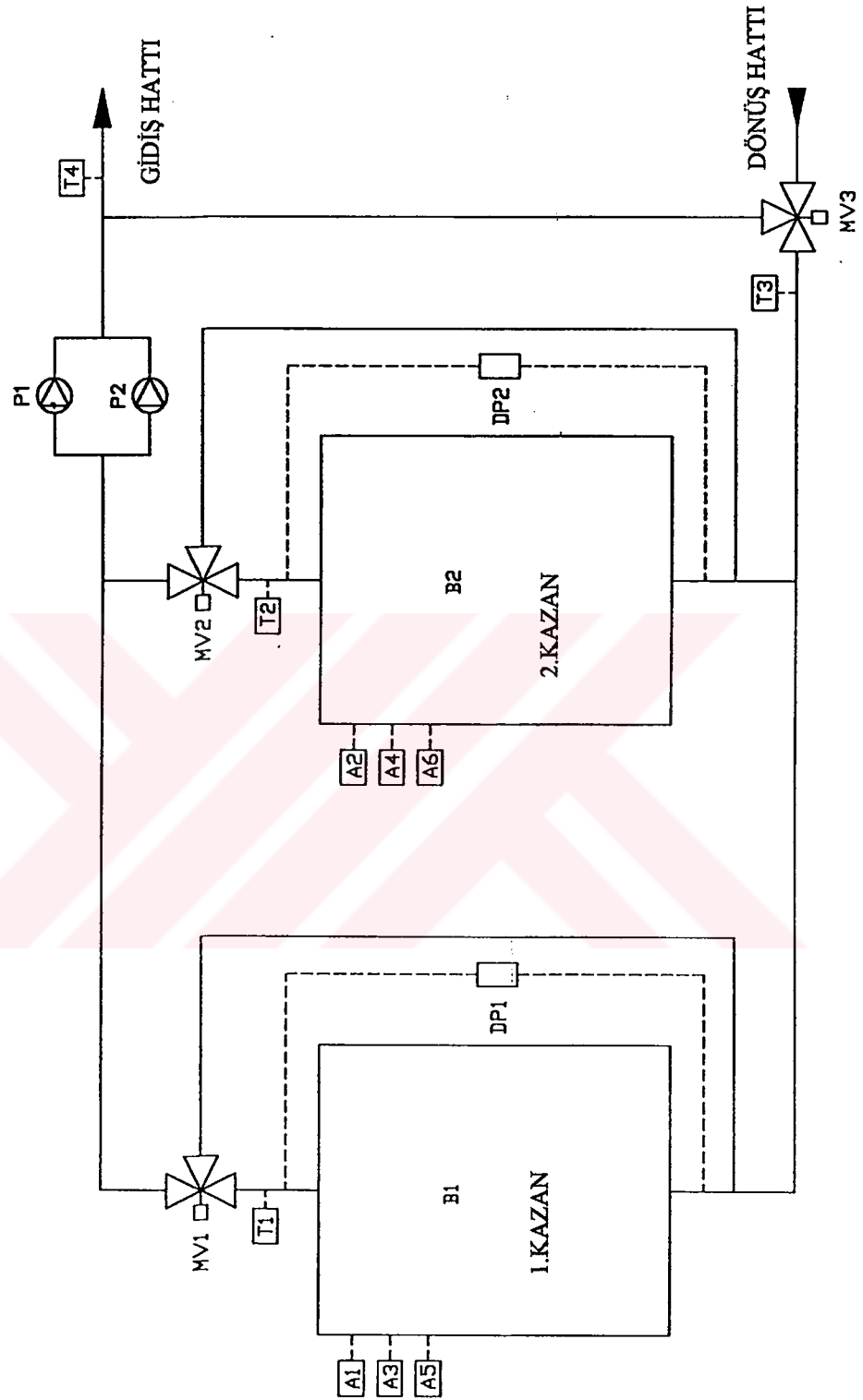


Şekil 5.4. Birincil/İkincil Pompalı Seri Kaynak

5.2. ISITMA SİSTEMLERİ KONTROLÜ

Isıtma sistemlerinde kazanlar bağımlı kontrol altında ısıtma talebine göre sıralı çalışırlar. Bina otomasyon sistemi çeşitli kontrol yöntemlerine göre kazanları sıralı çalıştırır. Sistemdeki asıl yükü seçebilen manuel anahtar olmalıdır. Sistem otomatik çalışmada iken istendiğinde yazılım veya donanımdan gelen bir anahtar ile asıl yük değiştirilebilir olmalıdır [1].

Bir kazan sisteminin şematik kontrolü şekil 5.5’de verilmiştir.



Şekil 5.5. Şematik Kazan Sistemi Kontrolü

T: Sıcaklık Sensörü	MV: Motorlu Vana
DP: Diferansiyel Basınç Anahtarı	B: Kazan
A: Alarm Rölesi	P: Pompa

Sistemdeki tüm donanım noktaları ;

1. Pompa (P1) Çalıştırma	DO
1. Pompa (P1) Durum	DI
2. Pompa (P2) Çalıştırma	DO
2. Pompa (P2) Durum	DI
1. Kazan Çalıştırma	DO
1. Kazan Durum	DI
2. Kazan Çalıştırma	DO
2. Kazan Durum	DI
Ortak Kazan Dönüşüm Vanası (MV3)	AO
1. Kazan Dönüşüm Vanası (MV1)	AO
2. Kazan Dönüşüm Vanası (MV2)	AO
1. Kazan Diferansiyel. Basınç Anahtarı (DP1)	DI
2. Kazan Diferansiyel Basınç Anahtarı (DP2)	DI
1. Kazan Gidiş Sıcaklığı (T1)	AI
2 Kazan Gidiş Sıcaklığı (T2)	AI
Genel Dönüş Sıcaklığı (T3)	AI
Genel Gidiş Sıcaklığı (T4)	AI
1. Kazan Yüksek Sıcaklık Alarmı (A1)	DI
2. Kazan Yüksek Sıcaklık Alarmı (A2)	DI
1. Kazan Kitlenme Alarmı (A3)	DI
2. Kazan Kitlenme Alarmı (A4)	DI
1. Kazan Düşük Su Seviyesi (A5)	DI
2. Kazan Düşük Su Seviyesi (A6)	DI
Yangın Alarmı	DI
AI : Analog Giriş	

AO : Analog Çıkış

DI : Dijital Giriş

DO : Dijital Çıkış

Koruma yöntemleri ;

Kazan ateşlemesi ile kazan sirkülasyon pompaları birbirine kitlenmelidir.

Kazan diferansiyel basınç anahtarı ile akışın olduğu kesinleşince ilgili kazan ateşleme devresi çalışabilir duruma gelmelidir.

Asıl yüke ait dönüşüm vanası sürekli olarak açık olmalıdır.

Kazan üst limit kontrolü sisteme mutlak kitleme sağlamalıdır [6].

Kontrol çevrimleri ;

Kazanların dönüş sıcaklığı ve yedek kazanın devreye girme gecikmesi ayarlanır.

Yedek kaynak olarak seçilen kazanda 3 yollu çevrim vanasında minimum akış ayarlanır.

Ortak olan 3 yollu çevrim vanası kontrol edilerek minimum kazan dönüş sıcaklığı belirlenmek üzere kontrol çevrimi parametreleri belirlenir.

Kazanlar devre dışı kaldıktan sonra pompaların kapanacağı minimum akış sıcaklığı belirlenir.

Bakım ve çalışma saati programları girilmelidir.

Pompaların sıralı çalışması ve dönüşümü için gerekli parametreler ayarlanır.

Kazanların asıl yük/yedek yük çalışması kontrol edilir.

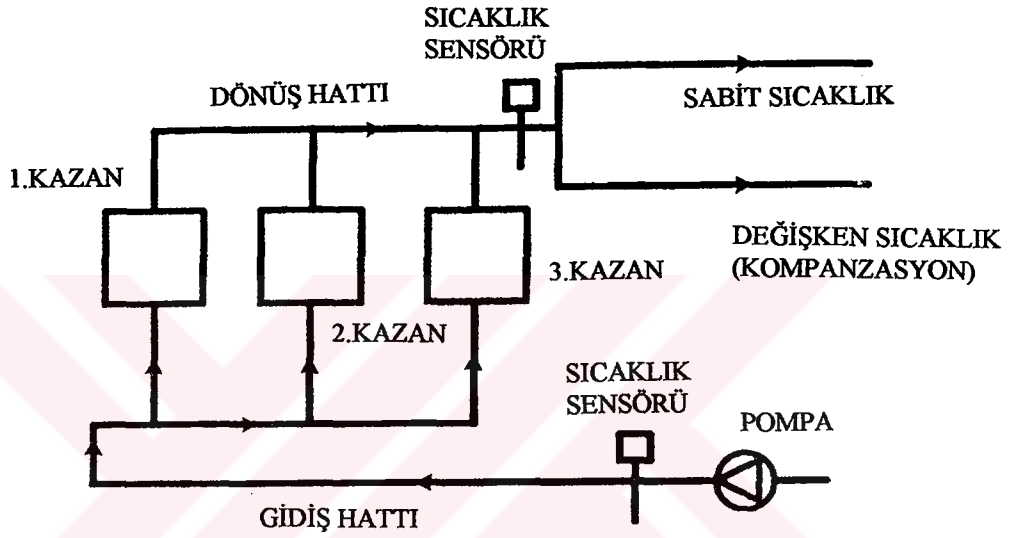
Alarmlar ;

Alarmlar, alarmların çalışma şekilleri ve raporların doğru şekilde alınması gerekir.

DP1 ve DP2 kazan diferansiyel basınç anahtarları doğru değerlere ayarlanmalıdır.

DP1 ve DP2 basınç anahtarlarının bağlantı uçları çıkartılıp kazanlar manuel olarak çalıştırmaya çalışılır.

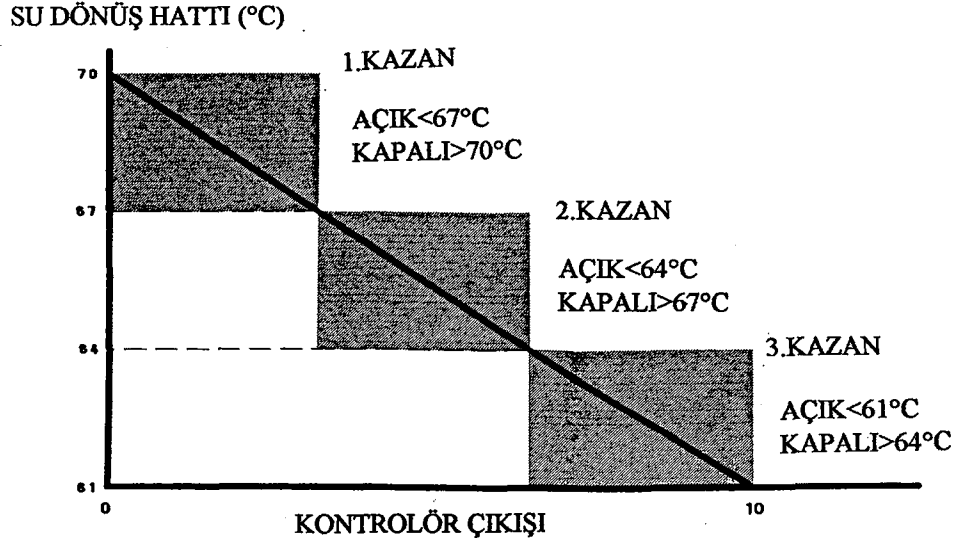
Yüksek sıcaklık ve düşük su seviyesi alarmları kazan paket kontrolü içindedir. Bu alarmlar kontrol edilmeli ve bina otomasyonu ile entegrasyonu sağlanmalıdır.



Şekil 5.6. Kazanların Sıralı Çalıştırılması

Akış kontrolü integral kontrol uygulamasıdır. Brülörlerin dönüşümü hızlıdır. Bu yüzden brülör ateşlemesini geciktirecek zamanlayıcı konur. Genel olarak akış sıcaklığı değişken sistemlerde integral kontrol kullanılır [4].

Dönüş sıcaklığı kontrolü oransal kontrol uygulamasıdır. Sensör yerleşiminde sorun yaratabilir fakat dönüş sıcaklığı kontrolü çok dalgalanma göstermeyen kararlı bir sistemdir. Kontrol noktası set sıcaklığı kazan üst limit termostat değerinin altında ayarlanır. Kazan üst limit set değeri 90-95°C'dir.



Şekil 5.7. Kazan Sıralı Çalışmasında Kontrol Çıkışı

Şekil 5.6.da kazanların sıralı çalışmasına bir örnek verilmiştir. Burada kazanlar dönüş suyu sıcaklığına göre çalışmaktadır. Başlangıçta tüm kazanların kapalı olduğunu düşünelim. Dönüş sıcaklığı 67°C altına düştüğünde birinci kazan yanar. Sıcaklık 64°C'ye düştüğünde ikinci ve 61°C'ye düştüğünde üçüncü kazan yanar. Dönüş sıcaklığı 64°C'ye yükseldiğinde birinci, 67°C'ye geldiğinde ikinci ve 70°C'ye geldiğinde üçüncü kazan durur. Soğutma gruplarında bu kontrol yöntemi uygulanabilir fakat sıcaklıkla çalışma ters orantılıdır.

Gidiş suyu sıcaklığı kontrolünde dış hava kompanzasyonu kullanılarak set sıcaklığı değiştirilir. Tablo 5.1'de dış hava sıcaklığına göre kazan akış sıcaklığı verilmiştir.

Tablo 5.1. Kompanzasyonlu Kazan Gidiş Sıcaklığı

Dış Hava Sıc. (°C)	0	2	4	7	10
Kazan Akış Sıc. (°C)	80	70	56	45	37

Bu tabloya göre dış hava sıcaklığı 0°C'ye indiğinde kazan gidiş suyu set sıcaklığı 80°C'ye gelir. Burada reset (integral) kontrol uygulaması görülüyor.

5.3. SOĞUTMA SİSTEMLERİ

5.3.1. SOĞUTMA GRUPLARI

Soğutma grupları çeşitli bölümlerden oluşmaktadır. Bu bölümler kompresör, kondenser, genleşme vanası ve evaporatördür. Evaporatörde sıvı halde ve düşük basınçtaki akışkan ısı alarak buhar haline dönüşür. Bu buhar haline geçmiş olan sıvı kompresöre iletilir. Kompresör ile bu buhar kondensere girmeden önce sıkıştırılıp basıncı artırılır. Basıncın artırılması ile soğutucu buhar kondensere sıvı halde geçer. Buharın sıvı hale geçmesi için evaporatörde soğutulmuş su yada havadan daha yüksek sıcaklıkta su yada hava kondenserde kullanılır. Genleşme vanası ise evaporatör girişinde bulunur ve evaporatöre giren sıvının buharlaşacağı basınç ve sıcaklığın ayarlanmasını sağlar. Evaporatör çıkışındaki ısı ölçüm ile genleşme vanası kontrol edilir [1].

5.3.1.1. SOĞUTMA GRUPLARI PARALEL ÇALIŞMA KONTROLÜ

İki tür çalışma şekli vardır. Birincisi her soğutma grubu için ayrı pompa ve kontrol vanası, diğerinde ise ortak bir pompa ve her grup için ayrı kontrol vanası vardır. Kontrol vanaları soğutma grupları kapatıldığında ters yönde su akışını önler. İzolasyon vanası ile çalışmayan gruba su akışı önlenir ve etkili soğutma sağlanır. Devrede olan soğutma grubu ölçüm yapan sensöre yeterince soğuk su sağlamalıdır. Bunun için soğutma grubu donma noktasına yakın sıcaklıkta su sağlayabilmelidir. Gidiş hattında soğuk su kontrolü birincil kapasite kontrolüdür. Sıcaklık alt sınır kontrolü ile soğutma gruplarının çıkış sıcaklıklarının çok düşük olması önlenir. Dönüş hattına konan sıcaklık sensörü ise düşük yüklerde istenirse soğutma gruplarından birini devre dışı bırakabilir.

5.3.1.2. SOĞUTMA GRUPLARI SERİ ÇALIŞMA KONTROLÜ

Düşük yüklerde kompresör enerji tüketimi paralel çalışmaya göre daha azdır. Seri bağlı sistemde soğutma gruplarının kondenser bölümleri seri bağlanmıştır. Birbirine yakın kapasitelerde birinci grup %100 yüklendiğinde ikinci grup devreye sokulur. Soğuk su gidiş ve kondenser su sıcaklıklarına göre soğutma talebi belirlenerek sıralı çalışma programlanabilir.

5.3.1.3. SOĞUTMA GRUPLARINDA KORUMA

Koruma yöntemi olarak yüksek kondenser basıncı, soğutucu düşük sıcaklık veya basıncı, soğuk su hattında düşük sıcaklık kontrolü, soğuk su akış kontrolü, kondenser suyu akış kontrolüdür.

5.3.2. SOĞUTMA KULELERİ

Soğutma kuleleri, soğutma gruplarının kondenserden gelen suyu soğutup kondensere soğuk su sağlar. Tasarım şartı olarak kondenser soğuk su girişi 27°C ve soğuk su çıkışı 32°C uygulanabilir. Soğutma kuleleri kontrol yöntemi kullanılan soğutma grubu sayısı ve şekline göre değişir. Kontrol yöntemleri üç gruba ayrılır. Bunlar hava tarafında kontrol, su tarafında kontrol ve her ikisinin birleşiminden oluşan yöntemdir.

5.3.2.1. SOĞUTMA KULELERİ KONTROL YÖNTEMLERİ

5.3.2.1.1. HAVA TARAFINDA KONTROL

Hava tarafında kontrol havanın hacmini değiştirerek olur. Üç kontrol yöntemi uygulanabilir. Bunlar fan hızı kontrolü, damper kontrolü ve fanların sıralı çalıştırılmasıdır [1].

(a) Fan hızı kontrolü ;

Tek bir soğutma kulesi bulunan küçük projeler için uygundur. Pahalı bir çözümdür ve düşük yüklerde uygulama zorluğu çıkartır.

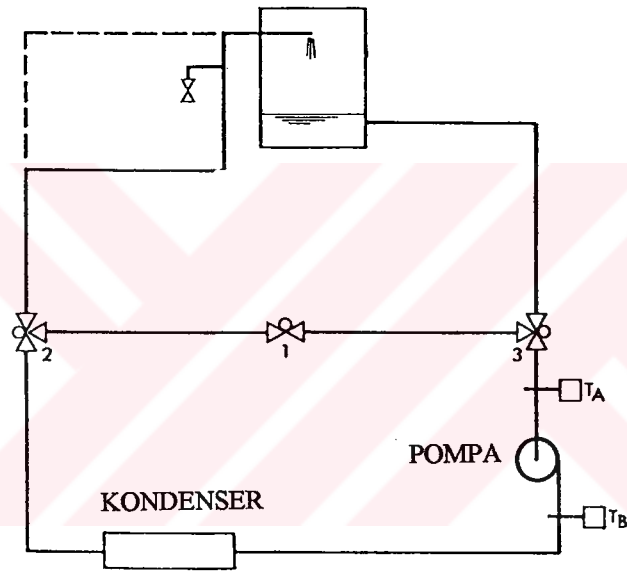
(b) Damper kontrolü ;

Küçük projelerde kullanılabilir fakat fan gücünden tasarruf sağlanamaz. Uygun karakteristikte damper seçimi zordur. İstenen seviyede kontrol sağlanamayabilir.

(c) Fanların sıralı çalıştırılması ;

Bu yöntem şekli iki veya daha fazla fanın kullanıldığı büyük projeler için geçerlidir. Su tarafında kontrol ile birlikte kullanıldığında daha etkilidir. Yazılımda kontrol ve dönüşüm noktası kullanılarak soğutma talebi arttıkça fanlar devreye sokulur.

5.3.2.1.2. SU TARAFINDA KONTROL



Şekil 5.8 Şematik Soğutma Kulesi

1: İki yönlü vana

2 : Üç yönlü arıcı vana

3: Üç yönlü karışım vanası

Su tarafında kontrol soğutma kulesinden geçen su hacmini kontrol ederek olur [1].

(a) İki yönlü vana ile kontrol ;

Şekil 5.8.'de 1 nolu vana ile kontrol sağlanır. Vana ve sirkülasyon hattının toplam basınç düşümü kule hattının basıncından düşük olmalıdır böylece vana tam açıkken soğutma kulesinden su akmaz.

(b) Üç yollu ayırıcı vana ile kontrol ;

Şekil 5.8.'de 3 nolu vanadır. Kule ve kondenser arasındaki yükseklik mesafelerinin az olduğu durumlarda tercih edilir.

(c) Üç yollu karışım vanası ile kontrol ;

Şekil 5.8.'de 2 nolu vanadır. Genellikle açık devre soğutma kulelerinde kullanılır.

5.3.2.1.3. HEM HAVA HEMDE SU TARAFINDA KONTROL

Özellikle akış sıcaklık kontrolü olan sistemlerde fan enerji tasarrufu sağlandığından tercih edilen bir sistemdir. Şekil 5.9.'da hem fanların sıralı çalışması hemde vana konumu verilmiştir. Kontrol yöntemleri üç gruba ayrılır. Bunlar gidiş su sıcaklığı, dönüş suyu sıcaklığı ve basınç kontrolüdür [1].

(a) Gidiş suyu sıcaklığı kontrolü ;

Kondenser su sistemi birden fazla soğutma sistemine su sağlıyorsa yeterli soğutmayı sağlayabilecek en etkili yol gidiş suyu sıcaklığı kontrolüdür. Düşük yük

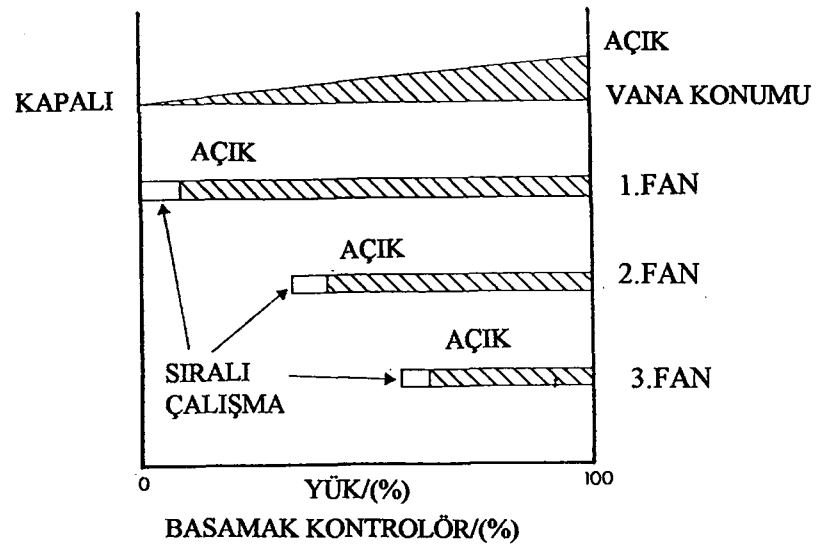
durumlarında akış sıcaklığını daha düşük değerlere set etmek verimli bir kontrol yöntemidir. Bu kontrol yönteminde gidiş suyu, kondensere gelen sudur.

(b) Dönüş suyu sıcaklığı kontrolü ;

Her soğutma grubu için ayrı bir soğutma kulesi tasarlandığı durumlarda tercih edilir. Bağımlı kontrol kullanıldığı durumlarda sistem cevap süreleri hızlı olduğundan dönüş sıcaklığı kontrolü uygundur. Isı geri kazanımlı sistemlerde yüksek soğutma basınçları istendiğinde tercih edilir.

(c) Basınç düşümü kontrolü ;

Isı geri kazanımının olduğu projelerde öncelikle soğutma gruplarını korumak ilk amaç olduğu durumlarda tercih edilir. Dezavantajı ise kondenser su sıcaklığının geniş bir aralıkta değişmesidir. Basınç ölçümü kompresörlerde yapılır ve bu otomatik kontrol paket çözümü içindedir.



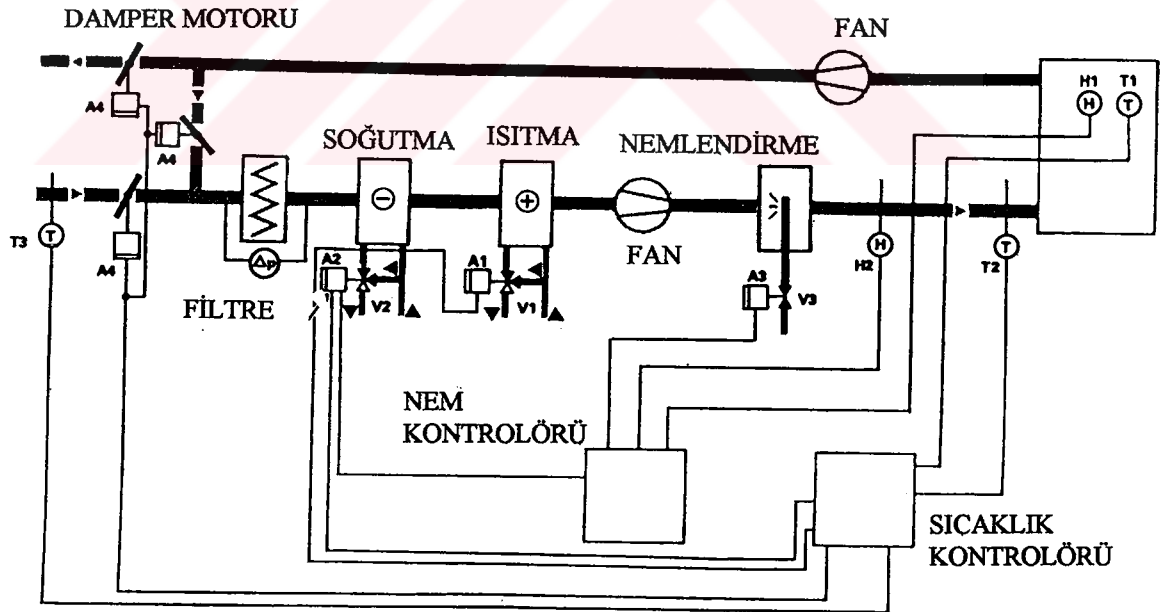
Şekil 5.9. Üç Fanlı ve Bir Kontrol Vanalı Soğutma Kulesi Kontrolü

5.3.2.2. SOĞUTMA KULELERİ KORUMA YÖNTEMLERİ

Soğutma grupları çalıştırılmadan önce akış anahtarları ile soğutma kulesinden kondensere su gelip gelmediği kontrol edilir. Akış anahtarları yerine diferansiyel basınç anahtarları da kullanılabilir.

5.4. HAVALANDIRMA SİTEMLERİ

Havalandırma sistemleri ve otomasyonunun değişik uygulamaları vardır. Tipik bir Klima santrali ve otomasyonu şekil 5.10.'da verilmiştir [4].



Şekil 5.10. Tipik Bir Klima Santrali Otomasyonu

Burada soğutma sepantininin iki görevi vardır. Bunlar sıcaklık kontrolünde soğutma talebine cevap vermek ve nem kontrolünde sistemden nem almaktır.

Vantilatör fanı ile sıcaklık ve nem kontrolü sağlanan hava iç mekana gönderilir. İç mekandan aspiratör fanı ile hava dönüş kanalına alınır. Burada havanın belli kısmı dışarı atılır yada sirküle edilir.

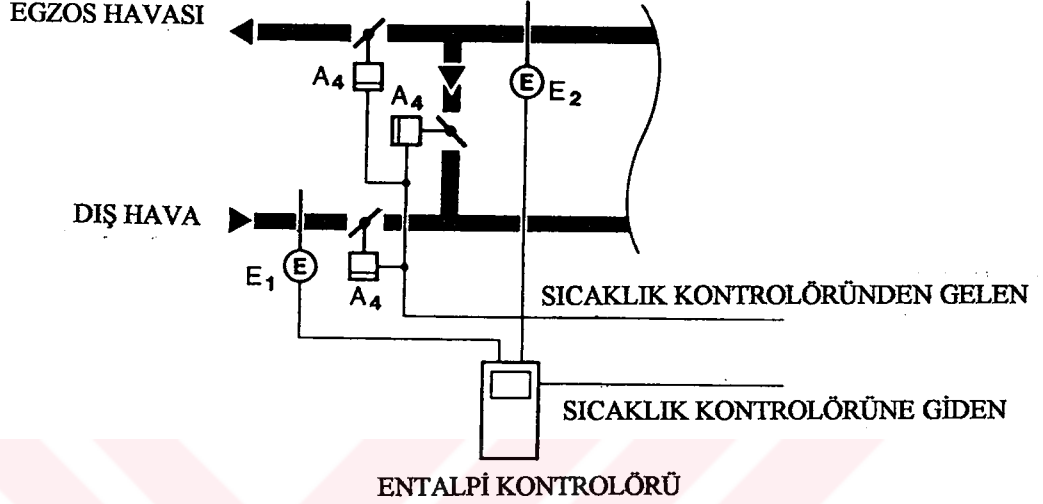
Mekandaki sıcaklık sensörü T1 ile kuru termometre sıcaklığı ölçülerek sırasıyla ısıtma vanası V1, damper motorları A4 ve soğutma vanası V2 kontrol edilir. Damper motorları birbiri ile bağımlı çalışır. Giriş ve egzoz damperleri kapanırken sirkülasyon damperi açılır. Dönüş kanalındaki hava mahal şartlarına yakın değerdedir ve bu hava belirli oranda sirküle edilerek taze hava ile karıştırılır. Taze hava damperi tam olarak kapatılmaz. Taze hava damperi minimum taze havayı sağlayabilecek seviyeye kadar kapatılabilmelidir.

Ortamda bağıl nemi ölçen H1 sensörü ile nemlendirme kontrol edilir. Ortama yollanabilecek aşırı nem H2 nem sensörü ile önlenir. H2 sensörü ile üst limit sınırlaması yapılır.

Gizli ısı kazançları birçok durumda hissedilen ısı kazançlarının çok altındadır ve bu durumda nemlendirme kontrolünde ısıtma vanası kontrolü gerekmez. Gizli ısı büyük değerlere ulaştığında dikkate alınmazsa soğutma vanası kontrolünde büyük sorunlar çıkabilir. Bazen gidiş havasında alt limit kontrolü istenebilir. Bu durumda T2 sıcaklık sensörü kullanılır.

Taze hava kanalında T3 sıcaklık sensörü kullanılarak damper kontrolü yapılır. Böylece soğutma sistemlerinde ekonomiklik sağlanır. Soğutmada harcanan enerji ısıtmadan çok daha fazladır. Bu yüzden soğutmada enerji tasarrufuna ve damper kontrolüne dikkat edilmelidir. Dış hava sıcaklığı ortam sıcaklığından daha yüksek ise taze hava giriş ve çıkış damperleri minimum konuma getirilip sirkülasyon damperi tamamen açılarak iç hava kullanılır. Daha doğru bir uygulama için T3 sensörü yerine entalpi sensörü (E1) ve dönüş kanálnada bir entalpi sensörü (E2) konarak havadaki

toplam ısı kontrol edilir. Şekil 5.11.'de entalpi sensörü kullanımı gösterilmiştir. Yazın soğutma sistemi devrede iken, dış hava sıcaklığı mekandan daha yüksek olduğu halde toplam ısı daha düşük olduğu için ortama dış hava daha çok yollar.



Şekil 5.11. Entalpi Kontrolü

Klima santralinde filtre üzerinde bulunan diferansiyel basınç sensörü ile filtrenin kirlenmesi ve fan üzerinde bulunan diferansiyel basınç sensörü ile fan kayışının kopup kopmadığı anlaşılır.

5.5. AYDINLATMA KONTROLÜ

Aydınlatma kontrolünün en kolay yolu aç/kapa kontroldür. Tüm aydınlatma sistemlerine uygun bir kontrol yöntemi olan aç/kapa kontrole bir zaman anahtarı bağlanabilir. Işık şiddetinin değişimi istendiği yerlerde oransal kontrol olarak dimerler kullanılır. Aç/kapa kontrolörler genellikle ya elektromekanik yada elektronik (fotoelektrik anahtarlar) yapıdadır. Aydınlik şiddeti kontrolü için ise tristör yada triak dimerler kullanılır.

Aydınlatmanın yüksek oranda ısı kazancı sağladığı sistemlerde ısıtma ve havalandırma sistemleri ile aydınlatma kontrolü birbiri ile bağlantılıdır. Aydınlatmanın grup veya bağımsız olarak kontrol edildiği sistemlerde ısıtma ve havalandırmanın iç mekanın ortam koşullarını sağlayabilecek şekilde olmalıdır.

5.6. BİR KLİMA SANTRALİ SİMÜLASYONU

Satchwell BAS2000 bina otomasyonu simülasyon programı kullanılarak daha önce anlatılan klima santrali otomasyonu bilgileri ile simülasyon yapılmıştır [7].

Simülasyonda kullanılan terimler, kısaltmalar ve noktaların türkçe karşılıkları;

Display Mnemonic : Yazılımda gözüken kısa isim
 Outside Air Temp. : Dış hava sıcaklığı
 AIR HANDLING PLANT : Klima Santrali
 Outside Air Humidity : Dış hava nemi
 Supply Temp. : Giriş kanalı sıcaklığı
 Supply Air Humidity . Giriş kanalı nemi
 Supply Air Velocity : Giriş kanalı hava hızı
 Supply Air Pressure : Giriş kanalı hava basıncı
 Supply Pressure Set : Giriş basıncı referans değeri
 Supply Pres. Control : Giriş kanalı basınç kontrol noktası
 Supply Fan Control : Giriş kanalı fanı durdurma/çalıştırma
 Supply Fan Status : Giriş kanalı fanı çalışma durumu.
 Supply Fan Trip : Giriş fanı kayışı durumu
 Supply Fan Speed : Giriş fanı hızı
 Supply Air Filter : Giriş kanalı hava filtresi kirli/temiz durumu
 Return Air Humidity : Dönüş kanalı nemi
 Humidity SetPoint : Nem referans değeri

Humidity Control : Nem kontrol noktası
 Humidity Ctl. Valve : Nem kontrol vanası
 Return Air Temp. : Dönüş kanalı sıcaklığı
 Temp. Set Point : Sıcaklık referans değeri
 Temp. Control Point : Sıcaklık kontrol noktası
 Cooling Valve : Soğutma vanası
 Return Air Velocity : Dönüş kanalı sıcaklığı
 Return Fan Control : Dönüş fanı durdurma/çalıştırma
 Return Fan Status : Dönüş fanı çalışma durumu
 Return Fan Trip : Dönüş fanı kayışı durumu
 Return Fan Set : Dönüş fan hızı referansı
 Return Fan Control : Dönüş fanı hız kontrol noktası
 Return Fan Speed : Dönüş fanı hızı
 Damper Control PRG : Damper kontrol programlama noktası
 Damper Control : Damper kontrol noktası
 Temp.(Temperature) : Sıcaklık
 Hum RH (Relative Humidity) : Nem
 Vel. (Velocity) : Hız
 Press. (Pressure) : Basınç
 O/P (Operation) : Çalışma Sinyali
 Start : Çalışıyor
 Running : Arıza yok
 On : Çalışıyor
 Off : Durdu
 Filter Dirty : Filtre Kirli

1.ÖRNEKLEME

Display Mnemonic : AHP_OAT

22:57:21 on 22 July 1997

AIR HANDLING PLANT Outside Air Temp.

AHP_OAT

N Temp 27.0`C AUTO

*** Completed ***

Display Mnemonic : AHP_OHU

22:57:22 on 22 July 1997

AIR HANDLING PLANT Outside Air Humidity

AHP_OHU

N Hum55.0%RH AUTO

*** Completed ***

Display Mnemonic : AHP_SAT

22:57:23 on 22 July 1997

AIR HANDLING PLANT Supply Temp.

AHP_SAT

N Temp 16.0`C AUTO

*** Completed ***

Display Mnemonic : AHP_SAH

22:57:23 on 22 July 1997

AIR HANDLING PLANT Supply Air Humidity

AHP_SAH

N Temp 50.0%RH AUTO

Alarm 1 Limit = Hum 70.RH Hum 20 RH

*** Completed ***

Display Mnemonic : AHP_SAV

22:57:24 on 22 July 1997

AIR HANDLING PLANT Supply Air Velocity

AHP_SAV

N Vel5.0m/s AUTO

*** Completed ***

Display Mnemonic : AHP_SAP

22:57:25 on 22 July 1997

AIR HANDLING PLANT Supply Air Pressure

AHP_SAP

N Press50.0Pa AUTO

*** Completed ***

Display Mnemonic : AHP_SPS

22:57:25 on 22 July 1997

AIR HANDLING PLANT Supply Pressure Set

AHP_SPS

Set 300.0Pa FIX

*** Completed ***

Display Mnemonic : AHP_SPC

22:57:26 on 22 July 1997

AIR HANDLING PLANT Supply Pres.Control

AHP_SPC

O/p 100% SPA AHP_SPS

*** Completed ***

Display Mnemonic : AHP_SFC

22:57:27 on 22 July 1997

AIR HANDLING PLANT Supply Fan Control

AHP_SFC

Start AUTO

*** Completed ***

Display Mnemonic : AHP_SFT

22:57:28 on 22 July 1997

AIR HANDLING PLANT Supply Fan Status

AHP_SFT

N On AUTO

*** Completed ***

Display Mnemonic : AHP_SUT

22:57:28 on 22 July 1997

AIR HANDLING PLANT Supply Fan Trip

Running AUTO

*** Completed ***

Display Mnemonic : AHP_SFS

22:57:29 on 22 July 1997

AIR HANDLING PLANT Supply Fan Speed

AHP_SFS

100%Speed CTL AHP_SPC

*** Completed ***

Display Mnemonic : AHP_FLT

22:57:30 on 22 July 1997

AIR HANDLING PLANT Supply Air Filter

AHP_FLT

* Filter dirty AUTO

*** Completed ***

Display Mnemonic : AHP_RAH

22:57:30 on 22 July 1997

AIR HANDLING PLANT Return Air Humidity

AHP_RAH

Hum35.0%RH

N Hum50.0%RH AUTO

Alarm 1 Limit = Hum70.0%RHHum35.0%RH

*** Completed ***

Display Mnemonic : AHP_HSP

22:57:31 on 22 July 1997

AIR HANDLING PLANT Humidity Set Point

AHP_HSP

Set 50.0'C FIX

*** Completed ***

Display Mnemonic : AHP_HCT

22:57:32 on 22 July 1997

AIR HANDLING PLANT Humidity Control

AHP_HCT

O/p 50% SPA AHP_HSP

*** Completed ***

Display Mnemonic : AHP_HCV

22:57:32 on 22 July 1997

AIR HANDLING PLANT Humidity Ctl.Valve

AHP_HCV

60%Open CTL AHP_HCT

*** Completed ***

Display Mnemonic : AHP_RAT

22:57:33 on 22 July 1997

AIR HANDLING PLANT Return Air Temp

AHP_RAT

N Temp 24.0`C AUTO

*** Completed ***

Display Mnemonic : AHP_TSP

22:57:34 on 22 July 1997

AIR HANDLING PLANT Temp.Set Point

AHP_TSP

Set 22.0`C FIX

*** Completed ***

Display Mnemonic : AHP_TCP

22:57:35 on 22 July 1997

AIR HANDLING PLANT Temp.Control Point

AHP_TCP

O/p 80% SPA AHP_TSP

*** Completed ***

Display Mnemonic : AHP_CVL

22:57:36 on 22 July 1997

AIR HANDLING PLANT Cooling Valve

AHP_CVL

80%Open CTL AHP_TCP

*** Completed ***

Display Mnemonic : AHP_RAV

22:57:36 on 22 July 1997

AIR HANDLING PLANT Return Air Velocity

AHP_RAV

N Vel6.0m/s AUTO

*** Completed ***

Display Mnemonic : AHP_RSC

22:57:37 on 22 July 1997

AIR HANDLING PLANT Return Fan Control

AHP_RSC

Start AUTO

*** Completed ***

Display Mnemonic : AHP_RFT

22:57:37 on 22 July 1997

AIR HANDLING PLANT Return Fan Status

AHP_RFT

N On AUTO

*** Completed ***

Display Mnemonic : AHP_RET

22:57:38 on 22 July 1997

AIR HANDLING PLANT Return Fan Trip

*** Completed ***

Display Mnemonic : AHP_RSP

22:57:39 on 22 July 1997

AIR HANDLING PLANT Return Fan Set

AHP_RSP

N Press5.0Pa AUTO

*** Completed ***

Display Mnemonic : AHP_RFC

22:57:40 on 22 July 1997

AIR HANDLING PLANT Return Fan Control

AHP_RFC

O/p 10% SPA AHP_RSP

*** Completed ***

Display Mnemonic : AHP_RFS

22:57:41 on 22 July 1997

AIR HANDLING PLANT Return Fan Speed

AHP_RFS

55%Speed CTL AHP_RFC

*** Completed ***

Display Mnemonic : AHP_DPR

22:57:41 on 22 July 1997

AIR HANDLING PLANT Damper Control PRG

AHP_DPR

N Open 100% AUTO

*** Completed ***

Display Mnemonic : AHP_DCT

22:57:42 on 22 July 1997

AIR HANDLING PLANT Damper Control

AHP_DCT

100%Open CTL AHP_DPR

*** Completed ***

2. ÖRNEKLEME

Display Mnemonic : AHP_OAT

22:58:47 on 22 July 1997

AIR HANDLING PLANT Outside Air Temp.

AHP_OAT

N Temp 28.0'C AUTO

*** Completed ***

Display Mnemonic : AHP_OHU

22:58:48 on 22 July 1997

AIR HANDLING PLANT Outside Air Humidity

AHP_OHU

N Hum55.0%RH AUTO

*** Completed ***

Display Mnemonic : AHP_SAT

22:58:50 on 22 July 1997

AIR HANDLING PLANT Supply Temp.

AHP_SAT

N Temp 20.0'C AUTO

*** Completed ***

Display Mnemonic : AHP_SAH

22:58:51 on 22 July 1997

AIR HANDLING PLANT Supply Air Humidity

AHP_SAH

N Temp 50.0 %RH AUTO

Alarm 1 Limit = Hum 70.RH Hum 20 RH

*** Completed ***

Display Mnemonic : AHP_SAV

22:58:52 on 22 July 1997

AIR HANDLING PLANT Supply Air Velocity

AHP_SAV

N Vel5.0m/s AUTO

*** Completed ***

Display Mnemonic : AHP_SAP

22:58:53 on 22 July 1997

AIR HANDLING PLANT Supply Air Pressure

AHP_SAP

N Press50.0Pa AUTO

*** Completed ***

Display Mnemonic : AHP_SPC

22:58:55 on 22 July 1997

AIR HANDLING PLANT Supply Pres.Control

AHP_SPC

O/p 100% SPA AHP_SPS

*** Completed ***

Display Mnemonic : AHP_SFC

22:58:56 on 22 July 1997

AIR HANDLING PLANT Supply Fan Control

AHP_SFC

Start AUTO

*** Completed ***

Display Mnemonic : AHP_SFT

22:58:57 on 22 July 1997

AIR HANDLING PLANT Supply Fan Status

AHP_SFT

N On AUTO

*** Completed ***

Display Mnemonic : AHP_SUT

22:58:57 on 22 July 1997

AIR HANDLING PLANT Supply Fan Trip

Running AUTO

*** Completed ***

Display Mnemonic : AHP_SFS

22:58:58 on 22 July 1997

AIR HANDLING PLANT Supply Fan Speed

AHP_SFS

100%Speed CTL AHP_SPC

*** Completed ***

Display Mnemonic : AHP_FLT

22:58:59 on 22 July 1997

AIR HANDLING PLANT Supply Air Filter

AHP_FLT

* Filter dirty AUTO

*** Completed ***

Display Mnemonic : AHP_RAH

22:59:00 on 22 July 1997

AIR HANDLING PLANT Return Air Humidity

AHP_RAH

Hum35.0%RH

N Hum50.0%RH AUTO

Alarm 1 Limit = Hum70.0%RHHum35.0%RH

*** Completed ***

Display Mnemonic : AHP_HCT

22:59:02 on 22 July 1997

AIR HANDLING PLANT Humidity Control

AHP_HCT

O/p 50% SPA AHP_HSP

*** Completed ***

Display Mnemonic : AHP_HCV

22:59:03 on 22 July 1997

AIR HANDLING PLANT Humidity Ctl.Valve

AHP_HCV

60%Open CTL AHP_HCT

*** Completed ***

Display Mnemonic : AHP_RAT

22:59:04 on 22 July 1997

AIR HANDLING PLANT Return Air Temp

AHP_RAT

N Temp 23.6`C AUTO

*** Completed ***

Display Mnemonic : AHP_TCP

22:59:07 on 22 July 1997

AIR HANDLING PLANT Temp.Control Point

AHP_TCP

O/p 68% SPA AHP_TSP

*** Completed ***

Display Mnemonic : AHP_CVL

22:59:08 on 22 July 1997

AIR HANDLING PLANT Cooling Valve

AHP_CVL

68%Open CTL AHP_TCP

*** Completed ***

Display Mnemonic : AHP_RAV

22:59:09 on 22 July 1997

AIR HANDLING PLANT Return Air Velocity

AHP_RAV

N Vel6.0m/s AUTO

*** Completed ***

Display Mnemonic : AHP_RSC

22:59:10 on 22 July 1997

AIR HANDLING PLANT Return Fan Control

AHP_RSC

Start AUTO

*** Completed ***

Display Mnemonic : AHP_RFT

22:59:11 on 22 July 1997

AIR HANDLING PLANT Return Fan Status

AHP_RFT

N On AUTO

*** Completed ***

Display Mnemonic : AHP_RET

22:59:11 on 22 July 1997

AIR HANDLING PLANT Return Fan Trip

Running AUTO

*** Completed ***

Display Mnemonic : AHP_RSP

22:59:14 on 22 July 1997

AIR HANDLING PLANT Return Fan Set

AHP_RSP

N Press5.0Pa AUTO

*** Completed ***

Display Mnemonic : AHP_RFC

22:59:15 on 22 July 1997

AIR HANDLING PLANT Return Fan Control

AHP_RFC

O/p 2% SPA AHP_RSP

*** Completed ***

Display Mnemonic : AHP_RFS

22:59:16 on 22 July 1997

AIR HANDLING PLANT Return Fan Speed

AHP_RFS

51%Speed CTL AHP_RFC

*** Completed ***

Display Mnemonic : AHP_DPR

22:59:16 on 22 July 1997

AIR HANDLING PLANT Damper Control PRG

AHP_DPR

N Open 100% AUTO

*** Completed ***

Display Mnemonic : AHP_DCT

22:59:17 on 22 July 1997

AIR HANDLING PLANT Damper Control

AHP_DCT

100%Open CTL AHP_DPR

*** Completed ***

3. ÖRNEKLEME

Display Mnemonic : AHP_OAT

22:59:53 on 22 July 1997

AIR HANDLING PLANT Outside Air Temp.

AHP_OAT

N Temp 29.0'C AUTO

*** Completed ***

Display Mnemonic : AHP_OHU

22:59:54 on 22 July 1997

AIR HANDLING PLANT Outside Air Humidity

AHP_OHU

N Hum55.0%RH AUTO

*** Completed ***

Display Mnemonic : AHP_SAT

22:59:54 on 22 July 1997

AIR HANDLING PLANT Supply Temp.

AHP_SAT

N Temp 20.0'C AUTO

*** Completed ***

Display Mnemonic : AHP_SAH

22:59:55 on 22 July 1997

AIR HANDLING PLANT Supply Air Humidity

AHP_SAH

N Temp 50.%RH AUTO

Alarm 1 Limit = Hum 70.RH Hum 25 RH

*** Completed ***

Display Mnemonic : AHP_SAV

22:59:56 on 22 July 1997

AIR HANDLING PLANT Supply Air Velocity

AHP_SAV

N Vel5.0m/s AUTO

*** Completed ***

Display Mnemonic : AHP_SAP

22:59:56 on 22 July 1997

AIR HANDLING PLANT Supply Air Pressure

AHP_SAP

N Press50.0Pa AUTO

*** Completed ***

Display Mnemonic : AHP_SPS

22:59:56 on 22 July 1997

AIR HANDLING PLANT Supply Pressure Set

AHP_SPS

Set 300.Pa FIX

*** Completed ***

Display Mnemonic : AHP_SPC

22:59:57 on 22 July 1997

AIR HANDLING PLANT Supply Pres.Control

AHP_SPC

O/p 100% SPA AHP_SPS

*** Completed ***

Display Mnemonic : AHP_SFC

22:59:57 on 22 July 1997

AIR HANDLING PLANT Supply Fan Control

AHP_SFC

Start AUTO

*** Completed ***

Display Mnemonic : AHP_SFT

22:59:58 on 22 July 1997

AIR HANDLING PLANT Supply Fan Status

AHP_SFT

N On AUTO

*** Completed ***

Display Mnemonic : AHP_SUT

22:59:58 on 22 July 1997

AIR HANDLING PLANT Supply Fan Trip

*** Completed ***

Display Mnemonic : AHP_SFS

22:59:59 on 22 July 1997

AIR HANDLING PLANT Supply Fan Speed

AHP_SFS

100%Speed CTL AHP_SPC

*** Completed ***

Display Mnemonic : AHP_FLT

22:59:59 on 22 July 1997

AIR HANDLING PLANT Supply Air Filter

AHP_FLT

* Filter dirty AUTO

*** Completed ***

Display Mnemonic : AHP_RAH

22:59:59 on 22 July 1997

AIR HANDLING PLANT Return Air Humidity

AHP_RAH

N Hum50.0%RH AUTO

Alarm 1 Limit = Hum70.0%RHHum35.0%RH

*** Completed ***

Display Mnemonic : AHP_HSP

23:00:00 on 22 July 1997

AIR HANDLING PLANT Humidity Set Point

AHP_HSP

Set 50.0RH FIX

*** Completed ***

Display Mnemonic : AHP_HCT

23:00:00 on 22 July 1997

AIR HANDLING PLANT Humidity Control

AHP_HCT

O/p 50% SPA AHP_HSP

*** Completed ***

Display Mnemonic : AHP_HCV

23:00:00 on 22 July 1997

AIR HANDLING PLANT Humidity Ctl.Valve

AHP_HCV

60%Open CTL AHP_HCT

*** Completed ***

Display Mnemonic : AHP_RAT

23:00:01 on 22 July 1997

AIR HANDLING PLANT Return Air Temp

AHP_RAT

N Temp 22.0'C AUTO

*** Completed ***

Display Mnemonic : AHP_TSP

23:00:01 on 22 July 1997

AIR HANDLING PLANT Temp.Set Point

AHP_TSP

Set 22.0`C FIX

*** Completed ***

Display Mnemonic : AHP_TCP

23:00:02 on 22 July 1997

AIR HANDLING PLANT Temp.Control Point

AHP_TCP

O/p 40% SPA AHP_TSP

*** Completed ***

Display Mnemonic : AHP_CVL

23:00:02 on 22 July 1997

AIR HANDLING PLANT Cooling Valve

AHP_CVL

40%Open CTL AHP_TCP

*** Completed ***

Display Mnemonic : AHP_RAV

23:00:02 on 22 July 1997

AIR HANDLING PLANT Return Air Velocity

AHP_RAV

N Vel6.0m/s AUTO

*** Completed ***

Display Mnemonic : AHP_RSC

23:00:03 on 22 July 1997

AIR HANDLING PLANT Return Fan Control**AHP_RSC****Start AUTO******* Completed *******Display Mnemonic : AHP_RFT****23:00:03 on 22 July 1997****AIR HANDLING PLANT Return Fan Status****AHP_RFT****N On AUTO******* Completed *******Display Mnemonic : AHP_RET****23:00:03 on 22 July 1997****AIR HANDLING PLANT Return Fan Trip****Running AUTO******* Completed *******Display Mnemonic : AHP_RSP****23:00:04 on 22 July 1997****AIR HANDLING PLANT Return Fan Set****AHP_RSP****N Press5.0Pa AUTO******* Completed *******Display Mnemonic : AHP_RFC****23:00:04 on 22 July 1997****AIR HANDLING PLANT Return Fan Control****AHP_RFC**

O/p 0% SPA AHP_RSP

*** Completed ***

Display Mnemonic : AHP_RFS

23:00:05 on 22 July 1997

AIR HANDLING PLANT Return Fan Speed

AHP_RFS

50%Speed CTL AHP_RFC

*** Completed ***

Display Mnemonic : AHP_DPR

23:00:05 on 22 July 1997

AIR HANDLING PLANT Damper Control PRG

AHP_DPR

N Open 100% AUTO

*** Completed ***

Display Mnemonic : AHP_DCT

23:00:06 on 22 July 1997

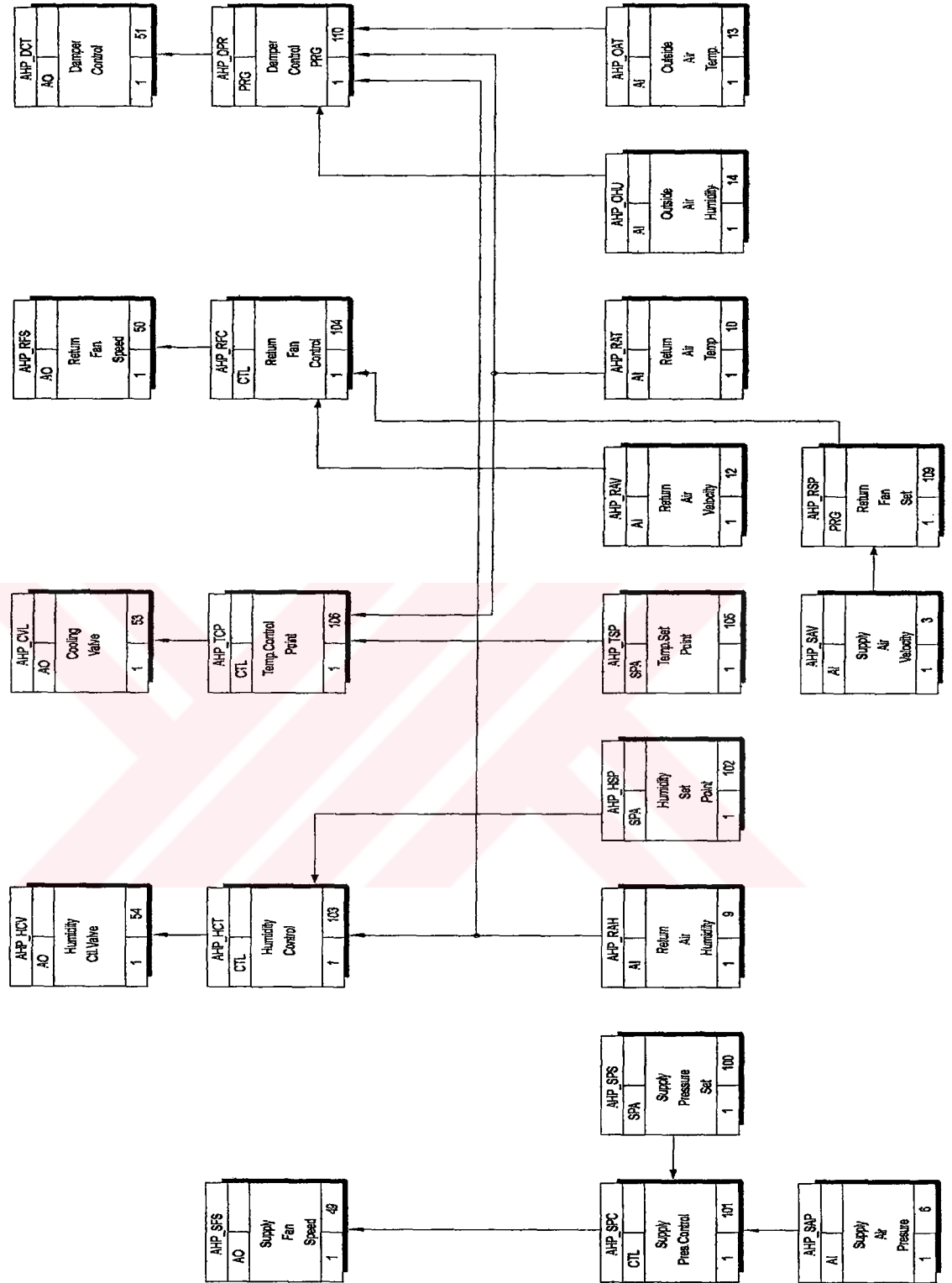
AIR HANDLING PLANT Damper Control

AHP_DCT

100%Open CTL AHP_DPR

*** Completed ***

Simülasyonda kullanılan ve birbirine bağlı olan noktaların akış diyagramı şekil 5.12’de verilmiştir.



Şekil 5.12. Simülasyon Akış Diyagramı

Simölasyonda verilen ve bir kontrol çevrimi oluşturan noktaların akış diyagramında örnek olarak giriş fan hızı incelensin. Giriş fan hızı (Supply Fan Speed) analog çıkıştır ve bunu kontrol noktası basınç kontrol noktasıdır (Supply Pres. Control). Bu çevrimin geribesleme noktası giriş kanalı basıncıdır (Supply Air Pressure). Referans değeri ise giriş hava basıncı set noktasıdır (Supply Pressure Set).



6. ENERJİ YÖNETİM SİSTEMLERİ

Binada çeşitli enerji tüketen elemanlara uygulanan ve enerji kontrolüne dayanan yöntemlerle enerji tüketimi minimum düzeye indirilir. Sistemin davranışı ve uygulanan kontrol yöntemi enerji tasarrufu için çok iyi bilinmesi gerekenlerdir.

6.1. MAKSİMUM TALEBE DAYANAN YÜK DÖNÜŞÜMÜ

Daha önceden belirlenen enerji tüketim miktarına dayanarak maksimum enerji talebi belirlenir. Yük dönüşümü ile elektrik yükleri önem sırasına göre devreden çıkarılarak enerji tasarrufu sağlanır. Böylece avrupada maksimum enerji talebi aşılmca uygulanan para cezasından kurtulunur.

Maksimum talep, şebekeden çekilen elektrik gücü sınırıdır. Maksimum talep aşılmca ödenecek birim elektrik fiyatı bazı ülkelerde artmaktadır. Maksimum talep sınırı, tüm bir elektrik tüketim periyodu boyunca toplam enerji tüketimine dayanır.

Maksimum talep sınırları güç olarak verilir. Bu güç sınırı, tüm bir elektrik tüketim periyodu boyunca ortalama güç tüketimidir. Bu ortalama güç tüketiminde sınır değeri kısa bir süre aşılabılır çünkü gerçekte tüm bir periyot boyunca tüketim önemlidir.

Yıllık enerji tüketiminin bilinmesi bir sonraki dönemde bütçelemeye yardımcı olur.

6.1.1. MAKSİMUM TALEP ÖLÇÜMÜ

Maksimum talebin izlenmesi için dijital kontrolörlerde darbe sayaçları kullanılır. Darbe sayaç kartlarında dijital giriş frekansını yüksek tutmak için kendine ait işlemcisi vardır.

Elektrik yükleri darbe sayaç kartı veya ölçüm noktası tarafından doğrudan anahtarlamaz. Ölçüm noktası, yüklere ve bunların önem sırasına göre bir matris oluşturulur. Matriste bulunan yükler gerekliliğine göre devre dışı bırakılır veya tekrar devreye sokulur. Darbe sayaç kartı kullanılarak, senkronizasyon darbeleri arasında elektrik ölçüm sayacından alınan bilgi ile enerji (yük) hesabı yapılır. Senkronizasyon darbeleri ile bir talep periyodunun başlangıcı ve bitişi belirlenir. Bu talep periyodu genellikle 30 dakikadır [7].

Talep periyodu boyunca program, kullanılan enerji (toplam darbe sayısı) ve anlık güç tüketimi için (darbe giriş sıklığı) grafikler belirler. Kullanılan enerji ve geçen süreye dayanarak, yazılımda talep periyodu boyunca kalan enerji ve kalan süre hesaplanır. Bu iki değerin bilinmesi ile kalan periyot boyunca teorik enerji tüketim oranı (güç) hesaplanır. Bu maksimum hedef yüküdür.

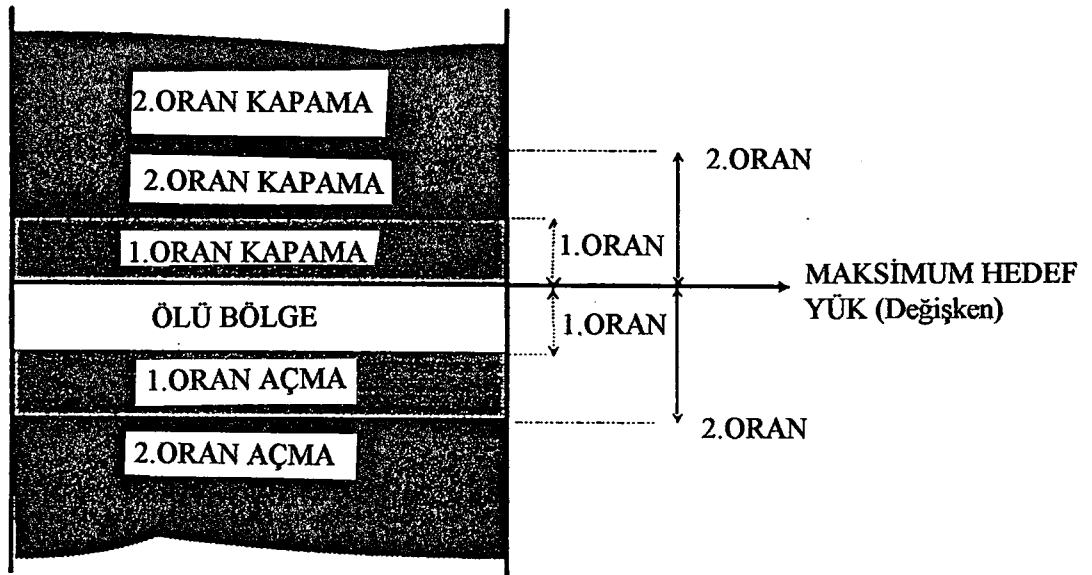
Anlık güç tüketimi tüm talep periyodu boyunca maksimum hedef yük ile karşılaştırılır. Eğer anlık güç tüketimi maksimum hedef yük değerini aşmışsa, yüklerin kapatılmasına başlanır.

6.1.2. YÜK DÖNÜŞÜM YÖNTEMİ

Anlık yükün maksimum hedef yük ile kıyaslanması ile yüklerin devre dışı bırakılıp bırakılmayacağına karar verilir. Anlık yükün maksimum hedef yükü geçme miktarına göre iki oranda yük kapama vardır.

1. Oran kapamada her hesaplama aralığında bir yük grubu kapatılabilir.
1. Oran kapamada ise 2 veya 3 yük grubuna her hesaplama aralığında kapama yapılabilir.

Maksimum talep ölçüm noktası tasarlanırken her iki kapama oranında düşünülmelidir. Kapama oranları maksimum hedef yükün yüzdesi olarak verilir ve 5 bantta kontrol elde edilir.



Şekil 6.1. Yük Dönüşüm Bant Aralıkları

Anlık güç değeri maksimum hedef güç değerini geçer geçmez yük kapatılmasına başlanır ve bu geçiş yüzdesi 1.oranı aşarsa 2.orana geçilir.

Anlık güç, maksimum hedef gücün altında 1.oran yüzdesinde düşene kadar yükler devreye girmez.

Anlık güç maksimum hedef gücün altına 2.oran yüzdesinde düştüğünde 2.oran seviyesinde yükler tekrar devreye girer.

Bu kurallar talep periyodunun belirli bir yüzdesinde (%80) uygulanır. Ölçüm noktası konfigürasyonu sırasında kullanıcı belirli bir süre girer. Bu süre periyodun belirli bir yüzdesidir ve bu süre üzerindeki tüm kapamalar 2.oranda gerçekleşir. Mesela sınır değer %80 ve talep periyodu 30 dakika ise 24.dakikadan sonra gerekli tüm kapamalar 2.oranda olur.

Maksimum Hedef Yük = Kalan Yük / Kalan Süre

Anlık Yük = Yük Darbe Değeri / Son İki Darbe Arasındaki Süre

6.1.3. MAKSİMUM TALEP NOKTASI ALARMLARI

(a) Maksimum talep aşılnca alarm alınabilir.

(b) Erken senkronizasyon darbesi alarmı.

(c) Senkronizasyon darbesinin alınamaması durumu ;

Periyot boyunca senkronizasyon darbesi alınamamıştır. Bu durumda yeni hesaplama periyodu başlar.

(d) Geç gelen senkronizasyon darbesi ;

Yeni bir hesaplama periyodu başladıktan sonra bir önceki periyotta gelmesi gereken darbenin gecikmeli gelmesi durumudur.

6.1.4. HESAPLAMA ALGORİTMASI

Maksimum Talep Sınırı (MD)	kW (kVA)
Hesaplama Periyodu (P)	Saat (H)
Darbe Değeri (V)	kWH (kVAH)
Maksimum Kullanılabilir Enerji = Maksimum Talep * Periyot (H)	
Tüketilen Enerji = Yük Darbe Değeri * Darbe Sayısı	
Kalan Enerji = Maksimum Kullanılabilir Enerji - Tüketilen Enerji	
Maksimum Hedef Yük = Kalan Enerji / Kalan Süre	
Anlık Yük = Yük Darbe Değeri / Son İki Darbe Arasındaki Süre	
Ortalama Yük = Tüketilen Enerji / Kalan Süre	

Örnek 6.1.

Verilen Değerler ;

Maksimum Talep Sınırı = 1000kW

Hesaplama Periyodu = 0.5 H

Darbe Değeri = 1 kWH

Maksimum Kullanılabilir Enerji = 1000 * 0.5 = 500 Kwh

18.Dakikada;

Geçen Süre = 18 Dakika = 0.3 H

Darbe Sayısı = 292

Son İki Darbe Arasındaki Süre = 4.615 saniye = 0.001282 H

Tüketilen Enerji = 292 * 1 kWh/Darbe = 292 kWh

Kalan Enerji = 500 - 292 = 208 kWh

Kalan Süre = 30 - 18 = 12 dakika = 0.2 H

Maksimum Hedef Yük = 208/0.2 = 1040 kW

Anlık Güç = 1 kWh/0.001282 H = 780 kW

Ortalama Yük = 292 kWh/0.3 H = 973.3 kW

Sonuç olarak 18. dakikada anlık yük maksimum hedef yükün altında kaldığından yükün devreden çıkarılması gerekmez.

6.1.5. MAKSİMUM TALEP NOKTASI SİMÜLASYONU

Satchwell BAS2000 bina otomasyonu yazılımı ile yapılan bir enerji yönetim simülasyonu aşağıdaki gibidir [7].

Simülasyonda verilen ingilizce kelimelerin karşılıkları ;

Energy Management : Enerji Yönetimi

Max. Demand Point : Maksimum Talep Noktası

Maksimum Demand : Maksimum Talep Sınırı

Target : Hedef Yük Sınırı

Energy Consumed : Tüketilen Enerji

Expired Period Time : Geçen Süre

Instantaneous Load : Anlık Yük

Maxsimum Target Load : Maksimum Hedef Yük

Average Load : Ortalama Yük

L.S. (Load Shedding) Matrix : Yük Dönüşüm Matrisi

A(Active) : Aktif Yük

S(Shed) : Kapatılmış Yük

L(Lead Load) : Asıl Yük

SATCHWELL BAS2000 [7] simülasyon yazılımında yaratılan maksimum talep noktası parametreleri aşağıdaki gibidir;

POINT TYPE : MAX DEMAND	(MAKSİMUM TALEP NOKTASI)
MNEMONIC : EMS_MDP	(KISA İNDEKS İSMİ)
UNC NUMBER : 1	(DIŞ İSTASYON ADRESİ)
POINT NUMBER : 81	(DIŞ İSTASYON NOKTA ADRESİ)
SCAN PRIORITY : 8	(NOKTA TARAMA HIZI)
ACCESS CLASS : 0	(NOKTA KONTROL SINIFI)
DEMAND VALUE : 1000	(TALEP SINIRI)
POWER UNITS : kVA	(TALEP ÖLÇÜ BİRİMİ)
DEMAND PERIOD : 30 MINS	(TALEP PERİYODU 30 DAKİKA)
SYNC. CONTACT : N/O	(SENKRONİZASYON DARBE GİRİŞİ :
NORMALDE AÇIK)	
CALC. PERIOD : 10 SECS	(HESAPLAMA ARALIKLARI: 10
SANİYE)	
PULSE VALUE : 1	(HER DARBENİN DEĞERİ 1kVA)
PRIORITIES : 8	(MATRİSTE YÜK GRUPLARI
SAYISI)	
NUMBER LOADS : 6	(MATRİSTE HER GRUPTAKİ YÜK
SAYISI)	
PERIOD RATE 1 : %10	(BİRİNCİ ORANDA KAPAMA
YÜZDESİ)	
PERIOD RATE 2 : %40	(İKİNCİ ORANDA KAPAMA
YÜZDESİ)	
PERIOD ALL 2 : %80	(TÜM YÜKLERİN TALEP
PERİYODUNUN BELİRLİ BİR YÜZDESİNDEN SONRA İKİNCİ ORANDA	

KAPATILMASI)

LOADS RATE 1 : 1

(BİRİNCİ ORANDA BİR DEFADA

KAPANACAK YÜK SAYISI)

LOADS RATE 2 : 2

(İKİNCİ ORANDA BİR DEFADA

KAPANACAK YÜK SAYISI)

1. ÖRNEKLEME

Display Mnemonic : EMS_MDP

15:35:47 on 22 July 1997

ENERGY MANAGEMENT Max.Demand Point

EMS_MDP

N AUTO

Maximum Demand 1000kVA

Target 900.0kVAH

Energy Consumed 3.0kVAH

Max Remaining Energy 497.0kVAH

Expired Period Time

Instantaneous Load 900kVA

Maximum Target Load 996kVA

Average Load

L.S. Matrix (A=Active, S=Shed, L=Lead Load)

1	LA	A	A	A	A	A
2	LA	A	A	A	A	A
3	LA	A	A	A	A	A
4	LA	A	A	A	A	A
5	LA	A	A	A	A	A
6	LA	A	A	A	A	A
7	LA	A	A	A	A	A
8	LA	A	A	A	A	A

*** Completed ***

Bu örneklemede anlık yük maksimum hedef yük altında kaldığından yük kapatılması yapılmaz.

Bu matrisde yükleri kapama sırası 8. satırdan başlar. En son 1. satırdaki yükler kapatılır. Her satırdaki yükler aynı önemdedir. Her satırdaki asıl yük (LA) yüklerin kapatılmasına göre değişim gösterir.

2. ÖRNEKLEME

Display Mnemonic : EMS_MDP

15:35:57 on 22 July 1997

ENERGY MANAGEMENT Max.Demand Point

EMS_MDP

N AUTO

Maximum Demand 1000kVA

Target 1800.0kVAH

Energy Consumed 7.0kVAH

Max Remaining Energy 493.0kVAH

Expired Period Time

Instantaneous Load 1800kVA

Maximum Target Load 991kVA

Average Load

L.S. Matrix (A=Active, S=Shed, L=Lead Load)

1 LA A A A A A

2 LA A A A A A

3 LA A A A A A

4 LA A A A A A

5 LA A A A A A
 6 LA A A A A A
 7 LA A A A A A
 8 LA A A A A A
 *** Completed ***

Anlık yük maksimum hedef yükün çok üzerinde olmasına rağmen belirli bir süre bu durumun korunması gerektiğinden bu örneklemede henüz yük kapaması yapılmamıştır.

3. ÖRNEKLEME

Display Mnemonic : EMS_MDP

15:36:13 on 22 July 1997

ENERGY MANAGEMENT Max.Demand Point

EMS_MDP

N AUTO

Maximum Demand 1000kVA

Target 1200.0kVAH

Energy Consumed 12.0kVAH

Max Remaining Energy 488.0kVAH

Expired Period Time

Instantaneous Load 1200kVA

Maximum Target Load 986kVA

Average Load

L.S. Matrix (A=Active, S=Shed, L=Lead Load)

1 LA A A A A A
 2 LA A A A A A
 3 LA A A A A A
 4 LA A A A A A

```

5  LA  A  A  A  A  A
6  LA  A  A  A  A  A
7  LA  A  A  A  A  A
8  LS  S  A  A  A  A

```

*** Completed ***

Anlık yük maksimum hedef yükün üzerine çıktığından yükler kapatılmaya başlanmıştır. LS olarak verilen yük ilk kapatılan asıl yük ve S olarak verilen yük ise ikinci kapatılan yüküdür. A olarak verilen yükler ise aktiftir ve kapama işlemi dışındaki programlarına göre çalışırlar.

4. ÖRNEKLEME

Display Mnemonic : EMS_MDP

15:36:23 on 22 July 1997

ENERGY MANAGEMENT Max.Demand Point

EMS_MDP

N AUTO

Maximum Demand 1000kVA

Target 1200.0kVAH

Energy Consumed 15.0kVAH

Max Remaining Energy 485.0kVAH

Expired Period Time

Instantaneous Load 1200kVA

Maximum Target Load 983kVA

Average Load

L.S. Matrix (A=Active, S=Shed, L=Lead Load)

```

1  LA  A  A  A  A  A
2  LA  A  A  A  A  A
3  LA  A  A  A  A  A

```

4	LA	A	A	A	A	A
5	LA	A	A	A	A	A
6	LA	A	A	A	A	A
7	LA	A	A	A	A	A
8	LS	S	S	A	A	A

*** Completed ***

Anlık yük maksimum hedef yükün üzerinde kalmaya devam ettiği için 8 numaralı önemdeki matriste 3.yükte kapatılmıştır.

5. ÖRNEKLEME

Display Mnemonic : EMS_MDP

15:36:35 on 22 July 1997

ENERGY MANAGEMENT Max.Demand Point

EMS_MDP

N AUTO

Maximum Demand 1000kVA

Target 900.0kVAH

Energy Consumed 18.0kVAH

Max Remaining Energy 482.0kVAH

Expired Period Time

Instantaneous Load 900kVA

Maximum Target Load 981kVA

Average Load

L.S. Matrix (A=Active, S=Shed, L=Lead Load)

1	LA	A	A	A	A	A
2	LA	A	A	A	A	A
3	LA	A	A	A	A	A
4	LA	A	A	A	A	A

```

5 LA A A A A A
6 LA A A A A A
7 LA A A A A A
8 LS S S S A A
*** Completed ***

```

Yük kapatılmaya devam edilmiştir.

6. ÖRNEKLEME

Display Mnemonic : EMS_MDP

15:36:47 on 22 July 1997

ENERGY MANAGEMENT Max.Demand Point

EMS_MDP

N AUTO

Maximum Demand 1000kVA

Target 900.0kVAH

Energy Consumed 22.0kVAH

Max Remaining Energy 478.0kVAH

Expired Period Time

Instantaneous Load 900kVA

Maximum Target Load 977kVA

Average Load

L.S. Matrix (A=Active, S=Shed, L=Lead Load)

```

1 LA A A A A A
2 LA A A A A A
3 LA A A A A A
4 LA A A A A A
5 LA A A A A A
6 LA A A A A A

```

7 LA A A A A A

8 LS S S S A A

*** Completed ***

Anlık yük maksimum hedef yük altında kaldığından yük kapama durmuştur.

7. ÖRNEKLEME

Display Mnemonic : EMS_MDP

15:36:59 on 22 July 1997

ENERGY MANAGEMENT Max.Demand Point

EMS_MDP

N AUTO

Maximum Demand 1000kVA

Target 1200.0kVAH

Energy Consumed 25.0kVAH

Max Remaining Energy 475.0kVAH

Expired Period Time

Instantaneous Load 1200kVA

Maximum Target Load 974kVA

Average Load

L.S. Matrix (A=Active, S=Shed, L=Lead Load)

1 LA A A A A A

2 LA A A A A A

3 LA A A A A A

4 LA A A A A A

5 LA A A A A A

6 LA A A A A A

7 LA A A A A A

8 LS S S S S A

*** Completed ***

Anlık yük maksimum hedef yükün tekrar üzerinde olduğundan bir yük daha kapatılmıştır.

8. ÖRNEKLEME

Display Mnemonic : EMS_MDP

15:37:10 on 22 July 1997

ENERGY MANAGEMENT Max.Demand Point

EMS_MDP

N AUTO

Maximum Demand 1000kVA

Target 720.0kVAH

Energy Consumed 28.0kVAH

Max Remaining Energy 472.0kVAH

Expired Period Time

Instantaneous Load 720kVA

Maximum Target Load 972kVA

Average Load

L.S. Matrix (A=Active, S=Shed, L=Lead Load)

1	LA	A	A	A	A	A
2	LA	A	A	A	A	A
3	LA	A	A	A	A	A
4	LA	A	A	A	A	A
5	LA	A	A	A	A	A
6	LA	A	A	A	A	A
7	LA	A	A	A	A	A
8	LS	S	S	S	A	A

*** Completed ***

Anlık yük belirli oranda maksimum hedef yükün altında kaldığından bir önceki örneklemede son devreden çıkan yük tekrar aktif olur.

9. ÖRNEKLEME

Display Mnemonic : EMS_MDP

15:37:16 on 22 July 1997

ENERGY MANAGEMENT Max.Demand Point

EMS_MDP

N AUTO

Maximum Demand 1000kVA

Target 720.0kVAH

Energy Consumed 29.0kVAH

Max Remaining Energy 471.0kVAH

Expired Period Time

Instantaneous Load 720kVA

Maximum Target Load 971kVA

Average Load

L.S. Matrix (A=Active, S=Shed, L=Lead Load)

1	LA	A	A	A	A	A
2	LA	A	A	A	A	A
3	LA	A	A	A	A	A
4	LA	A	A	A	A	A
5	LA	A	A	A	A	A
6	LA	A	A	A	A	A
7	LA	A	A	A	A	A
8	LS	S	S	S	A	A

*** Completed ***

10. ÖRNEKLEME

Display Mnemonic : EMS_MDP

15:37:26 on 22 July 1997

ENERGY MANAGEMENT Max.Demand Point

EMS_MDP

N AUTO

Maximum Demand 1000kVA

Target 514.0kVAH

Energy Consumed 30.0kVAH

Max Remaining Energy 470.0kVAH

Expired Period Time

Instantaneous Load 514kVA

Maximum Target Load 972kVA

Average Load

L.S. Matrix (A=Active, S=Shed, L=Lead Load)

1	LA	A	A	A	A	A
2	LA	A	A	A	A	A
3	LA	A	A	A	A	A
4	LA	A	A	A	A	A
5	LA	A	A	A	A	A
6	LA	A	A	A	A	A
7	LA	A	A	A	A	A
8	LS	S	A	A	A	A

*** Completed ***

Bu örneklemede anlık yük maksimum hedef yükün büyük oranda altında kaldığından ikinci oranda yükler devreye girer.

11. ÖRNEKLEME

Display Mnemonic : EMS_MDP

15:37:37 on 22 July 1997

ENERGY MANAGEMENT Max.Demand Point

EMS_MDP

N AUTO

Maximum Demand 1000kVA

Target 514.0kVAH

Energy Consumed 31.0kVAH

Max Remaining Energy 469.0kVAH

Expired Period Time

Instantaneous Load 514kVA

Maximum Target Load 974kVA

Average Load

L.S. Matrix (A=Active, S=Shed, L=Lead Load)

1	LA	A	A	A	A	A
2	LA	A	A	A	A	A
3	LA	A	A	A	A	A
4	LA	A	A	A	A	A
5	LA	A	A	A	A	A
6	LA	A	A	A	A	A
7	LA	A	A	A	A	A
8	LS	S	A	A	A	A

*** Completed ***

10.örneklemedeki yük devreye girişi devam eder.

12. ÖRNEKLEME

Display Mnemonic : EMS_MDP

15:37:48 on 22 July 1997

ENERGY MANAGEMENT Max.Demand Point

EMS_MDP

N AUTO

Maximum Demand 1000kVA

Target 400.0kVAH

Energy Consumed 33.0kVAH

Max Remaining Energy 467.0kVAH

Expired Period Time

Instantaneous Load 400kVA

Maximum Target Load 973kVA

Average Load

L.S. Matrix (A=Active, S=Shed, L=Lead Load)

1 LA A A A A A

2 LA A A A A A

3 LA A A A A A

4 LA A A A A A

5 LA A A A A A

6 LA A A A A A

7 LA A A A A A

8 A LA A A A A

*** Completed ***

Tüm yükler devreye girip aktif duruma geçmiştir. 8.satırda asıl yük değişimi olur.

13. ÖRNEKLEME

Display Mnemonic : EMS_MDP

15:38:07 on 22 July 1997

ENERGY MANAGEMENT Max.Demand Point

EMS_MDP

N AUTO
 Maximum Demand 1000kVA
 Target 327.0kVAH
 Energy Consumed 34.0kVAH
 Max Remaining Energy 466.0kVAH
 Expired Period Time
 Instantaneous Load 327kVA
 Maximum Target Load 977kVA
 Average Load

L.S. Matrix (A=Active, S=Shed, L=Lead Load)

1	LA	A	A	A	A	A
2	LA	A	A	A	A	A
3	LA	A	A	A	A	A
4	LA	A	A	A	A	A
5	LA	A	A	A	A	A
6	LA	A	A	A	A	A
7	LA	A	A	A	A	A
8	A	LA	A	A	A	A

*** Completed ***

14.ÖRNEKLEME

Display Mnemonic : EMS_MDP
 15:38:21 on 22 July 1997
 ENERGY MANAGEMENT Max.Demand Point
 EMS_MDP
 N AUTO
 Maximum Demand 1000kVA
 Target 327.0kVAH
 Energy Consumed 35.0kVAH

Max Remaining Energy 465.0kVAH

Expired Period Time

Instantaneous Load 327kVA

Maximum Target Load 980kVA

Average Load

L.S. Matrix (A=Active, S=Shed, L=Lead Load)

1	LA	A	A	A	A	A
2	LA	A	A	A	A	A
3	LA	A	A	A	A	A
4	LA	A	A	A	A	A
5	LA	A	A	A	A	A
6	LA	A	A	A	A	A
7	LA	A	A	A	A	A
8	A	LA	A	A	A	A

*** Completed ***

Bu matrise atanabilecek yükler aydınlatma grupları, asansörler, yürüyen merdivenler ve kısmi olarakda ısıtma ve soğutma sistemlerinin bazı bölümleridir. Bu matris elemanlarına atanan yüklerin gerektiğinde kapatılması ile enerji tasarrufu sağlanır ve maksimum talep güç sınırı aşılmaz.

6.2. POMPA VE FANLARDA FREKANS KONVERTÖRÜ KULLANIMI İLE SAĞLANAN ENERJİ TASARRUFU SİMÜLASYONU

Binalarda fan ve pompaların frekans konvertörü kullanımı ile sağlanan enerji tasarrufu Danfoss firmasının “Instruction For Danfoss HVAC Presentation And Energy Saving Programme” (Danfoss HVAC Tanıtım ve Enerji Tasarrufu Programı) isimli simülasyon yazılımı kullanılarak hesaplanmıştır [2].

Simülasyonda kullanılan terimler;

Pump system data : Pompa sistemi verileri

System efficiency : Sistem verimi

Fan eff. At full speed : Nominal hızda fan verimi

Flow at full speed : Nominal hızda akış oranı

Rated Head : Nominal basınç

Operating Pressure : Çalışma Basıncı

Static head : Statik basınç

Motor Data : Motor verileri

Type : Motor tipi

Power . Motor gücü

Nominal voltage : Nominal gerilim

No of poles : Kutup sayısı

Nominal frequency : Nominal frekans

Motor efficiency : Motor verimi

Period of the day : Gün içindeki saatler

Required flow : İstenen akış

Speed : Hız

Fan head : Fan basıncı

Damper : Damper

VLT : Danfoss VLT tipi frekans konvertörü

Time in hours : Çalışma saati

Choke : Vana kontrolü

No of days operating : Bir yıldaki çalışma gün sayısı

Total kWh saved : Toplam kW/h enerji tasarrufu

Cost saving p.a. : Yıllık para tasarrufu (GBP)

Break event point : Frekans konvertörüne ödenen paranın geri alındığı ay.

6.2.1. FREKANS KONVERTÖRÜ KONTROLLÜ FAN HIZ KONTROLÜ İLE DAMPER KONTROLÜ KIYASLAMASI

FAN SYSTEM DATA

System efficiency :90.00 %
 Fan eff. at full speed :90.00 %
 Flow at full speed : 10.00 m3/h
 Rated head : 200 m3/s
 Operating pressure : 150 m3/s

MOTOR DATA

Type :Asynchronous
 Power :5.5 Kw
 Nominal voltage :380 Volt
 No of poles : 4
 Nominal frequency :50 Hz
 Motor efficiency :90.00 %

Period of the day	Req'd flow m3/s	Fan eff. in %	Speed	Fan head Damp VLT	Time in hours	Kwh Damp	VLT
1 07AM-09AM	8	85.00	1152	680 150	2	15	4
2 09AM-12AM	7	85.00	1008	880 150	3	25	5
3 12AM-01PM	5	85.00	720	980 150	1	7	1
4 01PM-03PM	9	85.00	1296	440 150	2	11	4
5 03PM-05PM	8	85.00	1152	680 150	2	15	4
6 05PM-07PM	6	85.00	864	900 150	2	15	3

The cost for 1 Kw/h :0.030 GBP.

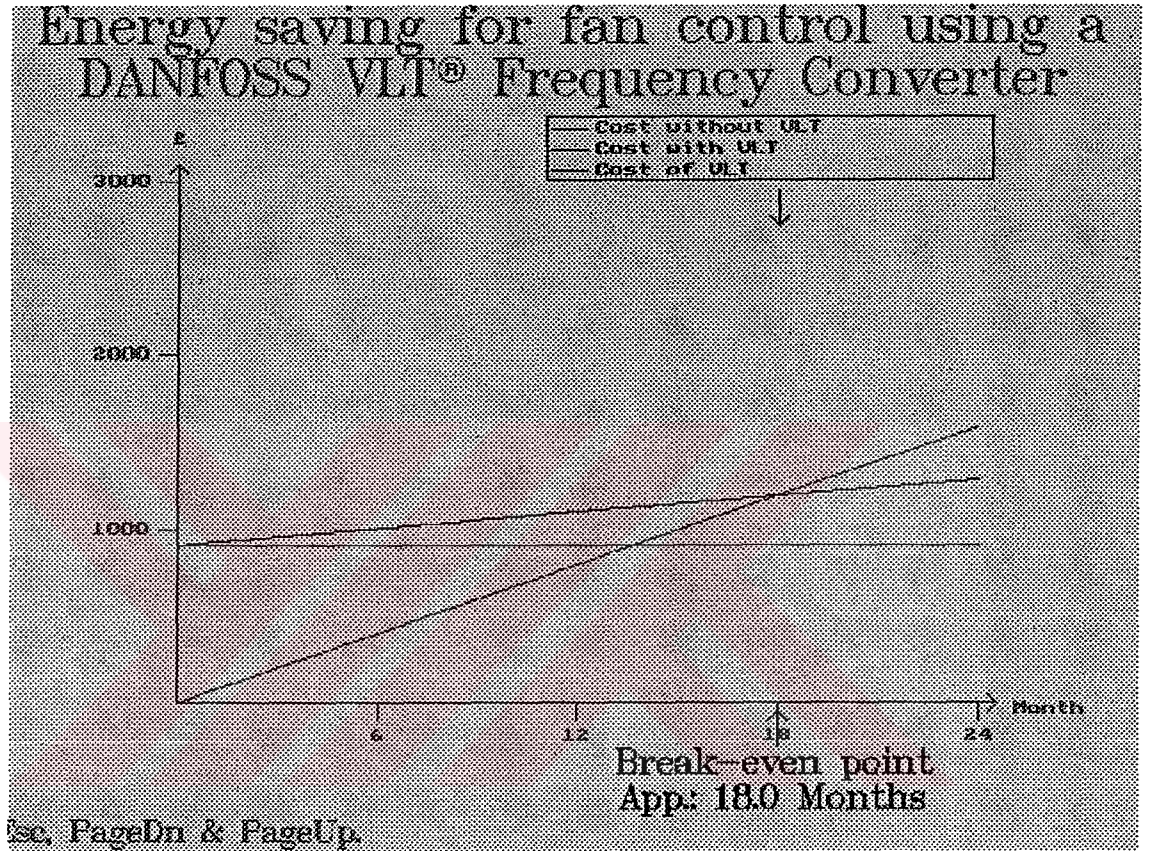
No of days operating :300 Days

Total Kw/h saved : 67.00 Kw/h

COST SAVING P.A. : 603.00 GBP.

YOUR TYPICAL VLT WOULD COST APPROXIMATELY: 906.00 GBP.

BREAK EVENPOINT : 18.03 Month



Şekil 6.2 Enerji Tasarrufu Eğrisi

Bu simülasyon verilerine göre yıllık enerji tasarrufu 603 pound (GBP) ve frekans konvertörü maliyeti ise 906 pound dur. Buna göre yapılan masraf 18.03 ay sonra (break event point) geri alınır ve ilerleyen tarihlerde enerji tasarrufuna devam edilir.

6.2.2. FREKANS KONVERTÖRÜ KONTROLLÜ POMPA HIZ KONTROLÜ İLE VANA KONTROLÜ KIYASLAMASI

PUMP SYSTEM DATA [7]

Density of the liquid :1.00 %
 Pump eff. at full speed :85.00 %
 Flow at full speed : 50.00 m
 Rated head : 10 m
 Static head : 2 m
 Operating pressure : 8 m

MOTOR DATA

Type :Asynchronous
 Power :2.2 Kw
 Nominal voltage :380 Volt
 No of poles : 4
 Nominal frequency :50 Hz
 Motor efficiency :85.00 %

Period of the day	Req'd flow m3/s	Pump eff. in %	Speed	Pump head Choke VLT	Time in hours	Kwh Choke	VLT
1 08AM-12AM	40	85.00	1152	14 6	4	34	15
2 12AM-03PM	30	85.00	864	14 6	2	3	1
3 03PM-05PM	35	85.00	1008	14 6	2	4	2
4 05PM-08PM	30	85.00	864	14 6	3	5	2

The cost for 1 Kw/h :0.050 GBP.

No of days operating :300 Days

Total Kw/h saved : 26.00 Kw/h

COST SAVING P.A. : 390.00 GBP.

YOUR TYPICAL VLT WOULD COST APPROXIMATELY: 730.00 GBP.

BREAK EVENPOINT : 22.46 Month

Bu verilere göre yıllık tasarruf 390.0 pound (GBP) ve frekans konvertörü maliyeti ise 730.0 pound dur. Amortisman süresi 22.46 aydır.



SONUÇ

Günümüzde otomatik kontrol ve bununla ilgili donanımlar bir zorunluluk olmuştur. Otomatik kontrol sayesinde endüstride üretim , kalite , maliyet , güvenilirlik gibi faktörlerde istenen koşullar sağlanır.

Isıtma ve havalandırma sistemlerinin kontrolü ve binalarda enerji yönetimi bir zorunluluk halini almıştır. Hem binada konfor şartları sağlanırken hemde enerji tasarrufu sağlanır.

Bina otomasyonu uygulamalarında proje mühendislerinin dikkat etmesi gerekli olduğu noktalardan biriside uygun sensör seçimidir. Bina otomasyonunda kullanılan sıcaklık, nem, basınç, akış hızı, hava kalitesi gibi sensörlerin doğruluk, lineerlik, ölübölge, histerizis gibi karakteristiklerine dikkat edilmelidir. Bina otomasyonu sistemini devreye alma sırasında tüm testler prosedüre uygun şekilde yapılmalıdır. Bu başlangıç noktasında yapılan hata bu nokta ile ilgili tüm kontrol çevrimlerini etkileyeceğinden istenen otomatik kontrol elde edilemez.

Bina otomasyonu sistemlerinde doğru geribesleme sinyallerinin alınması durumunda final kontrol elemanlarının kontrolü önem kazanmaktadır. Bunun için bilinmesi gereken en önemli nokta oransal+integral+türevsel kontrol etkileri ve parametrelerinin ayarlanmasıdır. Bu kontrol parametrelerinin ayarlanmasında yapılan hatalar sistemi kararsız çalıştırır. Bu kararsız çalışmaya rağmen sıcaklık ve nem kontrol sistemleri yavaş cevap veren sistemler olduğu için insanları rahatsız etmeyecek ortam koşulları sağlanabilir. Bu yapılan hataların sonucu oluşan dalgalanmalar enerji kaybına yol açar ve asla kabul edilmemesi gereken bir durumdur.

Binalarda ısıtma, soğutma grupları kontrolünü sağlayan merkezi otomatik kontrol yazılımında enerji yönetimi özellikleri bulunmalıdır. Bina otomasyonundan beklenen sadece ısıtma ve soğutma gruplarını bina konfor şartlarında çalıştırmak değildir. Yıllık enerji tüketimini en alt düzeye indiren enerji yönetim sistemi yazılımında mümkün olan en üst seviyede kullanmaktır.

Diğer önemli bir konuda enerji tüketimidir. İlerde oluşabilecek enerji krizine karşı en iyi önlem otomatik kontrol sistemlerini tercih etmektir. Binalarda görülen enerji kaybı büyük değerlere ulaşmıştır. Binalarda enerjinin büyük bir kısmı fan ve pompalarda harcanmaktadır. Fan ve pompaların sisteme uygun kontrolünü ve enerji kontrolünü sağlamak üzere frekans konvertörleri kullanılmaktadır. Güç elektroniğindeki ilerleme ile frekans konvertörlerinden istenen verim elde edilmekte ve Bölüm 6.2'deki örneklerde verildiği gibi amortisman süresi yaklaşık 1.5 ile 2 yıl arasında değişmektedir.

KAYNAKLAR

[1] CIBSE (Chartered Institution Of Building Services Engineers), Automatic Controls And Their Implications For Systems Design

[2] Danfoss A/S, Instructions For Danfoss HVAC Presentation And Energy Saving Software

[3] FRADEN, Y., AIP Handbook Of Modern Sensors, ISBN 1 56396 108 3 (1993)

[4] HARVEY, J., Controls For Building Services, ISBN 0 9520 995 0 0 (1993)

[5] MURRIL, P. W. , Application Concepts Of Process Control , ISBN 1 55617 08 07 (1988)

[6] PIKE , P. , PENNYCOOK , K. , Commisioning Of BEMS - Application Hanbook AH 2/92, ISBN 0 86022 275 6 (1992)

[7] SATCHWELL CONTROL SYSTEMS, BAS2000 Building Automation Simulation Software

ÖZGEÇMİŞ

Yavuz AVİNCAN

1970 yılında İstanbulda doğdu. Orta öğrenimini İstanbul Bahçelievler Lisesinde tamamladı. 1993 Yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Elektrik - Elektronik Fakültesi Elektrik Mühendisliği bölümünden mezun oldu. İngilterede Time and Data Systems International , Burle & Philips , Danfoss ve Satchwell Control Systems firmalarında eğitim aldı ve bir Bina Otomasyonu firmasında çalıştı.