

FOURDRINIER KAĞIT MAKİNASININ PROSES KONTROL İLE
OPTİMİZASYONU

2002

DOKTORA TEZİ

ALPER AYTEKİN

**FOURDRINIER KAĞIT MAKİNASININ PROSES KONTROL İLE
OPTİMİZASYONU**

Alper AYTEKİN

Zonguldak Karaelmas Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında

Doktora Tezi

Olarak Hazırlanmıştır

BARTIN

Mart 2002

KABUL:

Alper AYTEKİN tarafından hazırlanan “FOURDRINIER KAĞIT MAKİNASININ PROSES KONTROL İLE OPTİMİZASYONU” başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından değerlendirilerek, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan:
Prof. Dr. Hüdaverdi EROĞLU

Üye :
Prof. Dr. Harzemşah HAFIZOĞLU

Üye :
Prof. Dr. Mustafa USTA

Üye :
Prof. Dr. Nedim SARAÇOĞLU

Üye :
Doç. Dr. Selman KARAYILMAZLAR
(Tez Danışmanı)

ONAY:

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Fahri DAĞLI
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ÖZET

Doktora Tezi

FOURDRINIER KAĞIT MAKİNASININ PROSES KONTROL İLE OPTİMİZASYONU

Alper AYTEKİN

Zonguldak Karaelmas Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Selman KARAYILMAZLAR

Mart 2002, 192 sayfa.

Modern endüstrilerde üretimde kalite ve maliyet hesaplarının iyi yapılması bir işletmenin ekonomik ömrünü belirleyen önemli etkenlerin başında gelir. Üretimde kazanılan pazar payı yaşamsal önem taşır. Hiçbir işletme pazar payını kaybetmek istemeyeceği gibi artırmak eğilimindedir. Burada en önemli etken müşteri memnuniyeti, yani kalite ve modeldir. Diğer bir deyişle, üretilenin kalite standartlarına uyumluluğudur.

Neredeyse endüstride her ürün belirlenen dahili ya da genel standartlara göre ölçülür ve kalitesi test edilir. Üretim sürecinde sistemden sürekli bilgi alınarak denetleme yapılması bilgisayar teknolojilerinin günümüzde ulaştığı nokta itibarı ile artık eskiye göre daha sağlıklı ve kolay olabilmektedir.

ÖZET (devam ediyor)

Bu sayede, insan kaynaklı hatalar minimize edilmekte, üretim hızı artmakta ve toplam diğer maliyetler (işçilik, enerji, bakım maliyeti, ıskarta vb.) en aza indirgenebilmektedir.

Bütün bu istenenler akıllı bir otomasyon sistemi içinde bütünlenir. Bu amaçlarla birçok mühendis ve bilim adamı laboratuvar araştırmaları, endüstriyel kontrol, test ve ölçüm gibi uygulamalar için veri toplama sistemi kullanmaktadır. Bu sistemler, genişleyebilir veri yoluna sahip kişisel bilgisayarlarla bütünleştirilmiştir. Mikro elektronik teknolojisindeki hızlı gelişme ve yazılım teknolojisinde yaşanan süreç sanal enstrümantasyon diye adlandırılan, temelde veri toplama amaçlı yeni bir teknolojinin tanımlanmasına sebep olmuştur.

Kağıt fabrikalarında, önemli değerleri içinde barındıran zamana göre değişen değişkenler çoğunluktadır. Sıcaklık, basınç, seviye, debi, yoğunluk, parlaklık, konsantrasyon, hız, gramaj, rutubet, kalınlık gibi zamana göre değişen büyüklükler ölçülüp, son kontrol elemanına gereken bilgiler gönderilerek bu değişkenler sürekli kontrol altında tutulmalıdır.

Bu çalışmada amaçlanan, mevcut kağıt makinelerinin en düşük maliyetle kontrolünü sağlayarak, üretim sırasında meydana gelebilecek hataları hızlı bir şekilde tespit etmek ve düzeltici önlemleri almaktır.

Bunu gerçekleştirebilmek amacıyla bir kağıt makinesi modeli kurulmuş, rutubet, gramaj ve kalınlık değişkenleri gözlemlenmiştir. Bu değişkenleri etkileyecek üniteler üzerine çeşitli algılayıcılar yerleştirilmiş ve sistemin tamamını kontrol edecek bir bilgisayar programı (DELPHI programlama dili kullanılarak) hazırlanmıştır.

Anahtar Sözcükler: Proses Kontrol, Dağıtılmış Kontrol Sistemi (DCS), Veri Toplama (DAC) Sistemleri, Kağıt Fabrikaları, DELPHI.

Bilim Kodu: 502.08.02

ABSTRACT

Ph. D. Thesis

OPTIMIZATION OF FOURDRINIER PAPER MACHINE BY PROCESS CONTROL

Alper AYTEKİN

**Zonguldak Karaelmas University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Forestry Industrial Engineering**

Thesis Advisor: Assist. Prof. Selman KARAYILMAZLAR

March 2002, 192 pages.

For modern industries one of the most important determining economical life span of an enterprise is quality and cost calculations. Market share gained by production is vitally important. None of the enterprises wants to lose its market share; on the contrary they always intend to increase it. The most important factor is customer satisfaction and this means quality and the model. Another way of saying that enterprises must comply with the production standards.

Almost every product is measured or tested using either defined internal or general standards. It is healthier and easier using nowadays` computer technology for data acquisition and controlling during production, comparing with old techniques. Thanks to these new technologies, human caused mistakes are minimized, production rate is increased and total other costs (labor, energy, maintenance, discarded material) are also minimized.

ABSTRACT (continued)

All of these are integrated in an intelligent automation system. Hence, many engineers and scientists are now using data acquisition systems for laboratory research, industrial control, and testing and measurement applications. These systems are integrated with PCs, which have expandable data lines. Rapid developments in microelectronics and software technology brought a new called virtual instrumentation based on data acquisition.

There are many time-dependent variables, including important values, in paper mills. These variables such as, temperature, pressure, levels, flow rate, consistency, brightness, concentration, velocity, basis weight, moisture and caliper are measured and the information required is sent to the final control instrument, and these variables are kept always under control.

The aim of this study is to obtain the control of available paper machines at lowest-cost, to determine possible errors during the production in very short time and to take the corrective measures.

In order to realize this, a paper machine model was designed and moisture, basis weight and caliper values were monitored. Various sensors were installed on units that can affect these variables and computer software was coded using DELPHI to control entire system.

Key Words: Process Control, Distributed Control System (DCS), Data Acquisition (DAC) System, Pulp and Paper Plants, DELPHI.

Science Code: 502.08.02

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım süresince yardımlarını esirgemeyen Sayın Hocam Prof. Dr. Hüdaverdi EROĞLU'na şükranlarımı sunarım.

Çalışma ortamı ve imkanı bakımından her türlü desteği sağlayan ve bugünlere gelmemde emeği bulunan ZKÜ. Bartın Orman Fakültesi Dekanı, Sayın Prof. Dr. Harzemşah HAFIZOĞLU'na teşekkür ederim.

Araştırma konusunun tespitinde, değerli bilimsel uyarı ve önerilerinden yararlandığım Sayın Hocam Prof. Dr. Mustafa USTA'ya teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Çalışmamın her aşamasında yardımcı olan ve beni yönlendiren danışmanım Sayın Hocam Doç. Dr. Selman KARAYILMAZLAR'a çok teşekkür ederim.

Çalışmalarım sırasında bilgilerinden faydalandığım, Tire-Kutsan Kağıt Fabrikası Müdürü Orman End. Müh. Cengiz GÜMÜL'e ve kağıt bölümü şefi Orm. End. Müh. Salih DALYAN'a, ABB firması yetkililerine, ZKÜ. Alaplı Meslek Yüksekokulu öğretim elemanlarından Öğr. Gör. Osman ÇELEN'e, Kocaeli Üniversitesi, Yüksek Teknoloji Enstitüsü öğretim elemanlarından Öğr. Gör. Ferhat SERTKAYA'ya, TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi'nde görev yapan Elek. Yük. Müh. S. Ünal ÇAĞLAR'a teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca. sevgili aileme ve değerli arkadaşlarım, Sayın Yrd. Doç. Dr. Gökhan GÜNDÜZ'e, Arş. Gör. S. Murat ONAT'a, Öğr. Gör. Alper ÖZMADEN'e ve emeği geçen herkese çok teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET.....	iii
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vii
İÇİNDEKİLER.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xv
BÖLÜM I GENEL BİLGİLER.....	1
1.1 GİRİŞ.....	1
1.2 KONTROL SİSTEMLERİNİN TARİHSEL GELİŞİMİ.....	5
1.3 ÇALIŞMANIN AMACI.....	8
1.4 PROSES KONTROLÜN ESASLARI.....	12
1.4.1 Önemli Kontrol Kavramları.....	12
1.4.2 Saha Üniteleri (Algılayıcılar ve Vericiler).....	20
1.4.2.1 Saha ünitelerinin tarihsel gelişimi.....	20
1.4.2.2 Basınç ölçümü.....	22
1.4.2.3 Sıcaklık ölçümü.....	26
1.4.2.4 Akış (Debi) ölçümü.....	33
1.4.2.5 Seviye ölçümü.....	39
1.4.2.6 Konsantrasyon algılayıcılar.....	47
1.4.2.7 Yaygın çok yönlü algılayıcılar.....	52
1.4.3 Kontrol Sistemleri ve Türleri.....	56
1.4.3.1 Kontrol sistemlerinin yapısı ve kullanım alanları.....	59
1.4.3.2 Kontrol sistemlerinin tasarım ilkeleri.....	62

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
1.4.3.3 Yaygın kontrol konfigürasyonları.....	64
1.4.3.4 Kontrol donanımı.....	65
1.4.3.5 Geribesleme kontrolü.....	67
1.4.3.6 İleribesleme kontrolü.....	69
1.4.3.7 İleri düzey kontrol teknolojileri.....	71
1.4.3.8 Kontrol sistemlerinde zor durumlar.....	75
1.4.4 Uygulamaya Geçiş.....	77
1.4.4.1 Proses blok diyagramı (Process block diagram–PBD).....	77
1.4.4.2 Proses akış diyagramı (Process flow diagram–PFD).....	78
1.4.4.3 Cihazların yerleştirilmesi diyagramı (PID).....	79
1.4.4.4 Enstrümantasyon ve kontrol standartları.....	79
1.4.4.5 Yan bağlantılar.....	80
1.4.4.6 Valf harekete geçiriciler (Valve actuators).....	80
1.4.4.7 Pnömatik ve hidrolik aktuatörler.....	80
1.4.4.8 Değişken hızlı sürücü sistemleri.....	81
1.4.4.9 AC sürücüleri.....	82
1.4.4.10 Çeşitli aktuatörler.....	82
1.4.4.11 Otomatik kontrol valfi seçimi.....	83
1.4.5 Dağıtılmış Kontrol Sistemleri (DCS).....	85
1.4.5.1 DCS yapısı.....	85
1.4.5.2 Dağıtılmış kontrol sistem parçaları.....	86
1.4.5.3 Dağıtılmış kontrol sistemlerinin iletişim çeşitleri.....	86
1.4.5.4 Programlanabilir mantıksal kontrol (PLC).....	89
1.4.5.5 Akıllı alıcı ölçümü ağ arayüzü.....	90
1.4.5.6 Dağıtılmış kontrol ilişkileri.....	90
1.4.5.7 Kontrol cihazları.....	91
1.4.5.8 DCS merkezi sistemi ve çalışma istasyonları.....	92

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
1.4.5.9 DCS konfigürasyonu.....	93
1.4.5.10 DCS sistem konfigürasyonu.....	93
1.4.5.11 DCS kontrol yazılımı.....	94
1.4.5.12 Alarm konfigürasyonu.....	94
1.4.5.13 Konsol ekranı.....	95
1.4.5.14 Fabrika işlemlerinde dağıtılmış kontrol ve etkisi.....	96
1.5 VERİ TOPLAMA SİSTEMİ (DAC).....	97
1.5.1 Algılayıcılar.....	99
1.5.2 Sinyal Koşullama/Sinyal Şartlandırma.....	101
1.5.3 Analog Çıkışlar (Analog Outputs).....	103
1.5.4 Sayısal I/O (Digital I/O).....	104
1.5.5 Sayıcı/Zamanlayıcı Giriş Çıkışlar (Counter/Timing I/O).....	105
1.5.6 Kalibrasyon.....	105
1.5.7 PC Card (PCMCIA).....	106
1.5.8 USB (Universal Serial Bus).....	107
1.5.9 Bus Interface.....	107
1.5.10 Sürücü Yazılımı (Driver Software).....	107
1.5.11 Kontrol Yazılımı.....	108
1.5.12 Programlama.....	109
1.6 KAĞIT FABRİKASYONU İŞLEM AKIŞI.....	110
1.6.1 Kontrol Bakış Açısıyla Kağıt Prosesinin Benzersizliği.....	111
1.6.1.1 Kağıt ve kağıt hamuru endüstrisinde kontrol durumu.....	112
1.6.1.2 Kontrol teknolojisi tipleri.....	114
1.6.2 Lif Süspansiyonunun Hazırlanması.....	115
1.6.3 Lif Süspansiyonunun Temizlenmesi.....	118
1.6.4 Kağıt Makinasına Gelmeden Önceki İşlemler.....	120

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
1.7 SONSUZ ELEK (FOURDRINIER) KAĞIT MAKİNASI.....	123
1.7.1 Islak Parti.....	123
1.7.2 Yaş Presleme.....	133
1.7.3 Kağıdın Kurutulması.....	136
1.7.4 Kalenderleme.....	136
1.7.5 Bitirme İşlemleri.....	137
1.8 LİTERATÜR ÖZETİ.....	138
 BÖLÜM II MATERYAL VE METOD.....	 152
2.1 MATERYAL.....	152
2.1.1 Akım Dağıtıcı.....	152
2.1.2 Hamur Kasası.....	153
2.1.3 Cetvel Ağzı.....	154
2.1.4 Göğüs Silindiri.....	154
2.1.5 Drenaj Levhası (Foil).....	154
2.1.6 Yaş Emici Kasa.....	155
2.1.7 Emici Silindir.....	156
2.1.8 Yaş Presleme.....	156
2.1.9 Kurutma.....	158
2.1.10 Kalenderleme.....	160
2.1.11 Mal Sarma.....	160
2.2 METOD.....	162
2.2.1 Akım Dağıtıcı.....	162
2.2.2 Hamur Kasası.....	162
2.2.3 Cetvel Ağzı.....	163
2.2.4 Göğüs Silindiri.....	164
2.2.5 Drenaj Levhası (Foil).....	164

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
2.2.6 Yaş Emici Kasa.....	165
2.2.7 Emici Silindir.....	165
2.2.8 Yaş Presleme.....	166
2.2.9 Kurutma.....	167
2.2.10 Kalenderleme.....	168
2.2.11 Bitirme İşlemleri.....	168
 BÖLÜM III BULGULAR.....	 170
 3.1 ÜRETİM SİSTEMİNİN KONTROLÜ İLE İLGİLİ BULGULAR.....	 170
3.1.1 Ana Menü.....	171
3.1.2 Hamur Kasası.....	171
3.1.3 Sonsuz Elek.....	174
3.1.4 Yaş Pres.....	175
3.1.5 Kurutma.....	176
3.1.6 Kalenderleme.....	178
3.2 ÜRETİMDE KALİTE KONTROL İLE İLGİLİ BULGULAR.....	180
 BÖLÜM IV SONUÇ VE ÖNERİLER.....	 181
 KAYNAKLAR.....	 184
ÖZGEÇMİŞ.....	192

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>No:</u>	<u>Sayfa</u>
1.1 Proses kontrolünün temel döngüsü.....	10
1.2 Basınç ölçen bazı cihazlar.....	22
1.3 Sıcaklık ölçen bazı cihazlar.....	27
1.4 Debi ölçen bazı cihazlar.....	33
1.5 Seviye ölçüm cihazları.....	40
1.6 Bir karıştırma tankındaki kontrol döngüleri.....	64
1.7 Blok diyagram formundaki tipik kontrol döngüsü.....	65
1.8 Konsantrasyon algılayıcısı.....	66
1.9 Akıllı basınç farkı algılayıcısı.....	66
1.10 İleri besleme ve geri besleme kontrol sistemlerinin kombinasyonu...	70
1.11 Basit bir proses blok diyagramı.....	77
1.12 Proses akış diyagramı.....	78
1.13 PID ana işlem ve alt yerleştirimi.....	79
1.14 Çeşitli valf tipleri.....	84
1.15 Yerel bölge ağı şekilleri.....	87
1.16 Sistemin tamamı.....	99
1.17 Bir algılama cihazının boyutlarının karşılaştırılması.....	100
1.18 DAC kartı.....	102
1.19 DAC kartı analizi.....	103
1.20 Kağıt Fabrikasyonu Şeması.....	110
1.21 Dövmenin kağıt özellikleri üzerine etkisi.....	117
1.22 Kağıt makinesinde ıslak parti.....	123
1.23 Manifold tipi akım dağıtıcı.....	125
1.24 Cetvel ağız tipleri.....	128

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No:</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 Manifold tipi akım dağıtıcı.....	153
2.2 Hidrolik hamur kasası.....	153
2.3 Drenaj levhası (Foil).....	155
2.4 Yaş presleme.....	156
2.5 Yaş preslemede kullanılan yivli pres.....	157
2.6 Kurutma silindirleri.....	158
2.7 Kurutma silindirlerinin dizilişi.....	159
2.8 Buharın silindir içerisine girişi ve kondanze buharın çıkışı.....	159
2.9 Kalenderleme işlemi ve kullanılan silindirler.....	160
2.10 Kağıt kalitesini belirleyen ana değişkenlerin tespiti.....	169
3.1 Ana menü.....	171
3.2 Hamur kasası.....	172
3.3 Hamur kasası ayarlar menüsü.....	173
3.4 Sonsuz elek.....	173
3.5 Sonsuz elek ayarlar menüsü.....	174
3.6 Yaş presleme.....	175
3.7 Yaş pres ayarlar menüsü.....	176
3.8 Kurutma partisi.....	177
3.9 Kurutma bölümü ayarlar menüsü.....	178
3.10 Kalenderleme ve bitirme işlemleri.....	179
3.11 Kalenderleme ve bitirme işlemleri ayarlar menüsü.....	179
3.12 Proses değişkenleri ölçüm cihazının taraması.....	180

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>No:</u>	<u>Sayfa</u>
1.1 Kuzey Amerika kağıt ve kağıt hamuru endüstrisi kontrol döngüleri etkinliği.....	113
1.2 Kuzey Amerika kağıt ve kağıt hamuru teknolojisi tahminleri.....	113
1.3 Kuzey Amerika`da uygulanan kağıt ve kağıt hamuru kontrol döngüleri.....	114

BÖLÜM I

GENEL BİLGİLER

1.1 GİRİŞ

Otomatik kontrol sistemleri günümüzde ileri toplumların günlük yaşantısına girmiş olup hemen hemen her alanda kullanılmaktadır. Evlerde kullanılan otomatik çamaşır makinesi, otomatik bulaşık makinesi, termostatlı fırınlar, ütüler, endüstriyel ve araştırma alanında kullanılan robotlar, mikroişlemciler, bilgisayarlar ve uzay taşıtlarında kontrol sistemleri kullanılır. Kontrol sistemleri herhangi bir endüstri toplumunda önemli bir işlev görmekte olup, artan dünya nüfusunun ihtiyaç duyduğu malzemeleri üretmek için gereklidir. Teknolojik gelişmeler insanın aya seyahatini ve bizim dışımızdaki uzayı keşfetmesine imkan tanımıştır. Uzay taşıtlarının, uzay mekiğinin, uzay istasyonlarının ve uçuş kontrol sistemlerinin başarılı bir şekilde çalışması bu tür riskli işlerde çok sayıda kullanılan kontrol sistemlerinin işlevlerini uygun bir şekilde yapmasına bağlıdır.

Sistemlerin kontrolü bilimler arası bir konudur ve tüm mühendislik alanlarına girer. Bu nedenle kontrol sistemleri farklı üretimler yapan değişik olaylarda çalışan makine, elektronik, elektrik, tekstil, kimya, uçak, nükleer, kağıt mühendislerini çok yakından ilgilendirmektedir. Kontrol organları donanımlarında kullanılan teknikler ve bunların tasarımı doğrudan doğruya elektrik, elektronik ve makine mühendisliğini ilgilendirmektedir. Kontrol organlarının sistemlerde kullanımı ve değerlendirilmesi ise tüm mühendislik dallarını ilgilendirir. Çok yönlü otomatik kontrol konusu bugün en ümit verici alanlardan birisi olarak sayılmakta ve sınırsız büyüyen bir potansiyel olarak ortaya çıkmaktadır. Kontrol döngüsü içinde bilgisayarların kullanımı bu konuyu daha da geniş kapsamlı hale getirmiştir. Kontrol sistemleri kısaca enerji, malzeme ve diğer

kaynakların akışını düzenleyen aygıtlar olarak tanımlanır. Bunların düzenlenmesi, karmaşıklığı, görünüşü, kullanım amaçları ve işlevlerine göre değişir. Kontrol sistemleri denetlenen niceliklerin değerlerini sabit tutar veya bu değerlerin, önceden belirlenmiş biçimde değişimini sağlar. Sistemi oluşturan işlemler elektrikle, mekanik kumanda donanımlarıyla, akışkan (sıvı ya da gaz) basıncıyla ya da benzeri araçların bileşik etkisiyle gerçekleştirilir. Kontrol devresinin herhangi bir bölümünde bilgisayarlardan yararlanıldığında, tüm kontrol organlarını elektrikle çalıştırma daha uygun olmakta ve ayrıca karma sistemlerde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Kağıtla birlikte kereste üretimi yapan fabrikalarda testerelerin bilgisayarla kontrol edilmesi çok önemlidir. Böylece, kereste biçiminin en verimli şekilde yapılmasını sağlayan bir sistemin işletmeyi %40 kâra geçirdiği iddia edilmektedir (Hennen et. al, 1984).

Piştirme kazanını kontrol eden bir sistem, buhar ve kimyasalların kullanımını azaltarak üretimi maksimum seviyeye çıkarmıştır. Kappa numarası düzenliliğinin sağlanmasıyla ortalama kappa hedef numarası, buhar ve kimyasal kullanımı azaltılabilecektir. Ayrıca, alkali ve kuru odun arasındaki oranın kontrolü güçlendirilip, H-faktör kontrolü en iyi seviyesine getirilerek piştirme istikrarı ve ekonomiklik sağlanabilir. Kimyasal madde ve enerji kullanımı azaltılmış, ortalama alkali ilavesi aynı kappa numarasını elde etmek için daha yüksek bir H-faktörü gerektirdiğinden sıkı bir şekilde birbirleriyle ilişkilidir. Enerji ve kimyasalların maliyeti fabrikadan fabrikaya değişmektedir. Bu yüzden alkali/H-faktörü kontrol amaçları fabrikadan fabrikaya değişecektir. Azaltılmış çözelti/odun oranı etkili bir şekilde kimyasal konsantrasyonunu artıracak ve piştirme için gerekli alkali ya da H-faktörü ihtiyacını azaltacaktır. Pişirmenin kazanlarının hızlı doldurulması kazan verimini artıracaktır. Pişirmenin başlangıcında düşük basınçlı buhar kullanımı, dolaylı buhar kullanımının arttırılması ve buhar ritminin değişmesinin azaltılması ekonomiklik sağlayacaktır (Swanson, 1995).

Piştirme kazanlarının bilgisayarla kontrol edilmesi sonucunda; %3-7 üretim artışı, %10-20 enerji tasarrufu ve %0-10 oranında kimyasal tüketiminde tasarruf sağlanmıştır (Uronen et. al, 1983a, 1983b, 1985). %25-60 oranında buhar ritim değişimleri azaltılmış, kappa değişimi %30 oranında düşürülmüş ve verim %0.5-1.5 oranında artmıştır (Damiano, 1991).

Piştirme kazanlarında yakıt verimini artırmak için bilgisayar kontrollü bir sistem geliştirilmiştir. Sistem, yakıt/hava oranını belirleyen basit kontrol elemanlarından oluşmaktadır. Böylece, proses kontrolü sayesinde kazanlarda %4 ile %8 arasında değişen tasarruf sağlanmıştır. Bu kontrol elemanları ilk başta pahalı olarak görülse de sonradan kendini amorti etmektedir (Wallace, 1982).

İlke olarak, esmer hamur yıkayıcıları hakkında genellemeler yapmak piştirme kazanları hakkında genellemeler yapmaktan daha zordur. Kesintisiz piştirme kazanları kısmen yıkanmış hamur üretirler ve yıkayıcılara gönderilen maddeler çok farklılıklar gösterir. Eğer, yıkayıcılar çok doldurulursa, su akışındaki fazlalık hamura zarar verebilir. 1980'de bir 600 ton/gün yıkama sistemindeki tasarruf, yılda 300.000 dolara ulaşmıştır (McSweeney, 1981).

Esnek ve kolay değiştirilebilen kontrol sistemleri, ağartma ünitelerindeki gibi kolay kurulmamıştır. 1980'lerin başlarında pas giderme sisteminin ağartma ünitesine çok düşük bir maliyetle monte edileceği sonucuna varılmıştır. Öte yandan, 1980'lerin sonlarında çoğu hayvanın hayatına son veren dioxin maddesinin ağartma ünitesinin atık sularında bulunduğu anlaşılmıştır. Bu nedenle, dioxini zararsız seviyelere indirmek için yeni teknoloji arayışları başlamıştır (Peters, 1988).

Bilgisayarlı kontrol sistemi sayesinde, klor kullanımında %6, kostik madde kullanımında %6 ve klordioksit kullanımında %5 tasarruf sağlanmıştır (Pagegu, 1985). Bununla birlikte, ağartma ünitesinde kimyasalların yanında bol miktarda enerji de kullanılır. Bilgisayar kontrolü yardımıyla %5 ile %10 arasında enerji tasarrufu sağlandığı belirtilmiştir (Uronen et al. 1983a, 1983b, 1985)

Kağıt makinalarının bilgisayarla kontrolü önceleri, IBM-1800 gibi genel amaçlı bilgisayarlarla denenmiş, ancak daha sonra bu tip kontroller, rutubet ve gramaj algılayıcıları gibi sensörlerle donanmış sistemlerin kullanıldığı kontrol şekline dönüşmüştür. Gramaj ve kalınlık, kağıt üretiminin kontrolündeki ana değişkenlerdir. Bu önemli değişkenlerin makine yönünde erken ölçülmesi ile gramaj kontrolünde %13-43 ve rutubet kontrolünde %21-25 oranında üretim artışı sağlanmıştır (Ravasta et al., 1974). Nitekim, değişik makinelere sahip benzer tipteki fabrika raporlarında 16 ile 38 dakikaya varan zaman tasarrufu sağlanmıştır. Yeni kontrol sistemleri sayesinde daha az kağıt kopması ve daha az buhar kullanımı ile yüksek makine hızlarına çıkılabilmektedir. Genel olarak, endüstride proses kontrol sistemleri ile ortalama üretim oranı %5 ile %10 arasında artmış ve %10-20 arasında da enerji tasarrufu sağlanmıştır (Uronen et al., 1983a; Hehnen et. al, 1984). 1981'de Kuzey Amerika ve Avrupa'daki kağıt üreticilerinin %70'i bilgisayar kontrollü sistemleri kullanmakta idi (Wallace, 1982)

Makine yönünde kontrollerin bir doyuma ulaşması ve geniş makinelerde daha fazla kalite isteğinin bir sonucu olarak makine enine yönünde kontrol yavaş yavaş gelişmeye başlamıştır (Smith, 1985).

Makine enine yönünde rutubet kontrollerinin bilgisayarla yapılmasıyla %10 enerji tasarrufu ve %5-15 üretim artışı tespit edilmiştir (Garnett, 1983).

Ayrıca, Wallace (1981) tarafından üç makine enine yönünde kontrol sisteminin (rutubet, gramaj, kalınlık) yerleştirildiği geniş bir kağıt makinasında sistemin, 3-6 ay içerisinde maliyetini karşıladığı ve işletmeyi her yıl 3 milyon \$ kara geçirdiği iddia edilmiştir.

Günümüzde, bilgisayar kontrollü sistemlerin maliyeti için harcanan paranın yüksek kâr getirmesi, kurulan yeni sistemlerin etkinliğine değil, mevcut olan kontrol sistemlerinin en yüksek performansı yakalamasına bağlıdır (Fadum, 1991)

1.2 KONTROL SİSTEMLERİNİN TARİHSEL GELİŞİMİ

Çok eski çağlardan beri insanoğlunun çok basitte olsa “kendi kendine çalışma sistemine” göre çalışan “otomatik makineler” yaptığı bilinmektedir. Bu aletler daha çok hayvan taklidi yapan oyuncak biçimi aygıtlar (M.Ö. 430 yılında Taretumlu Achtytas’ın yaptığı otomatik güvercin) veya zamanı ölçmeye (İskendireyeli Ktesbios (Heron) M.Ö. 285-247 de yaptığı su saati) ve su kemerlerindeki su düzeyini sabit tutmaya çalışan sistemlerdi. Bizde ise 1205’lerde yaşamış olan Cizreli Eb-ül-iz adındaki bir Türk bilgininin Diyarbakır’da otomatik makineler yaptığı bilinmektedir. Batı dünyasında “al cazari” olarak da bilinen Cizreli Eb-ül-iz İbni İsmail İbni Razzaz’ın su saatleri, müzik otomatlar ve kuyu ya da akarsulardan su çıkaran tulumbalar üzerinde tasarım yaptığı ve bunların imalatını gerçekleştirdiği ileri sürülmektedir. Bütün bu örneklerde; makinenin işleminden elde edilen bilgiler uyarınca çalıştırılması temeline dayalı geri besleme ilkesi kullanılmıştır (Yüksel, 1997).

Sanayi devriminin başlangıç yıllarında bulunan geribeslemeli sistemleri olarak Hollandalı C. Drebeelin (1572-1633) sıcaklık düzenleyicisi, Fransız D. Papi’nin (1647-1712) buhar kazanları için bulduğu basınç düzenleyicisi gibi örnekler sayılabilir (Miron, 1989).

Endüstriyel alanda kullanılan ilk geribeslemeli kontrol organı ise James Watt’ın 1769’da geliştirdiği toplu hız düzenleyicisidir (Regülatör). Bu aygıt buhar makinesine buhar akışını ayarlayarak, yük değişimlerine rağmen buhar makinesinin sabit bir hızla çalışmasını sağlıyordu. Tamamen mekanik olan bu aygıt çıkış milinin hızını mekanik olarak ölçer ve bu hıza bağlı hareket eden metal küreciklerin hareketinden yararlanarak buhar valfinin açılıp kapanmasını ve dolayısıyla makineye giren buhar miktarını denetler. Makinenin hızı artınca merkezkaç kuvvetinin etkisiyle metal kürecikler yukarı kalkmaya çalışır ve buna bağlı olarakta çubuk-manivela mekanizması valfi kapamaya çalışır. Aksi bir durumda kürecikler aşağı doğru hareket ederek valfi açmaya çalışır. Metal kürecikler; hız ölçümü ve valfin hareketi için gerekli gücü makineden

çektiklerinden hız ölçümünü tam doğrulukta sağlayamazlar. Kürecikli hız düzenleyici, hız kontrol uygulamalarında bugün halen uygulanmaktadır. Yalnız burada tamamen mekaniksel sistemler yerine valf hareketinde yüksek kuvvetler sağlayan hidrolik servomotorlar yer alır (Truxall, 1975).

Endüstriyel alanda kullanılan diğer bir uygulama ise 1801’de Fransız Joseph Jacquard’ın geliştirdiği dokuma tezgahı olup, açık döngü (ileribesleme) kontrolünün ilk örneğini içeriyordu. Bu tezgahta, delikli kartlardan oluşan bir deste dokumanın desenlerini programlıyor, tezgahın işlemlerinin kumanda edilmesinde sürece ilişkin herhangi bir bilgi kullanılmıyordu. Benzeri açık döngü kontrol düzeneklerinden 19. yüzyılda geliştirilen ve kesici takımların belirli bir örnek (şablon) uyarınca çalışması esasına dayalı olan birçok takım tezgahından yararlanılmıştır (Vegte, 1994).

Bir kontrol sistemine ilişkin ilk kuramsal çözümleme 19. yüzyılda Watt regülatörünün bir diferansiyel denklem modelini geliştiren İskoçyalı fizikçi James Clerk Maxwell gerçekleştirmiştir. Maxwell’in yayımladığı bu çalışma kısa sürede genelleştirildi ve birçok başka bilim adamının (Minorsky, Nyquist, Hazen vb.)’da katkısı ile kontrol kuramı geliştirildi. Özellikle 1922’de Minorsky’nin otomatik kontrol sistemine ilişkin çalışması, bu doğrultudaki çalışmalara hız kazandırdı. 1930’larda uzak mesafe telefon kuvvetlendiricilerindeki (amplifikatör) elektrikli geribesleme düzeneklerinde önemli gelişmeler oldu. Benzer bir gelişmede, az miktarda bir güçle çok büyük ölçekli güçlerin denetlenmesini ve bunların otomatik olarak kumanda edilmesini sağlayan servomekanizmaların genel kuramı alanında görüldü. Bunu, kimya ve petrol sanayilerindeki otomatik sistemlerin önemli ölçüde geliştirilmelerini mümkün kılan pnömatik (havalı) kontrol organlarının ve benzeşik (analog) bilgisayarların keşfi izledi. Tüm bu ilerlemeler, kapsamlı bir kontrol sistemi kuramının oluşturulmasına ve 2. Dünya Savaşı sırasında uçaksavar bataryaların ve atış kontrol sistemleri gibi çeşitli uygulamalara temel sağladı (Ülgür, 1980).

Klasik kontrol kuramının özünü teşkil eden frekans cevabı yöntemi 1940’lı

yıllarda ve kök-yer eğrileri yöntemi 1950’li yıllarda gelişmelerini tamamlamış olup, doğrusal geribeslemeli sistemlerin tasarımında ve kararlılık çözümlemelerinde yaygın olarak kullanılmışlardır. Bu tarihlere kadar yapılan kuramsal çalışmaların ve uygulamaların çoğu tek yönlüydü; yani bu sistemler tekbir noktadan geri besleme ve kumanda özelliğine sahipti (Vegte, 1994).

1950’li yılların sonlarına doğru kontrol sistemlerinin tasarımında sayısal bilgisayarlar kullanılmaya ve kendileri de bir kontrol organı olarak uygulanmaya başlanmıştır. Böylece çok döngülü sistemlerin sunduğu olasılıklar incelenmeye alınmıştır. Bu sistemlerde geribeslemenin, belirli bir sürecin birden çok noktasından başlatılabileceği ve gerekli ayarların birkaç noktadan yapılabileceği düşüncesi ortaya atıldı. Analog ve dijital bilgisayarların geliştirilmesi, çok daha karmaşık otomatik kontrol sistemlerin kurulmasına yol açmıştır. Bu doğrultuda oluşturulan kuramlar eski “klasik kontrol” den ayrırtedilebilmeleri kuramı “durum-uzay” yaklaşımına dayanır ve 1960’larda yapılan tüm kuramsal gelişmelerde bu yaklaşım kullanılmıştır. Bu alanda yapılan en önemli uygulamalar uzay programlarıdır (Yüksel, 1997).

1970’lerin başında durum-uzay yaklaşımına dayanan modern kontrol kuramının frekans cevabı ve Laplace dönüşümüne dayanan klasik kontrol kuramının tamamen yerini almayacağı gerçeğine varılmıştır. Bu açıdan bugün çağdaş bir kontrol mühendisi her iki yaklaşımın bilgilerine sahip olmak zorundadır (Yüksel, 1997).

Son yıllarda kontrol sistemlerinde kullanılan donanım açısından ilk önce büyük ölçekli makineler, daha sonra minibilgisayarlar ve nihayet mikrobilgisayarlar olarak dijital bilgisayarların çok yaygın olarak kullanıldığı gözlenmiştir (Yüksel, 1997).

1980’ler ve daha sonraki yıllarda mikro bilgisayarlar kontrol organları olarak diğer aygıtların yerini almaya devam edecektir. Buna rağmen yine de basitliği, güvenilirliği ve kuvvet ihtiyaçları nedenleriyle işlemsel kuvvetlendiricilere,

pnömatik ve hidrolik kontrol organlarına daima ihtiyaç olacaktır. Yakıt ekonomisi için gerekli talepler diğer türden güç sistemlerinde olduğu kadar uçak ve otomobil motorları için de iyileştirilmiş kontrol sistemleri gerektirecektir. Bütün otomobillerde mikro işlemcilerin de kullanıldığı, iyi bir yakıt tüketimi sağlayan ve dolayısıyla kirliliği de azaltan ve aynı zamanda emniyetli seyir imkanları sağlayan kontrol sistemi uygulamalarına geçilmektedir (Yüksel, 1997).

Gelecekte, uzay programlarında, insanın uzaya gönderimi pahalı olduğunda, otomatik kontrol sistemlerinin önemli miktarlarda kullanılacağını bekleyebiliriz. Endüstriyel durumlarda olduğu kadar uzay alanında robotların kullanımı daha yaygın hale gelecektir. Robotikler riskli ve can sıkıcı işlerde daha yaygın olarak kullanılır hale gelecektir. Karada, denizde ve havada yapılan ulaşım yolculuklarının emniyeti ve konforu için çok iyi çalışan kontrol sistemleri gerektirecektir.

1.3 ÇALIŞMANIN AMACI

Proses üzerine kurulu fabrikalar kaliteli ürünler üretmek zorundadırlar. Eğer çalışma koşulları hiç değişmeseydi, bu nispeten basit bir işlem olurdu. İşin zor olan tarafı, proseste istenen çeşitli ayarlamalar yerine getirilebilmeli ve proses o esnada kesinti olmadan yani işleme ara vermeden buna müsaade edebilmelidir. Maalesef, bu işlem karmaşası basit müdahalelere imkan vermemektedir. Uygun ekipman işlemini sağlamak için kesintisiz proses izleme ve düzenli dışardan müdahale gereklidir. Proses kontrolü, istendiğinde proses hatalarının etkisini azaltmak, proses stabilitesini ve proses optimizasyonunu sağlamak amacıyla proses değişkenlerinin değerlerinin dışardan girilebilmesi olarak tanımlanabilir.

Proses kontrolünü zorunlu kılan üç ana neden vardır. Bunlar önem derecelerine göre (Karayılmazlar ve Aytekin, 2001);

1. Güvenlik: Kağıt ve kağıt hamuru endüstrisi de, diğer üretim proseslerinde olduğu gibi, oldukça tehlikelidir. Fabrikada kullanılan tüm makineler doğal olarak

işlemsel bazı kısıtlamalara sahiptir. Örneğin, buhar sıcaklığı ve basıncı, cihazın kırılmasını, yırtılmasını ve patlamasını önlemek için çok dikkatlice kontrol edilmelidir. Çeşitli kimyasalların konsantrasyonları ve onların karışımları da güvenlik açısından, işlemsel nedenler kadar tehlikelidir.

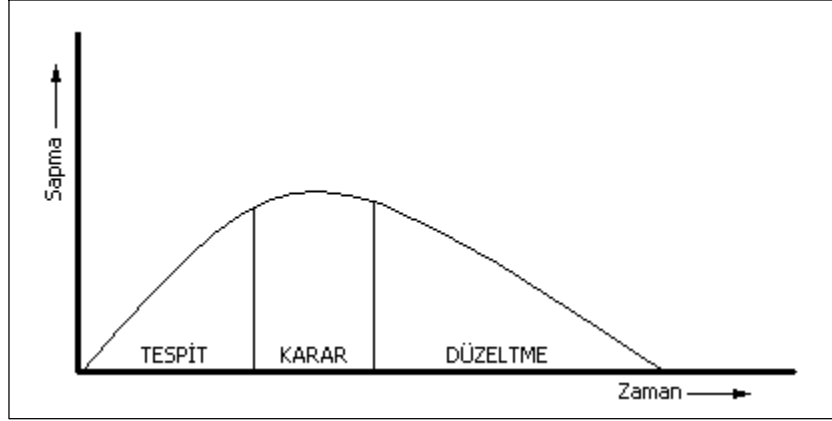
2. Çevresel düzenlemeler: Birçok ülkede yürürlükte bulunan kanunlar fabrikaların emisyonlarını sınırlamaktadır. Örneğin bu kanunlar, su sisteminde bulunabilecek maksimum organik madde miktarını açıkça belirtmektedir. Kraft geri kazanma fırınından atmosfere atılacak hidrojen sülfür konsantrasyonu ve zehirli toksik maddelerin miktarı yasalarla belirtmiştir. Bunlara uyulmaması durumunda para ve hapis cezaları uygulanmaktadır.

3. Kâr: Ürün kalitesi, kâr elde etmek için gittikçe artan bir önem arz etmektedir. Dolayısıyla, bütün son ürünler başta belirlenmiş spesifikasyonları tam olarak sağlamalıdır. Örneğin üretilen kağıt, yetersiz bir yırtılma direncine sahipse müşteri bu kağıdı bir daha kullanmayacaktır. Yırtılma direnci ve gramajı başta belirtilen sınırlar içinde olmalıdır. Ayrıca, belli spesifikasyonları sağlayan bir kağıt, gereksiz üretim masraflarından arındırılmalıdır. Uygun bir kontrol şeması, tavsiye edilen kullanım için yeterli kaliteyi garanti edecektir.

Şekil 1.1 arzu edilen işlemlerden proses sapmaları olduğunda neler olabileceğini göstermektedir. Şekildeki Y-eksisinde referans noktasından sapma olmuşsa bu “para kaybı” demektir. Ayrıca, bu şekil, basit bir otomatik kontrolden (bu bir seviye tankı olabilir) bütün işletmenin çalışmasına kadar tüm aşamalarda uygulanır. Bu iki ekstrem arasındaki ana uyumsuzluk, sadece zaman kaybıdır (Sell, 1995).

İlk kısımda, problem ortaya çıkana kadar hatalı (off-spec) üretim yapılır. Kontrol sistemi veya yönetim ne yapılacağına karar verene kadar hatalı üretime devam edilir. Üçüncü kısım kontrol sistemi devreye girene kadar boşa giden ürünü göstermektedir. Şüphesiz bu, hem hatanın gerçekleştiği andaki zaman kaybını önlemek, hem de hatanın büyüklüğünü minimuma indirmek ve kâr elde etmek

için kaçınılmazdır.



Şekil 1.1 Proses kontrolünün temel döngüsü (Sell, 1995).

Modern endüstrilerde üretimde kalite ve maliyet hesaplarının iyi yapılması bir işletmenin ekonomik ömrünü belirleyen önemli etkenlerin başında gelir. Dolayısıyla, üretimde kazanılan pazar payı yaşamsal önem taşır. Hiçbir işletme pazar payını kaybetmek istemeyeceği gibi artırmak eğilimindedir. Burada en önemli etken müşteri memnuniyeti, yani kalite ve modeldir. Diğer bir deyişle, üretilenin kalite standartlarına uyumluluğudur.

Endüstride hemen hemen her ürün belirlenen dahili ya da genel standartlara göre ölçülür ve kalitesi test edilir. Üretim sürecinde sistemden sürekli bilgi alınarak denetleme yapılması bilgisayar teknolojilerinin günümüzde ulaştığı nokta itibarı ile artık eskiye göre daha sağlıklı ve kolay olabilmektedir. Bu sayede, insan kaynaklı hatalar minimize edilmekte, üretim hızı artmakta ve toplam diğer maliyetler (işçilik, enerji, bakım maliyeti, ıskarta vb.) en aza indirgenebilmektedir. Bütün bu istenenler akıllı bir otomasyon sistemi içinde bütünlenir. Bu amaçlarla, mühendis ve bilim adamları laboratuvar araştırmaları, endüstriyel kontrol, test ve ölçüm gibi uygulamalar için genişleyebilir veri yoluna sahip kişisel bilgisayarlarla bütünleştirilmiş veri toplama sistemi kullanmaktadır. Bunun sonucunda, mikro elektronik teknolojisindeki hızlı bir gelişme ve yazılım teknolojisinde yaşanan harikalar, sanal enstrümantasyon diye adlandırılan temelde veri toplama amaçlı yeni bir teknolojinin gelişmesine sebep olmuştur.

Kağıt fabrikalarında, önemli değerleri içinde barındıran zamana göre değişen değişkenler çoğunluktadır. Sıcaklık, basınç, seviye, debi, yoğunluk, pH, parlaklık gibi zamana göre değişen büyüklükler ölçülüp, son kontrol elemanına gereken bilgiler gönderilerek bu değişkenler sürekli kontrol altında tutulmalıdır.

Bu işlemleri gerçekleştirebilmek için Dağıtılmış Kontrol Sisteminin (DCS–Distributed Control System) bir parçası olan sistem yazılımının geliştirilmesi gerekmektedir. Aksi takdirde DCS'nin etkinliği tamamen kaybolur. Sistem yazılımı ise DCS elemanlarını bir arada tutarak sistemin sağlıklı bir şekilde yönetilmesini sağlar.

Bu çalışmada amaçlanan, mevcut kağıt makinelerinin en düşük maliyetle kontrolünü sağlayarak, üretim sırasında meydana gelebilecek hataları hızlı bir şekilde tespit etmek ve düzeltici önlemleri almaktır.

Bunu gerçekleştirebilmek amacıyla bir kağıt makinesi modeli kurulmuş, rutubet, gramaj ve kalınlık değişkenleri gözlemlenmiştir. Bu değişkenleri etkileyecek üniteler üzerine çeşitli algılayıcılar yerleştirilmiş ve sistemin tamamını kontrol edecek bir bilgisayar programı hazırlanmıştır.

Kullanıcı, bilgisayar programı sayesinde önemli parametrelerdeki değişimleri anında görebilecektir. Ayrıca, bilgisayar programı tarafından hatalı üretime sebep olan ana faktörler tespit edilerek, kullanıcıya, hataları düzeltici önlemler ve öneriler sunulacaktır.

1.4 PROSES KONTROLÜN ESASLARI

1.4.1 Önemli Kontrol Kavramları

Kontrol sistemleri ile ilgili konulara ayrıntılı bir şekilde geçmeden önce, konunun iyi bir şekilde anlaşılması açısından bazı önemli ifadelerin tanımlarını yapmak yerinde olacaktır. Bir kontrol sistemi bir takım elemanların karşılıklı şekilde birbirine bağlanmasından meydana gelmiştir. Bu sistem elemanları birbirine giriş ve çıkışlar yoluyla bağlanmıştır. Sistem elemanlarının işlevleri, bireysel giriş ve çıkışları ve sistem elemanları arasındaki bilgi akışı işlevsel blok şemalarıyla gösterilir. Bu şemalar sistem elemanlarının etki ve neden-sonuç ilişkilerine göre sıralanmalarını ve sistemin yapısının incelenmesini sağlar. İşlevsel bloklar bir kara kutu elemanı olarak ele alınır ve bir sistem elemanını temsil eden bir kara kutunun davranışı giriş-çıkış bağıntısı ile belirlenir. Burada giriş neden, çıkışta girişin neden olduğu bir sonuçtur. Bu nedenle giriş-çıkış bağıntısı elemanın neden-sonuç davranışı olarak ifade edilir. Örneğin, bir elektrik direncine bir gerilim uygulandığında bu nedenin sonucu olarak dirençte bir akım oluşur. İşlevsel şemadaki elemanların işlevlerini matematiksel ifadelerle gösteren şemalara ise “blok şema” denir (Yüksel, 1997).

Sistem (System)

Genel anlamda; bir bütün olacak şekilde karşılıklı olarak birbirine bağlı elemanlar toplamıdır diye tanımlanabilir. Fiziksel anlamda; bir amacı gerçekleştirmek için düzenlenmiş ve bütün bir birim olarak hareket etmek üzere birleştirilen etkileşimli ya da ilişkili fiziksel elemanlar düzenidir (Karayılmazlar ve Aytekin, 2000).

Kontrol (Control)

Kontrol kelimesi genellikle ayarlamak, düzenlemek, yöneltmek veya kumanda etmek anlamlarına gelir. Tanım olarak; bir değişken niceliğin ya da değişken nicelikler kümesinin önceden belirlenmiş bir koşula uyumunu sağlamaya yönelik olarak gerçekleştirilen işlemler bütünüdür (D'souza, 1988).

Kontrol Sistemi (Control System)

Kendisi veya diğ er bir sistemi kumanda etmek, yönlendirmek veya ayarlamak üzere birleştirilen fiziksel organlar kümesidir. Mühendislik açısından kontrol sistemi, en az veya hiçbir insan girişimi gerektirmeyecek şekilde, arzu edilen işlevleri ve sonuçları sağlamak üzere bir araya getirilen makine, proses ve diğ er aygıt donanımlarının (instrumentation) otomatik çalışmasını ifade eder. Kontrol sistemleri, kontrol edilen niceliklerin değerlerini sabit tutar ya da bu değerlerin, önceden belirlenmiş biçimde değişmesini sağlar (Alankuş, 1984).

Otomatik Kontrol (Automatic Control)

Bir sistemde kontrol faaliyetlerinin insan girişimi olmaksızın önceden belirlenen bir amaca göre kontrolü ve yönlendirilmesidir. Genel anlamda otomatik kontrol, doğrudan insan girişimi olmaksızın çalışan aygıtların, makinelerin ve sistemlerin çalışması ve gelişmesi ile ilgilenen bir bilim dalıdır (Canfield, 1965; G nal ın, 1984). Uygulamada kontrol ve kontrol sistemi denilince daha çok otomatik kontrol anlaşılır. Günümüzde insan girişimi ile yapılan kontrol hemen hemen yok sayılır veya kontrol sistemi tanımına girmez.

Giriş (Input)

Kontrol sisteminden belli bir cevap almak üzere bir dış enerji kaynağından sisteme uygulanan uyarıdır.

 ıkış (Output)

Kontrol sisteminden sağlanan gerçek cevaptır.  ıkış, girişin öngördüğü cevapla eşit olur veya olmayabilir. Bir sistemin kontrol amacını giriş veya çıkışlarını türü belirler. Örneğin bir sıcaklık kontrol sisteminde giriş arzu edilen sıcaklık, çıkış ise sistemde gerçekleşen ve ölçülen sıcaklıktır.

Ayar Noktası (Referans Noktası) ve Ayar Değeri (Setpoint and Setvalue)

Kontrol sistemlerinde sabit bir kumanda değerinin ayarlandığı nokta veya ayarlanan değerdir. Örneğin sıcaklık kontrol sistemlerinde arzu edilen sıcaklığın ayarlandığı nokta bir ayar noktası ve ayarlanan sıcaklık ayar değeridir.

Kumanda Giriş (Command Input or Desired Input); $v(t)$

Sisteme uygulanan sevk edici giriş olup sistemin çıkışından bağımsızdır.

Başvuru Giriş Elemanı (Reference Input Element)

Başvuru giriş değerini belirleyen birimdir. Başvuru giriş elemanı sistem çıkışının arzu edilen birimleri cinsinden kalibre (ayar) edilir.

Başvuru Giriş (Reference Input); $r(t)$

Kontrol edilen sistemin herhangi bir işlevini kumanda etmek üzere kontrol sistemine uygulanan giriş sinyalidir. Başvuru giriş elemanının sağladığı bu sinyal sistem tarafından doğrudan doğruya kullanılabilir biçimde bir kumanda olarak ifade edilir. Bu, kontrol sistemi için gerçek sinyal girişi olup çoğunlukla ideal sistemin çıkış davranışını temsil eder (Bodur ve ark., 2001).

Karşılaştırmacı veya Hata Seçici (Comparator or Error Detector)

Başvuru giriş sinyali ile geri besleme sinyalini karşılaştırıp mukayese eden ve bu iki sinyal arasındaki farka eşit bir hata sinyali üreten elemandır. Karşılaştırmacı aynı boyut ve birimlerdeki sinyalleri karşılaştırarak onların cebirsel toplamalarını alır.

Hata ve Sapma (Error and Deviation); $e(t)$

Çıkışın herhangi bir anda, arzu edilen değere göre farkına “hata” denir. Hata sinyali başvuru girişi ile geribesleme sinyali arasındaki farka eşittir. Karşılaştırma elemanı, çıkışı arzu edilen değerle karşılaştırarak hata değişimlerini belirler. Hata sinyali, sistemin çıkışında arzu edilen değeri sağlamak üzere kontrol organını hareket ettirir. Kontrol organı bu değişimleri giriş olarak alır ve kendi yapısına da bağlı olarak son kontrol organı (motor eleman) için uygun bir kontrol sinyali üretir.

Sapma; kontrol edilen değişkenlerin belirli değerler etrafındaki değişimlerini ifade eder. Genel anlamda bir hata sinyali olup, özellikle ayar değerine göre çalışan proses kontrol sistemlerinde kontrol edilen değişkenin sabit bir ayar değerinden

ayrılması “sapma” (deviation) olarak ifade edilir (Franklin et al., 1990).

Kontrol Elemanı (Controller or Control Element)

Kontrol edilen sisteme uygulanan ve sistemden uygun bir kontrol sinyali sağlayan elemandır.

Kontrol Sinyali (Control Signal or Manipulated Variable); $m(t)$

Kontrol elemanları grubunun, kontrol edilen sisteme uyguladıkları nicelik veya koşuldur. Bu sinyal kontrol organı çıkışında kontrol sinyali olarak son kontrol elemanına gönderilir. Burada yeteri kadar kuvvetlendirilerek kontrol edilen sistemin kontrol edilen değişkenini değiştirecek şekilde bir düzeltme işlemi meydana getirir. Fakat esas kontrol biçimi kontrol organı tarafından üretilir.

Kontrol Edilen Sistem (Plant or Controlled System)

Özel bir niceliğin kontrol edildiği tesisat, proses veya bir makinedir.

Çıkış veya Kontrol Edilen Değişken (Controlled Variable); $c(t)$

Kontrol edilen sistemin niceliği veya koşuludur. Bu niceliğin, sistemin bozucu girişlerden etkilenmeksizin kumanda girişini izleyecek şekilde önceden tanımlanan bir değerde sabit tutulması gerekir.

Bozucu Girişler (Disturbance Inputs); $d(t)$

Sistemin kontrol edilen çıkışı üzerinde arzu edilmeyen yönde etki yapan girişlerdir. Eğer bozucu etkiler sistemin kendi içinden meydana geliyorsa iç bozucular, sistemin dışından geliyorsa dış bozucular adını alır ve her ikisi de sistem için bir giriştir. Bozucu giriş, kontrol sistemi döngüsüne herhangi bir noktadan etki edebilir (Franklin et al., 1990).

Geribesleme Sinyali (Feedback Signal); $b(t)$

Kontrol edilen değişkenin bir fonksiyonu olup, başvuru girişi ile karşılaştırılarak hata sinyalinin elde edilmesini sağlar.

Geribesleme Elemanı (Feedback Element)

Kontrol edilen çıkış sinyali ile geribesleme sinyali arasında işlevsel bağıntı kuran elemandır. Geribesleme elemanları, özellikleri kontrol edilen değişken ile başvuru giriş sinyalinin farklı fiziksel yapıda olduğu durumlarda bir dönüştürücüden (transducer) ibarettir. Geribesleme elemanı kontrol edilen değişkenin ölçülen değerini sağlar. Genellikle geribesleme elemanı bir ölçü elemanı biçimindedir.

Geribesleme Yolu (Feedback Path)

Kontrol edilen çıkış sinyalinin geribesleme sinyaline kadar uzanan iletim yoludur.

İleribesleme Elemanları (Feedforward or Forward Element)

Arzu edilen çıkışı sağlamak amacıyla hata sinyaline tepki gösteren birimdir.

İleribesleme Yolu (Feedforward Path)

Hata sinyali aracılığıyla kontrol edilen ve çıkış sinyaline kadar uzanan iletim yoludur.

Açık-Döngü Kontrol Sistemi (Open-Loop Control System)

Kontrol faaliyetinin kontrol sistemi çıkışından bağımsız olduğu sistemdir. Açık-döngü kontrolde arzu edilen çıkışın kontrol edilen çıkış değişkeni ile hiçbir karşılaştırması yoktur.

Kapalı-Döngü Kontrol Sistemi (Closed-Loop Control System)

Kontrol faaliyetinin sistemin kontrol edilen çıkışına bağlı olduğu sistemdir. Kontrol edilen çıkış değişkeninin ölçülüp geri beslenerek arzu edilen giriş değeri ile karşılaştırıldığı kapalı-döngü kontrol sistemidir. Sistemin çıkışı, arzu edilen çıkış değerini sağlayacak bir biçimde giriş niceliği üzerine etki eder.

Açık-döngü ve kapalı-döngü kontrol sistemleri arasındaki temel fark geribesleme etkisidir. Geri besleme etkisi ise negatif geri besleme ve pozitif geri besleme olarak ikiye ayrılır. Negatif geri besleme çıkışın, girişe ters yönde etki ettiği ve pozitif geri beslemede çıkışın girişe aynı yönde etki ettiği sistem olarak

tanımlanır. Endüstriyel kontrol sistemlerinde uygulanan geri besleme etkisi negatif türdendir (Bodur ve ark., 2001).

Düzenleyici Kontrol (Regulator or Regulatory Control)

Başvuru girişinin uzun zaman aralıkları içerisinde belli bir çalışma koşulu için, değişmez veya sabit tutulduğu geribeslemeli kontrol sistemidir. Düzenleyici kontrolde sisteme etki eden bozucu girişlere rağmen sistem çıkışının arzu edilen değerde tutulması esastır. Bu tür kontrolde sabit bir sinyal (ayar değeri) girişinde, sabit kalıcı durum çıkışı elde edilir (Bodur ve ark., 2001).

Proses Kontrol Sistemi (Process Control System)

Çıkışı sıcaklık, basınç, akış, seviye ve pH gibi değişkenler olan düzenleyici kontrol türünden geribeslemeli kontrol sistemidir. Proses kontrol, proses endüstrilerinde yaygın olarak kullanılır (Bodur ve ark., 2001).

Sayısal Kontrol (Numerical Control)

Genelde takım tezgahları ve diğer tüm makinelerde (örneğin dokuma makineleri) kullanılan bir kontrol sistemidir. Eski bir uygulama olup kontrol delikli kartlar, mıknatıslı teyplerle yapılmaktadır. Sisteme delikli kartlarla verilen bilgiler bugün artık sayısal bilgisayarlarla verilmektedir (Gavcar ve Aytekin, 1996). Bu tür kontrol sistemleri ise doğrudan sayısal kontrol adını almaktadır.

Doğrudan Dijital Kontrol (Direct Digital Control)

Tek döngülü örneksel kontrol ediciler grubunun yerini tek bir dijital bilgisayar alır. Bu bilgisayarların daha yüksek hesaplama yeteneği vardır, daha karmaşık ileri kontrol tekniklerinin uygulanabilmesini sağlarlar (Franklin et al., 1990).

Uyarlamalı Kontrol (Adaptive Control)

Uyarlamalı kontrol, sistemin kendi işlemlerine en iyi olası işlem tarzını sağlamak doğrultusunda uyarlayabilme yeteneğinde olan sistemdir. Uyarlamalı kontrol sistemlerinin tanımlama, karar verme ve düzeltme gibi üç temel ilkesi vardır (Sarioğlu, 1995).

Öğrenmeli Kontrol (Learning Control)

Belirli bir düzeyde hesaplama yeteneğine sahip ve böylece, kontrol edilen değişkenin matematiksel modelinin tanımlarını geliştirebilen ve işlemlerini bu yeni bilgiler doğrultusunda düzeltebilen kontrol sistemidir. Bu açıdan öğrenmeli kontrol, uyarlama kontrolün gelişmiş bir biçimidir (Sarioğlu, 1995).

Bilgisayarlı Kontrol (Computer Control)

Kontrol sistemlerinde bilgisayarların ve mikro işlemcilerin kullanıldığı kontrol türü olup, gözetleyici kontrol ya da optimizasyon kontrolü, doğrudan dijital kontrol ve düzey (hiyerarşi) kontrolü şeklinde uygulanır (Sarioğlu, 1995; 1996).

Gözetleyici Kontrol (Supervisory Computer Control)

Gözetleyici Kontrol ya da optimizasyon kontrolünde bilgisayar, dış ya da ikincil türden bir sığayla (kapasite) işler ve ilk kontrol sistemindeki düzenlenmiş konumları, ya doğrudan ya da işleticinin yardımıyla değiştirir. Örneğin bir kimyasal işlem sıcaklığı termostatik olarak ayarlanan bir tankta gerçekleşebilir. Gözetleyici kontrol sistemi çeşitli nedenlerle termostatın düzeyini yeniden ayarlayabilir. Gözetleyici kontrolün amacı; tesisin işletim düzeyini koruma ve böylece giderleri düşürmek ve üretimi artırmaktır (Sarioğlu, 1996).

Düzyey Kontrolü

Bir tesisteki tüm kontrol durumları bilgisayarların uygulanması yoluyla kurulur. Bu nedenle de bir tesisin işletimindeki en yüksek yönetsel kararlardan bir valfin çevrilmesine kadar her düzeyden etkinliği bütünleştirebilmek için en gelişmiş bilgisayarlara ve otomatik kontrol aygıtlarına ihtiyaç duyar (Sarioğlu, 1996).

Uzaktan Kumanda (Remote Control)

Bir sistemde donanımı, aygıtları ve işlemleri belli bir uzaklıktan çalıştırma imkanı sağlayan kontrol türüdür. Endüstriyel kontrol sistemlerinin büyük bir oranı bu sınıfa girmektedir. Bu tür kontrolde gösterge, kaydetme ve kontrol aygıtları kontrol edilen sistemden birkaç yüz metre mesafeye yerleştirilebilirler. Böylece

bir sistemde kumanda odasında kontrol edilen işleme veya sisteme ve sistemden kumanda odasına sinyal aktarımı ya pnömatik ya da elektriksel biçimde olmaktadır (Bodur ve ark., 2001).

Algılayıcı (Sensor, Detector)

Ölçülen ve dolayısıyla kontrol edilen niceliğin değerini algılayan veya seçen bir aygıttır. Algılayıcı eleman veya algılama organı ölçme sistemi zincirinin ilk halkası olup, algılayıcı ifadesi bazen seçici (detector), birincil organ veya dönüştürücü yerine de kullanılmaktadır (Soloman, 1998).

Dönüştürücü (Transducer)

Genel olarak herhangi bir enerji biçimini diğer bir enerji biçimine dönüştüren aygıt olarak tanımlanır. Işık enerjisini elektriksel enerjiye dönüştüren fotoseller, mekaniksel enerjiyi elektriksel enerjiye dönüştüren potansiyometreler örnek verilebilir. Özellikle ölçme sistemi açısından bir enerji dönüştürme aygıtı olarak çalışan dönüştürücü, uyarıyı ölçmenin konusu olan fiziksel ortamdan alır ve bu uyarıyı bir ölçme sistemi girişine göre daha uygun bir sinyale dönüştürür.

Robot veya Manipulator (Robot or Manipulator)

İnsan müdahalesi gerektirmeden otomatik olarak hizmet görmek üzere tasarlanmış programlı bir aygıttır. Endüstriyel robot veya manipulator bir insanın bel, omuz, dirsek veya bilek hareketlerine denk serbestlik dereceleri içeren bir kol ve elden ibaret olup, ulaşma mesafesi içerisindeki herhangi bir noktaya uzanabilir ve iş parçalarını veya aletleri kolayca yakalayabilir. Robot, endüstride özellikle malzeme aktarma işlevlerinin yerine getirilmesinde çok kullanılır. Robotlar endüstriyel uygulamalarda büyük bir potansiyel arz etmekle beraber günümüzde daha çok makinelerin yüklenmesi ve boşaltılması, tekrarlamak, istifleme, ayırma (tasnif), parçaların konumlandırılması ve aktarılması, kaynak, boyama (otomobil endüstrilerinde) işlemlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Yüksel, 1997).

1.4.2 Saha Üniteleri (Algılayıcılar ve Vericiler)

Kontrol sistemleri çok farklı tip cihazlardan yapılmıştır. Sayıca en büyük grup, proses şartlarını açıklayan ve kontrol cihazlarına veri sinyali sağlayan gruptur. Bu cihazlara ortaklaşa olarak algılayıcılar ve vericiler denir.

Düzgün çalışan saha algılama cihazlarının önemi küçümsenemez. Eğer, sağlanan bilgi tam, yeniden üretilebilir ve uygun zamanda değilse en iyi kontrol stratejileri bile başarısız olurlar. Eğer, bu cihazlar sürekli olarak yıpranmakta ise ve vaktinden önce bozulursa tüm kontrol sistemi kesinlikle faydalı bir şekilde çalışmaz.

Cihazların ve son kontrol elemanlarının güvenilirlik, hassasiyet ve tekrarlanabilirliğinin sorumluluğu sistemi dizayn edenlere bağlıdır. Onlar için sistemi seçip kurarken cihazlarla ilgili olarak sınırlama ve yasaklamaların hakkında bilgi almak önemlidir (Rudletge, 1995).

1.4.2.1 Saha Ünitelerinin Tarihsel Gelişimi

Son 25 yılda gelişen ölçüm teknikleri ve ölçülerin kontrol edilebilmeleri hakkındaki cihaz ve kontrol teknolojilerinde büyük ilerlemeler kaydedilmiştir. Bilim, üretim tabanı ile birleşmiş olup ölçülen bilginin sonucu olarak verimlilik, ürün tekdüzeliği, kalite, kâr, enerji tasarrufu ve çevre koruma için otomasyonun gerekliliği kaçınılmazdır.

İmalat, 1930'dan beri olan yeni bilimsel gelişmeleri de kapsamıştır. Elektronik vakumlu ışık tüpü mekanik cihazlar için imkansız olan sayım işlemlerini yapmıştır. Elektronik vakumlu tirathon tüpü kağıt fabrikalarının elektrik motorları veya kaynak motorlarındaki yüksek akımı konvansiyonel güç kontrol cihazlarından çok daha iyi bir şekilde kullanmıştır. Bununla birlikte, 1950'lerin sonlarına kadar kağıt sanayisinde araç gereç ve kontrol cihazlarının birçoğu pnömatik idi. Otomatik reset edilme (integral) ve hız hareketi (türev) olan

pnömatik kontrol panoları büyük yük değişimleri elektrik panolarından daha düzgün ve hızlı karşılık vermiştir. 1930'ların ortaları ile 1940'larda parti malı sindiricileri veya siyah likör buharlaştırıcısını kontrol etmek için izole cihaz panoları vardı, ancak 1950'lerin sonlarına kadar kağıt sanayisinde elektronik kontrol cihazları sahneye henüz gelmemiştir (Rutledge, 1995).

Kağıt makinalarına gözleyici ve doğrudan dijital kontrollü bilgisayarlar 1960'ların ortalarında uygulanmıştır. Bu durum, kısmen üniversite ve Kağıt Kimyası Enstitüsünden o dönemde yetişen çok sayıda işyeri yöneticisinin eğitimlerindeki bilimsel rönesansa bağlı olarak gelişmiştir. Bu yöneticiler yeni ve geliştirilmiş araç ve fikirleri alıp, kullanılmaya yönelmişlerdir. 1970'lerde ise fabrika modernizasyonu ve kapalı devre on-line proses kontrolü uygulaması ile çevre kontrolünde teknolojik yenilikler ortaya çıkmıştır. Bunu programlanabilir kontrol cihazları ve mikro işlemci tabanlı dağıtılmış sistemlerin gündeme gelişi izlemiş olup herbir kontrol devresi, algılayıcı ve verici olarak tek tek çalışabildiği gibi herbiri ile ve merkezi bilgisayar ile de iletişim kurmaktaydı. 1990'larda, global şebekeler ve anlık bilgi üzerindeki aksiyonun kârlar üzerindeki kontrolü, çevreyi ve enerji kullanımı ile birlikte üretim ve kalite optimizasyonunu da sağlamıştır.

Şimdilerde şebeke sistemleri ile yapılabilen bilgisayar kontrolünün, yerinden yönetimi ile entegre otomatik kontrol sistemleri mümkün olmuştur. Akıllı cihazlar (algılayıcılar) da artarak silikondan yapılmaya başlanmış olup bu silikon mikro işlemcilerdeki güvenilir, dayanıklı, hızlı ve ucuz olma özelliğindedir.

Dönüştürücüler ölçülen bir doğal değeri kullanılabilir sinyale dönüştürürler. Yani bir sapma elektrik sinyaline dönüştürülür. Bu sinyal ise modern bilgisayarlardaki veri elde etme ve kontrol sistemlerini besler.

Burada, bazı klasik algılama metotlarından kısaca bahsedilmiş ve sonra modern malzemelerin avantajlarını değerlendiren yeni cihazlar takdim edilmiştir.

1.4.2.2 Basınç Ölçümü

Basıncın ölçümü önemli bir husustur. Basınç, odun deposundan atık işleme birimine kadar kağıt ve kağıt hamuru üretiminin her alanında temel proses değişkenidir. Basınç sadece birim alana uygulanan güç olarak kalmaz, aynı zamanda akışkanlık, seviye tespiti ve sistemdeki sıvı basıncı dengelenmesi amacıyla kullanılır.

Basınç, sıcaklıkla elementin her iki tarafındaki güçlerle bağlantılı olarak bir elastik eleman ya da diyaframın hareketinin izlenmesi suretiyle tayin edilir. Bu güçleri tam olarak dikkate almak için basınç ölçümleri üç ana dönüştürücü ve algılayıcı konumunda sınıflandırılır. Şekil 1.2`de bazı basınç ölçen cihazlar verilmiştir (Anon., 2000).

Basınç birim alana uygulanan norm kuvvettir. Birimi Pascal`dır. $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$, Mutlak basınç, sıfır basınca göre ölçülen basıncı ifade eder. Ölçek (gauge) basıncı ise ölçümün atmosfer basıncına göre yapıldığını anlatır. Yer yüzeyinde atmosfer basıncı 100 kPa kadardır ve 1 bar olarak dile getirilir.

$$\text{Mutlak basınç} = \text{Ölçek basıncı} + \text{Atmosfer basıncı`ndan oluşur.}$$



Şekil 1.2 Basınç ölçen bazı cihazlar (Anon., 2000).

Diferansiyel modlu algılayıcılar: Bu tip algılayıcılarda algılayıcı elemanın iki yüzü de farklı basınca maruz kalır ve çıktı bu iki basıncın farkı ile orantılı olmaktadır. Uygulamada basınçtaki küçük farklılıklar, filtre basıncının azalması,

akış ölçerlerdeki baş kısımlarda basınç düşmeleri ve sıvı seviyelerinin ölçümü ile belirlenir. Delikli plaka düz bir plaka ortasında çok hassas olarak açılmış keskin kenarlı bir deliği olan bir mekanizmaya sahiptir ve akış miktarına bağlı tahmini basınç düşüşü sağlar.

Basınç ölçümünde bu cihazlar ana yükü taşırlar. Yeni bir gelişme ise V külah şeklinde olan diferansiyel basınç algılayıcısıdır. Bunlar daha kesin sonuç verir ve daha geniş alanda çalışırken aynı zamanda maliyetleri uygundur. V külahın şekli itibarıyla gürültüye sebep olan ters basıncı minimize eder ve sinyal parazitlenmesini asgariye indirir. Ayrıca, karekök fonksiyonu da minimize edilir.

Diğer bir geliştirilmiş diferansiyel basınç algılayıcısı küçük sızıntıların ölçümünde en iyi metotlardan birisi olan elektro-optikaldir. Elektro-optikal algılayıcılar bir diyafram ile ayrılmış iki basınç odacığı içinde yer alır ve bir sızıntı durumunda kombine çalışırlar. Sızıntı denetimi zarar vermeyen kalite kontrol testi olup sızdırmaz klimatize sistemleri ve soğutma sistemlerinde kullanılır. Bir diğer tip ise çok düşük diferansiyel basınç ölçeridir. Bu algılayıcı, 10 gram ağırlığında minyatür ve düşük basınçları ölçebilmektedir. Çok çabuk tepki verebilen, dayanıklı bir gövdeye sahip, yüksek şok ve vibrasyona dayanıklı tiplerdir. Yarı iletken tasarımı sayısal mantıkla uyumludur.

Ölçü modlu algılayıcılar: Bu tip cihazlarda elemanın bir yüzü normal şartlar altında basınca maruz kalırken diğer taraf bilinmeyen basınca maruz kalır. Çıktı bilinmeyen ile atmosferik basınç arasındaki farkla orantılıdır. Bu mod, yüksek basınçların ölçümünde kullanılır.

Mutlak modlu algılayıcılar: Bu tipte algılayıcının bir yüzü vakuma maruz bırakılırken diğer yüzü bilinmeyen basınca maruz kalır. Çıktı doğrudan bilinmeyen basınçla doğru orantılı olmasından dolayı birçok biçimde ve çok çeşitli üretilebilir (Rutledge, 1995).

Mekaniksel Basınç Ölçerler

Bourdon tüpleri: Basınç ölçmek için kullanılan cihazların en basiti, bükülmüş ve bir ucu sızdırmaz hale getirilmiş eliptik kesitli bourdon tüpüdür. Açık olan uca basınç tatbik edildiğinde eliptik enine kesit yuvarlak bir hal alır ve yay biçimindeki tüp bir göstergeyi hareket ettirmek üzere düzleşir. Bu basınç ölçer, hassasiyetli, ölür bölgesi ve histerezliği olması dolayısıyla düşük basınçlar için kullanılmaz. Spiral ölçek, düz bir spiral şeklindeki bir dizi bourdon tüpünden ibarettir. İlave uzunlukları ile daha düşük basınçların ölçülmesi için daha fazla hassasiyet göstermektedir. İlave uzunluk ve hassasiyet için, bourdon sarmal tüpünden düşey bir yay gibi helisel bir eleman meydana getirilebilir. Bu, basınçlardan biri dış yüzey ve diğeri tüp kanalının iç yüzeyi üzerine etki ettiğinde diferansiyel basınç algılayıcısı olarak kullanılır. Eğer, atmosferik basınç dış tarafa etki ederse ölçek basıncı gösterilir.

Eritilmiş kuvars heliks basınç algılayıcıları: Bu cihazların, basınç değişirken kendisine bağlı olan aynayı döndüren serbest bir ucu vardır. Eksantrik olarak etrafında dönen geniş, hassas bir dişlinin üzerine monte edilmiştir. Dişliye bir ayna ve iki fotosel bağlanmıştır. Aynadan yansıyan ışın iki fotoselin üzerine eşit olarak dağılır. Basınç değiştiğinde yansıyan ışınlar eşit olmayan bir şekilde dağılır, bu işlem denge sağlanana kadar dengesizlik sinyalinin cihazı döndürmesi ile devam eder. Bu basınç ölçer, diferansiyel basınç, okunan ve mutlak basınçların bulunmasında kullanılır. Bununla beraber, bu basınç ölçerler vibrasyona karşı hassastır ve düşük tepki verme hızları bulunmaktadır. Düşük basınçlar için yaylı ve körüklü ölçekler kullanılır. Körüklerden birine basınç tatbik edildiğinde basınç ile orantılı olarak genişler. Eğer, körük grubunun karşısına yüksekliği, barometrik basıncı ve sıcaklık değişmelerini otomatik olarak ayarlayan aynı tipte havası alınmış, sızdırmaz bir ünite konursa mutlak basınç ölçülür.

Optik tarama üniteleri: Bu algılayıcılar, basit manometrelerde olduğu gibi elastiki bir hareketi ölçerler. Elastik olmayan ölçü cihazının bir tipi, kraftın geri kazanma yeri ve güç kazanımının civarındaki düşük basınçları ölçmek için kullanılan çan tipindeki basınç ölçerlerdir. O, çanın her iki tarafına tatbik edilen

diferansiyel basınçları veya eğer çanın dış yüzü atmosfer basıncına maruz kalırsa basıncı ölçer. Çanın iç tarafına tatbik edilen bir basınç kaldırıcı bir kuvvet olur ve çan, ağırlık artı dış kuvvetin içteki kaldırma kuvveti ve yüzdürme kuvvetini eşitleyene kadar yukarı çıkar (Rutledge, 1995).

Elektrikli Basınç Ölçerler

Bu algılayıcılar, elastik bir elemente basınç tatbik edildiğinde meydana gelen hareketin elektrik sinyaline dönüştürülmesi prensibine göre çalışırlar. Verileri bilgisayara girmek için kullanılan en basit algılayıcı tipidir. Pasif dönüştürücüler harici bir uyarılmaya ihtiyaç duyar ve potansiyometre, değişken manyetik direnç, doğrusal değişken diferansiyel transformatör, rezonans tel, kapasitör, piezo-direnç, yarı iletken, fiber optik, silikon ve safir silikon, seramik, iki uçlu akort çatalı ve kuvvet dengesi ihtiva ederler. Muhtelif kristallerin tatbik edilen kuvvetlerle gerildiğinde kristallerle bir elektrik gerilimi elde edilmesi prensibine göre çalışan aktif piezoelektrik (basınç elektriği) tipinde olanlarda mevcuttur.

Piezoelektrik algılayıcıların çalışma prensipleri diyaframa uygulanan basıncın köprü şeklinde yerleştirilmiş bükülmeyle değer değiştiren dirençleri uyarmasıyla olur. Köprü uçlarındaki gerilimin değişimi bir elektronik kart yardımıyla istenilen değere çevrilerek okunur. Piezoelektrik algılayıcıların başlıca avantajı, hiç mekanik parçasının bulunmaması ve sıkça ayar gerektirmemesidir. Ayrıca, elektronik kartların yardımıyla yüksek doğrulukta ve tekrarlanabilir ölçüm yapabilmektedir. Küçük boyutları ve kompakt yapıları sayesinde her proseste kullanılabilir. Değişik ölçü ve kontrol aletleri ile kullanılabilmesi için çok çeşitli çıkış bilgisine sahiptirler.

Kompakt yapısı sayesinde her türlü proseste kullanılmaya müsait yüksek hassasiyette ölçüm yapabilen tamamen katı hal teknolojisiyle imal edilmiş olan modelleri, jet boya makineleri, basınç kapları ve her türlü sıvı tankları, buhar kazanları gibi çok çeşitli alanlarda kullanılmaktadır.

1.4.2.3 Sıcaklık Ölçümü

Sıcaklık ölçen cihazlardan bazıları Şekil 1.3`de verilmiştir (Anon., 2000).

Isıl çiftleri (Thermocouples)

Sıcaklık, en çok ölçülen proses değişkenidir ve çoğunlukla ısıl çiftleri ve dirençli termometreler tarafından ölçülmektedir. Isıl çiftleri, odun deposundan nihai ürüne kadar kağıt endüstrisinde kullanılır. Fakat, özellikle döner kükürt yakıcılarında, kireç kazanlarında, kükürtdioksit gibi sıcak gazları ölçmek için geri kazanımda ve enerji kazanlarında yararlıdır. Isıl çiftleri en basit sıcaklık algılayıcılarından biridir. Burada voltaj iki farklı metal alaşımın birleşim yerindeki etkiye bağlı olarak üretilir. Bu farklı teller bir ölçme yapabilmek için birlikte bağlanır. Bu iki telin serbest uçları kapalı bir şekilde ölçüm cihazı ile bağlıdır. Burada akım geçişi olabilir. Bu bağlantı referans kesişim noktası olarak bilinir. Ölçme cihazının bakır uçları farklı metal tellerin herbiri ile etkileşim halindedir ve bu önemlidir. Daha sonraki işler aynı sıcaklıkta olur ve voltaj üretilir. Elektromotor gücü sıcaklık ile doğrusal bir şekilde artar ve ısıl çiftlerinin metallerine bağlıdır. Çok yaygın bir şekilde kullanılan ısıl çifti tiplerinin bazıları şunlardır (Rudletge, 1995):

Isıl çiftlerinin yüksek sıcaklıklarda (750 °C`ye kadar) K ve J adında iki tipi mevcuttur. Bununla birlikte 7 yıldan beri kullanma ve test sonucunda N tipinin K tipine göre daha avantajlı olduğu görülmüştür. K tipinde %1`den daha fazla sapma vardır. N tipi ısıl çiftleri sürtünmesizdir ve K tipinden daha uzun ömürlüdür. Bunun yanında, daha yüksek işlem sıcaklıklarında daha uygun bir performansa sahiptir. Soy metal ısıl çiftleri, hissedilir ekonomik yararı ve performanstan ödün vermeksizin 1250 °C`nin altında N tipi ile değiştirilebilir. Sıcaklık ölçümlerindeki doğruluğun artması ile daha kaliteli ürünler elde edilir. Muayene ve bakım masrafları azalır ve fabrika etkinliği artar.

Isıl çiftleri dayanıklıdır ve titreşimden zarar görmez. SO₂ gazı ısıl çiftlerinin zamanla paslanmasına sebep olabilir. Isıl çiftlerin bazı dezavantajları arasında

sıcaklıkla küçük doğrusal olası hatalar, uzun mesafede ısıl çifti teli ve ek telinde voltaj düşmesi ile ilgili hata oluşumu, uçlarda aynı tip metal kullanımı zorunluluğu ve ısıl çift ve uzatma kablosu için özel bir kablo kullanma gereksinimi sayılabilir (Anon., 1992).



Şekil 1.3 Sıcaklık ölçen bazı cihazlar (Anon., 2000).

Isıl çiftleri sahaya yerleştirirken unutulmaması gereken önemli noktalar vardır. Bakır kılavuz uzatma kablosu uzun mesafeler üzerinde kullanılabilir. Bakır, soğuk bağlantı yerlerinden ısıl çift tellerine bağlanır. Kılavuz kablolar çatlamaya ve ayrılmaya meyillidir. J ve T tipi ısıl çiftleri aynı materyalin kılavuz teli ile birlikte kullanılmalıdır. Negatif kılavuzun renk kodu her zaman kırmızıdır. Teflon kaplama, kostik kullanımında yardımcı olur. Isıl çiftler aşındırıcı sıvılar ile yüksek akım hızlarında akım yönü ile alakalı olarak deponun durumuna göre ayarlanmalıdır. Isıl çiftler ve beklenen sıcaklık eğrileri için uygun metalleri belirlemek önemlidir. Satın alımlar izolasyona uygun şekilde, başlığın yeterli uzunlukta olmasına dikkat edilerek yapılmalıdır.

Dirençli sıcaklık algılayıcılar (Resistance Temperature Detectors – RTDs)

Sıcaklık ile metallerin elektriksel direncinin artışı Sir Humphrey Davies keşfetmiştir. Platin dirençli termometreler -260°C ile 630°C arasındaki sıcaklık ölçümleri için günümüzde uluslararası bir standart olarak kullanılmaktadır. Bu termometrelerde, ısıdaki her bir derece değişiklik için RTD direncinde $\%0.392$ 'lik bir direnç değişikliği meydana gelir. Standart platin endüstriyel RTD eğrileri ve ABD de dahil çoğu ülkelerde geniş bir şekilde kullanılmaktadır. Bunlarda ise

sıcaklıktaki her bir derece değışiklik için RTD direncinde %0.385 değışme olur. Tüm iç bağlantılar titreşim dahil, termal ve mekaniksel gerilmelerin etkilerinden izole edilmiştir. Etrafında gerilmesiz çelik bir tel kılıf vardır ve onu korur. Ayrıca filmler veya platin levhalar kullanılmaktadır. Platin RTD'ler buzun erime noktasında 100 ohm'luk dirence sahiptirler. 200~500 ohm'luk tipler daha pahalıdır. İnce filmler buzun erime noktasında 100 ve 1000 ohm direnç verecek şekilde piyasada bulunabilirler.

Platin RTD'ler, özellikle filmler 540 °C'nin altındaki sıcaklık ölçümlerinde daha iyidir. Bunlar daha hızlı bir tepki verme zamanına ve ısı çiftlerinden 10 kez daha büyük randımana sahiptirler. İnce film RTD'leri yavaş yavaş ısı çiftlerinin yerini almaktadırlar. İnce filmler daha doğrudurlar ve daha iyi bir tekrarlanabilirliğe sahiptirler. Bazı imalatçıların iddia ettikleri gibi RTD'lerde özel kılavuz tellerine ihtiyaç yoktur. Bununla birlikte daha uzun kılavuz proses uygulamaları kullanırlarsa üç kılavuz tel kullanılması gerekir. Parçalı kılavuz tellerde %10 direnç farkı sınırlaması olabilir. RTD'ler sıcaklık ile doğrusaldır. Değişik algılayıcılar için değişik eğriler oluşur ve tam katsayı bilinmelidir. Platin ince film algılayıcıları en iyi karşılıklı değişim yeteneğine sahiptir. RTD'ler ısı çiftlerinin 2~3 misli kadar düşük bir sıcaklık aralığına sahiptirler. RTD'lerin en yüksek sıcaklık ölçerleri 100 ohm'luk platin algılayıcılardır (650 °C) (Anon., 1994e).

Thermistörler: Aşağı yukarı 1000 °C'de yanan metal oksitlerden yapılırlar. RTD'lerden çok daha yüksek bir ısı katsayısına sahiptirler. Daha düşük bir seviye (100 °C) ve iki yıllık bir periyotta 0.01–0.001 °C'lik bir stabiliteye sahiptirler. Thermistörlerin küçük ebatları daha hızlı tepki zamanları verir. Isı çiftleri gibi soğuk bağlantıya ihtiyaç duyarlar. Büyük algılayıcının direnci kılavuz kablo direncini önemsiz yapar. Fakat, bazen güç hatlarını ve filtreleri zorunlu kılar. Diğer bir dezavantaj ise bir güç kaynağına ihtiyaç duymasıdır (Anon., 1994f).

RTD'ler için ikinci bir alternatif diyot algılayıcılardır. Bunlar ya silikon/galyum ya da alüminyum arsenik/galyum arseniktir ve stabildirler. 300 °C'de kullanılabilir olup 0.05 °C'e kalibre olabilirler (Rudletge, 1995).

En yüksek doğruluk bir klimatize odasına yönlendirilen RTD'ler ile kazanılır. Çok sayıda algılayıcı tarafından izlenecek ise çok katlı düzenleme gerekebilir. Bilgisayarların kullanılmaya başlanılmasından itibaren basın algılayıcıları ile 20.000 kanal/sn kapasiteli elektronik tarayıcılar ortaya çıkmıştır. Herbir kanal sinyal ayarlama, güçlendirme veya sıfır/mesafe ayarlaması gerektirir. Eğer, mikroişlemciler için algılayıcıdan uzaklık son derece fazlaysa akım sinyalleri veya frekans çıktısı kullanılmaktadır (Anon., 1994e).

Kızılötesi sıcaklık algılayıcılar

Sıcaklık temassız ölçülebilir. Çünkü, tüm nesneler ısının bir fonksiyonu olarak kızılötesi enerji yayarlar. Radyasyonun sadece küçük bir parçası bir ışık kaynağından yayılmaktadır ve gözle görülebilir. 550 °C'nin altında, radyasyonun şiddeti çok küçüktür ve göz tarafından farkedilmez. Bu sıcaklıkta 3.7 mikronluk radyasyon pikleri vardır. Oysa, 315 °C sıcaklıkta 5 mikronluk pikler vardır. Böylece, her dalga boyunda ortaya çıkan enerji ve toplam enerji ışın olarak yayılır. Işın yayma artan sıcaklıkla birlikte artar. Radyasyon ısı ölçerleri hem portatif hem de yerleştirilebilir, yayılan enerjiyi ölçer ve onun şiddetiyle sıcaklık belirlenir (Anon., 1998).

Lazer ve lazer ayarlı yayınım algılayıcılar

150 yıldan daha fazla süreden beri ısı ölçer doğruluğu gövde ışın yayılmasındaki şüpheden dolayı sınırlı olmaktadır. Günümüzde iki farklı ısı ölçer 1-3 °C kararlılıkta sıcaklık doğruluğunu sağlar ki bu, 600-1500-3000 °C de yayınımından bağımsızdır. Yayınım kesin olarak tek bir frekans üzerinden lazer ışın demeti ile ölçülmektedir. Reaktör duvarı gibi yabancı kaynaklardan yayılan radyasyon ve karışan gazlar, doğru sıcaklığı hesaplamak için Planck'in denkleminin kullanımından önce bilgisayar tarafından hesaplanabilir.

Fiber Optik/Kızılötesi sıcaklık algılayıcılar

Fiber optik sıcaklık ölçümü, kızılötesi transparan fiber boyunca kızılötesi ışık saçan parlak değişkenliğin iletimine dayanır. Alevler ya da duman, gaz gibi

maddeler tarafından aktive edilmezler ve 100 °C ile 1100 °C arasında kullanılırlar. Bu fiberlerin 0.2 mm den daha az olan çapları, esnek, paslanmaz elik, zırlı (seramik veya silikon gibi) koruyucu bölümleri, eğilmeye ve esnemeye izin verirken kırılmayı da önler. En basit modellerinden biri, bir sinyal işlemcisine fiber optik kabloyla bağlı bir değişken odak merceği içerir. Bu kablo ve fiber optik ucu 600 °C'ye kadar dayanabilir. lm sınırları 500 °C'den 4000 °C'ye kadardır. Fiber optik cihaz, bir konvansiyonel kızılötesi lerle görüşün direk çizgisinin zorluğu, radyo frekansı veya elektromanyetik parazitin oluşturduğu sorunlar, konvansiyonel fırınların yanındaki başlıkları soğutmanın glğ ve paslanabilir veya vakum ortamının ölçmeyi imkansızlaştırması gibi problemlerin üstesinden gelebilmektedir (Anon., 1998).

Bir başka benzer cihaz 30 °C ile 500 °C arasını en az 30 °C ye kadar inebilmek için 106 mikronluk dalga boyları kullanarak ler. Bir ikinci yüksek geniş aralıklı safirden yapılmış fiber optik termometrenin Plank eşitliğini takip eden ışıma çıktısına sahip siyah bir gövde boşluğu oluşturmak için tepesi iridyumla kaplanmıştır.

Bu safir fiber optik kendisi boyunca ışıma kaybı olmaması için süper etkili optik saydamlığa ve her fotonun elektrona çevrildiği fotodetektre ve dar bantlı bir filtreye vurana kadar ikinci bir fibere sahiptir.

Elde edilen sonuç sıcaklıkla doğrusaldır. Bu algılayıcı bir ısılı çiftinden 50.000 kez daha hızlı bir biçimde 1.000 kez daha küçük sıcaklık değişimlerini ler.

Bir dar aralıklı fiber optik termometre (-50 °C'den 200 °C'ye ± 0.1 °C hassasiyetle) europiumla aktive edilmiş fosfordan iki keskin floresan hattının bağlı yoğunluğunun ölçümü ve izolasyonuna dayanır. Diğer iki düşük menzilli fiber optik termometreler yenidir. Herbiri bir optik fiberin sonuna yapıştırılmış ince bir film optik rezonatörü vardır. Silikon rezonatör ışıma veya iletim yoluyla ısındıkça diğer optik fiberlerinin sonundaki ışık yayan bir diyetun üzerinde etkisi olan yansımış ışıktan bir renk değişimi olur. Radyometrik teknikler kullanarak

renk değişiminin belirlendiği yerde dönen ışık fiber tarafından algılayıcıya taşınır. Üretilen elektriksel sinyal sıcaklıkla doğru orantılıdır (Rudletge, 1995).

Sonuç olarak optik fiberler 2 km`ye varan uzunluğa sahip, düğümlemler halinde 1 °C`lik sıcaklık ve 4 cm`lik uzunluk çözümü ile bir fiber boyunca sıcaklığın dağınık algılanmasında kullanılır. Diğerleri 1 mm`lik özel çözölmeye sahiptir ve böylece ilmiğin neresinde sıcaklığın ölçölmekte olduğunu belirtir. Bir lazer ışık kaynağı fibere gönderilir ve o bütün yönlerde bazılarını saçar. Işığın bir kısmı fiber boyunca yer alır ve sonunda bir optik çiftler tarafından bir tarayıcıyla yönlendirilecek kaynağa doğru gönderilir. “zt” zamanında tarayıcının üzerine düşen güç, fiber optik ilmiğteki kaynaktan “d” uzaklığındaki bir noktadan bir fırlatış gönderildikten sonra gelir. zt zamanındaki gücün miktarı (bu sebeple) fiberin d kadar uzağındaki bir noktadaki sıcaklığını yansıtır. Buna bir optik zaman bilgi yansıtıcı ölçeri denir (OTDR).

Ultrasonik sıcaklık algılayıcılar

Bir akustik pirometre bir yanma odası veya kazanda duvardan duvara sıcaklığı ölçmek için ses dalgalarını kullanır. Bilgi hava ayarlaması, atık belirlemesi veya açış korumasında işlemleri optimize etmek için kullanılır. Bu cihaz sesin gazdaki hızının, gazın sıcaklığı ile orantılı olması ilkesine göre çalışır. Gazın sıcaklık profili fırının çevresindeki 6-8 adet ses dalgası algılayıcılarıyla ölçölür. Çeşitli yollardan elde edilen çalışma sıcaklığı uzaysal dağılıma çevrilir ve izotermal hatlar olarak sunulur. Limitler 20 °C`den 1650 °C`ye kadardır (Anon., 2000).

Bir ikinci ultrasonik termometre, içinde 6 adet çentik bulunan tek tel sondasıyla sıcaklığı 3.000 °C`ye kadar ulaşan fırınların veya güç santrallerinin sıcaklığını ölçer. 1.8 m`lik algılayıcı tel tungsten, molibdeum veya paslanmaz çelik alaşımından yapılmış olabilir. Alüminyum oksit, grafit, bor, nitrit, tungsten, tantolum, veya molibdeum koruma tüpü ısı çiftlerinin ve optik pirometrelerin kullanılmadığı ortamlarda algılayıcının çalışmasını sağlar. Hata payı %0.25`tir.

Doldurmalı termal algılayıcılar

Bu sistem temel olarak gaz, sıvı veya buhar ile birlikte sıvıyla dolu bir kılcal tüp boyunca yer alan sıcaklık ampulüne bağlı bir basınç ölçü aygıtıdır.

Çeşitli sıcaklık algılayıcılar

Hassaslık ve kesinlik açısından en büyük gayreti kuvars kristal termometre gösterir. Kristal sıcaklık ile RTD ve ısı çifti algılayıcılarından daha doğrusaldır. Yüksek ve sürekli frekans yaymaktadır. Bir frekans titreşimi sonda 0 °C iken, algılayıcı titreşim cihazıyla sıfır vuruşunu sağlamak için seçilir. Çözünme 0.00001 °C'dir ve bu değer hem mutlak hem diferansiyel ölçümler için geçerli olup, platin RTD ve termistörlerden 100 kat daha iyidir. Ölçüm sınırı -80 °C'den 250 °C'ye kadardır.

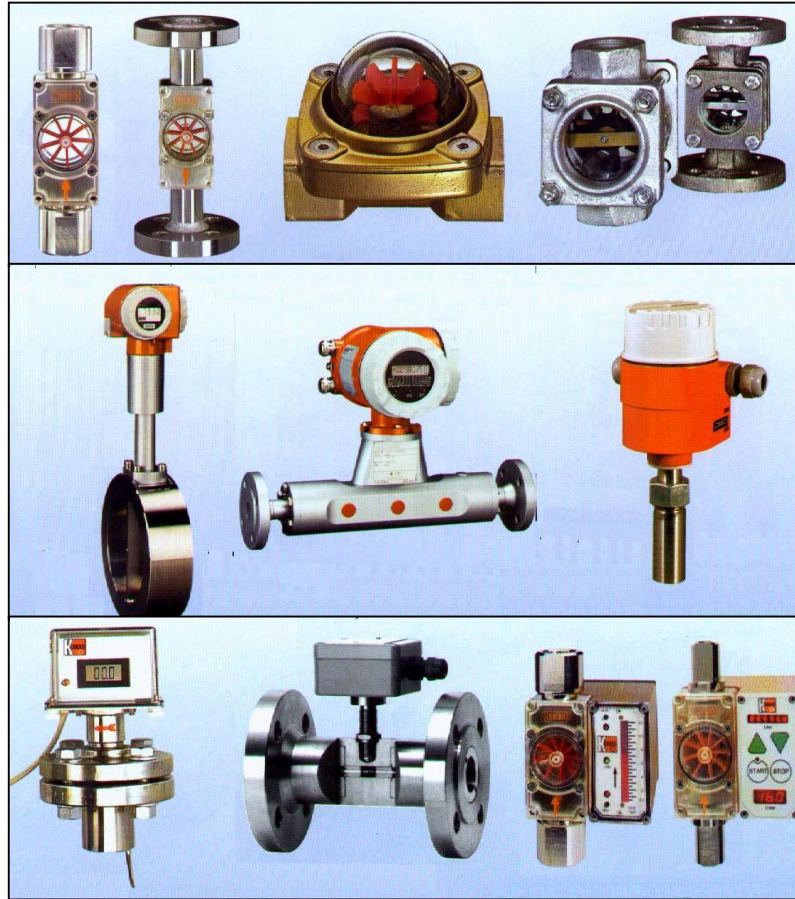
Bir temassız sıcaklık kontrol dönüştürücüsü, 0-ısı-denge prensibine göre çalışır. İşlemde algılayıcı başlık işlem yüzeyinden 1.5 mm kadar uzağa yerleştirilir. Eğer işlem yüzeyinin sıcaklığı "T" sıcaklığının altında ise bir kontrol devresi başlığa güç sağlayarak algılayıcı, başlığın sıcaklığının belirlenen T sıcaklığında olmasını sağlar. Başlıktaki bir ısı akış detektörü bu ısı akışını algılar ve ısı akışının sıcaklığıyla ve işlem arasındaki farkla orantılı olarak sinyal üretir.

Eğer sıcaklığı T ile ifade edersek hiç ısı akışı gerçekleşmeyecektir. Isı akışı durumunda; ısı çiftinin eklenmesiyle sinyal alınmaya başlanır. Bunun sonucundaki sinyal bir milivolt sinyaldir ve ısı çifti tipinin bir özelliğidir. Kesinlikle; bu %1'lik derece ile (0-150 °C) ve 275 °C özelliğini kapsamaktadır. Buna karşılık gelen süre ise 1 dk'dan daha azdır (Rudletge, 1995).

1.4.2.4 Akış (Debi) Ölçümü

Baş kayıp ölçerler; çalışma prensibi bernollinin teoremine dayanan diferansiyel basınç aygıtlarıdır. Bunlar çıkış yeri delikli madeni levhalar, venturi tüpleri, su setleri, v-konileri, annubar/flobar tüpleri, akış nozzle'ları, rotametreler, kısıkmetreler ve dirsek musluklarını içerirler. Bütün bunlar tam boru akışının engellenmesi ve sıvının ivmelenmesini sağlarlar ki bu durum akışkanın hızının karesiyle orantılı bir diferansiyel basınç ölçülebilmesini sağlar. Bu da kullanılabilir akış menziline yaklaşık 4.1 oranında sınırlanmasına sebep olur. Buna rağmen bu basit ana kayıp ölçerler endüstride en çok uygulananlar arasındadır. Sıcaklığa bağımlı olabilirler, bu da hızın (ve az da olsa yoğunluğun) değişmesine yol açar.

Debi ölçümü yapabilen bazı cihazlar Şekil 1.4'de verilmiştir (Anon., 2000).



Şekil 1.4 Debi ölçen bazı cihazlar (Anon., 2000).

Delikli levhalar: Bunlar en basit ve en ucuz diferansiyel basınç algılayıcılardır. Montajı ve değiştirilmeleri kolaydır. Fakat, borunun iç çapından ortak merkezli delikli levha çapına doğru azalma meydana gelir. Delikli levhaların kenarı kullanım ile aşınmakta olup zamanla doğruluk sapma gösterir. Delikli levhalar sıvılar, gazlar ve buhar için kullanılabilir.

Venturi tüpleri: Bu akış elemanları delikli levhadan yaklaşık %60 daha fazla akış gerekli olduğunda kullanılabilir. Fiyatları, bir delikli levhaya göre 20 kez daha ucuz ve basınç kaybı 1/3 daha azdır. Yüksek hacimli pompalama yapılan kısımlarda venturi tüpleri daha avantajlıdır. Venturi borusu büyük ve ağırdır, ayrıca yerleştirilmesi zordur. Aşınmaya dayanıklıdır ve sulu süspansiyonlar, su, aşındırıcı katılar, gazlar ve buhar ile kullanılabilir.

Akış nozzle'ları: Bu cihazlar bir delikli levha ve venturi arasında yer alır. Bir venturi borusu gibi aynı akış hacminde kullanılırlar, delikli levhalarla aynı basınç kaybına, bir venturi borusunun yarısı kadar fiyata sahiptirler ve aşındırıcı olmayan katılar, gazlar ve buharların taşınmasında kullanılırlar. Nispeten yüksek hızda kullanmak için dizayn edilmişlerdir. Aşınmanın problem olduğu yüksek hızlar için tasarlanmışlardır.

Kama (wedge) akış elemanları: Bu aletler, bir venturi tüpünün tedrici sınırlayıcı özellikleri ile delikli levha segment profilini birleştirir. Kamada rampa yüzeyli kısımdan sıvının akması ve kama yüzünden fışkırması gözlemlenir. Borunun alt kısmında kesintisiz katı cisimlerin geçebileceği bir açıklık vardır. Bu cihazlar bir delikli levhaya göre aşınma ve bozunmaya karşı daha dayanıklı ve çok daha düşük basınç kaybına sahiptir. Kamanın doğruluğu %0.5, tekrarlanabilirliği %0.1 artmaktadır. 650 °C'de çalıştırılabilir ve 10 yıldan daha fazla bir ömre sahiptir (Rudletge, 1995).

Rotametreler

Cam/plastik tüplü debimetreler, sıvı ve gazların (buhar hariç) anlık debisini ölçmek için tasarlanmıştır. Şamandıra, değişken alan prensibine göre konik cam tüp içinden geçen akışkanın miktarı ile orantılı olarak dikey konumunu değiştirir (Anon., 2000).

Özellikleri şunlardır:

Akış aralığı	: 10-100 ile 2000-18000 lt/sa (su için)
Akışkan basıncı	: 3.5 ile 14 bar
Akışkan sıcaklığı	: 80 °C (mak 150°)
Hassasiyet	: $\pm$ % 2
Akış tüpü	: Cam veya polikarbonat
Bağlantılar	: Galvanizli çelik veya paslanmaz çelik
Muhafaza	: Alüminyum, karbon veya paslanmaz çelik
Şamandıra	: Paslanmaz çelik veya endüstriyel plastikler

Dirsek Musluğu (tapası) : Bu cihazlar hız vektörünün hem boyutsal hem de sıvı yönünün değişmesine sebep olan dirsek eğiminin iç ve dış kısımları arasındaki diferansiyel basınç azalmasını gösterir. Sıvılar ve gazlar devamlı bir şekilde önemsiz basınç kayıpları ile ölçülebilirler (Anon, 1995b).

Ultrasonik akışölçerler

Ultrasonik akışölçerler: borunun dış yüzeyine karşılıklı takılmış olan iki algılayıcının birbirlerine gönderdikleri ses dalgalarının gidiş sürelerinin ve dalga formlarının ölçülmesi ile akış miktarını hesaplar.

Ultrasonik akışölçerlerin öne çıkan özelliği, akışkanla temas etmeden ölçüm yapabilmesidir.

Transit zaman akışölçer: Bu akışölçerler ultrasonik dalgayı bir madde içinden dalga hızında artmaya sebep olarak akım yönünde geçirir. Bir ultrasonik dalga maddenin içinden dalganın hızının düşmesine sebep olarak akıma ters yönde iletilir. Ortalama madde hızı, maddedeki dalga hızından maddenin akış yönü ile

dalganın izlediği yol arasındaki açıdan (genellikle 45°) bulunabilir. Üst kısımdaki parçaların, kapakçıkların, pompaların sebep olduğu hava kabarcıkları, toz ve diğer küçük parçacıkların devresel ya da spiral hareketleri, ses dalgalarını dağıtır ve bundan kaçınmak gereklidir. Transdüktör borunun dışına üste sabitlenebilir ya da boru içinde su akışına duyarlı bir cihazla kurulabilir. Islak transdüserler genellikle daha doğrudur, fakat üste sabitlenmiş şekli kolayca kurulabilir ve taşınabilir. Akımdaki 10:1 ve 40:1 arasındaki değerler normaldir ve doğruluk %0.5 ile %3 civarındadır. Bu değer aynı sıvı, boru çapı, kalınlık ve madde kullanıldığı zaman daha iyidir.

Doppler Akışölçerleri: Bu sayaçların sıvı akımı ile açı yapan yüksek ses dalgalarını yansıtabilmesi, hareket halindeki sıvı kütesine asılı parçacıklar veya baloncuklara bağlıdır. Bu parçacıkların sıvı kütlesi ile aynı hızda hareket ettiği varsayılabilir. Bu ses dalgaları borudaki sıvıdan geçer ya da 2 veya 3 birim olarak stoklanır. Stoklanması durumunda suyun görünür hızına karşılık boru boyundaki stokun çok farklı olacağı hatırlanmalıdır. Eğer, Doppler sayacı suya ayarlanırsa stokta hata olacaktır. Transit zaman sayacında olduğu gibi, daha doğru sonuçlara, ölçümlerin yapıldığı borunun aynı şekilde ayarlanması durumunda ulaşılır.

Akış oranı yaklaşık 10:1'dir ve doğruluk %2-5 arasında olabilir. Normalde, bir birleştirici olarak pres ya da epoksi sıvı hareketine duyarlı bir cihaz ile boru arasında kullanılır. Bununla beraber, bir model kurulmuştur. Işın analiz cihazı sinyal analizi için grafikleri kullanır. Bu sinyalin sese dönüşme oranını 50-100 kat artırır. Böylece sadece algılayıcıdan boruya sabitlenmeksizin veya birleştirici madde kullanılmaksızın mükemmel bir sonuçla okunulabilir. Bu tamamen temiz sıvı ile çalışır. İlgili bir model ultrasonik vuruştan yansıyan yüksek frekansla kullanılan durum değişim sonda sayacıdır. Tabakalaşmaya duyarsızdır ve sadece 25 ppm katı ya da hava kabarcıkları gerektirir (Rudletge, 1995).

Elektromanyetik akışölçerler

Elektromanyetik akışölçerler, iletkenliği 1 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 'den büyük akışkanların akış ölçümünde kullanılır. Faraday prensibinden faydalanılarak yapılan bu

debimetreler ölçüm sırasında basınç düşüşü oluşturmaz.

Bazı özellikleri şunlardır (Rudletge, 1995):

1. Ölçüm sırasında akışı engellemediği için; kimya, ilaç, gıda, maden, kağıt hamuru, tutkal, melas, su, atık su ve benzeri uygulamalarda rahatlıkla kullanılabilir.
2. Akışkanın viskozite, basınç, sıcaklık değişiminden etkilenmez.
3. Yatay veya dikey şekilde montaja uygundur.
4. Hareketli parçası yoktur.

Vorteks akışölçerler

Vorteks akışölçerlerde, akışa karşı duran bir engelin oluşturduğu vorteks darbeleri bir algılayıcı tarafından algılanır. Vortekslerin sıklığı debi ile doğru orantılıdır.

Vorteks akışölçerler; enerji, kimya, gıda ve genel proses endüstrisinde sıvılar, gazlar ve buhar için tasarlanmıştır (Anon., 1994d).

Termal kütleli akışölçerler

Termal kütleli akışölçerler, basınç ve sıcaklık düzeltilmesine gerek olmadan gazların doğrudan kütle akışını ölçerler. Başlıca kullanım alanları, endüstriyel gaz ölçümü, vakum ve temizleme prosesleri, sızdırmazlık testleri, gaz örnekleme, tıbbi gaz akış ölçümüdür (Anon., 1994d).

Pozitif değişmeli (sapmalı) akışölçerler

Sayaçlar volumetrik kısımlar içinde buhar akışını ayırırlar ve hesaplanan kısımlar bölmelerin değişmeli doldurulması ve boşaltılması nedeniyle giriş kısmından çıkış kısmına doğru geçer. Böylece sıvı hacmi ölçülür. Akışkanlar temiz olmalıdır, fakat suyun düşük kalitelerde yağlayıcı özelliğinden dolayı bakımı gereklidir. Hem sıvılar hem de gazlar 10:1 ölçü genişliğinde ölçülebilmektedir. Doğruluk sıvılarda akış hızının %0.3-0.5'i ve gazlarda maksimum akış hızının %1'idir (Anon., 1996). Dizaynında oval tertibat, döner piston, kayan taşıyıcı, iki geri piston, döner pervane, viskoz helezon ve disk bulunur. Herbir döngüde bilinen

hacimde sıvı dışarı atılır ve hesaplanır. Sıcak gazları ve çok düşük viskozitedeki sıvıları ters yönde etkilemektedir.

Hedef akışölçerler

Keskin kenarlı bir sivri disk akım için doğru bir yerde çıta/kol ile bağlanmıştır. Diferansiyel basınç bir disk etrafında bir akım ve diskte de bir sürüklenme gücü oluşturur. Bağlantılı koldaki gücün sonucu, bir güç dengeleyici dönüştürücülerle ölçülür. Akım hızı oranı sıvı yoğunluğu ve bu gücün ölçümünün karekökü ile orantılıdır. Burada akım borularının durumu doğru ise, genişlik 10:1 ve doğruluk %0,5-5 civarındadır (Anon., 1996). Burada mekanizmanın çizgisinde tıkanma ve aşınma muhtemeldir.

Optik akışölçerler

Akış tüpleri içerisine iki adet fiber optik sonda belirli bir uzaklıkta ve akış yönünde iç duvara bitişik bir şekilde monte edilmiştir. Işık, her bir sonda üzerindeki ledlerden fiber optik üzerinden iletilir. Fiber optik kablodan ve partiküllerden yansıyan ışık sonda tarafından algılanır ve fiber optik kablo ile fotodiyotlara iletilir.

Bekleme süresi dışında iki yansıyan sinyal aynı frekanstadır ve sıvı akış hızı ile doğru orantılıdır. Bu tip akış ölçerler, fabrikada birkaç kez kalibre edildikten sonra bir daha kalibrasyona ihtiyaç duymazlar. Basınca, ısıya, hava sıkışmasına, iletkenliğe ve renge duyarlı değildir. Dijital kısımlar bozulmaz, doğruluk ölçüm miktarının %1'i kadardır. Fakat reçine ile kirlenir, temizlenmesi zordur.

Buhar akışölçerler

Buhar akışölçerleri vorteks-shedding, yaylanmalı delikli levha, 40:1 oranında ayarlı türbin, delik, ventüri, hedef rotametre ve akış nozzle'larıdır. İlk dördü kağıt endüstrisinde kullanılmaktadır.

Katıların akışını ölçen akışölçerler

Coriolis prensibi esas alınarak tasarlanmış olan bu cihazlar, sıvılar ve yoğun gazların doğrudan kütleli akışını yüksek hassasiyetle ölçer ve akışkandaki konsantrasyon, viskozite ve sıcaklık değişimlerinden etkilenmezler.

Bazı önemli özellikleri ise şöyledir (Anon., 2000):

Akış aralığı	: 0.002-15000 kg/dk arası
Akışkan basıncı	: 400 bar (mak.)
Akışkan sıcaklığı	: -200... +350 °C
Hassasiyet	: $\pm$ % 0.2

1.4.2.5 Seviye Ölçümü

Seviye ölçüm uygulamaları, proses kontrolünün çok önemli olduğu kimya, petrokimya, gıda, ilaç endüstrilerinde, çevre koruma çalışmalarında ve nükleer enerji üretiminde çok kritik bir halkayı oluşturmaktadır.

Seviye ölçmenin amacı doğru miktarda malzemeye sahip olunup olunmadığını anlamaktır. Bu alanda kullanılacak ürünlerin standartlarını belirleyen,

- a. Ulusal normlar, örneğin, DIN
- b. Avrupa normu, EN
- c. Uluslar arası IEC normu bulunmaktadır.

Kimya ve petrokimya endüstrileri seviye algılayıcılarının en fazla kullanıldığı ve en fazla artışın beklendiği sektörlerdir. Ayrı bir başlık altında bulunmamasına karşın Kağıt ve Selüloz endüstrisinde yine oldukça fazla seviye algılayıcısı kullanıldığı ve bu sektörün gelişmesinin tüm enstrümantasyon endüstrisine talep oluşturacağı bilinmektedir.



Şekil 1.5 Seviye ölçüm cihazları (Anon., 2000; 2001)

Seviye Ölçüm Yöntemleri

Seviye ölçüm işlemi doğrudan veya dolaylı olarak yapılabilir. Dolaylı ölçümde seviye yerine başka proses değişkenleri, örneğin akış ve süre veya basınç, basınç farkı ölçülür. Seviye ölçüm yaklaşımlarını iki kategoride değerlendirmek yanlış olmaz. Bunların ilki limit değer arama veya on/off kategorisidir. Aşırı dolum önleme, min-max-min kontrol, taşma önleme ve malzemesiz kalmayı engelleme gibi amaçlar hedeflendiğinde limit ayar değerine erişilip erişilmediğini veya aşılp aşılmadığını anlamak yeterli olur. Şekil 1.5’de bazı seviye ölçüm cihazları gösterilmiştir (Anon., 2001).

Ancak, hassas proses kontrolü, örneğin; tüketim miktarının belirlenmesi, kayıp kontrolü vb. çalışma biçimleri kesintisiz seviye kontrolü ile mümkündür. Bu çalışma biçiminde ölçme algılayıcıları her an ortamın doluluk düzeyini sorgularlar ve buldukları değer çoğunlukla ikinci bir kontrol cihazında kah oransal 4-20 mA akım sinyalleriyle, kah dijital sinyal ile, örneğin HART veya Profibus –PA veya diğerleriyle iletilir.

En eski seviye ölçüm yöntemi olan üzeri işaretlenmiş çubuğun dikey biçimde tanka yerleştirilmesi bugün dahi kullanılmaktadır. Keza sıvı seviye ölçümlerinde tank ile bileşik kap oluşturacak şekilde yerleştirilen ince şeffaf tüp

de eski ama eskimemiş bir diğer yöntemdir. Göz kontrolüne dayanan bu son iki yaklaşım tek başlarına kuşkusuz çok basit uygulamalarda karşımıza çıkmaktadır. Elbette ağırlığın doğrudan ölçülmesi seçeneği de bulunmaktadır. Ancak load cell'lerin yerleştirilmesinin maliyetli olması yöntemin fazla tercih edilmemesine yol açmıştır (Anon., 2001).

Seviye Ölçüm Yöntemlerinin Çalışma Biçimleri

Seviye ölçüm yöntemleri çalışma biçimi bakımından kabaca değer arama ve sürekli kontrol şeklinde iki kategoriye ayrılırlar.

Limit Değer Arama Yöntemleri

Teknik olarak tüm seviye algılayıcıları limit değer belirlemede kullanılabilirler. Ancak, pekçok tipin bu amaç için kullanılması ekonomik olmaz. Aşağıda verilen gruplar teknik performansın yanısıra ekonomiklik kriterini de sağlamaktadır. Burada hem limit değer arama, hem sürekli ölçüm grubunda yer alan algılayıcılar aynı adı taşımalarına karşın farklı maliyet sunmaktadırlar (Anon., 1995b).

Yüzen Anahtar

Yüzen anahtar sıvının sallama hareketiyle yüzeyde aşağı yukarı hareket eder. Bu hareket içeride bulunan bir sviç (anahtar) tarafından algılanarak sinyal gönderilir. Bu cihazlarda yeni kullanılmaya başlanan metal Galinstan isimindeki galyum, iridyum ve tin alaşımıdır. Termometrelerde uzun bir süredir kullanılmaktadır. Cıvanın özelliklerini sergileyen malzeme cıva gibi çevreyi kirletmemesi nedeniyle Mavi Çevre Meleği ödülünü almıştır. Top ve silindir şeklindeki türleri bulunur. Çoğunlukla birinciler 2 bara, ikinciler 3 bara kadar dayanımlıdır. Geniş sıcaklık aralığında çalışırlar (Anon., 2001).

İletken Anahtar

Bir, iki veya daha çok elektrot iletken sıvının üzerine yerleştirilir. Dolum sıvısı elektrotlara ulaştığında elektrotlar arasındaki devre çok küçük bir gerilim ile kapanır ve anahtarlama sinyali tetiklenir. Aşındırıcı ve reaksiyona giren sıvılar içinde kullanılabilen tipleri vardır. Daha çok petrol ve petrol ayırıcılarında, drenaj

borularında ve derin kuyularda kullanılır.

Manyetik Problar

Kontrollü yüzen cihazlardır. Yüzen gövde içine konan bir mıknatıs, prob tüpü içinde aşağı yukarı hareket eden çubuk şeklindeki kontaklarla aktif hale gelir.

Titreşim Probu

Bir cihazın iki veya üç çubuğu diyaframa bağlı olarak tek bir rezonatör gibi çalışır. Çubuklar bir osilatör tarafından rezonans titreşimine getirilir. Geribesleme bir piezoelektrik malzeme üzerinden gerçekleştirilir. Çubuklar malzemeye temas ettiklerinde etkin kütleleri artar, bu da rezonans frekansının düşmesine neden olur. Bu elektronik değerlendirme sistemi titreşim seviyesindeki değişimleri dikkate alır. Arzulanan bir frekans eşliğinde alarm sinyali üretilir. Ölü alanlarda da kullanılabilir.

Kapasitif Problar

Malzemenin içinde bulunduğu kap ile prob arasındaki kapasite, malzeme miktarıyla orantılı olarak değişir. Bu değişime bakarak seviye ölçümü yapılabilir. Yüksek hassasiyet veren bir yöntemdir. Kapasitif problemlerin ölçüm hassasiyeti tank/boru malzemesinden, ürün kalitesinin değişiminden, buhar, toz vs. etkilendiğinden korozif ortamlarda kullanılabilir. Gıda ve içecek endüstrisi için uygundur.

Elektromekanik Prensip

Bu başlık altında birkaç değişik yöntem bulunmaktadır. Hepsisi de çok eski olan yöntemlerin ilkinde bir şeride bağlı ağırlık malzemeye çarpışmaya kadar aşağıya indirilir, malzemeye çarpınca yukarı çıkar ve durur. Şeridin bağlı olduğu enkoder dönüşü pulslar şeklinde aktararak ölçüm yapılır. Diğer yöntemde motor miline bağlı bir kanat döndürülür. Malzeme kanat seviyesine erişince ortaya çıkan direnç limit düzeye geldiğini belli eder (Anon., 2001).

Sürekli Ölçüm Yöntemleri

Hidrostatik

Basınç adıyla da bilinir. Hidrostatik basınç paslanmaz çelik bir diyaframla ölçülür. Sıcaklık etkisi giderilir. Bir elektronik değerlendirme komponenti tarafından çıkış sinyali üretilir. Basınç akışkanının yüksekliğiyle orantılı olduğundan sonuçlar hassastır. Göstergeli ve göstergesiz tipleri bulunmaktadır. Göstergeli tipte çalışma sıcaklık aralığı azalır.

Ultrasonik

Bu sistemde yüksek frekanslı ses üstü dalgalar bir dönüştürücüde üretilir. Dalga dolum malzemesinden transdusere geri gelir. Mikroişlemci tabanlı bir elektronik değerlendirici ses uçuş zamanını ölçer. Böylelikle transmitter ile dolum malzemesi arasındaki mesafe bulunur. Transmitter doğal olarak mesafe ölçümünde de kullanılabilir. Temas olmaması bu yöntemin avantajıdır (Anon., 1995b; 1998).

Mikrodalga Metodu

Ultrasonik yönteme kıyasla tek fark ses üstü dalgaları yerine radyo dalgaları gönderilmesidir. Dolum malzemesi yüzeyine gönderilen mikrodalga'nın yansıması ile ölçüm yapılır. Malzeme yoğunluğu, iletkenliği, dielektrik sabiti ile basınç değişikliklerinden veya gaz bulutlarından etkilenmediğinden yüksek doğruluk oranı elde edilir. Metalik tanklara da uygulanabilir. Yüksek sıcaklıklarda, örneğin 250 °C ve yüksek basınç altında örneğin 64 bara kadar sorunsuz çalışır.

Kılavuzlu Mikrodalga

Time Domain, Reflectometry yöntemiyle ölçüm yapan cihazlardır. Bu yöntem iletişim kablolarının sürekliliğinin kontrolünde yaygın olarak kullanılmaktadır. İletkene düşük güçlü bir mikrodalga (nanosaniye mertebesinde) gönderilir. Dalga'nın ürünün yüzeyi ile karşılaşması neticesinde yansıma oluşur. Yansıma şiddeti ürünün dielektrik sabiti ile orantılıdır. Cihaz dalga'nın emisyonu ile yansımanın alınması arasında geçen süreyi ölçer. Her türlü ürüne uygundur. Telli ve çubuk tipleri bulunur. Basınç, sıcaklık, likit yüzeyi hareketi, köpük, toz, buğu gibi proses koşulları, tank şekli, ölçüm hassasiyetini etkilemez. Mekanik hareket

olmadığında bakım gerektirmez (Anon., 2001).

Manyetik Daldırma Probu

Kontrollü yüzdürülen cihazla ölçüm yapar. Yüzen gövde içindeki mıknatıs çubuk kontakların titreşimiyle aktive olarak aşağı yukarı hareket eder. Toplam direnç bir elektrik transformatörünün standart çıkış sinyaline dönüştürülür.

Kapasitif Prob

Farklı türleri bulunmaktadır. Ancak, çoğunlukla seviyesi ölçülmek istenen sıvıya daldırılan bir prob tank duvarı ile kondansatör oluşturur. Kondansatörün sığası malzemenin doluluk düzeyine göre değiştiğinden hassas ölçüm yapılmış olur. Malzemenin dielektrik katsayısının havanınkinden farklı olması sayesinde kullanılır.

Radyoaktif Yöntem

Kobalt izotopu tarafından üretilen gamma ışını malzemenin bulunduğu tankın veya borunun içinden geçirilerek karşı tarafta bulunan bir detektör üzerine düşürülür. Detektöre düşen ışının kuvveti radyasyon kaynağı ve detektör arasındaki mesafe ile malzemenin kalınlığı ve yoğunluğundan etkilendiğinden doğru seviye saptaması yapılabilir. Diğer deyişle, bariyer oluşturur. Bu sayede hem konsantrasyon değeri, hem de farklı malzeme arayüzlerinin seviyesi, örneğin yağ/su, algılanabilir. Bazı uygulamalarda birden fazla ışın kaynağı kullanılır. Çelik, alüminyum, kağıt ve selüloz üretimi buna örnektir. Gamma ışının mikrop öldürücü etkisi bulunması nedeniyle gıda endüstrisinde sterilizasyon amaçlı kullanılmaktadır.

Seviye Algılayıcıları Seçerken ve Kullanırken Dikkat Edilecek Hususlar

Seviye algılayıcıları büyük bilgi birikiminin olduğu ve bilginin sürekli yenilendiği bir alandır. Dolayısıyla bu ürünleri ilk defa kullanacak kişilerin araştırma yapmaları ve en az birkaç firmayla ve konunun uzmanlarıyla görüşmeleri önerilmektedir. Yanlış uygulamalar yalnızca cihazın fiyatı kadar zarar oluşturmakta, kullanım süresince verdiği yanlış ölçümlerin oluşturduğu sorunlar

da çok yüksek maliyetli olabilmektedir. Doğru seçim ve kullanım için önerilen bazı ipuçları şöyledir (Anon., 2001):

Koyu renkli ve kirli sıvılar ile çevreye zarar verebilecek sıvıların bulunduğu tanklarda görsel seviye tüpleri kullanılmamalıdır. Bunun birinci nedeni çoğunlukla camdan yapılan tüplerin kırılma olasılığıdır. İkinci neden dışarıdaki sıcaklığın tank sıcaklığından daha düşük olduğu ortamlarda tüp içinde buğu oluşarak okuma zorluğu çıkarmasıdır.

Manyetik daldırma tüpleri konsantrasyon değişimlerine, donmaya, kirlenmeye karşı hassastırlar. Ayrıca tüpün gazları sıvıya karışabileceğinden konu bu açıdan da incelenmelidir. Tüpün basınç dayanımının da göz önünde tutulması gereken bir diğer husustur.

Basınç farkı prensibiyle çalışan seviye göstergeleri sıvının konsantrasyon değişiminden etkilenirler. Dolayısıyla, bu tip algılayıcıların sabit graviteli sıvı seviye ölçümlerinde kullanılması gerekir. Ayrıca, bağlantı yerleri kirden etkilenir.

İçerdikleri sıvının çalkalandığı kaplarda seviye ölçüm işleminin hassas biçimde yapılması için özel yöntemlere ihtiyaç vardır.

Yüzen anahtarların hassas ölçüm yapabilmeleri için proses türbülanslarından, çalkantılardan etkilenmemeleri gerekir. Bu nedenle, tank içinde hareketsiz kalmalarını sağlayacak bir düzenek içinde olmaları gerekir. Ayrıca, şamandıra sıvı ile temasta olduğu için korozyondan, kimyasal reaksiyondan etkilenebilir. Bu etkilenme hem fonksiyon, hem de ömür anlamındadır. Ayrıca, bu tip algılayıcılar yatayla en fazla ± 30 derece açı altında çalışabildiklerinden yerleştirilmelerine özen göstermek gerekir. Öte yandan yapışkan malzemelerde kullanılması uygun olmamaktadır.

Ultrasonik algılayıcılar hem elektriksel gürültüden, hem de proses titreşiminden etkilenirler. Ortam sıcaklığı da ses hızı üzerinde etkilidir. Çok fazla toz bu

cihazların ölçüm doğruluğunu etkilediğinden mutlaka kullanılacak ise toz korumalı modelde ısrar edilmelidir. Ayrıca, yüzeydeki kir, buhar ve köpük de ölçüm performansını etkiler. Ayrıca, cihaz mambranının atmosfer tarafından korozyona uğratılabileceği unutulmamalıdır. Son bir nokta da tank içinde oluşabilecek ekolardan korunmak gerekebileceğinin bilinmesidir. Yanlış yansımaların etkisiz kılınması her cihazda bulunan bir özellik değildir.

Radyoaktif algılayıcıların kullanımında özel mühendislik hizmeti ve özel izin gerekmektedir. Doğru önlemler almak zorunludur.

Kapasitif cihazların kalibrasyonu zaman alıcıdır. Üstelik sıcaklık değişimlerinin, ürünün dielektrik sabitindeki değişmelerin ya cihaz tarafından telafi edilmesi ya da cihazın yeniden kalibre edilmesi gerekmektedir. Bunlardan başka iletken artıklarının cihaz üzerine sıvanması ölçüm performansını etkilemektedir. Dolayısıyla, yapışkan malzemelerde kullanılmaları önerilmez ve sıkça temizlenmeleri gerekir.

Basınç algılayıcıları zaman zaman tankın boşaltılarak yeniden ayarlanmasını gerektirebilmektedir. Ayrıca, sıcaklığa ve ürün yoğunluğuna hassasiyetleri bulunmaktadır. Mekanik açıdan karmaşık olmaları kullanıcıların kusurlu ürünlerle karşılaşmalarına yol açabilmekte ve bakım ihtiyacı doğurmaktadır.

Tank hacmi ile seviye arasındaki ilişki tank kesitinin bir fonksiyonudur. Dikey tanklarda bu ilişki doğrusaldır. Yatay veya küresel tanklarda doğrusal değildir.

Seviye ölçümü için hidrostatik yöntem seçilmiş ise bunun yanında konsantrasyon ölçümünün de gerekli olduğu hatırd tutulmalıdır.

Tüm seviye ölçüm cihazlarının el kitaplarında belirlenen aralıklarla kalibre edilmeleri gerekir. Kalibrasyon ihmal edilirse prosesten spesifikasyon dışı ürünler çıkabilir ve yüksek enerji maliyetleri doğar.

Seviye ölçümünün kritik olduğu, örneğin tehlikeli sıvıların taşma kontrolünün yapıldığı yerlerde algılayıcı güvenilirliği büyük önem taşır. Güvenilirlik için “watchdog” devresine sahip olması, diğer deyişle yalnızca seviyeyi değil, aynı zamanda kendi sistemini de izlemesi gerekir. Bunu yaparken iç elektronik devrelerinde bir fonksiyon bozukluğu algılasa bunu da iletme durumundadır.

Kapalı bir tank içinde farklı arayüzler bulunur. Genel hal; en üstte gaz/buhar, altında köpük, onun altında organik sıvı, daha aşağıda su, en dipte de çamur, katran, pislik yer alır. Bu katmanların hepsi birlikte bulunmasa da bir kaç her kapalı tankta yer alır.

Bu tür yerlerde hassas ölçümler arayüzlerinin yerlerinin belirlenmesini gerektirir. Seviye algılama teknolojisi diğer pek çok teknoloji gibi kendisine olan talep ile gelişmektedir. Bu alandaki cihazların doğruluğu hem hammaddelerin korunmasını sağlamakta, hem de ISO Kalite Güvence Sistemlerine uygun çalışma biçiminin zorunlu bir yolu olmaktadır. Hem algılama, hem de elektronik alanındaki gelişmeler en zor çalışma koşulları için dahi çok ekonomik ve tatminkar çözümlerin geliştirilmesini sağlamıştır. Ayrıca, genel eğilim olarak boyutlar küçülmekte, güvenilirlik artmakta, bakım kolaylaşmakta, fiyatlar düşmektedir. Bundan sonrası kullanıcı firmaların kendilerine en uygun çözümleri bulmalarına kalmaktadır.

1.4.2.6 Konsantrasyon Algılayıcılar

Hamur çözeltilerinin anlık konsantrasyon ölçümleri kağıt yapımı için önemlidir. Onun kontrolü doğrudan üretilen kağıdın homojenliğini etkiler. Liflerin yoğunluğu safihadaki lifli maddenin toplam ıslak safiha kütlesine oranı olmasına rağmen konsantrasyon algılayıcıları liflerin toplam kütleyle oranından daha fazla şeyi de ayırt edebilirler. Dolgu maddesi ve lif, kağıt makinesinde aynı anda mevcutsa toplam konsantrasyon şu şekilde açıklanabilir: Toplam konsantrasyon, toplam katı kuru madde kütlesinin toplam ıslak stok kütlesine oranıdır. Konsantrasyonla alakalı diğer özellikler ölçülerek (-ki bu küle, farklı tipteki lifler,

sıcaklık, akışkanlık, serbestlik olabilir) yoğunluğun anlamlandırılan değeri tespit edilebilir. Anlamlandırılan konsantrasyon ve gerçek konsantrasyon arasındaki ilişki herbir hamur karışımı ile değişir. Gerçek konsantrasyon ölçümü doğrudan gözükme bile mevcut algılayıcılar eğer doğru seçilirse yoğunluğu en alt çizgiden kağıt makinasına kadar ölçebilirler. Piyasada mevcut olan algılayıcılar konsantrasyon ölçümlerini anlamlandırmak için lif veya lif safihasının farklı özelliklerini kullanarak çalışırlar. Makaslama kuvveti ölçüm prensibi, statik bıçaklar, hareket eden bıçaklar ve dönen kuvvet algılayıcıları tarafından kullanılır. Bu en yaygın kabul görmüş konsantrasyon ölçüm prensibidir.

Optik ölçüm prensiplerini kullanan algılayıcılar, yansıtanlar ve yayanlar olmak üzere 2 çeşittir. Optik yansıtma prensibine göre çalışan algılayıcılar dolgu maddesi çeşitliliğine ve içeriğe çok duyarlıdırlar. Işık yayma prensibine göre çalışan optik yayıcılar, dolgu maddelerinin içeriğine daha az bağımlıdırlar, fakat konsantrasyon %1.5'un üzerinde ise ölçüm yapamazlar. Bu sebepten bunlar daha çok kağıt makinesine yakın bölümlerde kullanılırlar.

Aynı zamanda nükleer ve mikro dalga tabanlı konsantrasyon algılayıcıları da vardır. Bunlar konsantrasyon ölçüm endüstri sanayisinde oldukça yenidirler. Bunlar kurulum kolaylığı olduğundan daha caziptirler (Rudletge, 1995).

Bıçak algılayıcılar

Bıçak algılayıcıları aktif ve pasif olmak üzere 2 çeşittir. Bıçak algılayıcıları tarafından ölçülen kuvvet 3 çeşittir.

1. Sıkıştırma kuvveti
2. Hidrolik kuvvet
3. Çekme kuvveti

Aktif ve pasif bıçakların her ikisi de, lifli ya da dolgu maddesi ayırımı yapmazlar. Her iki cihazında kalibrasyonu tek nokta ya da çok nokta kalibrasyon prosedürleri kullanılarak yapılabilir.

Pasif ya da statik cihazlar hareket eden stok tarafından üretilen makaslama kuvvetini algılayabilirler. Safiha bıçaklara çarptığında sıkıştırma kuvveti oluşur ve bu safihanın hızıyla ve yoğunluğuyla doğru orantılıdır. Hidrolik kuvvet konsantrasyonla artar fakat hızla azalır. Çekme kuvveti konsantrasyonla ve hızla artar. Bütün bu kuvvetler denge sistemi tarafından algılanır.

Bıçakların çalışma aralıkları %1.5-5 konsantrasyonda ve %0.4 konsantrasyon tekrarına sahiptir. Bir özel bıçak (elektronik) %7-16 konsantrasyon içindir. Bir çubuk algılayıcı %2.5-8 konsantrasyon oranına sahiptir (Anon., 1995a). Bunlar genellikle basit oluşlarından ve düşük kurulum maliyetlerinden ötürü tercih edilirler. Dezavantajı ise akış duyarlılığıdır. Daha önceden belirlenmiş değerleri kontrol etmede iyidirler, fakat; konsantrasyon değerini tespitte zayıftırlar.

Aktif cihazlar hareket eden balya tarafından oluşan kuvvetleri de algırlar. Bir üretici firma bıçağın önüne koruma koyarak sıkıştırma kuvvetini nötralize etmiştir. Aktif bıçaklar vuruş darbeleriyle kendi makaslama kuvvetini oluşturur. Opto-coupler bıçağın orijinal pozisyonunda ileri-geri hareketi için gerekli zamanı ölçer. Kaydedilen zaman kuvvetle doğru orantılıdır. Bunlar da basit oluşlarından ve düşük kurulum maliyetlerinden ötürü tercih edilirler. Kontrol amaçlı kullanılır. Aynı zamanda modele bağlı konsantrasyon ölçüm değeri verir (Rudletge, 1995).

Dönen algılayıcılar

Yoğun olarak iki çeşit dönen kuvvet algılayıcısı mevcuttur. Tek veya çift mile sahip olanları vardır. Bu algılayıcılar değişken dolgu maddesi içeriğinden daha az etkilenir. Dönen algılayıcılar, aynı zamanda serbestlik değişiminden bıçaklara göre daha az etkilenir.

50 yıldan fazla bir süredir piyasadadırlar. Pnömatik veya elektrikli tipleri mevcuttur. Çift mili olan dönen algılayıcılar daha güvenilirdir. Bu algılayıcı pompadan hemen sonra yerleştirilir. Ölçüm, dönen algılayıcı bir moment miline iliştirilerek ve bir pervane de süren mile iliştirilerek yapılır. Pervane

konsantrasyon ölçümü için ideal bir stok ortamı oluşturur. Buna kuvvet denge prensibi denir. Algılayıcının fiziksel konumundan ve dönmesinden ötürü bu ölçüm akım değişimlerinden en az seviyede etkilenir. Bunlar genellikle anahtar uygulamalarında kullanılan konsantrasyon ayarlayıcılardır. Kuvvet ölçüm prensibine dayanan en doğru algılayıcılardır. Algılayıcının elementlerini değiştirerek yoğunluğu %1'den %16'ya kadar olan en alt seviyeden kağıt makinasına kadar değişen uygulamalarda ölçülebilirler (Anon., 1995a). Dezavantajları ise kurulum fiyatlarının yüksek olmasıdır.

Kuvvetleri kullanan bütün konsantrasyon algılayıcıları pH ve sıcaklıktaki yüksek orandaki değişikliklerden etkilenirler. Bu durumlarda mikroişlemci tabanlı elektronik algılayıcıların mevcudiyeti sıcaklıktaki ve pH'taki büyük ölçekli değişikliklerin dengelenmesine yardımcı olur.

Optik algılayıcılar

Piyasada çok sayıda optik algılayıcı vardır. Bunlar ışığı yayma ya da yansıtma ölçüm prensibine göre çalışırlar.

Optik algılayıcılar yansıtılmış ışık ölçüm prensibine göre %0.5'ten %4-7 aralığına kadar konsantrasyon ölçümü yaparlar. Bu konsantrasyon ölçüm cihazları popülerdir. Çünkü, sistemi kapamadan sistemden sökülebilirler. Bunlar tek lif safiha uygulamaları için çok uygundur. Normal akışa, basınca, sıcaklığa ve pH'a pek duyarlı değildirler fakat serbestlik, lif uzunluğu ve hamur rengine çok bağımlıdırlar.

Optik vericiler dolgu maddesi yoğunluğuna daha az bağımlıdırlar fakat, yoğunluğu %1.5-4 üzerindeki konsantrasyonları ölçemezler.

Lifin ve dolgu maddelerinin farklı karakterlerinden dolayı özellikle kütle miktarları değiştiği zaman, bu metod doğruluktan sapar.

Depolarize ışık yönteminin kusurlarını gideren daha pahalı bir model mevcuttur.

Bu modeldeki yöntem lifin veya dolgu maddesinin konsantrasyonunu izlemek için kullanılır. Diğer optik yöntemlerde olduğu gibi bu yöntem renklere ve hava kabarcıklarına karşı korumasızdır. Bu ölçüm hücresi yoğunluğa ve koyuluğa karşı duyarlı olabilir. Çeşitli kimyasal maddelerin eklenmesiyle bu ölçme aletinin bakım maliyeti daha yüksek olabilir.

Bir başka algılayıcı çeşidi ki bu piyasada çok yeni, lifi ve dolguyu kızılötesi ışıkları kullanarak izler ve peak (tepe noktası yöntemini) kullanarak çalışır.

Bu tepe noktası yöntemi süspansiyonun geniş ve küçük parçacıklardan oluştuğu kuramı üzerine kurulmuştur. Bu yöntem matematiksel olarak basit olma avantajına sahiptir. Bu yöntem diğer optik yöntemler gibi hava kabarcıklarına duyarlıdır. Bu optik algılayıcı renklere karşı duyarsızdır. Konsantrasyon aralığı ise 0'dan %1.5'a kadardır (Rudletge, 1995).

Nükleer algılayıcılar

Nükleer kaynaklar kullanan vericiler uzun zamandır piyasadadır. Ucuz fiyatları ve kurulum maliyetlerinin düşük olması, nükleer kaynakların problem olmadığı yerlerde, cazip hale gelmelerini sağlamaktadır.

Lifin ve suyun konsantrasyonları arasında ufak bir fark vardır. Böylece gamma Emilimi bunların doğruluğunu azaltır. Borunun çeperindeki kaplama materyali ölçüm üzerinde etkilidir. Doğruluk, safihanın hava içeriğine de duyarlıdır.

Mikrodalga algılayıcılar

Piyasadaki en yeni algılayıcılardır. %1.5-16 konsantrasyon aralığında çalışırlar. Ölçüm prensipleri, suyun ve lifin farklı dielektrik sabitleri üzerine kuruludur. Konsantrasyon, dielektrik sabitinin karekökünün tersi ile orantılıdır. Bu teknik, akış seviyesine, alana, parlaklığa ve süspansiyon serbestliğine duyarsızdır.

Üretici firmalar bu algılayıcıların tek nokta kullanılarak kalibre edilmesini önerirler. Dolgu maddesine duyarsızlığı yönünden çift milli dönen algılayıcılarla

kıyaslanabilirler. Boruların çaplarına göre 3 farklı kurulum biçimleri vardır. Bununla birlikte proses basıncına, sıcaklığa ve hava kabarcıklarına çok duyarlıdır. Kaynak olarak mikrodalga kaynağı kullandıklarından piyasadaki en pahalı algılayıcılarıdır (Rudletge, 1995).

1.4.2.7 Yaygın ok Yönlü Algılayıcılar

pH algılayıcılar

pH'ın tanımı; mol/lt'deki molar hidrojen iyon konsantrasyonunun, 10 tabanına göre negatif logaritmasıdır. Eğer, hidrojen iyonunun konsantrasyonu mol/litrede 0,001 ise pH=3 olur. Bu 3 pH birimi, hidrojen iyon konsantrasyonundaki değişikliğin 1000 kat olduğu anlamına gelir. pH ölçümü elektrot tarafından ölçülen hidrojen iyon konsantrasyonu oranının voltajını üreten ve sabit bir voltaj gibi kullanılan elektrot ölçümü voltajının karşılığı referans elektrodunun tüm potansiyelinin belirlemesini gerektirir.

Nernst denklemi (1.1) potansiyel gelişim ve pH arasındaki ilişkiyi belirler .

$$pH = \frac{E_{referans} - E_{zlenen}}{KT} \quad (1.1)$$

Burada; T = Mutlak sıcaklık, K = Faraday sabiti

lm yapan elektrot, hidrojen iyon konsantrasyonu sabit bir çözelti, bir elektrik ileticisi ve hidrojen iyonlarına su geçirebilen yüksek, empedanslı bir cam zar içerir. Potansiyel fark, işlemlere tabi tutulan çözelti cam zara doğru ilerlerken referans elektrodu ve direnci yüksek, empedanslı bir voltmetre ile ölçülür. Sonra gelen bir elektrik ileticisi gibi görev yapan, gümüş sülfür ile kaplanmış gümüş bir tel ve potansiyeli sabit hazırlanan çözeltinin karışımından bağımsız bir elektrolit içerir. Elektrolit iki farklı çözeltinin arasındaki potansiyel farkı azaltır. Bir ağaç parçası, gözenekli cam, seramik ya da plastik dolgu çözeltisini işleme tabi tutulan çözeltiden ayırır.

Tecrübeler, eğer referans elektrodu yeteri kadar sabit değilse, katı haldeki referans elektroduyla yukarıdaki gibi tarif edilen elektrodun yerine yenisini koymakla bir gelişmenin sağlanacağını göstermiştir.

Diğer bir gelişme ise farklı bir pH ölçer ya da çift bileşimli referans elektrodu birleşimini kullanmaktadır. Bir kabloyla potasyum nitrat çözeltisine ikinci bir kabloyla da hazırlanan çözeltiye bağlanmış elektrodun ölçümü yukarıda tarif edilenle aynıdır. Algılayıcı cihaz yıkandıktan sonra tampon çözelti standardizasyonu, pilin sağlamlığını kontrol etmek için en iyi yoldur. pH'ı iki olan florür içeren bir çözeltiye 1 saat süreyle maruz bırakmak gibi cam elektroda zarar verecek bazı durumlar sözkonusudur. Endüstriyel organik ve inorganik atıklar cihazı kaplayabilir. Cihazın tekrar eski durumunu alıp, çalışır duruma gelmesi için sulandırılmış hidroklorik asit ile yıkanmayı gerektirir. Bu başarılı olmayabilir, o zaman birkaç dakika ultrasonik bir temizleyici kullanmayı gerektirir (Rudletge, 1995).

Hazırlanan sıvının akışına maruz bırakılan düz yüklü aygıt, sıvı fişkırtılarak temizlenebilir. Hafif kirleri ve bulaşıkları başarıyla çıkarmak için mekanik siliciler ve fırçalar kullanılır. Cihazı pompanın akıntı yönüne yerleştirme bazen işe yarar. Hiçbir algılayıcı cihaz koruyucusu kahverengi veya siyah sıvılarla kullanılmamalıdır. pH kontrolü araçların verimini etkiler ve donanımın aşınmasını azaltır. pH kontrol ana deposu fabrikada en önemli noktadır. Ama pH ölçüm teli sonunda tıkanabilir ya da pislikle kaplanabilir.

pH elektrotlarını camdan imâl etmek için çalışmalar yapılmaktadır. İki üretici firma yeni çıkan, iyona duyarlı, olanların etkilerini alan transistörler kullanmaktadır. Burada sağlam silikon çipleri pH algılayıcısı gibi kullanılır. Küçüktür, tek bir damla kadar küçük şeyleri ölçer (bir mikro elektrot 0,1 damlayı ölçer) ve örneklerin yapışkan veya kirli olup olmamasına dikkat etmez. Bu katı haldeki sonda referans elektrotunun sabit bir parçası olarak yapılmış ve otomatik sıcaklık tespiti için bir sıcaklık ölçüm cihazına sahiptir. Doğruluk 0,01 pH ve 3 saniyede tepki verir. Tıkanmaya dayanıklıdır ve özel bakım gerektirmezler.

Üretim hatlarında kullanılır, fakat bilinen sürekli tesisatı yoktur. Antimon gibi metal elektrotlar diğer alternatifler kadar kullanışlıdır fakat bir çok sıvıyla stabil değildirler. Hidrojen iyonlarından başka iyonları ölçmek için iyon seçici olarak adlandırılan bir çok yeni elektrot geliştirilmektedir. Bunlardan bazıları sodyum, amonyak, klor, sülfür, nitrat, klorür ve oksijen gibi kağıt sanayisinde kullanılmaktadır. Genellikle su kalitesi alanında kullanılır (Rudletge, 1995).

İndirgenme-Yükseltgenme potansiyeli ölçme cihazları (ORP)

ORP (Oxidation-Reduction Potential), pH ve iyon seçici elektrotlara benzer olan, Nernst denklemine uyan potansiyemetreli bir ölçümdür. Kağıt işleme ve atık su iyileştirmede uygulanır ve beyazlatmanın ilk safhasında, hamura klor eklenmesini kontrol etmede popülerdir. pH algılayıcı cihazından 2 farkı vardır. ORP cihazları genelde altın ve platinyum gibi kimyasal değişiklik göstermeyen madenlerdir ve ısıdan etkilenmezler. Eğer algılayıcı cihaz eskimiş ve düzgünce temizlenmiş ise pH için varolan standart araç çözümleri olmadığından iyi bir belirteç değildirler. ORP voltajı bir oksidasyon azalması reaksiyonunun ne kadar ilerlediğini göstermede yardımcıdır. Böyle bir reaksiyon ayrılan kimyasal maddeler için elektron alınmasını veya verilmesini gerektirir. ORP voltajı üretim konsantrasyonu ile oksidasyon üretim konsantrasyonu arasındaki fonksiyondur. Bu yöntem reaksiyon için uygun bir ortam hazırlanması amacıyla vana kontrolünde kullanılabilir.

İletkenliği sağlayan cihazlar

İletkenlik bir çözeltinin elektrik akımını iletme yeteneğidir. Bu yetenek çözeltideki elektrot türleri ve konsantrasyon tarafından belirlenir. Çözeltide akım iyonlar tarafından taşınır ve bulunan bütün iyonlar iletkenliğe yardım eder. Çözeltiden geçebilen akım bilinen sabit bir voltajla ölçülür. Özel iletkenlik çözeltideki bir santimetre küp çözeltiye karşılıktır. Belirli iletkenlik birimi vardır (ps/cm).

İletkenlik kağıt hamuru üretim yöntemlerinde sıkça kullanılır, beyaz çözelti alkalitesi, atık siyah çözelti alkalitesi, kostik çözelti, kağıt hamuru yıkama verimi,

buhar yoğunlaştırması ve siyah çözeltinin geri elde edilmesi gibi bazı denenmiş sınırlamaları, elektrotların bozulması ve polarlanması, ısıнын etkilerini ve klor iyonlarının karışımını içerir. Algılayıcılar ikili elektrot, dörtlü elektrot ve elektrotsuz akıntı tiplerini içerir. İkili elektrot kullanmak hataya yol açan elektrot bozulması ve polarlamasıyla sonuçlanabilir. Dörtlü elektrot algılayıcıları; iki elektrodu akım için ve diğer iki elektrodu voltaj için kullanır. Böylece, otomatik olarak polarlama ve kirlenme için dengelenir. Elektrotsuz akıcı piller, küçük delikleri yüzünden taneciklerle tıkanabilirler. Pil iletken olmayan bir boru üzerindeki iki bobinden oluşur. Karşı gelen devre iki transformatördür. Birincisi voltaj ve ikincisi çözelti döngüsüdür. Sabit giriş voltajı olarak, çıktı sadece çözelti iletkenliği fonksiyonudur (Rudletge, 1995).

Parlaklık algılayıcılar

Kağıdın parlaklığı renginden daha önemli olmasına rağmen bu bir kalite ölçümüdür. Parlaklık ölçümü hamur üzerinde kimyasal kullanımını maksimize etmede kullanılır. Bu algılayıcılar kimyasal ağartmada klor ilavesi, hipoklorit, klordioksit ve peroksit kontrolünde kullanılır. Mekanik ve atık/mürekkebi alınmış hamur ağartmasında peroksit ve hidrosülfitin kontrolünde kullanılır. Parlaklık ölçümleri şlayfer ve rafinörlerden gelen mekanik hamurun, ağartmadan sonraki yıkayıcılarda, çok çeşitli hamur karışımlarında ve hazır satılan hamurun kalite kontrolünde kullanılır.

Piyasada başka çeşit algılayıcılarda mevcuttur. Bunlar da ya halojen lambalar filtrelerle birlikte kullanılır, ya da belirli dalga boyunda LED (Light Emitted Diode)'ler kullanılır. Bunların hepsi yansıyan ışık prensibine göre çalışır. Böylelikle, dalga içeriklerine duyarlı olurlar. Bunlar, parça büyüklüğüne veya yoğunluğuna veyahutta hepsine karşı duyarlıdır (Rudletge, 1995).

Bir çeşit algılayıcıda; dört dalga boyu, yüksek konsantrasyonlu özel LED'ler tarafından gönderilir. Ledler halojenlere göre sallantılara karşı duyarlı değildir ve bunlar kromatik filtre çemberine ihtiyaç duymazlar. İçten dengeleme detektöre ve ledlerin eskimesinden ısı etkileşimi ve fiber optiğin zarar görmesinden dolayı olan

kaymayı düzeltir. Parlaklığın gözlemlenmesi için mavi dalga boyu seçilir ve laboratuara göre kalibre edilmesi gerekir.

Diğer parlaklık ölçerler ölçüm dalga boyunu belirlemek için motorize veya elektronik kontrollü filtre çemberli halojen lambalar kullanır. Bunların da iç dengeleme sistemi mevcuttur. Bunlar yaklaşık 25 senedir piyasada vardır ve kontrol amaçlı çok geniş kullanım alanları mevcuttur. Kalibrasyon imkanları ise yoktur.

Bir başka algılayıcıda iki dalga boyu biri mavi diğeri kırmızı iki foto çoğaltıcı tüp önünde filtrelerle seçilir. Bu tüpler ışıktan gelen ortalama ışık enerjisini hamur sıvısındaki koyu lekeleri ve karşı duvar içerisindeki küreye geçen kısımlarını görür. Mavi ve kırmızı ışık enerjisi arasındaki fark parlaklık olarak gösterilir.

Bir başka cihaz ise ölçme yapan entegre küre ile referans küresi kullanır. Ölçüm yapan küredeki iki foto tüp algılayıcısı wheatstone köprü kolu içerisinde birbirine paralel bağlanır. Doğrusal kayan-kablo A kolunun karşıtı olan B koluna yerleştirilir. Dengeleyici motor B kolundaki ile ters oranlı A kolu arasındaki karşı koruyucu kuvvetleri değıştirir. B'deki karşı kayma parlaklık ile doğru orantılıdır.

1.4.3 Kontrol Sistemleri ve Türleri

Kontrol sistemlerini ve işlemlerini, bilinçli veya bilinçsiz günlük yaşantımızın her anında kullanırız. Örneğin insan vücudu ile ilgili fizyolojik kontrol işlemleri olarak vücut sıcaklığının kontrolü, kan şekerinin ayarlanması, gözün ışığın şiddetine göre kısılması işlemlerini sayabiliriz. Doğada benzeri kontrol işlemlerinin binlerce örneğı ile karşılaşmak mümkündür. Yine sosyal yaşamı doğrudan etkileyen kontrol uygulamalarına rastlamak mümkündür. Örneğin, fiyat artışları belli oranda pazardaki talebin azaltılması veya paranın değerinin artırılması yoluyla kontrol edilir. Endüstriyel anlamda bir sıcaklık kontrol sistemi bir kez ayarlandıktan sonra bizim müdahalemiz olmaksızın ortamın sıcaklığını otomatik belli bir değerde tutmak için sürekli olarak çalışabilir.

Türü ne olursa olsun bir kontrol sisteminde mutlaka kontrol eden (yöneten) ve kontrol edilen (yönetilen) olmak üzere iki temel unsur vardır.

Bu anlamda üç temel kontrol sisteminden söz edilebilir. Bunlar;

1. Doğal kontrol sistemleri
2. Endüstride kullanılan insan yapısı kontrol sistemleri
3. Hem doğal hem de insan yapısı unsurlar içeren kontrol sistemleridir.

Karma kontrol sistemlerinde kontrol organı olarak doğal unsur olan insan kullanılır. Örneğin, bir insanın bir otomobili belli bir rotaya göre sürmesi. Doğal kontrol sistemleri esasında konumuz dışı olaylardır. Burada inceleme konusu olan sistemler insan yapısı endüstriyel kontrol sistemleridir.

Kontrol sistemleri kontrol etkisi açısından iki ana sınıfa ayrılır. Bunlar;

1. Açık-döngü kontrol sistemleri

Açık döngü kontrol sistemlerinde kontrol eylemi sistem çıkışından bağımsızdır. Açık-döngü sistemlerde çıkışın ölçülmesi ve geribeslenmesi sözkonusu değildir. Dolayısıyla sistemin girişi çıkış bilgisinden haberdar olmaz.

Uygulamada açık-döngü kontrol sistemleri, giriş-çıkış bağıntıları önceden belli olan ve iç veya dış bozuculara maruz kalmayan sistemlerde kullanılır. Çıkış ve girişin bir karşılaştırması yapıldığından sistemin çalışma doğruluğu yapılan kalibrasyonun derecesine bağlıdır. Açık-döngü kontrol sistemleri ya zamanlama ya da sıralama esasına göre çalışırlar. Örneğin, otomatik çamaşır makinelerinde olduğu gibi, sistem girişi bir program şeklinde verilir ve sistem program sırasını izler. Trafik ışıklarının kontrolü örneğinde ise program zaman esasına göre çalışır. Işıkların yanıp sönmeleri belli bir sırada belli bir zaman süresi kadardır.

2. Kapalı-döngü kontrol sistemleri

Kapalı-döngü kontrolünde; kontrol etkisi sistem çıkışına bağlıdır. Sistemin çıkışı

ölçölüp geri beslendikten sonra arzu edilen giriş değeri ile karşılaştırılır. Böylece, sistemin girişi çıkıştan haberdardır. Sistem çıkışı geri beslenerek girişe uygulandığından bu tür sistemlere aynı zamanda geribeslemeli sistemlerde denir. Açık-döngü sistemi ile kapalı-döngü sistemini birbirinden ayıran en önemli unsur geribesleme etkisidir. Geribesleme etkisi ise negatif geribesleme ve pozitif geribesleme olmak üzere iki şekilde olur.

Negatif geribeslemede, çıkıştaki değişimler girişe ters yönde etki eder. Böyle bir sistemde; çıkış, arzu edilen değere göre bir artış gösterecek olursa kontrol etkisinin azaltılarak çıkışın istenen değere geri dönmesi sağlanır. Aksi bir durumda, eğer çıkış arzu edilen bir değere göre bir azalma gösterirse kontrol etkisi artırılarak çıkışın istenen değere yükselmesi sağlanır. Geribeslemede daima giriş ile çıkışın bir farkı alınır ve bu fark negatif veya pozitif değerli olabilir. Kontrol organına bir hata girişi olarak iletilen bu değer yukarıda da açıklandığı gibi, çıkışın istenen değere getirilmesini ve bu değerde sabit tutulmasını sağlar. Negatif geribesleme endüstriyel sistemlerin en önemli özelliğidir ve daima hatayı en küçük değerde tutmaya veya sıfır yapmaya çalışır.

Pozitif geribeslemede çıkış girişe aynı yönde etki eder. Buna göre çıkışta herhangi bir artış meydana gelecek olursa bu giriş ile toplanarak hata sinyalinde bir artış ve dolayısıyla da kontrol sinyalinde bir artış meydana gelir. Bu, sistemde çıkışı daha da artıracak bir etki yaratır. Sonuçta artış sistemin fiziksel sınırlamalarına kadar devam eder ve sistem denetlenebilirliğini kaydeder. Pozitif geribesleme iç döngüler hariç bir kapalı-döngü kontrol sisteminde kullanılmaz.

Kontrol sistemleri uygulama alanları ve çalışma biçimlerine göre düzenleyici kontrol, izleyici kontrol, servomekanizma kontrol gibi isimler de alırlar. Endüstriyel alanda kullanılan bu sistemlerin tümü negatif geribeslemelidirler.

Düzenleyici kontrol sabit bir ayar değeri esasına göre çalışmaktadır. Bu kontrol sistemi, sistem çıkışını, tüm bozucu girişlerin varlığına rağmen sabit değerde tutmaya çalışan kontrol sistemidir. Sıcaklık, seviye, debi, basınç vb. değişkenlerin

kontrolünde kullanılan bu çalışma biçimi yaygın olarak proses endüstrilerinde de kullanılır.

İzleyici kontrolde giriş değişken olup, sistem çıkışı bu girişi izlemeye çalışır. Burada sistem çıkışının hem başvuru girişi hem de bozucu girişten doğan değişimleri izlemesi ve arzu edilen değere getirmesi esastır. Bu tür kontrol daha çok imalat endüstrilerinde, uzay taşıt araçlarında kullanılır. Örneğin takım tezgahlarında kesici bıçağın bir şablonu izleyerek istenen parça biçimini işlemesi bu türden bir çalışma olur. İzleyici kontrol daha çok konum kontrol sistemi şeklindedir.

Servomekanizma, mekaniksel çıkışlı güç yükseltilmesi gerekli sistemlerde kullanılır. Yerine göre izleyici türde yerine göre de düzenleyici türde de çalışabilir. Örneğin; büyük güç yükseltilmesi gereken konum servomekanizması izleyici türde, buna karşılık bir hız kontrol servomekanizması düzenleyici türde kontrol çalışması gösterir. Endüstriyel alanda ise örneğin; sıcaklık yanında, basınç, debi, seviye gibi diğer değişkenlerin kontrolü de gerekebilir. Böyle bir durumda tek girişli-tek çıkışlı kontrol sistemi yeterli olamaz. Modern endüstriyel sistemler daha çok, çok girişli, çok çıkışlı sistemlerdir ve hatta bu giriş ve çıkışlar arasında karşılıklı etkileşimlerde mevcut olabilir. Bu tür kontrol sistemlerinin temel yapısı yine de geri beslemeli biçimde olmakla beraber sistem içinde birden fazla döngü yer alır. Çeşitli giriş ve çıkışlar arasında en uygun kontrol sinyalini sağlamak için daha çok bilgisayarlardan ve mikro işlemcilerden yararlanılır.

1.4.3.1 Kontrol Sistemlerinin Yapısı ve Kullanım Alanları

Endüstriyel anlamda bir kontrol sistemi (Demirer, 1988);

1. Kontrol edilen sistem veya proses,
2. Kontrol elemanları donanımı, olmak üzere iki ana kısımdan ibarettir.

Kontrol elemanları donanımı ise;

1. Ölçme sistemi,
2. Karşılaştırma elemanı,
3. Kontrol elemanı,
4. Sürücü veya kumanda elemanından meydana gelir.

Kontrol edilen sistem ve kontrol elemanları donanımı birbirlerine karşılıklı olarak bir takım hatlarla bağlanmıştır. Bunlar;

1. Proses ürünlerinin kullandığı enerji ile ilişkili olanı, proses hattı,
2. Ölçme ve sinyallerinin aktığı hat, bilgi veya sinyal hattı,
3. Kontrol elemanları ve sistemi çalıştıran cihazlar için gerekli gücün aktığı, güç hattı isimlerini alırlar.

Ölçme sistemi, algılayıcı veya algılayıcı eleman ve sinyal kuvvetlendirme-şartlandırma olmak üzere iki kısımdan oluşur. Ayrıca kontrol edilen değişkenin ölçülen değerinin bilinmesi gerekiyorsa bir de gösterge elemanı bulunabilir. Ölçme sistemi, algılayıcı sistemin çıkışındaki değişimleri, gözlenebilir ve kontrol edilebilir bir biçimde sistem girişi ile aynı fiziksel büyüklük cinsine dönüştürür. Genellikle algılayıcı çıkışı zayıf bir sinyal olup, kuvvetlendirilmesi gerekir. Kuvvetlendirici devresi genellikle bir dış güç kaynağından enerji çekerek kontrol döngüsü için gerekli güçte bir sinyal sağlar. Tüm kontrol sistemi döngüsünün hassasiyeti ölçme sisteminin hassasiyetine bağlıdır. Bu nedenle kontrol sisteminin hassasiyeti ölçme sisteminin hassasiyetinden daha yüksek olamaz (Demirer, 1988).

Genellikle, karşılaştırma elemanını da içine alan kontrol organı; sistem çıkışının kontrol amaçlarına uygunluğunun belirlenmesini ve sistemin kontrol amaçları doğrultusunda yönetilmesi için gerekli kontrol değişimlerini belirlemek gibi işlevleri yürütür. Kontrol organının temel görevi karşılaştırmacıdan kendisine hata ve sapma olarak iletilen giriş bilgisine göre kontrol sinyali şeklinde uygun karar üretmektir. Kontrol organının fiziksel yapısı günümüzde daha çok elektronik ve pnömatik olmaktadır. Elektronik olarak analog devrelerden meydana gelebildiği

gibi dijital devrelerden de meydana gelebilir. Dijital devrelerden (mikroişlemci) meydana gelmiş kontrol elemanı aynı zamanda gerekli hesaplamaları yapabilme yeterliliğine de sahiptir.

Son kontrol elemanı veya motor eleman adlarını da alan kumanda elemanı kontrol edilen sistemi doğrudan etkileyen sürücü bir elemandır. Son kontrol elemanı kontrol elemanından aldığı kontrol sinyaline bağlı olarak dış enerji kaynağından aldığı güçle bir hareket üretir. Bu hareket kontrol edilen değişkenin enerji akışını modüle eder. Kullanılan enerjinin biçimine bağlı olarak motor elemanı, elektriksel, pnömatik veya hidrolik yapıda olabilir. Uygulamada genellikle motor elemanının yapısına bağlı olarak kontrol elemanları da elektriksel, pnömatik veya hidrolik kontrol elemanı isimlerini alırlar. Çok küçük hacimlerde büyük güçler sağlayan hidrolik sistemlerin özel kullanım alanları mevcuttur. Bunlar da 10^4 ila 10^8 mertebelerinde güç yükseltmeleri mümkündür. Elektrik enerjisinin her yerde kolaylıkla sağlanabilir olması ve elektronik teknolojisindeki gelişmeler günümüzde elektriksel sistemleri çok yaygın olarak kullanılır hale getirmiştir. Pnömatik sistemler, özellikle yangın tehlikesi olan yerlerde kullanılmaktadır. Bunlardan çoğunlukla kontrol sistemi döngüsünün ölçme sistemi ve karşılaştırma elemanları elektriksel-elektronik olarak çalışmakta, motor elemanı ise elektriksel-pnömatik veya hidrolik yapıdadırlar (Biçer, 1992).

Kesin olmamakla beraber imalat endüstrilerindeki izleyici ve servomekanizma biçimi çalışan kontrol sistemleri kullanılırken proses endüstrilerinde düzenleyici (regulatory) biçiminde çalışan kontrol sistemleri kullanılmaktadır. Takım tezgahlarında konum kontrol sistemleri kağıt fabrikalarında ve dokuma makinelerinde gergi kontrol sistemleri, metal çekme makinelerinde kalınlık kontrolü, robotikler vb. servomekanizma biçimi çalışan sistemlerdir. Ayrıca servomekanizmaların, füze rampaları ve güdümlü füzelerin konumlandırılması radar antenlerinin ve teleskopların yönlendirilmesi, otomatik dümen sistemleri, hava taşıtlarının otomatik seyri gibi özel kullanım alanları da mevcuttur. Seviye, sıcaklık, basınç, debi gibi değişkenlerin kontrol edildiği proses kontrol sistemleri düzenleyici biçimde çalışırlar. Bunun dışında elektrolit kaplama kalınlığının

kontrolü, gaz karışımı kontrolü, harmanlama sistemleri, nükleer reaktörde tepkime kontrolü, sıvılarda kimyasal konsantrasyon kontrolü ve benzeri endüstrilerde kullanılan kontrol sistemleri de vardır.

Proses kontrol sistemlerinin tasarım felsefesi servomekanizmaların tasarım felsefesinden oldukça farklıdır. Bununla beraber, kontrol sistemlerinin tüm dallarında ilgili analitik problemler benzer olup birçok kontrol sistemindeki analiz ve sentez teknikleri ile test yöntemleri ortaktır (Yüksel, 1997).

1.4.3.2 Kontrol Sistemlerinin Tasarım İlkeleri

Kontrol sisteminin amacı, kontrol büyüklüğünü girişteki arzu edilen değere uygun tutmaktır. Düzenleyici tipinde çalışan proses kontrol sistemlerinde girişte sabit bir başvuru değeri veya ayar değeri uygulanmakta, kontrol edilen büyüklüğün ayar değerinde olması, diğer bir deyişle hatanın sıfır veya önemsenmeyecek kadar küçük olması istenir. İzleyici kontrol tipinde çalışan servomekanizmalarda ise çıkıştaki kontrol büyüklüğünün değişken giriş sinyalini hatasız bir şekilde izlemesi istenir. Ancak sisteme etki eden bozucu büyüklükler, kontrol büyüklüğünü arzu edilen giriş değerinden saptırmaya çalışır. Bir kontrol sisteminden istenen; başvuru değerinden uzaklaşan kontrol büyüklüğünü yeniden başvuru değerine ulaşmasını sağlamaktır.

Ayrıca, başvuru değerinde herhangi bir değişme olduğu zaman kontrol büyüklüğü bu yeni başvuru değerine erişmeli ve düzenli bir şekilde bu değeri korumalıdır. Kontrol sisteminin bu durumuna “sürekli durum” veya “kalıcı durum” çalışması denir. Kontrol sistemlerinin kalıcı durum çalışmasına erişinceye kadar gösterdikleri çalışma şekline ise “geçici durum” çalışması adı verilir. Kontrol sistemlerini çözümlemelerinde geçici durum ve kalıcı durum çalışmaları ile ilgili olarak aşağıdaki özellikleri sağlayıp sağlamadığı araştırılır (Yüksel, 1997):

1. Kararlı çalışma

Herhangi bir kontrol sistemi her şeyden önce kararlı olmalıdır. Kararlı bir çalışma

sağlamayan kontrol sistemi hiçbir işe yaramaz. Bir kontrol sisteminin kararlılığı denilince sistemin sınırlı bir giriş değerine karşılık sınırlı bir çıkış değeri vermesi anlaşılır. Burada bir kontrol sistemindeki büyüklüğü bozucu etkenler sonucu kalıcı durum değerinden sapma gösterdiğinde önceki kalıcı durum değerine veya başvuru değerinde bir değişme olmuşsa yeni kalıcı durum değerine kararlı bir geçiş durumu ile erişmesi istenir. Yalnız bir sistemin mutlak kararlı olup olmadığını bilmek çoğu durumlarda yeterli olmayıp genellikle sistemin kararsız olmaya ne kadar yakın olduğunun da bilinmesi gerekir. Yani sistemin bağlı kararlılığının bulunması gerekir. Bir kontrol sisteminin kararlılığı sistemin kendi yapısına bağlı olup başvuru girişinden ve bozucu girişlerden bağımsızdır.

2. Geçici durum çalışması halinde hızlı cevap

Bir kontrol sisteminin geçici durum çalışmasında kontrol büyüklüğünün kalıcı durum değerine mümkün olan en kısa zamanda erişmesi diğer bir deyişle uyarılara hızlı bir cevap vermesi istenir. Cevap hızlılığı sistemin kazancını artırır.

3. Kalıcı durum davranışı

Bir kontrol sisteminde kalıcı durum çalışmasında hataların sıfır veya önemsenmeyen değerlerde tutulması istenir. Bu durum kontrol sisteminin duyarlılığı ile ilgili olup sistemde hata sıfır ise yani kontrol büyüklüğü başvuru değerine eşitse ve kalıcı durum çalışmasında sıfır hata korunabiliyorsa “duyarlılık gayet yüksektir” denir. Duyarlılık sistem kazancıyla artar. Hata değerini sıfırda tutmak pek kolay ve ekonomik bir iş olmayıp genellikle kontrol büyüklüğü başvuru değerini artı-eksi tolerans sınırı içinde korur. Bu tolerans sınırı ne kadar dar ise duyarlılık o kadar yüksek olur.

İdeal olarak bir kontrol sisteminin çok kararlı, çok hızlı ve çok duyarlı olması istenir. Diğer taraftan çok hızlı ve duyarlı sistemler kararsız çalışmaya eğilimlidir. Şöyle ki, kalıcı durum hatasını en aza indirmek ve cevap hızını artırmak için sistemin duyarlılığını artırmak gerekir ki, bu da diğer taraftan sistemin kararlılığını azaltmaktadır. Kontrol sistemlerinin tasarımında bu iki temel özellik arasında uygun bir uzlaşma sağlanmaya çalışılır.

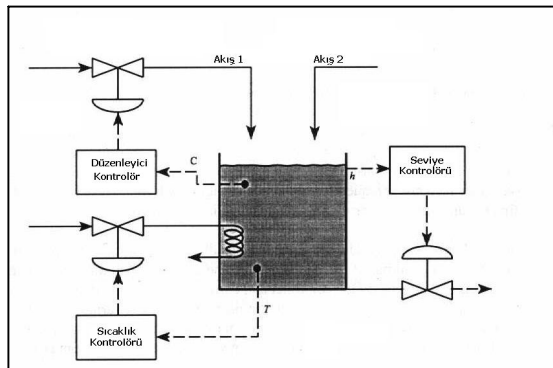
1.4.3.3 Yaygın Kontrol Konfigürasyonları

Proses kontrolünü sağlamak için prosesin dinamik özelliklerinin matematiksel olarak modellenmesi gerekmektedir. Model, asıl prosesin oldukça basitleştirilmiş hali olarak, gerektiğinde giriş ve çıkış akış oranlarına, sıcaklıklara, konsantrasyona, miktarlara, konsantrasyon ve diğer parametrelerin değişikliklerine karar vermek için kullanılmaktadır.

Prosesin karmaşıklığına, proses değişkenleri arasındaki etkileşime ve belirli bir seviye kontrolüne olan ihtiyaca bağlı olarak yaygın biçimde kullanılan birçok kontrol konfigürasyonu vardır. En yaygın kontrol ise tartışmasız, geri besleme kontrolüdür (Sell, 1995).

Geri besleme kontrolü, arzu edilen ve referans noktası olarak isimlendirilen değeri önceden belirlemek için ölçülen çıkış değerinin bu değerle karşılaştırılması temeline dayanmaktadır. Bu iki değer arasındaki farklılık hata sinyali olarak isimlendirilir. Kontrolör bu hata sinyalini sıfırlamak veya azaltmak için uygun giriş verisini büyük bir ustalıkla bulmaya çalışır .

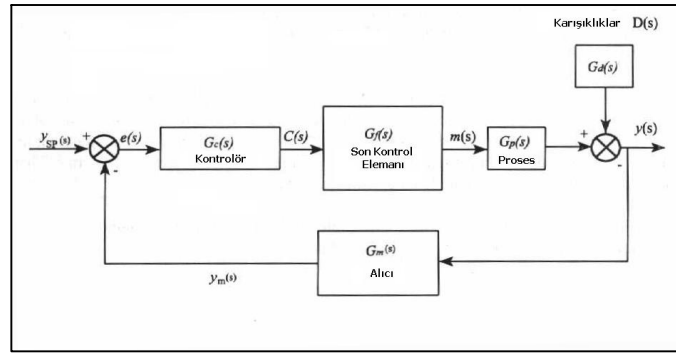
Bu giriş değişkeni aşağıdaki örnekte akış oranı olarak ifade edilmiştir (Sell, 1995). Giriş akışı, muhtemelen ayarlanabilir bir vana tarafından sağlanmaktadır. Şekil 1.6 basit bir karıştırma tankı için muhtemel döngüleri göstermektedir .



Şekil 1.6 Bir karıştırma tankındaki kontrol döngüleri (Sell, 1995).

Şekil 1.7 blok diyagram formundaki bir kontrolörü göstermektedir. $G(s)$, prosesin her bir aşamasındaki giriş çıkış oranlarının transfer fonksiyonlarını sembolize etmektedir. Bu transfer fonksiyonları, sistem dinamiklerinin bir tanımını da vermektedir (Sell, 1995).

Geri besleme kontrol döngüsü bir kontrol durumu için basit ve kolay bir çözüm olmasına rağmen, geri besleme kontrolünde istenmeyen iniş çıkışları, sadece sistem bundan etkilenince düzeltmeye çalışma gibi doğal bir problemle karşı karşıyadır.



Şekil 1.7 Blok diyagram formundaki tipik kontrol döngüsü (Sell, 1995).

Bu nedenle, bir çok gerçek durumda kontrol ya kararsız duruma gelebilir veya sisteme yetersiz bir cevap vermeye neden olabilir. Genellikle, hata ilk meydana geldiğinde ve düzeltici işlem başladığında önemli bir zaman kaybı olacaktır. Bu problemlerden birkaçı ileri besleme kontrolü ile önlenabilmektedir. İleri besleme kontrolünde, hatanın etkisi proses tarafından hissedilmeden önce fark edilir.

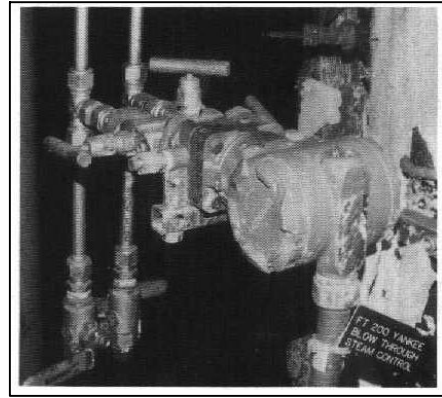
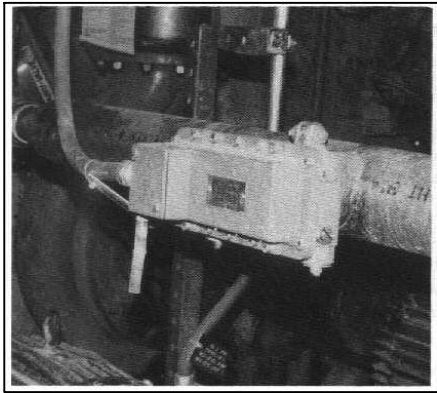
Bu konfigürasyonda, karışıklıklar kontrolörle doğrudan ölçülür ve düzeltmeler giriş değişkenleri ile hızla yapılır. Bu, çıkış değişkenleri üzerinde planlanan güçlü etkinin hesaplanması temeline dayanır (Sell, 1995).

1.4.3.4 Kontrol Donanımı

Bir kontrol planına başlamak için, proses giriş ve çıkış değişkenlerini ölçmek için algılayıcılara, ölçülen proses değişkenlerini ölçülebilen bir sinyale çevirmek için

sayısallaştırıcılara, belirli kontrol mantıklarını gerçekleştirmek için kontrolörlere, son olarak proses üzerinde gerekli değişiklikleri yapabilmek için kontrol elemanlarına ihtiyaç vardır.

Algılayıcılar (Şekil 1.8 ve Şekil 1.9 (Sell, 1995)), proses değişkenlerini ölçen mekanik ünitelerdir. Akış oranları, sıcaklık, basınç veya pH, işlem prensipleri gereği tamamen değişkenlere bağlıdır. Sıcaklık, ölçülebilir sıcaklık farkını voltaja çeviren termocouple ile veya elektrik direncinin bir sıcaklık fonksiyonu olduğu durumlarda dirençli termometrelerle ölçülmektedir. Akış oranı, ağız sayacı veya venturi ölçme cihazı ile sıvı hızı ve basınçta azalma arasında ilişki kurarak burada bir sıkıştırma oluşturulur. Bu Bernoulli kanunlarından faydalanılarak yapılır. pH araştırmaları iki solüsyon arasına kurulmuş elektrot potansiyeli tarafından ilgili hidrojen iyon konsantrasyonuna karar vererek yapılır. Algılayıcı, kontrol hareketi için uygun bir sinyal tipi üretmediği zaman sayısallaştırıcılara ihtiyaç duyulmaktadır. Ölçüm yapılmasına rağmen, kontrolü sağlamak için sinyalin eski sistemlerde olduğu gibi elektrik veya voltaj şeklinde ya da sıkıştırılmış hava ve sıvılarda olduğu gibi pnömatik sinyal şeklinde olması gereklidir. Örneğin piezoelektrik sayısallaştırıcılar mekanik deformasyona uğradıklarında elektriksel direnci değişebilen kristallerdirler. Böylece, bir basınç sinyalini elektrik sinyaline dönüştürebilmektedirler (Sell, 1995).



Şekil 1.8 Konsantrasyon algılayıcısı Şekil 1.9 Akıllı basınç farkı algılayıcısı

Kontrolörler algılayıcılardan veya sayısallaştırıcılardan proses üzerinde yapılacak işlemin ne olacağına karar vermek için sürekli bilgi alırlar.

Pnömatik veya elektronik döngülerde kullanılan analog sistemler, eski sistemlerdir. Ancak, hala birçok fabrikada kullanılmakta olup yavaş yavaş kullanımdan kalkmaktadırlar. Kontrolör uygun bir kontrol cevabı bulduktan sonra, son kontrol elemanına bunu aktarırlar. Bu eleman genellikle bir vana veya proses giriş değişkenlerinde ayarlamalar yapan değişebilir hızdaki bir motor olabilmektedir.

1.4.3.5 Geri Besleme Kontrolü

Geri besleme kontrolünün matematiği

Otomasyonu yapılan proseste bazı parametreler ölçülerek bir sonraki adımda ne yapılacağına kontrol cihazı/sistemi tarafından karar verilir ve bu kararlar aktuatörler (motor, vana, ısıtıcı, selenoid valf, piston vb.) tarafından yerine getirilir. Daha sonra tekrar ölçüm yapılır, karar verilir ve uygulanır. Bu döngü sürekli tekrarlanır. Görüldüğü gibi “kontrol döngüleri” otomasyonun temelidir.

Endüstriyel kontrol cihazları dendiğinde genel olarak akla gelenler; DCS (Distributed Control System–Dağıtılmış Kontrol Sistemleri), kontrol üniteleri ve son zamanlarda da kişisel bilgisayarlardır. Türkçe’de tam karşılığı olmayan aktuatör kelimesinin ifade ettiği, istenen işlemi yerine getiren cihazlar olarak da ısıtıcılar, robot kolları, pompalar, çeşitli tipte motorlar, taşıyıcı bantlar, selenoid valf ve pistonlar gibi çeşitli ekipmanlar akla gelmektedir.

Kontrol sistemlerinin belli proses değerini gözetleyip bu değere göre gerekli düzeltme işlemlerini yapması şeklinde çalışması geri beslemeli kontrol olarak ifade edilmektedir. Böyle bir sistem istenilen noktayı belirleyen referans noktası ile algılayıcıdan gelen proses değeri arasındaki farkı işleyerek istenen değere erişilmesi için gerekli düzeltme bilgisini üretir ve aktuatöre gönderir. Aynı işlem sürekli olarak yinelenir. İşyerlerinde kullanılan pek çok cihazda bu şekilde çalışan sistemler görmek mümkündür. Klimalar ve buzdolapları belki de en sık karşılaşılan uygulama alanlarıdır (Jones and Sell, 1995).

Teorik Açıdan eşitlik 1.2`de olduğu gibidir.

$$CO(t) = P \cdot e(t) + I \cdot \left(\int e(t) dt \right) + D \cdot \left(\frac{d}{dt} e(t) \right) \quad (1.2)$$

Pratik Açıdan ise eşitlik 1.3`deki gibidir.

$$CO(t) = P \cdot \left[e(t) + \frac{1}{T_I} \cdot \left(\int e(t) dt \right) \cdot T_D \left(\frac{d}{dt} PV(t) \right) \right] \quad (1.3)$$

PID (Proportional Integral Derivative) Kontrol

İngilizce adı ile “Proportional-Integral-Derivative” veya kısaltmış hali ile PID kontrol, geri beslemeli kontrol sistemleri arasında popüler olarak kullanılan bir kontrol yöntemidir. Bu kontrol yönteminde hatanın miktarına, hatanın belli bir zaman aralığındaki integral değerine ve hatanın türevine bakılır. Ne kadar düzeltme sinyali uygulanacağı bilgisi ile birlikte aynı zamanda ne kadar süreyle uygulanacağı da belirlenmiş olur. Bu üç farklı değer belli ayar katsayıları ile çarpılarak toplanır ve düzeltmek için proses girişine uygulanacak olan değer elde edilir. Üstteki formüllerde PID algoritması ile üretilen çıkış CO(t) setpoint değeri SP(t), proses değişkeni PV(t) ve aralarındaki fark e(t)=SP(t)-PV(t)’ye bağlı olarak elde edilir.

Yukarıdaki ilk formülde gösterilen “P” orantı sabitini, “L” integral sabitini ve “D” ise türev sabitini göstermektedir. e(t) ise proses geri besleme değeri PV(t) setpoint değeri SP(t) arasındaki farkı göstermektedir.

PID Kontrol sisteminin ayarlanması (Tuning)

Bütün PID sistemlerinde ustalık ve dikkat isteyen nokta P, L ve D parametrelerinin doğru ayarlanmasıdır. Buradaki ana düşünce bu üç parametrenin ağırlıklarının toplamı sonucunda üretim çıkış doğrultma işaretinin hatayı giderecek yönde dengeli ve kararlı olmasıdır (Jones and Sell, 1995).

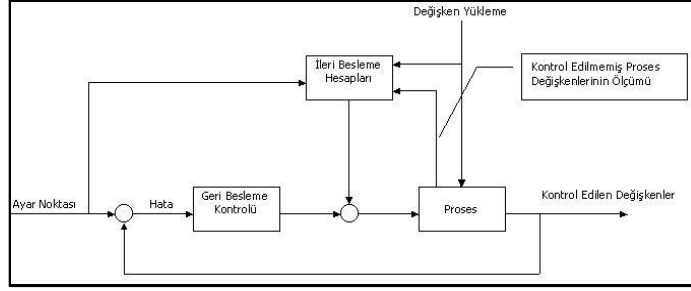
İdeal bir parametre ayarı yapılması durumunda PID kontrol çıkışının herhangi bir pik yapmadan yukarıdaki kritik bastırılmış eğrideki gibi olması istenir. Kontrol

çıkışının yavaş tepki vermesi durumunda aşırı bastırılmış (overdamped) cevap eğrisi elde edilir. Ters durumda yani kontrol çıkışının aşırı hızlı tepki vermesi durumunda ise az bastırılmış (underdamped) cevap eğrisi elde edilir. Bu durumda çıkışın osilasyona girme ihtimali mevcuttur. PID parametrelerinin ayarlanması için pek çok yöntem mevcuttur. Bu yöntemlerden biri de Ziegler-Nichols metodudur.

Daha titiz bir çalışma ise prosesin matematiksel denklemini kurarak buradan parametrelerin tespit edilmesidir. Fakat bu genelde usandırıcı ve uğraştırıcı olduğundan pek çok farklı yöntem bugüne kadar bulunmuş ve kullanılmıştır. PID parametrelerinin seçiminde prosesin karakteristiği de önemli rol oynar. Prosesin kontrol sisteminin düzeltme çıkışına yavaş cevap verdiği hızlı olmayan proseslerde (büyük kütlelerin ısıtılması veya soğutulması gibi) hatanın oluştuğu ilk anda “P” faktörü önem kazanacak, düzeltmenin sonuna doğru “L” önem kazanarak sonunda baskın faktör olacaktır. Buna karşılık hızlı değişken proseslerde (hız kontrolü vb.) “D” faktörü hatanın kısa süreli olması nedeniyle baskın rolü oynayacaktır (Thomasson, 1995).

1.4.3.6 İleri Besleme Kontrolü

Basit geri besleme kontrollerinin tatmin edici olmadığı işlemler vardır. Belirgin bir ölü zaman limiti içeren yöntemler bu gruba girerler. Zira geri besleme kontrolü yapılamaz. Böyle durumlarda ileri besleme kontrolü kullanılır. Bu yöntem aksaklıkların sebep olduğu değişimleri hesaplayabilmek için matematiksel ilişkiler kurabilme becerisi gerektirir. Yük değişkenleri ve diğer işlem değişkenlerinin ölçümü yapılmalıdır. Bu hesaplamalar sistem hazır durumda beklemeyken ve enerji dengeleri ayarlanmışken yapılır. Bu yöntemde hesaplar daha önce kontrolü yapılmış işlemler temel alınarak yapılır. Şekil 1.10’da görüldüğü üzere, ölçülmüş kontrol değerleri yerine ayar noktası değerleri kullanılır (Jones and Sell, 1995).



Şekil 1.10 İleri besleme ve geri besleme kontrol sistemlerinin kombinasyonu.

İşlem sırasında daima malzeme ve enerji mevcuttur. Enerji ve malzemede oluşan kısa süreli değişiklikler uygunsuz ileri besleme kontrol sonucu verir. Ancak sistem yeterince kompanze edilirse ileri beslemede sorun çıkmaz. En çok kullanılan dinamik kompanzatör lead-log mansfer fonksiyonudur (Jones and Sell, 1995). Girdideki bir kademelik değişiklik çıktıya şöyle yansır (1.4):

$$M(t) = \left[1 - \left(\frac{\tau_2 - \tau_1}{\tau_1} \right) e^{-\frac{t}{\tau_1}} \right] \quad (1.4)$$

$M(t)$ = çıktı

τ_1 = Lead zaman sabiti

τ_2 = lag zaman sabiti

Lead-lag transfer fonksiyonu arazide ayarlanmalıdır. Ayar kontrol değişimi minimize edilene kadar çeşitli τ_1 , τ_2 değerleri denenerek yapılır. Kontrol mühendisi tüm hesaplamaların doğru yapıldığından emin olmalıdır. İleri besleme kontrolü geri besleme kontrolüyle birlikte yapılır. İleri besleme kontrolü teorik olarak mükemmeldir. Yükte bir aksaklık olursa, elle müdahale edilebildiğinden kısa sürede düzelme sağlanır. Bu da kontrollü değişkende ortaya çıkacak farkın önüne geçer.

Gerçekte ise mükemmel bir ileri besleme kontrolüne ulaşmak imkansızdır, zira elde ideal bir işlem modeli bulunmamaktadır.

Basit ileri besleme kontrolü ise, kontrolden geçmiş değişkenlerin arzu edilen ayar noktası üzerinden düzenlenmesi amacıyla yapılır.

Kontrol oranı tarafsız bazı isteklerin karşılaştığı başka bir oranın bir değişkenle kontrol edildiği zamanki ileri besleme kontrollerinin özel bir durumudur. Bir kağıt makinesi için şap karıştırma buna iyi bir örnektir.

1.4.3.7 İleri Düzey Kontrol Teknolojileri

Yapay Zeka

1960'lı yıllarda teknolojide büyük gelişmeler yaşandı. İnsanlar tehlikeli ve zahmetli işlerden kurtulabilmek için ilk robotları üretmeye başladılar. Üretilen robotlar Isaac Asimov'un romanlarındaki insan biçimindeki düşünebilen ve öğrenebilen robotlardan çok öte bir robot kolu ya da el yerine takılmış aletlerden oluşmaktaydı. Ancak teknoloji ile birlikte robotların da yetenekleri doğru orantıda artmaya başladı. Karmaşık bilgisayar denetimlerinin altında robotların, bazı işlerde insanlardan daha başarılı oldukları farkedilmiştir. Örneğin robotlar asla hastalanmıyorlardı. Dinlenme ihtiyacı hissetmiyorlar ve yaptıkları işlerin tekdüzeliği motivasyonlarını ya da performanslarını etkilemiyordu. Bu nedenle üretilen robotların %90'ı fabrikalarda kullanılmaya başlandı. Zamanla kullanım alanları laboratuvarlar, enerji santralleri ve hastaneler gibi hassas ölçümlerin önem taşıdığı yerlere kayd. Günümüzde artık robot araçlar olmaksızın uzay araştırmaları yapmak olanaksızdır. Zaten robot araçlara yönelik en önemli Ar-Ge projelerini de NASA yürütmektedir (Partridge and Hussain, 1992).

Robot kullanımının en yaygın olduğu ülke, en alt kademeden en üst kademeye, her çalışana değer veren Toplam Kalite anlayışının geliştiği ülke olan Japonya'dır. Japonya'da şu an farklı sektörlerde 400.000'in üzerinde sanayi robotu kullanılmaktadır.

Gerçekte robotlar, insanların yaptıklarını otomatik olarak yapabilen makinalardır. Bu işleri, insanlar gibi yapmaları ya da insan görüntüsünde olmaları gerekli değildir. Zaten bugün üretilmekte olan robotlar insan görünümünden çok uzaktadır. Bugün Amerika ve Japonya başta olmak üzere az sayıda ülkede, robot geliştirme projeleri yürütülmektedir. Bu projelerin ortak amacı, insanlara yardımcı

olması amacıyla, çok sayıda işlevin programlandığı insan biçimi ve boyutunda makinalar yapmak değildir. Amaç, algıladıklarında bir takım sonuçlara ulaşabilen, karar verebilen ve kendi kendine öğrenebilen insan benzeri bir robot tasarlayabilmektir. Böylesine karmaşık bir sistem geliştirebilmek için de mekanik, kontrol, bilgi kuramı, sinir ağları (neural networks) ve yapay zeka alanlarındaki uzmanların birlikte çalışmaları gerekmektedir (Berzek, 1993).

İnsanlar gibi görünen ve hatta insanlar gibi öğrenebilen robotlar üretmek yapay zeka konusunun çıkış noktasıdır. Yapay zeka, insanın düşünme yapısını anlamak ve bunun benzerini ortaya çıkaracak bilgisayar işlemlerini geliştirme sürecidir. Başka bir deyişle, programlanmış bir bilgisayarın düşünme girişimidir (Topçuoğlu, 2001).

Bulanık Mantık (Fuzzy Logic)

Bulanık mantık kavramı ilk kez 1965 yılında California Berkeley Üniversitesinden Prof. Lotfi A.Zadeh'in bu konu üzerinde ilk makalelerini yayınlamasıyla duyuldu. O tarihten sonra önemi gittikçe artarak günümüze kadar gelen bulanık mantık, belirsizliklerin anlatımı ve belirsizliklerle çalışılabilmesi için kurulmuş katı bir matematik düzen olarak tanımlanabilir. Bilindiği gibi istatistikte ve olasılık kuramında, belirsizliklerle değil kesinliklerle çalışılır ama insanın yaşadığı ortam daha çok belirsizliklerle doludur. Bu yüzden insanoğlunun sonuç çıkarabilme yeteneğini anlayabilmek için belirsizliklerle çalışmak gereklidir.

Bulanık mantık ile matematik arasındaki temel fark bilinen anlamda matematiğin sadece aşırı uç değerlerine izin vermesidir. Klasik matematiksel yöntemlerle karmaşık sistemleri modellemek ve kontrol etmek işte bu yüzden zordur, çünkü veriler tam olmalıdır. Bulanık mantık kişiyi bu zorunluluktan kurtarır ve daha niteliksel bir tanımlama olanağı sağlar. Bir kişi için 38,5 yaşında demektense sadece orta yaşlı demek bir çok uygulama için yeterli bir veridir. Böylece azımsanamayacak ölçüde bir bilgi indirgenmesi söz konusu olacak ve

matematiksel bir tanımlama yerine daha kolay anlaşılabilen niteliksel bir tanımlama yapılabilecektir.

Bulanık mantıkta fuzzy kümeleri kadar önemli bir diğer kavramda linguistik değişken kavramıdır. Linguistik değişken “sıcak” veya “soğuk” gibi kelimeler ve ifadelerle tanımlanabilen değişkenlerdir. Bir linguistik değişkenin değerleri fuzzy kümeleri ile ifade edilir. Örneğin oda sıcaklığı linguistik değişken için “sıcak”, “soğuk” ve “çok sıcak” ifadelerini alabilir. Bu üç ifadenin her biri ayrı ayrı fuzzy kümeleri ile modellenir.

Bulanık mantığın uygulama alanları çok geniştir. Sağladığı en büyük fayda ise “insana özgü tecrübe ile öğrenme” olayının kolayca modellenebilmesi ve belirsiz kavramların bile matematiksel olarak ifade edilebilmesine olanak tanımasıdır. Bu nedenle lineer olmayan sistemlere yaklaşım yapabilmek için özellikle uygundur.

Bulanık mantık konusunda yapılan araştırmalar Japonya’da oldukça fazladır. Özellikle fuzzy process controller olarak isimlendirilen özel amaçlı bulanık mantık mikroişlemci çipinin üretilmesine çalışılmaktadır. Bu teknoloji fotoğraf makineleri, çamaşır makineleri, klimalar ve otomatik iletim hatları gibi uygulamalarda kullanılmaktadır. Bundan başka uzay araştırmaları ve havacılık endüstrisinde de kullanılmaktadır. TAI’de araştırma gelişme kısmında bulanık mantık konusunda çalışmalar yapılmaktadır. Yine bir başka uygulama olarak otomatik civatalamaların değerlendirilmesinde bulanık mantık kullanılmaktadır. Bulanık mantık yardımıyla civatalama kalitesi belirlenmekte, civatalama tekniği alanında bilgili olmayan kişiler açısından konu şeffaf hale getirilmektedir. Burada bir uzmanın değerlendirme sınırlarına erişilmekte ve hatta geçilmektedir.

Fuzzy kuramının merkez kavramı fuzzy kümeleridir. Küme kavramı kulağa biraz matematiksel gelebilir ama anlaşılması kolaydır. Örneğin “orta yaş” kavramını inceleyecek olursak, bu kavramın sınırlarının kişiden kişiye değişiklik gösterdiği görülür. Kesin sınırlar söz konusu olmadığı için kavramı matematiksel olarak da

kolayca formüle edilemez. Ama genel olarak 35 ile 55 yaşları orta yaşlılık sınırları olarak düşünülebilir.

Bulanık mantık, adından da anlaşılabilirceği üzere mantık kurallarının esnek ve bulanık bir şekilde uygulanmasıdır. Klasik (boolean) mantıkta bilinen, "doğru" ve "yanlış" ya da "1" ve "0"lar vardır, oysa bulanık mantıkta, ikisinin arasında bir yerde olan önermeler ve ifadelere izin verilebilir. Çünkü gerçek hayata bakıldığında hemen hemen hiçbir şey kesinlikle doğru veya kesinlikle yanlış değildir. Gerçek hayatta önermeler genelde kısmen doğru veya belli bir olasılıkla doğru şeklinde değerlendirilir. Bulanık mantığa da zaten klasik mantığın gerçek dünya problemleri için yeterli olmadığı durumlar dolayısıyla ihtiyaç duyulmuştur.

Bulanık mantığın sistemi şu şekildedir. Bir ifade tamamen yanlış ise klasik mantıkta olduğu gibi 0 değerindedir, eğer tamamen doğru ise 1 değerindedir. Ancak bulanık mantık uygulamalarının çoğu bir ifadenin 0 veya 1 değerini almasına izin vermezler, veya sadece çok özel durumlarda izin verirler. Bunların dışında tüm ifadeler 0 dan büyük 1 den küçük reel değerler alırlar. Yani değeri 0.32 olan bir ifadenin anlamı %32 doğru %68 yanlış demektir.

Bulanık mantığın da klasik mantıkta olduğu gibi işleçleri (operatör) vardır, örneğin and, or, not ... ancak bunlar kendine has işlemlerdir mesela -başka yaklaşımlarda olmasına rağmen “and” işlemi- genelde çarpma olarak ifade edilir veya “not” işlemi de birden çıkarma şeklinde ifade edilir. Bunlar;

AND: $A=0.2 \quad B=0.8 \Rightarrow A \text{ and } B = (A) * (B) = 0.2 * 0.8 = 0.4$

NOT: $A=0.4 \Rightarrow \text{not } A = 1-(A) = 1 - 0.4 = 0.6$

şeklinde örneklenebilir. Ancak bunlar en basit yaklaşımlardır.

YSA (Yapay Sinir Ağları) ve Fuzzy Logic tekniklerinin beraber kullanımı ile daha etkili sistemler dizayn etmek mümkündür, ancak bu işlem ortaya çıkan sistemi çok yavaşlatmaktadır ve henüz bu tekniklerin birleştirilmesi yöntemi

geliştirme ve test aşamalarındadır, aslında YSA algoritmaları da her gün hızla güncellenmektedir.

1.4.3.8 Kontrol Sistemlerinde Zor Durumlar

Gerçek bir fabrikada kontrolör her türlü olumsuz koşula da hazırlıklı olarak ayarlanmalıdır. Örneğin çoğu işlem önceden görüldüğü gibi doğrusal seyretemeyebilir. Çoğu durumda, işlem çıktısı ve hesaplar taşınmada ortaya çıkan ölü zaman sebebiyle farklar gösterir. Çoğu fabrika kontrolörü verilen bir çok girdiye ve karşılaşılan bir çok çıktıya göre fazlaca kontrol döngüsü içermelidir. Çok bilinen bir örnek kimyasal reaktör örneğidir ki, reaksiyon oranları, ısı ve bileşik miktarına bağlıdır. Bu durumda, sıcaklık ve karışım seviye ve akış kontrolünden etkilenir. Ayrıca, sıcaklık ve karışım karşılıklı olarak birbirlerinden de etkilenir (Jones and Sell, 1995).

Duruma bağlı olarak pekçok karşılıklı etkileşen döngülerin nasıl düzenleneceğine ilişkin bazı yaklaşımlar vardır. Bunlardan birinde, optimal döngüler değişken çiftlerinde, çiftler arasındaki etkileşimi azaltmaktadır. Bir diğer yaklaşımda, döngü çiftlerinin usulüne uygun ayrıştırılması tekniğidir. Optimal çift seçiminde ve çiftlerin ayrıştırılmasındaki sorun, değişkenler arttıkça işlemlerin can sıkıcı hale gelmesidir. N sayıda girdi ve n sayıda çıktı için potansiyel fonksiyon $n!$ olacaktır.

Elektrikle çalışan bir reaktörde, optimal ürünü ve seçiciliği sağlamak için reaksiyonun sıcaklık ve karışım profili açısından kontrolü en uygundur. Kağıt ve kağıt hamuru endüstrisi, kesintisiz pişirme, ağartma kademeleri, ekstraksiyon aşamaları gibi benzer örneklere sahiptir. Diğer yöntemler kademeli dizi, seçici, sonuç kontrolü, döngü çiftlerinin ayrıştırılma tekniklerini içerir. Ayrıca, ileri besleme yöntemi de kullanılabilir.

Kesintisiz pişirme mekanizmasında el ile ayarlanan değişkenler çözelti/yonga oranı, sülfidite, pişirme süresi ve pişirme sıcaklığıdır. Isıtma süresi, pişirme süresi

ve pişirme sıcaklığı H-faktör olarak birleştirilebilir. Pişirme süresi ve emprenye süresi kolon çapına ve toplam akım oranına bağlıdır.

Yüksek işlem girdilerine karşılık, ölçülen işlem çıktıları oldukça azdır. İlk çıktı kağıt hamuru kappa numarasıdır. Diğer çıktılar, verim, hamur kalitesi, makine çalışması, beyazlatmada kimyasal madde tüketimi, buharlaştırma performansı, geri kazanma performansı, güç ve parlaklık gibi kağıt kalitesidir.

Kappa numarası ve nihai ürün H-faktörün fonksiyonudur. Yine de tek başına kappa numarasının iyi kontrolü, kağıt makinası performansını güvence altına almaz. Kappa numarasının kontrolü için H-faktörün ve etkili alkalinin kontrolü şarttır. H-faktörün kontrolü ise pişirmeye giren buharın muhtelif ayarlarda kontrolü ile yapılmalıdır. Etkin alkali kontrolü içinde yonga/pişirme çözeltisi oranı kontrol edilmelidir.

Ölü zaman kontrolünün güç olmasının nedeni bu zamana ilişkin bilgiye erişme güçlüğüdür. Bu durumda kontrolör, stabiliteyi sağlayabilmek için fazlaca dikkat göstermelidir. Karşılaşılabilecek sorunları azaltmak ve gecikmenin etkilerini hafifletmek için 3 alternatif önerilebilir (Jones and Sell, 1995).

1. PID kontrolü kullanmak: Burada kontrolör arzulanan stabiliteye göre ayarlanır ve sonuca katlanır. Ölü zaman ve sistem zaman sabiti oranı çok yüksek ve kontrol gereksinimleri çok sıkı değilse bu yöntem kullanılabilir. Bu yaklaşımın kullanımı daha pahalı ise PID kullanılır.

2. İleri besleme kontrolü kullanmak: Kontrol döngüye girmeden önce aralıkları araştırıp ölçmek olasıysa bu sistem kullanılabilir. Zira sistem başladığı an bozuklukları giderir ve ölü zaman da oluşmaz. Yöntemin iki sakıncası vardır: Aksaklıkların ölçümü çok zor ya da pahalı olabilir ya da hepsini ölçmek mümkün olmayabilir. İkincisi; iyi düzenlenmiş bir sistemde uygulanmalıdır.

3. Varsayıma dayalı kontrol sistemi kullanmak: Sistem çalışmadan işlem sonucunu ölçmek elbette olası değildir. Diğer yandan erteleme, gecikme içermeyen sistemler kurmak mümkündür. Model yeterince sağlamsa, sistemin

çıktısının ne olacağı da bir varsayım olacaktır. Kontrolör kendisini bu varsayıma göre hazırlar.

1.4.4 Uygulamaya Geçiş

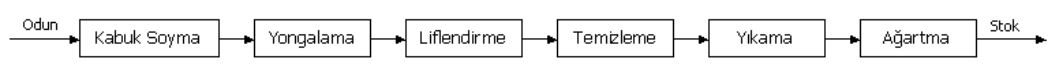
Herhangi bir başarılı kontrol uygulamasının anahtarı doğru ve tekrarlanabilir ölçmedir. Birçok durumda, eğer proses değişkeni ölçülebilirse, o kontrol elde edilebilir demektir.

Aşağıdaki bölümler, ölçülmüş proses değişkeni ile istenen değerini karşılaştırma işleminin kontrolünü ve son kontrole neden olan bir çıktı sinyalini sağlayacak, devam eden prosesin kontrol işlevini yapmayı tanımlar.

İşlemler genelde dinamik olduklarından, bu karşılaştırma ve düzeltme hareketi sürekli ve aktiftir. Bu da bir köşe veya virajla karşılaşan otomobilin döndürülmesi gibidir. Bir otomobili kontrol ederken, hareketi hisseden bakış açısı şoföre aittir. Hata hesabı (mesela yol ve hendek arasındaki fark) kontrol eden (şoför) tarafından düzeltilir. Aslında bu da araba kullanan insanın beynidir (Otto and Roberts, 1995).

1.4.4.1 Proses Blok Diyagramı (Process Block Diagram – PBD)

Herhangi bir işlem kontrol sisteminin dizaynında ilk aşama, işlemin tanımlanmasıdır. Bunu yapmada, kullanılmakta olan araç işlemin operasyon ünitesini gösteren temel blok diyagramdır (hammaddeden tamamlanmış nihai ürüne kadar). Bu ise kolayca okunan ve sistemin bir yol haritasını sağlayan, temel işlem bilgi diyagramı sonucu oluşturulur. Aşağıdaki Şekil 1.11’de bir selüloz işlemi blok diyagramı projesi basit bir örnek olarak gösterilmiştir.



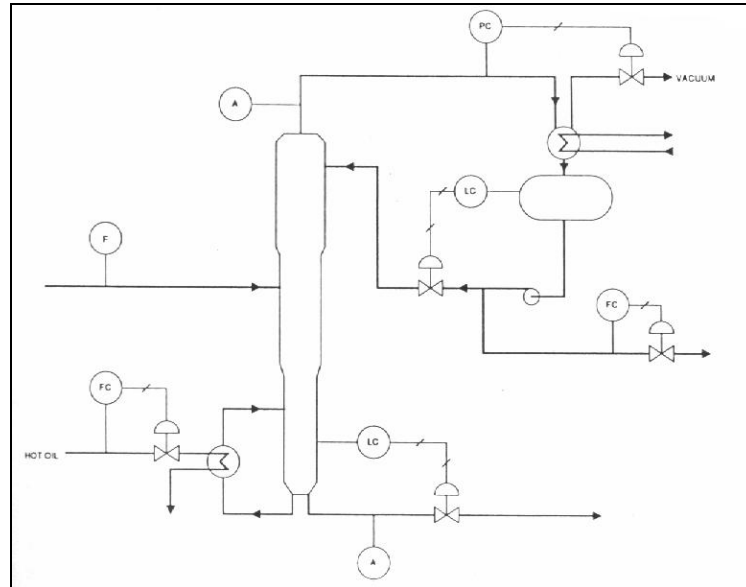
Şekil 1.11 Basit bir proses blok diyagramı.

Daha sonraki gelişim projesi, materyal kütlesi ve enerji tüketimi, ısı kaybı, su,

kimyasal maddeler, gerekli zaman gibi işlem bileşenlerini ve toplam projede bu işlemlerin herbiri için değişik fonksiyonları içerir. Bu aktivite, esas projedeki ekipmanlar ile ilgili yazım veya çizimlerin daha detaylı tanımlanması, bir akış diyagramı projesi olarak neticelenmesini amaçlar. Ekipman boyutları ve akış bilgileri, birbirine bağlı proje hattı üzerinde yapılır (Otto and Roberts, 1995).

1.4.4.2 Proses Akış Diyagramı (Process Flow Diagram – PFD)

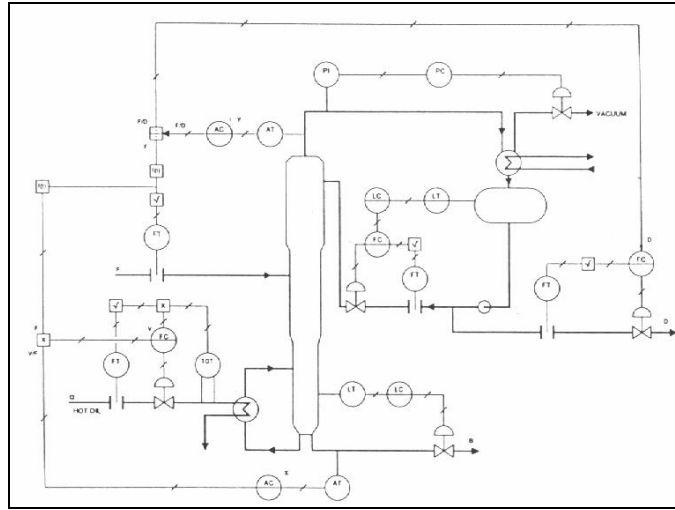
Proses akış diyagramları projelerin tamamlanmasının kısa ve basit özetidir (Şekil 1.12). Herhangi bir kimse akıl yoluyla fabrikada yürüyerek başka bir detaya gerek kalmadan proses akış resmini elde edebilir. Bu sadece proje kontrol şema gelişimine doğru geçici bir adımdır. Bununla beraber, proje kontrol mühendisi en iyi kontrol sistemini geliştirmek için işlem akış diyagramının tamamlanması önceliği ile tipik olarak organize olmuştur. Fakat kesinlikle bu noktadan daha sonra olmamalıdır. Proses kontrol mühendisleri, normal olarak kontrol açısından ne yapılması gerektiğini tanımlayarak PBD ve PFD'leri yapar. Sonunda, PFD, proses ve cihazların yerleştirilmesi diyagramına dönüşür (Otto and Roberts, 1995).



Şekil 1.12 Proses akış diyagramı (Otto and Roberts, 1995).

1.4.4.3 Cihazların Yerleştirilme Diyagramı (PID)

Proses ve ekipman diyagramları, temel çalışma ve sistemin istenildiği gibi hareketini yapması için gerekli ana parçaları gösterir (Şekil 1.13). Bu, mesela hat üzerinde algılayıcıları, vanaları, daha uzaktaki parçaları, örneğin panel ve bilgisayar konulmuş bölümleri gösterecektir. Bunlar ölçümlerin yapılabileceği ve bunların kontrol ile olan ilişkilerini gösterebilecek yeterli detayları içerir. Fakat montaj ve sistemde oluşacak sorunları içerecek detayları göstermezler (Otto and Roberts, 1995).



Şekil 1.13 PID ana işlem ve alt yerleştirimi (Otto and Roberts, 1995).

1.4.4.4 Enstrümantasyon ve Kontrol Standartları

PID'in nasıl şekillendirileceği konusunda ortak bir yol bulmak için, birçok mühendis ISA'yı izlemektedir. ISA gurubu dünya çapında örgütlenmiş olup, kontrol referans materyali hazırlamışlardır. Kontrol teknolojisine bilimsel bir düzen getirmek için kullanılan standart ve uygulamaları geliştirmişlerdir.

Aynı şeyi yapmak üzere örgütlenmiş bir başka grup ise SAMA (Bilimsel Cihaz Üreticiler Birliği)'dır. Sembollerin kullanımı bu iki grup arasında farklı farklıdır. Mevcut üçüncü bir değerlendirme ise TAPPI tarafından selüloz ve kağıt endüstrisi alanında özgün semboller üretme yoluna gitmiştir.

TAPPI sembolleri ise temelde ISA standart sembollerinin genişletilmiş halidir.

1.4.4.5 Yan Bağlantılar

Tam ebatlı kontrol valfleri için en yaygın bağlantı dizaynıdır. Proses borularının son uçları ile ortaktır. Yaygın olan mevcut basınç tahminleri ANSI sınıfı 150, 300 ve 600'dür. Yan basınç tahminleri, yandaki cıvata çukurlarının geometrisine ve miktarına uymaktadır. Bağlantının bu tipi bükmeye karşı iyi direnç gösterir. Yerleştirilmesi ve çıkarılması nispeten kolaydır. Bununla birlikte, vidalama veya kaynaklamanın yüksek basınç tahminlerine dayanıklılık göstermez (Anon., 1994c).

1.4.4.6 Valf Harekete Geçiriciler (Valve actuators)

Tamponu harekete geçirmek için güç gereklidir ve tamponu sabit tutmak valf harekete geçiriciler tarafından sağlanır. Harekete geçiriciler valf gereksinimlerine bağlı olarak bir dönme ile iki taraflı bu gücü sağlayabilirler.

Aktuatörler, pnömatik, hidrolik, elektrik veya yöntemin kendisi gibi 4 kaynağın birinden güçlerini üretirler. Metodun seçimi çeşitli faktörlere bağlıdır. Bunlar, valfin yeri, tork gereksinimleri, yerleştirme, harekete geçirmenin hızı, ... vs dir (Anon., 1994c).

1.4.4.7 Pnömatik ve Hidrolik Aktuatörler

Uzaktan hareket ettirmeye izin vermek için harekete geçirici gücü, düşük viskozitenin herhangi bir tipinden türetilir. Fakat, bir kağıt fabrikasındaki bu güç tipik olarak ya basınçlı hava ya da basınçlı hidrolik sıvıyla sağlanır.

Basınçlı hava düşük güç durumlarında kullanılmaktadır. Temiz ve borular için kullanımı kolaydır. Fakat, fabrikadaki çok pahalı mallardan biridir.

Hidrolik sıvı daha büyük güç gerektiren yerlerde kullanılır. Sıvı, havaya nazaran 3 avantaja sahiptir. Basıncıdır, kendini yağlayabilir ve daha yüksek ısı özelliklerine sahiptir.

Pnömatik ve hidrolik harekete geçiricilerde kullanılan pistonlar ve diyaframlar bir harekete geçirme gücü içinde sıvı basıncını dönüştürmek için kullanılır.

1.4.4.8 Değişken Hızlı Sürücü Sistemleri

Değişken hızlı elektrik sürücü sistemleri kağıt endüstrisinde son kontrol elemanları olarak kullanılmaktadır. Bu cihazlar; kompresörler, pompalar, makineler ve diğer cihazların hızının kontrolü için kullanılmaktadır. Bir sürücünün tipik bileşenleri şunlardır:

1. Güç transformatörü
2. Elektriksel bağlantısız ve karşı akım koruyucu
3. Güç dönüştürme elektronikleri (AC-DC veya AC-DC-AC)
4. Düzenleme elektronikleri
5. Motor
6. Geri besleme sürücüleri
7. Mekanik sürücü sıra bileşenleri

Sürücü ifadesi hız düzenleme ve güç dönüştürme elektronikleri için sık sık kullanılmaktadır. Değişken hızlı motor sürücülerinin iki tipi vardır. Bunlar, alternatif akım (AC) ve doğru akım (DC)'dir. İşletme için benzer ilkelere kullanılır.

Sıraya konulmamış elektromanyetik alanlar bir tork üretir. Bu tork bir şaftı döndürmek için kullanılır. Her bir motor iki alan üretmek için donatılmıştır. Bunlardan biri motorun sabit kısmı (stator), diğeri ise dönen kısmı (rotor) dur. Bu elektromanyetik alanlar, metal çubuklar veya telin bobinlerinin akım akışının düzenlenmesi ile üretilmektedir (Anon., 1994a).

Genelde, elektriksel motor sürücüleri tork üretirler.

1.4.4.9 AC Sürücüleri

AC sürücü motorları, onların AC karşılıklarından daha küçüktür. En yaygın tipi, sincap kafesi rotor motorları olup, geleneksel tek hızlı AC motorlarına benzemektedir. Soğutmayı kolaylaştırmak için benzer tek hızlı AC motorlarından daha geniş bir iskelete sahiptirler.

Bir AC motorunda, stator alanı sert telli bir elektrik alanı ile meydana getirilir. Bu, transformatörlerin çalışmasına benzerdir. AC değişken frekanslı sürücü kontrollerinde frekans ve voltaj stator dönemeçleri ile uygulanmaktadır. Frekans değişiklikleri olarak motorun yüksüz dönme hızı, formüle göre değişmektedir.

Burada hata, stator alanının dönme gücü, motor yük dayanımı ve sürtünmeden etkilenir. Motor tarafından meydana getirilen torkun miktarı hatanın bir fonksiyonudur. Bir AC motorundaki tipik hata %3 civarındadır (Otto and Roberts, 1995).

1.4.4.10 Çeşitli Aktuatörler

Kontrol valfleri ve sık sık değişebilen sürücüler, kağıt ve kağıt hamuru endüstrisinin son kontrol bölümünü oluşturur. Diğer çeşitler ise, özel bir mekanizma ile çalışır. Bu araçlar kağıt mekanizmasının birleşen bölümlerinde ve geçiş kontrol sisteminde bulunur. İki adet son kontrol elemanı bulunur. Bunlar doğrusal aktuatör ve ısıtıcılardır.

Doğrusal aktuatörler

Doğrusal aktuatör, kontrol hareket mekanizmasında, tek yönlü hareketlerde kullanılır. Bunun için birkaç metot kullanılabilir. Bu aktuatörler küçük hareket dizinlerinde metale ısı vermeyi gerektiren imalathanelerde kullanılmaktadır. Bu

kadarla da kalmayıp, hava ve su pistonlarında da kullanılabilir.

Isıtıcılar

Isı sistemleri birçok kısma ayrılabilir. Bunlardan en yaygın ikisi elektrikli ve gazlı olanlarıdır. Geleneksel elektrikli ısıyı bobine veren ve sıcaklığı sağlayan çeşidi bulunmaktadır. Standart çeşidi ise açmalı-kapatmalı ve silikon düzeltim kontrolünde kullanılan türüdür.

Bu cihazlar, açma–kapama prensibine göre çalışır ve bir hatla akıma bağlıdır. Zamanla orantılı olarak ısıtıcı açık kalabilir. Belli bir zaman diliminde açılıp ısıtma işlemini başlatabilir, belli bir zaman ise güç kesilip durdurulabilmektedir. Isıtıcı bir ısıtıp, bir ısıtmayacaktır .

Kızılötesi sisteminde elektrik veya gaz ısı dalgaları oluşturmaktadır. Enerji, hedefe yayılma yoluyla ulaşır. Kızılötesi enerjisi, hedefin moleküllerini harekete geçirir, böylece ısı üretilir.

Elektrikli sistem SCR ile kontrol edilir. Gazlı sistemde akış kontrol altında olup, küçük valflerle ocaklara ısı verilir. Alev ve buhar ortaya çıkmadığından tehlikeli olabilmektedir (Otto and Roberts, 1995).

1.4.4.11 Otomatik Kontrol Valfi Seçimi

Valf seçimi önemli bir faktördür. Seçim çok iyi yapılmalı, bir çeşide bağlı kalınmamalıdır. Çünkü birçok faktör bu valfe bağlıdır.

Valf satıcısı veya üreticisi, danışma ve asistanlık yönünden iyi bir kaynak olmalıdır. Tecrübeli ve antrenmanlı olması çok önemlidir.

Bütün bunlara rağmen umulduğu gibi veya gerekli olduğu gibi randıman vermiyorsa, sistemi yapanlar tarafından değiştirilmesi gereklidir.

Valf seçiminde izlenecek yollar (Otto and Roberts, 1995):

1. Kullanılacak yöntemin şartlarını belirlemek
2. Valfden geçecek basıncı belirlemek
3. Valfin karakteristik akışını belirlemek
4. Valfin yapısını seçmek
5. Valfin akış sisteminin güvenli olup olmadığını belirlemek
6. En uygun valfi seçmek
7. Valfin yapısında bulunacak materyalleri seçmek

Şekil 1.14'de çeşitli valf tipleri görülmektedir.



Şekil 1.14 Çeşitli valf tipleri (Anon., 2000).

1.4.5 Dağıtılmış Kontrol Sistemleri (DCS)

İlk DCS (Distributed Control Systems–Dağıtılmış Kontrol Sistemi) 1970’li yıllarda Honeywell Inc. firması tarafından sunulan bir üretim tekniğidir. Bugün Dağıtılmış Kontrol yirminin üzerinde cihaz üreticisi tarafından tercih edilmektedir ve kağıt endüstrisinde standart hale gelmiştir.

Geleneksel Panelboard sistemlerinin yerini alan Dağıtılmış Kontrol Sistemleri her işlemde kontrol fonksiyonu ve ihtiyaç için yapılmış ve dizayn edilmiş dağıtım modelleri ağına bağlanan bir bilgisayar terminalinden meydana gelir. Dağıtılmış Kontrol Sistemleri, bilgi alıcı sistemleri ile dosya alıcılarının kablo bağlantılarının yapılmasıyla oluşur (Liakos, 1995).

Bir temel bilgi ağı yönetimi dağıtılmış kontrol sistemini koordine eder. İşlemi kontrol eden konsol ile operatör birbiriyle etkileşim halindedir. Bilgi kontrolü, dosya yöneticisi ve dosya kontrol cihazları tümüyle uyum içinde çalışır.

1.4.5.1 DCS Yapısı

Günümüzde Dağıtılmış Kontrol Sistemleri bilgisayar aksamı ve programlarına göre çeşitlilik göstermektedir. Fonksiyonel olarak ele alındığında, sistemler arasında birçok yönden benzerlikler görülebilir. Her ihtiyacı karşılayan sistem dosyaları ayrı ayrı olarak dizayn edilmiştir. Birbirleriyle değiştirilemezler. Bilgisayar program paketi ise her sistem için özel olarak yazılır. Her üretilen parçada, yüksek iletişim ve protokol, görünüm teknikleri, klavye dizaynı, kapasitesi, servis işlemleri vs. çoğunlukla farklılık gösterirler. Buna rağmen son yıllarda DCS satıcıları tarafından yapı dizayn kriterine daha fazla önem gösterilmekte ve DCS bilgi ağını iyileştirmek için çaba sarfedilmektedir (Liakos, 1995).

1.4.5.2 Dağıtılmış Kontrol Sistem Parçaları

Dağıtılmış Kontrol Sistemi, kapalı bir sistemdeki parçaların fonksiyonlarının tek bir yerden kontrolünün yapılmasını sağlayan bir işletim sistemidir. Bu basit parçaların içeriğinde bilgi toplama, yerel bölgede iletişim ve haberleşme, bağlantı, güç sağlama sistemi, işletme çalıştırma istasyonu, dosyalama ve bazı bilgilerin bilgi tarihçesi vardır.

Bu parçaların fonksiyonları bir veya birden fazla şekilde birbirlerine bağlıdır. Fakat her dağıtılmış kontrol sistemi kesinlikle bu parçalara sahip olmalıdır. Bütün sistem tek veya çok yönlü şekilde birbirlerine bağlanmak zorundadır. Bütün sistemler birbirlerine benzer kontrol sistemlerine ihtiyaç duyarlar (Liakos, 1995).

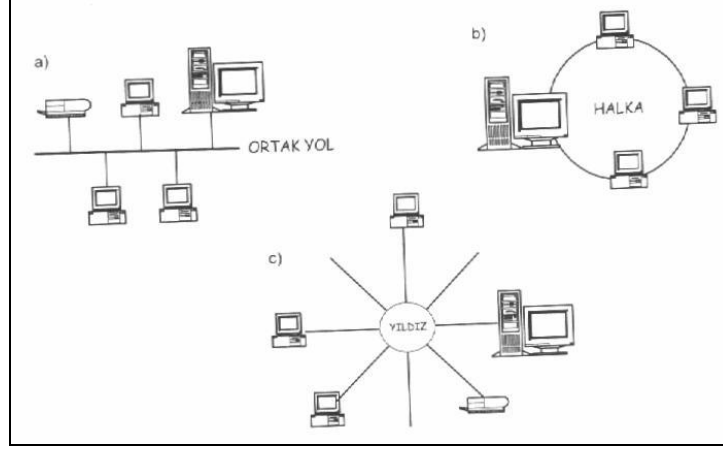
DCS kumanda yeri kullanıcıya bağlıdır. Bütün sistem istenirse tek bir yerden veya merkezden kontrol edilebilir.

1.4.5.3 Dağıtılmış Kontrol Sistemlerinin İletişim Çeşitleri

Dağıtılmış Kontrol Sistemlerinin ilk kullanımlarında iletişim birbirine sarılmış kablolar ile sağlanıyordu. Bugün birçok sistem koaksiyel kablo veya kondüktör sistemini elektrik ile birlikte kullanmaktadır. Koaksiyel kablo sistemi büyük bir hız ve yüksek bilgi akışını sağlamakta, uzaklık problemini ortadan kaldırarak gelen bilgilerin alımını en iyi şekilde yapmaktadır. Bazı sistem dağıtıcıları fiber optik kablo sistemi ile çalışmaktadır. Bu kablo sistemi daha yüksek hızın gerektiği yerlerde ve daha çok merkezin kontrolünde kullanılabilir. Aşırı ve gereksiz kablo kullanımını ortadan kaldıran bu sistem, aynı zamanda da güvenli olduğu için birçok işletme tarafından daha çok tercih edilmektedir. Kablo sistemi üretici firma tarafından isteğe göre de hazırlanabilmektedir. Bununla birlikte sürekli on-line bağlı kalmak veya otomatik kapanma gibi sistem içerisinde başka imkanlar da bulunmaktadır (Çölkesen ve Örencik, 2000).

Yerel Bölge Ağı (Local Area Networks)

DCS ile iletişim arasındaki yola Local Area Networks (LAN) denilmektedir. Çok kullanılan üç adet sistem vardır. Bunlar yıldız, halka ve otobüs (veya ağaç) şeklindedir (Şekil 1.15).



Şekil 1.15 Yerel bölge ağı şekilleri (Çölkesen ve Örencik, 2000).

Yıldız Ağı (Star LAN)

Yıldız fonksiyonu, bu sistemde her bir düğüm noktası birbirinden bilgiyi alıp dağıtmakta ve bu bilgiler bir merkezde toplanmaktadır. Bu fonksiyondaki en önemli hizmet, ileri düzeyde bilgi alış verişinin sağlanmasıdır.

İletişimin güvenliğinde yıldız fonksiyonunun her bir düğüm noktası maksimum güvenli olup bu sistemde hata minimuma indirilmiştir. Çok büyük iletişim sistemlerinde yıldız fonksiyonu kullanışlı değildir.

Ağaç veya Otobüs Ağı (Tree or Bus LAN)

Otobüs sistemi yıldız sistemine çok benzerdir. Bu sistemde tek ana makine (server) bütün düğümlere ulaşır. Bu sistem yıldız sistemine göre daha yaygındır.

Halka Ağı (Ring LAN)

Halka fonksiyonu; halka iletişimde bütün düğüm noktaları birbiri ile bağlantılıdır. Halka fonksiyonunda yıldız ve otobüs fonksiyonlarındaki gibi bir ana makine yoktur. Halka fonksiyonu zaman içinde gelen bilgi akışı ve mesajı

zamana bağılı olarak kaydeder. Bu sistemde gelen mesajlar doğru adrese gidinceye kadar bütün düğüm noktalarında dolaşmaktadır.

Çoklu Ağlar (Multiple LANs)

Bu tür bir ağ içerisinde çoklu fonksiyon birçok koldan oluşmuştur. Yukarıda birkaç tanesi tarif edilmiştir. Çoklu şebeke sistemlerinin çalışabilmesi için birçok bölüme ve düğüm noktalarına ve buna bağlı yüksek frekansa ihtiyaç duyarlar. Sıklıkla LAN çalışma bölgeleri ayrı ayrıdır. Çoklu fonksiyon bu çalışma bölgelerinin genişlemesini sağlar. Birçok endüstri dalında bu sistem daha uygundur. Bunun yanında bu sistemde birden fazla LAN fonksiyonu kullanılır. Her türlü iletişim sistemi ile kolaylıkla kullanılabilir. Acil bağlantı durumlarında sıkça bu fonksiyona başvurulmaktadır.

Çoklu fonksiyonda halka ile halka-halka kullanımına çok rastlanır. Otobüs sisteminin organizasyon şemaları yüksek frekansta bağlantıları en küçük ve en yüksek seviyelerde ayarlanabilir ve kullanılabilir.

Her satıcı kendi çalışma sistemine sahiptir. Yerel bölge ağlarında, sistem birbiri ile olan bölüm bağlantılarını saklar ve bazı özel bilgileri seçerek kaydeder. Bu karşılaştırmalar zaman zaman ana kapı girişi gibi tek bir yere açılır.

Kesikli (Discrete) Girdi/Çıktı: Kesikli girdi/çıkı ya da motor veri iletişimi, benzer analog üretim süreçlerinden ayrı fiziki altyapı ve sinyal düzeyleri ile farklılaşmaktadır. Ayrı sinyal seviyeleri 24 volt DC'den 120 volt AC'ye kadar değişmektedir.

Ancak kağıt endüstrisi, 120 volt AC'den daha yüksek voltaj sinyal düzeyleri bulunan çeşitli motorlara sahiptir. Dağıtılmış kontrol kabinlerinde, elektrik güvenliği ve olabilecek elektrik problemlerini gidermek amacıyla sinyal seviyelerini düşüren bir elektrik sinyal dönüştürücü kullanılmaktadır. Bu nedenle sistem odaları ile fabrika yüksek voltaj motor kontrol odaları birbirinden ayrıdır (Liakos, 1995).

Seri Bağlantı Giriş/Çıkış: Dağıtılmış kontrol veri elde etme sistemleri, kendi dağıtılmış ağ haberleşmelerini kullanmak suretiyle daha gelişmiş bir yapıya kavuşmuştur. Programlanabilen kontrol (PLC) ayrı kontrol saha araçları, motorlar, vb. cihazlar için kullanılabilir. “Akıllı algılayıcılar” ve “düzenlenebilir ölçüm ağı” seri iletişimde kullanılan diğer teknolojilerdir.

Her iki veri elde etme ağıda, girdi/çıkış iletişim kartları sayesinde dağıtılmış kontrol ağları ile bağlantı kurmaktadır. PLC sisteminde RS-232C seri iletişim ağı vasıtasıyla iletişim kurulur. Akıllı iletişim ağı kavramı üretici dizaynlarına dayalı olarak gelişmeye devam etmektedir.

1.4.5.4 Programlanabilir Mantıksal Kontrol (PLC)

PLC olgusu, fonksiyonları itibariyle bakıldığında dağıtılmış kontrol sistemlerine benzemekte olup, ekipmanları ortak bir iletişim ünitesi aracılığıyla iletişimde bulunmaktadır. Söz konusu sistemler, motor kontrol sistemi ile bağlantılı olarak bir grup üretici tarafından kesikli kontrol sistemleri için geliştirilmiştir. Bununla birlikte, bugünlerde bu üreticiler analog ölçüm ve kontrol de yapabilen PLC sistemlerini önermeye başlamışlardır (Başulaş, 1992).

Motor kontrolü için PLC kullanmanın başlıca yararı, fabrikanın elektrik servisi ile PLC'nin fiziki altyapı ve programlama prosedürünün benzer olmasıdır. PLC oluşturulma teknikleri motor kontrolü için kullanılan basamaklı hesap ve mantık yapılarını kullanmakta olup, bu yapılar çok uzun yıllardan beri fabrika elektrik sistemlerinde kullanılmıştır. PLC ile birlikte kullanılan dağıtılmış kontrol sistemlerinde, işletici hem analog hem de kesikli kontrolü yapabildiği gibi dağıtılmış kontrol sistem panelini kullanabildiğinden PLC paneline ihtiyaç duyulmamaktadır.

Dağıtılmış kontrol sistemi üreticileri, RS-232C iletişim ilişkisini gereksiz kılacak PLC sistemini geliştirmişlerdir. Böylece, PLC üreticileri kendi analog/kesikli dağıtım sistemlerini geliştirmek suretiyle, rekabetçi bir donanım piyasasının

oluşmasına katkıda bulunmuşlardır (Başulaş, 1992).

1.4.5.5 Akıllı Algılayıcı Ölçümü Ağ Arayüzü

İletişim alış-verişini sağlayan cihazın dizaynında kullanılan mikro işlemci teknolojisi ile saha iletişimi daha doğru ve sağlıklı bir şekilde sağlanabilmektedir. Kağıt endüstrisinde artan kullanım alanı ile birlikte, birçok iletişim cihazını bir kablo ile iletişim ağlarına bağlayan sistem birçok üretici tarafından piyasaya sürülmektedir. Böylece, 4-20 mA de hard-wiring sisteminin devre dışı bırakılmasıyla birlikte daha gelişmiş ve iyi bir iletişim sisteminin yararları artmıştır. Diğer taraftan, birçok üretim cihazının birleştirilmesi ve iletişimde kullanılması amacıyla kontrol üretim ağlarının dizayn edilmesine yönelik çalışmalara devam edilmektedir.

1.4.5.6 Dağıtılmış Kontrol İlişkileri

Birçok fabrikada ve şirket bilgisayar sistemlerinde kullanılan dağıtılmış kontrol sistemleri, bugün kağıt endüstrisinde daha da gelişmiştir. Fabrika bilgisayar sistemleri, dağıtılmış kontrol sistemlerinde kullanılmakta olan on-line işlem bilgilerine ihtiyaç duyar ve dağıtılmış kontrol sistemleri sık sık fabrika bilgisayarlarının teknik, bakım, satın alma, nakliye ve diğer bölümlerince kullanılan bilgilerden yararlanır.

Ayrıca, birçok düzgün işleyen proses tipi sistemler, dağıtılmış kontrol ağıyla bütünleşmiştir. Bu sistemler, geçmişte kendi işleyiş ve kontrol sistemleri ile ayrı bir bütünlük oluşturuyorlardı. Kağıt makinesi kontrolü için kullanılan temel kontrol bilgisayar paketleri, fabrika işleyiş sistemlerini standartlaştırmak amacıyla, dağıtılmış kontrol ağları ile ilişkiye geçirilir. Tek pencere olarak adlandırılan bu olgu sayesinde yönetici, dağıtılmış kontrol altyapısından elde edilen tüm bilgilere erişebilme fırsatını yakalar.

Dağıtılmış kontrol sistemlerine ilişkin diğer yeni bir eğilimde, dağıtılmış kontrol

şebekesiyle bağlantılı olan kişisel bilgisayar kullanımındaki artıştır. Kişisel bilgisayarlar, dağıtılmış kontrol sistemlerinde mevcut olmayan birçok diğer özel amaçlar için kullanılmaktadır. Dağıtılmış kontrol sistemi, kullanıcı ile sistem arasında ilişki kurmaya yarayan bir programa ihtiyaç duymaktadır. Kişisel bilgisayarlar ise, dağıtılmış kontrol sistemlerinden verileri almak ve gerekli bağlantıyı kurmak amacıyla programlanmaktadırlar (Liakos, 1995).

1.4.5.7 Kontrol Cihazları

Dağıtılmış kontrol sistemlerindeki ilginç gelişmelerden birisi de kontrol cihazlarıdır. Birincil kontrol dağıtılmış kontrol ağında bulunan tek aşamalı ünitelerdir. Kontrol olgusunun mantığı bu kontrol cihazlarında yatmaktadır. Kontrol parametreleri de bu olgunun içindedir. Temel kontrol, basit bir orantı-integral-türev (PID) prosedürü ile birkaç seçeneğin birleşmesinden oluşmuştur.

Kontrol cihazını uzak bir yerde kurma fikri eşsiz bir fikir olarak kabul edilmiştir. Bu fikir, söz konusu aygıtın düzenli bir şekilde dağıtılmış kontrol ağı ile değişkenleri, verileri, bilgileri elde etmesi ve nakletmesi demektir.

Bu alanın gelişmesi ve güven artışı neticesinde (başlangıçta kullanıcılardan gelen direnç de belirtilmelidir) çok-aşamalı kontrol üniteleri kullanılmaya başlanmıştır. Bu ünitelerin sistem ve kontrol güvenilirliği sağlanıncaya dek, tek-aşamalı kontrol ünitelerine olan ilgi daha fazlaydı. Çok-aşamalı kontrol ünitelerinin ve ilgili prosedürlerin gelişmesi neticesinde kullanıcılardan gelen direnç zaman içinde aşılmıştır (Anon., 1994b).

Gerçekte, çok aşamalı kontrol mekanizmasının dosya ve işlem saklama sistemini (back-up) geliştirmesi sonucunda dağıtılmış kontrol sistem endüstrisi daha gelişmiş kontrolleri mümkün kılmıştır. Düzenleme teknikleri programlama bilgilerini içeren prosedürlere hız vermiştir. Bugün birçok dağıtılmış kontrol sisteminde kontrol elemanlarının seçilmesinde, farklı ve sınırsız sayıda kontrol elemanlarının oluşturulabilmesinde sağlanan gelişmeler neticesinde kontrol

süreçleri gelişmiştir. Sonuçta kontrol cihazlarının hepsi yüksek seviyeli bir bilgisayar diliyle programlanabilmektedir.

1.4.5.8 DCS Merkezi Sistemi ve Çalışma İstasyonları

Operatörün kontrol paneli dağıtılmış kontrol sisteminin merkezinde yer alır. Kontrol odasında bulunan bu kontrol paneli sayesinde operatör, prosesi kontrol eder ve dağıtılmış kontrol sisteminin bütün elemanları ile irtibat kurar. Bütün girdi ve çıktı bilgileri, alarm işlevleri ve diğer bütün prosese ve kontrole ilişkin işlevler kontrol paneli ile idare edilir.

Operatörün kontrol paneli kontrol odasında bulunan veya işlem katında ayrı bölümlerde yer alan çeşitli monitör ve klavyelerden oluşur. Geleneksel panel sistemlerine nazaran aşamaları daha iyi gözleyebilme ve denetleyebilme sayesinde panel dizaynı istenilen işlemleri yerine getirecek şekilde yapılır. Ayrıca, çeşitli süreçleri kapsayacak şekilde dizayn edilir.

Operatör 6 monitörü ve iki ya da 3 klavyeyi etkin bir biçimde kullanabilir. Panelin proses içindeki önemi nedeniyle yedek bir panel sistemi oluşturmak iyi bir fikirdir. Yedek panel sistemi kontrol sistemi içinde ortaya çıkabilecek problemlere karşı kullanılacak olup asıl kontrol paneli ile aynı özelliklere sahiptir.

Panelin işleyişindeki aksama ve sorunlar kontrol sisteminin işleyişinde bozulma ve çökmeye neden olmaz. Dağıtılmış kontrol sisteminin cihazları, dağıtılmış kontrol ağından farklı bir işleyişe sahiptirler. Panelin işleyişindeki aksaklıklar dağıtılmış kontrol ağı ile iletişim kurulmasındaki aksaklıklar anlamına gelir.

Panel dizaynları üreticiler tarafından farklı şekillerde yapılmaktadır. Renkli monitörler endüstride daha yaygın olarak kullanılmaktadır. İşlem kapasiteleri sistemin tepki verme zamanı ve terminal işleyiş süreçleri de üreticiler tarafından farklı şekillerde dizayn edilmektedir (Liakos, 1995).

Mühendisin Çalışma Köşesi

Çok terminalli kontrol sistemlerinin şekillendirmede mühendis; kullanım tipi klavye ile birlikte özel bir klavye daha kullanmaktadır. İkinci klavye grafik ekranının yapılanmasına, kontrol stratejilerinin programlanmasına, sistem üretimine, sistem arıza teşhis ve sorun giderme gibi olasılıklarla diğer önemli mühendislik görevlerinin yerine getirilmesine imkan sağlar. Bu mühendislik işlerinden bir çoğu bağlantısız yapılabilir. Çalışma köşesi genellikle dağıtılmış kontrol ağına bağlıdır.

Çevresel Cihazlar

Çevresel dağılımlı kontrol cihazları hem operatörler tarafından kontrol odasında hem de bakım teknisyenleri tarafından kullanılabilir. Yazıcılar veya terminal yazıcıları genellikle kontrol odasında operatörler tarafından, işlemlerin denetimi, acil durum yönetimi, günlük seyir kaydının yapılmasında kullanılmaktadır.

1.4.5.9 DCS Konfigürasyonu

Dağıtılmış kontrol sistemleri belirli projelere göre dizayn edilmelidirler. Bu fonksiyon belki satıcı tarafından sağlanabilir. Bir mühendis, mimar veya kullanıcı konfigürasyona, gereken kontrol dağıtım öğelerini yerleştirebilmelidir. Bu konfigürasyon, çalışan bir sistemle veya spesifik aygıtlarla hızlı iletişimde kullanılabilirdir. İlaveten, her cihaz ve konsol çalıştırma tasarımı, komut satırlarını ve istenen konsol göstergelerini de içerir (Liakos, 1995).

1.4.5.10 DCS Sistem Konfigürasyonu

Sistem konfigürasyonu, DCS öğelerinin bir ağ şeklinde çalışmasına gerek duyar. Bu çoğunlukla satıcıya göre değişir ve işlem parametrelerinin her öğeye göre düzenlenmesini gerektirir. Çoğu sistem her aygıt için bir kapasite ve çalıştırma formuna bağlı olarak spesifikasyonlara sahiptir. Sistem elemanları, bir kez yer

aldığı, bir ikinci konfigürasyon oluşturur. Bu konfigürasyon bağlantı noktalarına, işlem satırlarına, bağlantı sayısına, uzaklığa, döngü tipine, elektrik vb. özelliklere bağlıdır.

1.4.5.11 DCS Kontrol Yazılımı

Kontrol aygıtlarının konfigürasyon işlemleri destek sistemlerine göre çeşitlidir. DCS tasarımları bir konfigürasyon ve istenen kontrol stratejisi sağlamaya çalışırlar fakat, her firmanın kendine özgü bir tekniği vardır. Hatta bazen kontrol dili bile değişebilmektedir.

Gerçekleştirilen bir veri toplama donanımının kontrol algoritması çoğu zaman uygun bir bilgisayar ortamında gerçekleşir. PC platformundaki hızlı gelişim PC`yi bu konularda standart hale getirmiştir. Ancak, aynı standardizasyon algoritma yazılımı konusunda geçerli değildir.

En çok kullanılan kontrol algoritması yazılımları Windows altında çalışan C, C++, Visual Basic, Delphi, LabVIEW ve HP-VEE`dir. Elbetteki her bir yazılımın kendine ait potansiyel kullanıcı kitlesi vardır ve her kullanıcı kullandığı yazılımın en iyisi olduğunu düşünür.

1.4.5.12 Alarm Konfigürasyonu

Dağıtılmış kontrol sisteminde alarm konfigürasyonu karmaşıktır. Alarmlar raftaki öğelerle bütün olabilir. Mesela giriş/çıkış kontrolleri, alarm hareketliliği, kontrol rapor cihazlarının iletişimi bazı nedenlerle engellenebilir. İkinci düzey alarm, konsolun kendinde mevcuttur (Liakos, 1995).

Alarmın karmaşık olması nedeniyle ve potansiyel çoklu alarm olasılıkları (özellikle her bir döngü) için bir çok kontrollü dağıtım günümüzde kullanıcılarına kolaylıklar verebilmek amacındadır.

1.4.5.13 Konsol Ekranı

Dağıtılmış kontrol sistemlerinde işlem bilgileri ekranda kullanıcıya sunulmalıdır. Bu çok önemlidir. Birçok değişken 12.000 işlem döngüsüne sahip olabilir. Verileri ekranda her an görebilmek için ekran tasarımı çok iyi hazırlanmalıdır. Etkin ekranlar, kullanıcıyı her an bilgilendirebilmelidir. Kullanıcının kontrolü altındaki döngülerin tipi veya kaynağı önemli olmasa dahi dağıtılmış kontrol sistemi içinde ekranda herhangi bir yer gösterilmelidir. Kontrol mühendisinin ilkesi işlem bilgilerinin bir ekranda toplanmasını sağlamak, kullanıcının sayfa sayfa gezinip bilgi arama çaba ve zorluğunu engellemektir. Panel sistemlerinden farklı olarak dağıtılmış kontrol işlem döngüleri bir çok ekranda da görüntülenebilir. En etkin yol, gerekli ilave ekranlarla döngü işlem bilgilerini minimize etmektir.

Günümüzde dağıtılmış kontrol sistemleri grafik ekran olarak sunulmaktadır. Bir çok günümüz sisteminde grafik ekran text ekranla birlikte. Çok kullanılmamakla birlikte verilen döngü işlem bilgileri her iki ekranda da görüntülenebilir. Kullanıcılar her iki formatta da işlem döngülerini seçme ve görme şansına sahiptir.

Önemli bilgileri vurgulayan karışım faaliyetinin toplam durumunun gösterimi üzerindeki renk, ölçü ve gösterim pozisyonuna göre operatöre bilgi verir. En yüksek kontrol düzeyinde kontrolü güçlendirir ve istendiğinde operatörün kontrol stratejisine müdahalesini sağlar.

Tüm zamanlarda, bütün uygun ölçüler, sabit noktalar ve valf pozisyonları için tam kontrol sağlar. Operatörün kritik kontrol bilgisi için açılan pencereleri çağırma veya mesaj dizisini okuma zorunluluğu olmaz.

Proses Akış Gösterimleri: Akış gösterimleri sistemin önemli bir parçasıdır ve operatöre bir x/y parselinde seçili girdiler tarihi sağlar. Eğer arzu edilirse, bir çok girdi parselleme için seçilebilir. Ölçülebilir değişken, sabit nokta içeren valf

pozisyonu, x ekseninde gösterilmiş zamanla parselin y ekseninde gösterilir.

Motor Gösterimleri: Daha önce bahsedildiği gibi, işlem döngü etiketleri birkaç gösterimden kopya edilebilir. Operatöre motoru gösterdiği sırada başlatmayı veya durdurmayı sağlayan motor kontrol nokta etiketleri sunulmalıdır. Ek olarak, bir çok kullanıcı müşteri tasarımı motor gösterimlerini yararlı bulmaktadır.

Motor statüsü bütün gösterimlerde, pompa ve karıştırma tankı kontrol hareketi için açık ve kapalı bir durum içermelidir. Bir motor geçişte iken asla açık veya kapalı durumda gösterilmemelidir (Liakos, 1995).

1.4.5.14 Fabrika İşlemlerinde Dağıtılmış Kontrol ve Etkisi

Bugün bir çok fabrika kontrolü en azından bir veya daha fazla işlem alanına yayılmıştır ve bir çok fabrikanın her işlem alanına ulaşan bir dağıtılmış kontrol sistem ağı vardır. Dağıtılmış kontrol sistemi fabrikaların işlemlerini yürüttükleri bir standart olmuştur.

Dağıtılmış kontrol sistemi elektronikte ve bilgisayar tasarım teknolojisinde bir sanat haline gelişmiştir. Bileşenler yeni buluşlarla daha da geliştirilmiştir. Sonuca göre, şimdiki dağıtılmış kontrol sistem tasarımı daha büyük kontrol esnekliği ve daha yüksek işlem kontrol performansı sunmaktadır.

Dağıtılmış kontrolün gelişi, proses alan kontrolünün merkezileşmesini sağlamıştır. Bu merkezileşme fabrika işlemlerinin çehresini değiştirmiştir. Fabrika işlemleri şimdi, toplam fabrika kontrol objektiflerini incelemek için özel işlem alanlarının ötesine ulaşmayı hedeflemiştir. Kontrol sistem mühendislerinin amacı, günümüz modern fabrika işlemleri için dağıtılmış kontrolün tüm potansiyelini elde etmektir (Liakos, 1995).

1.5 VERİ TOPLAMA SİSTEMİ (DATA ACQUISITION SYSTEM – DAC)

Modern endüstrilerde üretimde kalite ve maliyet hesaplarının iyi yapılması bir işletmenin ekonomik ömrünü belirleyen önemli etkenlerin başında gelir. Üretimde kazanılan pazar payı yaşamsal önem taşır. Hiçbir işletme pazar payını kaybetmek istemeyeceği gibi artırmak eğilimindedir. Burada en önemli etken müşteri memnuniyeti, yani kalite ve modeldir. Diğer bir deyişle üretilenin kalite standartlarına uyumluluğudur.

Neredeyse endüstride her ürün belirlenen dahili ya da genel standartlara göre ölçülür ve kalitesi test edilir. Üretim sürecinde sistemden sürekli bilgi alınarak denetleme yapılması bilgisayar teknolojilerinin günümüzde ulaştığı nokta itibarı ile artık eskiye göre daha sağlıklı ve kolay olabilmektedir. Bu sayede insan kaynaklı hatalar minimize edilmekte, üretim hızı artmakta ve toplam diğer maliyetler (işçilik, enerji, bakım maliyeti, ıskarta vb.) en aza indirgenebilmektedir. Bütün bu istenenler akıllı bir otomasyon sistemi içinde bütünlenir. Bu amaçlarla birçok mühendis ve bilim adamı laboratuvar araştırmaları endüstriyel kontrol, test ve ölçüm gibi uygulamalar için genişleyebilir veri yoluna sahip kişisel bilgisayarlarla bütünleştirilmiş veri toplama sistemi kullanmaktadır. Mikro elektronik teknolojisindeki hızlı gelişme ve yazılım teknolojisinde yaşanan harikalar sanal enstrümantasyon diye adlandırılan temelde veri toplama amaçlı yeni bir teknolojinin tanımlanmasına sebep olmuştur.

Bir işletmede akıllı bir otomasyon sisteminin ayrılmaz bir parçası olan veri toplama sisteminde efektif tasarımını belirleyen üç faktörlü kaynak yönetiminin önemi büyüktür ve kesinlikle gözardı edilmemelidir (Ömeroğlu, 2001a).

1. Maliyet
2. Planlama
3. İnsan Faktörü

Bu üç faktör çoğu zaman bir işin yapılıp yapılmayacağını işin başında belirler. Beklenen verimin zaman performans bileşkesindeki sonucuna göre yatırım kararı

verilir. Sistem mühendisinin tasarımdan beklediği fayda ve verimliliği karar birimine ve en önemlisi finans bölümüne çok iyi anlatması gereklidir. Tasarlanacak sistemde kaynakların kullanımı, bugün ve geleceğe yönelik verimlilik ve maliyet hesaplamaları ve nihayet kullanılacak adam/saat miktarı planlamanın ana başlıklarıdır. Son olarak insan faktörü diye tanımlanan işin yapılabilirliğinin anlatılması ve ön tasarım çalışmalarından elde edilen başarı değerlendirmesi tasarımın başlatılmasında çok önemli rol oynar. Aksi durumda ise yapılacak iş daha başta iptale uğrar (Ömeroğlu, 2001a).

Yatırım kararı verilen bir veri toplama sisteminin tasarlanmasında ilk adım tasarım yapan mühendisin sistem bütününe ait gerekli tüm adımları tanımlamasıdır.

Tasarım sırasında önem derecesi üç ana bölümde incelenmelidir.

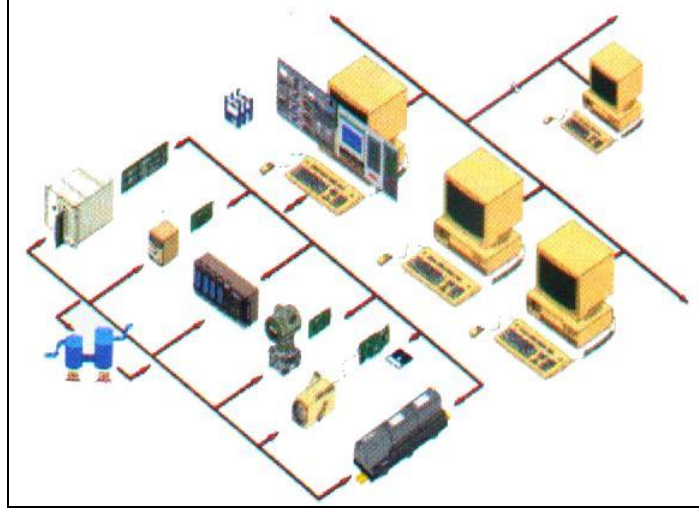
- Ölçme hedefleri
- Ölçme ortamı
- Çözüm yönetimi

Bir test ve ölçme sistemi ya da bir diğer tanımla veri toplama sistemi planlanırken amaca yönelik hedefler açık bir şekilde belirlenmelidir. Bu aşamada gerekli olabilecek tüm sistem bileşenleri etraflıca ve adım adım tanımlanmalıdır. Var olan ölçme ortamının verimliliği maliyetlerde belirleyici olur. Çözüm yönetimi ise eldeki bilgi birikimine ve buna bağlı insan faktörüyle doğrudan bağlantılıdır.

PC tabanlı bir veri toplama sisteminden doğru sonuçları alabilmek için tasarım aşamasında aşağıdaki sistem tanımlamalarından her birimine ayrı ayrı ihtiyaç vardır (Şekil 1.16).

- Algılayıcılar
- Sinyal koşullama
- Veri toplama donanımı

- Sürücü ve analiz kontrol yazılımı
- Kişisel bilgisayar
- Veri iletişim
- Diğer yardımcı üniteler



Şekil 1.16 Sistemin tamamı (Ömeroğlu, 2001a).

1.5.1 Algılayıcılar

Algılayıcılar, yaşamda sürekli karşılaşılan fiziksel büyüklükleri diğer bir fiziksel büyüklük olan elektriksel işarete dönüştüren algılama araçlarıdır. Diğer bir deyişle algılayıcılar fiziksel ortam ile endüstriyel amaçlı elektrik/elektronik cihazları birbirine bağlayan bir köprü görevi görürler. Bu cihazlar endüstriyel proses sürecinde kontrol, koruma ve görüntüleme gibi çok geniş kullanım alanına sahiptirler.

Günümüzde üretilmiş yüzlerce tip algılayıcıdan söz edilebilir. Mikro elektronik teknolojisindeki inanılmaz hızlı gelişmeler bu konuda her gün yeni bir uygulama tipi geliştirilmesine imkan sağlamaktadır. Şekil 1.17'de bir algılama cihazı boyutlarının karşılaştırılması amacıyla gösterilmiştir. Teknik terminolojide Sensör ve Transducer terimleri birbirlerinin yerine sık sık kullanılan terimlerdir. 1969 yılında ISA (Instrument Society of America) bu iki terimi eş anlamlı olarak kabul

etmiş ve “ölçülen fiziksel özellik, miktar ve koşulların kullanılabilir elektriksel miktara dönüştüren araç” olarak tanımlamıştır. Elbetteki bir algılayıcı sadece fiziksel miktarın ölçülmesiyle sınırlı olmayıp kimyasal ve biyolojik büyüklüklerin ölçümünü de sağlayabilirler (Ömeroğlu, 2001a).



Şekil 1.17 Bir algılama cihazının boyutlarının karşılaştırılması (Ömeroğlu, 2001a).

Algılayıcılarla ölçülen büyüklükler 6 değişik ana sınıfta toplanabilirler:

1. Mekanik: Uzunluk, alan, miktar, kütleli akış, kuvvet, tork (moment), basınç, hız, ivme, pozisyon, ses dalga boyu, ses yoğunluğu
2. Termal: Sıcaklık, ısı akışı
3. Elektriksel: Voltaj, akım, direnç, endüktans, kapasitans, dielektrik katsayısı, polarizasyon, elektrik alanı, frekans
4. Manyetik: Alan, ve akı yoğunluğu, manyetik moment, geçirgenlik
5. Işıma: Yoğunluk, dalga boyu, polarizasyon, faz, yansıtma, gönderme
6. Kimyasal: Yoğunlaşma, içerik, oksidasyon, reaksiyon hızı, pH

Özel uygulama için uygun bir algılayıcı seçimi statik ve dinamik karakteristikler yanında çevre ve işlemsellik gibi birkaç önemli faktöre daha bağlıdır. Algılayıcılar ayrıca pasif ve aktif şeklinde iki ayrı grupta da toplanmaktadır.

Pasif algılayıcılar: Hiçbir şekilde dışardan harici enerji almadan fiziksel ya da

kimyasal değerleri bir başka büyüklüğe çevirirler. Bu algılayıcı tipine örnek olarak termocouple ya da anahtar gösterilebilir. Anahtar ise bilindiği gibi mekanik bir hareketi elektriksel bir kontağa dönüştürmektedir.

Aktif algılayıcılar ise çalışmaları için harici bir enerji beslenmesine ihtiyaç duyarlar. Bu algılayıcılar tipik olarak zayıf sinyalleri ölçmek için kullanılırlar. Aktif algılayıcılarda dikkat edilmesi gereken nokta ise giriş ve çıkışlardır. Aktif algılayıcılar endüstride kullanımlarında tipik olarak analog ya da dijital formatta elektriksel çıkış sinyali üretirler. Analog çıkışlarda voltaj da akım döngüsü kullanılır. Voltaj ıkışı oldukça yaygın kullanılmaktadır. Ancak 4-20 mA çıkışlı akım döngüsü endüstride standart haline gelmiştir. Bazı durumlarda 2-20mA akım çevrimi kullanılmaktadır. Ancak endüstride çoğu zaman hatlarda meydana gelen bozulma kopma gibi durumlarda bu durumu kolay algılaması ve veri iletişiminin yapılabilmesi işin 4-20 mA yaygın kullanılır. Endüstride bunların kullanımı bazı özel durumlar gerektirmektedir. Bunlar:

- Algılayıcıların yerleştirildiği uzak noktalarda elektrik besleme geriliminin olmaması gereklidir.
- Algılayıcıya giden kablolar iki ile sınırlanmalıdır.
- Akım evrim sinyali göreceli olarak gürültü voltajının ani sıçramalarına karşı korunmalıdır, ancak bunu uzun mesafe veri aktarımında yapamaz.
- Algılayıcılar lm sisteminden elektriksel olarak izole edilmelidir

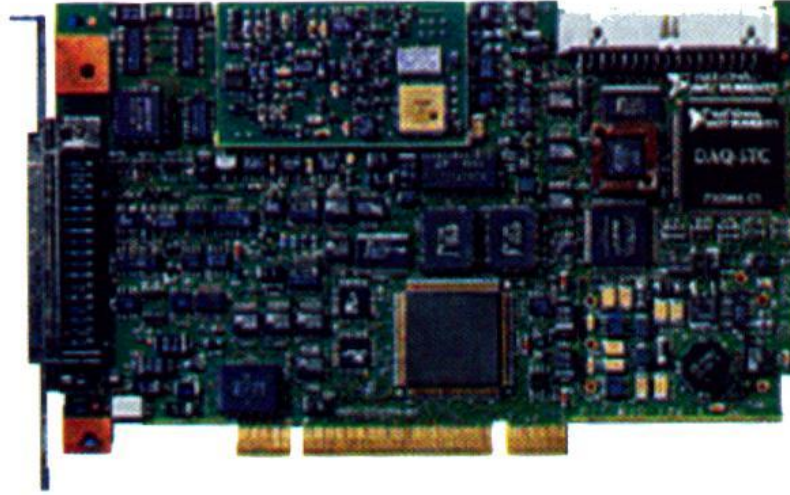
şeklinde özetlenebilir (meroğlu, 2001b).

Öte yandan analog çıkışlara alternatif olan dijital ıkışlar ise bilgisayarlarla doğrudan iletişim kurabilirler. Bu iletişimler kurulurken belli bazı protokoller kullanılır.

1.5.2 Sinyal koşullama/Sinyal şartlandırma

Veri toplama sistemleri endüstride ve/veya laboratuvar çalışmalarında sıkça kullanılmaktadır. Bu tür donanımlarla ölçülen genellikle gerilim seviyesidir. Ancak uygulamalarda çoğu kez fiziksel büyüklükleri algılayan algılayıcıların

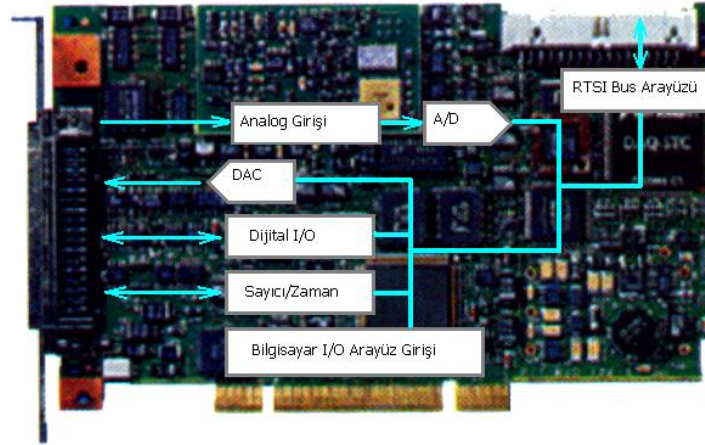
ürettiği sinyalleri DAC donanımına göndermek bir çok yönden uygun olamaz. Alınan bu sinyalin DAC donanımının algılayabileceği formata çevrilmesi gerekir. İşte bu sinyal transformasyon işlemi kısaca sinyal koşullama olarak adlandırılır. Bu aktarma sırasında düşük seviyeli sinyallerin kuvvetlendirilmesi, çevre birimlerinden ya da faktörlerden izole edilmesi, gelen sinyalin filtrelenmesi, DAC kartı için uygun seviyeli işaretler haline getirmek için yükseltilmesi, algılayıcıların çalışması için gerilim beslenmesi ve nihayet bazı durumlarda sinyallerin DAC'a girmeden önce çoğullanması (multiplexing) gibi bir takım fonksiyonlar gerçekleştirilmektedir. Bu sayede ölçüm sisteminin performansı ve güvenilirliği artmaktadır. Şekil 1.18'de örnek bir DAC kartı gösterilmiştir. Şekil 1.19'da da ayrıntıları verilmiştir (Ömeroğlu, 2001b).



Şekil 1.18 DAC kartı (Ömeroğlu, 2001b).

Örneğin termocouple elemanı (T/C) sıcaklıkla değişen gerilim elde etmek için birbirlerinden farklı metallerin bir araya getirilmesi ile oluşmuştur. Bu elemanın çıkış gücü düşük seviyededir. Sıcaklıktaki her 1 °C değişim 7-40 μ V arası bir değişim gösterir.

Aynı şekilde genelde kuvvet, yük, tork algılayıcıları, yüksek gerilim girişleri, hız, seviye, titreşim, akustik gibi algılayıcılar içinde benzer işlemler gerekecektir.



Şekil 1.19 DAC kartı analizi (Ömeroğlu, 2001b).

Sinyal koşullamanın sahip olduğu fonksiyonlar şunlardır (Ömeroğlu, 2001b):

- Yükseltme (Amplification)
- İzolasyon (Isolation)
- Filtreleme (Filtering)
- Uyarma (Excitation)
- Doğrusallık (Linearization)

1.5.3 Analog Çıkışlar (Analog Outputs)

Bir DAC kartı üzerinde yapılmış olan yerleşme zamanı; yükselme oranı (slew rate) ve çözünürlük gibi bazı spesifikasyonlar analog çıkışın kalitesini belirler. Yerleşme zamanı ve yükselme zamanı D/A çeviricinin çıkış işaretine kadar hızlı değişebileceğini belirler.

Yükselme zamanı çıkışın zamana bağlı olarak olabileceği en büyük değişim miktarını belirler. Kısa bir yerleştirme zamanına ve yüksek bir yükselme oranına sahip olan bir D/A çevirici yüksek frekanslı sinyaller üretebilir. Çünkü çıktıyı yeni bir voltaj seviyesine doğru bir biçimde çevirmek için az bir zamana ihtiyaç vardır. Yükselme zamanının büyüklük, yerleşme zamanının ise küçük olması istenen uygulamaya örnek olarak ses işaretlerinin üretilmesi gösterilebilir. Ses

dalgalarının yüksek frekanslı bileşenlerinin üretilebilmesi için D/A çeviricide bu parametrelerin iyi olması gerekir. Bu durumun tam tersi bir örnek ise ısıtıcının kontrol edildiği uygulamadır. Burada D/A çeviricinin hızlı olmasına gerek yoktur. Çünkü ısıtıcı zaten buna çabuk tepki veremeyecektir. Sonuç olarak D/A çeviricisinin özelliklerini büyük oranda uygulamanın özellikleri belirleyecektir.

Çıktı çözünürlüğü, girdi çözünürlüğüne benzer. Analog çıktıyı üreten sayısal kodun bit sayısıdır. Yüksek derecede bit sayısı, her çıktı voltaj artış değerini azaltır. Böylelikle düzgün şekilde değişen sinyal üretilmesini mümkün kılar. Düşük artış voltaj değişimli geniş dinamik aralık gerektiren uygulamalar yüksek çözünürlüklü voltaj çıktılarına ihtiyaç duyabilirler (Ömeroğlu, 2001b).

1.5.4 Sayısal I/O (Digital I/O)

Dijital I/O arabirimleri genellikle endüstride kurulu sistemlerin işlemlerini kontrol etmek, test amaçlı modellerin eldesi veya üretimi ve çevresel ekipmanlarla haberleşme için kullanılır. Burada önemli olan sayısal kanal sayısı, alınabilecek ve gönderilebilecek veri hızı değeri ve kanalların sürme yetenekleridir. Kontrol komutlarına hızlı tepki veremeyecek cihazlar için örneğin ısıtıcıların, motorların veya ışıkların açılıp kapatılması gibi işlemlerde hızlı veri aktarımı önemli değildir. Sayısal kanal sayısı ne kadar cihaz kontrol edilmek isteniyorsa o kadar fazla olmak zorundadır. Cihazları açıp kapamada kullanılacak akım DAC donanımının sınırlarını geçmemelidir. Ancak düşük akımlı TTL işaretleriyle endüstriyel donanımları kontrol etmek veya çalışmalarını izlemek uygun bir işaret koşullayıcı ile kolaylıkla mümkündür. Örneğin büyük bir vananın açılıp kapatılabilmesi için ihtiyaç duyulan voltaj ve akım 2A ya da 100 VAC büyüklüğünde olabilir. Bu durumda vanayı kontrol etmek için güç sinyalinin switch edilmesine ihtiyaç duyulur. Zira, kâr, I/O çıktı seviyesinde 0-5 VDC arasındadır. Çoğu çıktılar miliamper değerindedir. Bu durumlarda arada mutlaka bir koşullama ünitesi örneğin bir izolasyon devreli röle gibi bir ara birim kullanılması zorunludur.

Genel bir diğer uygulama verinin bilgisayar ve data loggers, veri işlemcisi, yazıcı

gibi donanımlar arasında transfer edilmesidir. Bu onanım veriyi genellikle bir byte'lık artışlar halinde transfer ettiği için plug-in sayısal I/O kartı üzerindeki sayısal kanallar sekizli gruplar halinde düzenlenmişlerdir. Bununla birlikte sayısal yeteneklere sahip bazı kartlar, iletişim senkronizasyon amaçları için “handshaking curcitra”’ye sahip olacaklardır. Kanal sayısı, veri oranı ve “handshaking” gibi yetenekler iyi anlaşılmalı gereken çok önemli özelliklerdir (Ömeroğlu, 2001b).

1.5.5 Sayıcı/Zamanlayıcı Giriş Çıkışlar (Counter/Timing I/O)

Sayıcı/Zamanlayıcı devreleri sayısal bir durumun oluş sayısını belirlemek, sayısal darbe zamanlaması, darbe veya kare dalga oluşturmak gibi sebeplerle kullanılır. Giriş, sayacın fonksiyonunun sağlanmasında veya önlenmesinde kullanılan bir sayısal girdidir.

Kaynak, sayacın her anahtarlanmasında sayacın artmasına sebep olan ve böylelikle sayacın işlemi için “timebase” sağlayan sayısal girdidir. Son olarak çıkış, çıktı hattında sayısal kare dalga ve uyarı üretir. Çözünürlük ve darbe frekansı counter/timer işlemi için gerekli olan en önemli özelliklerdir.

Çözünürlük sayıcının kullandığı bit sayısıdır. Çözünürlük yükseldikçe sayıcının daha büyük sayıları sayabilme yeteneği artar. Darbe frekansı ise sayısal giriş kaynağını hangi hızda anahtarlanabileceğini belirler. Yüksek frekansta sayaç daha hızlı artar, böylece girişteki yüksek frekans sinyallerini tespit edebilir, ve çıkışta daha yüksek frekanslı uyarı ve kare dalga üretebilir. Örneğin 800 MHz darbe frekansına sahip 32-bit sayaç içeren bir kart aynı zamanda bir aşağı/yukarı zaman ayarlayıcıdır (Ömeroğlu, 2001b).

1.5.6 Kalibrasyon

Kalibrasyon özelliği her türlü ölçüm/veri toplama çözümünde anahtar özelliği taşır. Uygun bir periyodik kalibrasyon, sistemin hayat döngüsü süresince toplanan verilerin doğruluğunu sağlar. DAC kartlara ait kalibrasyon sertifikası kalibrasyon

tarihin ve aynı zamanda ISO-9000 gereklerinin durumlarını gösteren dokümantasyonu sağlar. Bunlar ürünün uygun şekilde kalibre edildiğini gösterir. Bazı yüksek kaliteli DAC ürünleri, kalibrasyonda kolaylık sağlamak için kart-üstü iç kalibrasyon referanslarına sahiptir.

Yüksek Sistem Performansı İçin Bus Mastering ve DMA özelliği

DAC tabanlı sistemler oluşturmanın en önemli yanı simültane veri işleminin yüksek hızlı verilerle birleştirilmesidir. Bu durumlarda işlemcinin verileri RAM (Random Access Memory)'a transfer etme işiyle meşgul edilmemesi önemlidir. ISA bus RAM'den veya RAM'a doğrudan hafıza girişi (DMA-Direct Memory Access) yapabilmek için bilgisayarın ana kartı üzerinde özel bir devre kullanılır. PC'de ve karttaki DMA parçaları, mikroişlemciye ihtiyaç duymadan kart ve RAM arasında verimli veri transferini sağlar. PCI bus 132 MB/sn kadar ulaşan oranda veri hızına sahiptir ve aynı zamanda işlemciden bağımsız hafıza girişi özelliğine sahiptir. PCI, anakart üzerinde DMA devresine sahip olmaması nedeniyle ISA'dan farklıdır. Bunun yerine DAC kartı “bus mastering” yapabilir. Bus mastering sırasında PCI DAC kartı PCI bus'ın kontrolünü eline alır, veriyi yüksek hızda transfer eder, sonra da veri yolunu diğer çevre kullanımlar için bırakır. Her PCI DAC kartı bus mastering devresi sağlamaz. “Bus mastering” olmayan kartlarda PCI veri yolu yapacağı transferler için engellemelerle karşılaşır ve bu yüzden sistem performansını düşüren işlemci çevirimine ihtiyaç duyar.

Bunun dışında PC Card denilen kartlar (PCMCIA – DAC) vardır ve bunlar bazı konularda farklılıklar taşırlar. Taşınabilir, tam donanımlı tak-çalıştır DAC kartları ISA ya da PCI bus tipi kartların verebileceği her şeyi kredi kartı boyutunda bir PC kartı ile ya da dizüstü bilgisayar boyutunda DAQ-pad ile vermektedir. Bu ürünler değişik boyutlarda ve değişik veri yolları için dizayn edilmiştir (Ömeroğlu, 2001b)..

1.5.7 PC Card (PCMCIA)

PCMCIA veri toplama alanında oldukça yeni bir teknolojidir. Bu kartlar ASIC

tasarımlar sayesinde, büyük plug-in kart yeteneklerine sahiptirler. PCMCIA, PCI, PXI/Compact PCI, ISA, VXI, USB ve paralel port arasında ölçülendirilebilen uygulamaların geliştirilebilmesi imkanı vardır. Bu kartlarla taşınabilir veri toplama çözümleri için yüksek hızda veri toplama, eş zamanlı örnekleme, analog tetikleme, buffered counter/timer işlemleri gibi enstrümantasyon sınıfı yetenekler gerçekleştirilebilmektedir.

1.5.8 USB (Universal Serial Bus)

USB'li ürünler, veri toplamak için, dış araçları bilgisayarlara bağlamada endüstriyel standart olarak ortaya çıkmıştır. USB, kısaca fare veya klavye gibi “çoklu çevresel elemanların” eş zamanlı kullanımını sağlayan plug and play yeteneğidir ve yüksek hızlı seri veri protokolüne sahiptir.

1.5.9 Bus Interface

Bazı firmalara ait kartlar RTSI bus diye adlandırılan bir arayüz oluştururlar. RTSI kullanarak tek ve çoklu A/D çevirimleri için, bir tek master kart birden fazla slave kartı kontrol edebilir. Bu durumda örneğin kullanılan 16 analog girişli kartlar çoğullanarak daha fazla analog giriş imkanı sağlanmış olur.

1.5.10 Sürücü Yazılımı (Driver Software)

DAC kartlarının bilgisayarlarda (PC ya da diğer işletim sistemi platformlarında) kullanılabilmesi için bir arayüze ihtiyaç duyulur. Bu arayüz yazılımı kullanılacak esas analiz yazılımıyla işletim sistemi arasında bir köprüdür. Bu ara yazılım genel olarak sürücü (driver) olarak tanımlanır ve sistemin performansını doğrudan belirler. Sürücü yazılımı, donanım yazılımının düşük seviyeli, karışık detaylarını saklar. Kullanıcıya anlaşılması kolay arayüzü sağlayan yüksek performansı korur. Bu tutarlı programlama arayüzü kullanılarak seçilen bilgisayar markası, bus çeşidi ve işletim sistemi üzerinde kaliteli bir veri toplama sistemi kurulması mümkün olabilir. DAC uygulamasının geliştirilmesi için gereken süreyi önemli derece

azaltan bu yazılımın uygulamaya özel DAC ürünleri seçmeden önce DAC donanımı kadar dikkatlice incelenmesi gereklidir. Uygun geliştirilmiş bir sürücü yazılımı esnekliğin ve performansın optimal kombinasyonunu sağlar.

DAC donanımının kontrolü için kullanılan sürücü fonksiyonları üç ana gruba ayrılabilir.

1. Analog I/O
2. Sayısal I/O
3. Timing I/O

Çoğu sürücü bu temel fonksiyonlara sahip olmakla beraber sürücünün karttan veri alışverişinden başka işlerde yapabilmesi gereklidir. Sürücünün aşağıdaki fonksiyonlara sahip olduğu kontrol edilmelidir (Ömeroğlu, 2001c):

- Belirlenen örneklendirme oranlarında veri kaybı olmaksızın, sürekli veri toplama
- Veri toplamayı durdurmaksızın izleme
- Veri transferi için programlanmış I/O, engellemeler ve DMA kullanımı
- 64 KB`tan fazla DMA veri transferi
- Diske ve diskten olmak üzere iki yönlü veri aktarımı
- İki ya da daha fazla kartın aynı anda kontrolü
- Analog ve digital ve timing I/O`nun aynı anda çalışması
- ActiveX kontrolleri
- Durum Mesajları
- İnternet tabanlı uzaktan veri toplama

1.5.11 Kontrol Yazılımı

Gerçekleştirilen bir veri toplama donanımının kontrol algoritması çoğu zaman uygun bir bilgisayar ortamında gerçekleşir. PC platformundaki hızlı gelişim PC`yi bu konularda standart hale getirmiştir. Ancak aynı standardizasyon algoritma yazılımı konusunda geçerli değildir.

En çok kullanılan kontrol algoritması yazılımları Windows altında çalışan C, C++, Visual Basic, Delphi, LabWIEV ve HP-VEE'dir. Elbetteki her bir yazılımın kendine ait potansiyel kullanıcı kitlesi vardır ve her kullanıcı kullandığı yazılımın en iyisi olduğunu düşünür.

1.5.12 Programlama

Borland isimli firma –Inprise olarak değiştirildi– Pascal 7.0'dan sonra görsel programlama dillerinin önemini kavrayarak, Visual Pascal adıyla yeni bir dil üzerinde çalışmaya başladığında, görsel programlama dili olarak sadece Visual Basic (VB) vardı. Her ne kadar görsel programlama dili olarak anılsa da VB istenildiği kadar kabul görmedi. Borland'ın hazırladığı Visual Pascal ise isim olarak Visual basic'den ayrı olabilmesi için DELPHI olarak tasarım aşamasındaki ismiyle değiştirildi (Demirel, 1999).

Programcıların beğenisini kısa sürede kazanan Delphi, hızlı uygulama geliştirme imkanı veren, görsel bir programlama dili olarak, masaüstü, veri tabanı uygulamaları, İnternet, Windows programcılığı konularında, sağladığı imkanlarla programcıların gözdesi haline geldi (Karagülle ve Pala, 1998; 2001).

Delphi oldukça esnek bir programlama dilidir. Kendisi arayüzü nedeniyle neredeyse Delphi ile yazılmıştır denebilir. Programcılara, mevcut nesnelerden yola çıkarak farklı nesneler türetme imkanı verir (Yağımlı ve Akar, 2000).

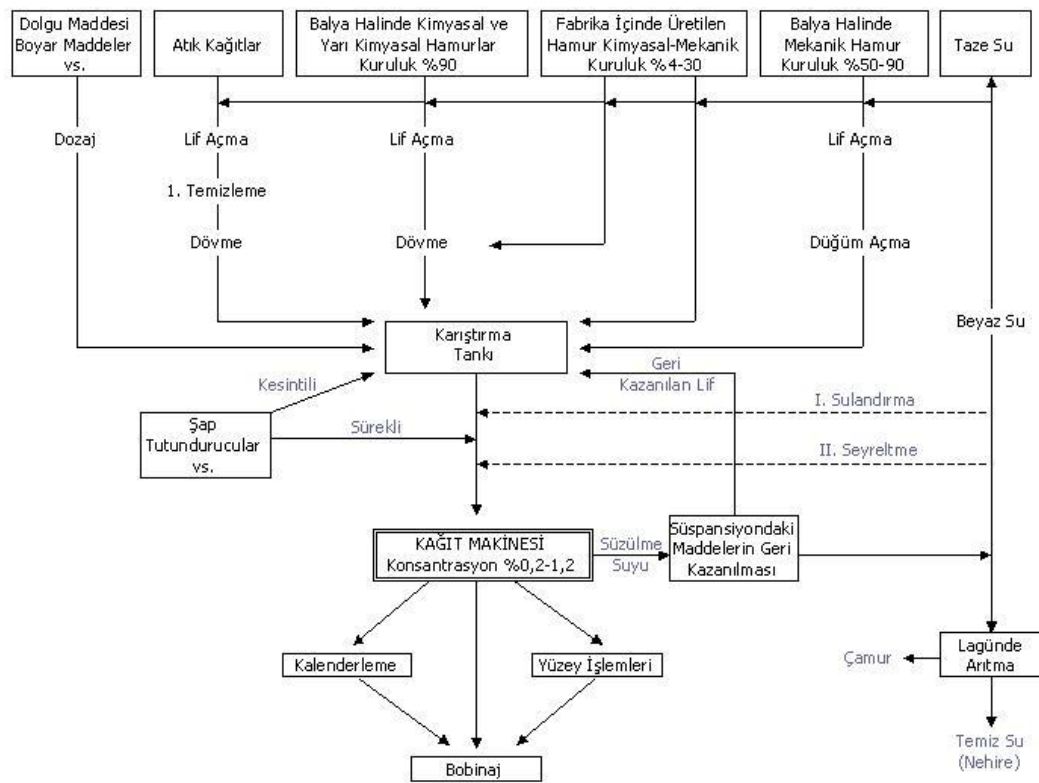
Üzerindeki bileşenler, tamamen Delphi ile yazılmışlardır. Uyumsuzluk sorunu yaşatmadan farklı uygulamalarda tekrar tekrar kullanılabilirler (Demirel, 1999).

Tam manasıyla Nesneye yönelik programlamayı destekler. Veri tabanları ile kullanımı son derece kolaydır. Beraberinde gelen BDE (Borland Database Engine) ile veri tabanı bağlantıları sorunsuz çalışmakta, BDE tarafından desteklenmeyen veri tabanlarına is ODBC vasıtasıyla bağlanabilmektedir.

Başka bir programlama dilinden, Delphi'ye geçmeyi düşünenler veya Delphi'de henüz yeni olanların, çok kısa sürede Delphi'nin özelliklerini kavrayarak, başka bir programlama dilini aramayacaklarını söylemek mümkündür .

1.6 KAĞIT FABRİKASYONU İŞLEM AKIŞI

Kağıt fabrikalarındaki üretim akışı Şekil 1.20’de verilmiştir.



Şekil 1.20 Kağıt Fabrikasyonu Şeması (Eroğlu, 1990).

Kağıt fabrikalarında proses akışı şu şekilde sadeleştirilebilir (İmamoğlu, 2000);

- Liflerin hazırlanması
- Temizlenmesi
- Liflerin dövülmesi

- Dolgu ve katkı maddelerinin katılması
- Sonsuz elek
- Islak Pres
- Kurutma
- Kalenderleme
- Mal sarma şeklinde sıralanabilir.

1.6.1 Kontrol Bakış Açısıyla Kağıt Prosesinin Benzersizliği

Çoğu kağıt ve kağıt hamuru üretimi, birbirini izleyen adımlardan oluşur. Bu adımlar ise termal ve mekanik enerjinin kimyasal maddelerle peş peşe uygulamalarını içerir. Bu proseslerin çoğunda, yongalar ve lifler anlık buharla, kimyasal maddelerle, rafinör bıçakları veya seyreltilmiş suyla temasa geçer, ardından daha yavaş kimyasal reaksiyonların meydana geldiği boru veya kazanlarda birikir. Bu şartlar altında, lifler ile kimyasal maddeler arasındaki ilk temas büyük ölçüde nihai ürünün kalitesini belirleyecektir. Böylece, bu değişkenlerin ani davranışlarını düzenleyen kontrol döngüleri daha da önemli duruma gelmektedir (Sell, 1995).

Birkaç örnek verilecek olursa;

- 1) Arıtma işlemi, yonga besleme oranı ve mekanik liflendirmedeki rafinör gücü, lif özellikleri üzerine etkisi olan spesifik enerjiyi belirler.
- 2) Pişirme sırasında, yongalar bir pişirici kolonunda aşağıya doğru dakikada bir adım (33 cm) ilerlese de, anlık çözelti akışı, çözelti yoğunluğu, seyreltilmiş çözelti akışı ve yonga rutubeti, yongaların emebileceği spesifik aktif kimyasal konsantrasyonunu belirleyecektir. Bu da, kimyasal taşıma ve reaksiyon oranını, delignifikasyon etkisi gibi faktörleri ve son olarak kappa numarasını belirleyecektir.
- 3) Ağartma işleminde, klorlama aşamasında hamur üzerindeki klor

muamelesi; uzaklaştırılan lignin oranını, yeknesaklığı ve parlaklığı belirleyecektir. Bununla beraber, bu klor muamelesi, anlık kahverengi hamur akış değerleri, kahverengi hamur yoğunluğuna ve klor akışı ile sıcaklığa, kappa numarasına ve basınca bağlıdır.

- 4) Kağıt makinesinde, anlık hamur kasası akışı, basınçlar, yoğunluklar ve cetvel ağzı durumları kağıt karakteristiklerini belirler. Çünkü, kağıt makineleri yaygın olarak 1000 m/dk. veya daha fazla hızla çalışmaktadırlar. Arzu edilen özelliklerden herhangi bir sapma, örneğin gramaj veya rutubetteki bir değişiklik, çok küçük bir zaman diliminde kağıdın önemli bir miktarına olumsuz yönde etki edecektir.

Proses kontrol sisteminde, rutubet, gramaj gibi üretim kalitesi ile ilgili birçok önemli değişken sürekli gözlenerek kontrol döngülerinin hızlı hareket etmesi sağlanmalıdır.

1.6.1.1 Kağıt ve Kağıt Hamuru Endüstrisinde Kontrol Durumu

Kontrol Döngüsü Etkileri

Modern bir kağıt fabrikasında 2000 veya daha fazla kontrol döngüsü vardır.

Kontrol döngülerinin iki işlevi vardır:

- 1) Prosesin belirlenen hedefe göre işlenmesine izin vermek,
- 2) Hammaddedeki değişkenlik etkisi ve proses karmaşasını azaltmak,

Kontrol döngülerinin iyi çalışması, kağıt ve kağıt hamuru ürünlerinin piyasadaki kabulü için önemli olup sonuçta elde edilen ürünün kalitesi artacaktır.

İyi planlanmış, iyi ayarlanmış ve iyi bakımlı kontrol döngüleri çeşitliliği azaltacaktır. Kötü bakım ve zayıf ayarlar ise bir ürün standardı sağlamaya yetmeyecektir (Bialkowski, 1995a).

Bu tip sorunlar düşünülenin çok daha üzerindedir. Çizelge 1.1'de 5 yıllık bir anketin sonuçları özetlenmiştir. Kuzey Amerika, Dünyadaki kağıt ve kağıt

hamuru üretim sektörünün büyük bir kısmını oluşturduğu ve fikir verebileceği düşüncesiyle bu anket sonuçları örnek olarak verilmiştir (Sell, 1995).

Çizelge 1.1 Kuzey Amerika kağıt ve kağıt hamuru endüstrisi kontrol döngüleri etkinliği (Sell, 1995).

Etkinlik	Sebeup	%
Çeşitlilik Azalması	İyi ayar	20
Döngü ve Yüksek Çeşitlilik	Zayıf ayar	30
Döngü ve Yüksek Çeşitlilik	Kötü bakım	30
Uygunsuz Çalışma	Zayıf dizayn	15
Yüksek çeşitlilik	Zayıf dizayn	5

Kontrol döngülerinin sadece %20'si düzgün çalışıyor, %80'i ise işleyişe zarar verecek şekildedir. Tecrübeli bir elemanla, elle işletilen sistemlerde başarı daha yüksektir. Bu nedenle varolan cihazlar üzerinde iyileştirmeler yapılması gerekmektedir (Çizelge 1.2) (Sell, 1995).

Çizelge 1.2 Kuzey Amerika kağıt ve kağıt hamuru teknolojisi tahminleri.

	%	Adet
Kağıt ve Kağıt Hamuru Fabrikaları	-	1000
Fabrika Başına Düşen Döngü	-	2000
Toplam döngü sayısı	-	2000000
Analog		
Pnömatik Havalı Döngüler	40	800000
Elektronik döngüler	20	400000
Toplam Analog	60	1200000
Dijital		
Tek döngü	3	60000
Sınıflandırılmış sistemler	35	700000
Özel uygulamalar	2	40000
Toplam Dijital	40	800000

1.6.1.2 Kontrol Teknolojisi Tipleri

Kağıt ve kağıt hamuru sanayi içerisinde kontrol döngüleri, pnömatik, elektronik ve bilgisayar sistemlerinde kendilerine yer bulmuşlardır. Çizelge 1.2 şu anda kullanımda olan kontrol teknolojilerini özetlemektedir. Bu sistemlerden pnömatik ve elektronik olanlarına ileriki konularda kısaca değinilecek, bilgisayar sistemleri ise ayrıntılı olarak ele alınacaktır.

Kontrol döngülerinin uygulanması

Çizelge 1.3 kontrol döngülerinin kağıt ve hamuru kağıt sanayisinde tahmini uygulamalarını göstermektedir. Akım, basınç, sıcaklık, yükseklik ve yoğunluk döngüleri kağıt ve kağıt hamuru uygulamalarında makine yönünde, makine enine yönünde kontrole (CD) ve diğerleri toplamın sadece %52'sine karşılık gelir (Sell, 1995).

Uygulamalarda sadece %95'inin göreceli olarak böyle olduğunu görmek ilginçtir.

Çizelge 1.3 Kuzey Amerika'da uygulanan kağıt ve kağıt hamuru kontrol döngüleri

Uygulama	%
Akış	20
Sıcaklık	20
Basınç	30
Seviye	20
Yoğunluk, Kuruluk Yüzdesi, pH	5
Spesifik Kağıt Hamuru ve Kağıt, Katkı Maddeleri, H faktör vb.	2
Algılayıcı Tabanlı Kontrol (ağırlık, rutubet, parlaklık)	2
Özel uygulama (CD kontrol)	1

1.6.2 Lif Süspansiyonun Hazırlanması

Lif hazırlanmasında amaç kağıt makinesine istenen özellik ve nitelikte kağıt oluşturacak bir kağıt hamuru süspansiyonu vermektir.

Lif hazırlanmasının belli başlı aşamaları şunlardır:

Liflerin açılması

Kağıt hamurunu bizzat üretmeyen kağıt fabrikaları hamurlarını balyalar içinde ya safiha ya da topaklar şeklinde satın alırlar. Kuruluk oranları kimyasal hamurlarda %90, mekanik hamurlarda ise %50 dolayındadır. Lif açmanın amacı, safiha veya topak halindeki hamurları bireysel lifler oluşturuncaya kadar süspansiyon haline getirmektir. Böylece kağıt hamuru dövemeye, temizlemeye ve dolayısıyla kağıt oluşturmaya uygun bir duruma getirilmiş olur. Yani, kağıt hamuru içinde kurutulması sırasında oluşan doğal hidrojen bağları koparılır (Eroğlu, 1990).

Hamur Yapıcı (Pulper)

Bu cihaz silindirik bir tank şeklinde olup, üzerinde bıçaklar ve öğütücü dişler bulunan ya taban kısmında ya da yan duvarda yatay bir eksen üzerine yerleştirilmiş bir rotora sahiptir. Çalışma konsantrasyonu duruma göre %1-7 arasında değişir. Lif süspansiyonu rotor tarafından şiddetli bir karıştırmaya uğratılır. Liflendirme etkisi şiddetli türbülans, liflerin mekanik sürtünmesi ve rotor bıçaklarına sürtünmesi sonucu oluşur. Düşey ve yatay akımları yönlendirmek için silindirik tankın iç yüzeylerine deflektörler yerleştirilmiştir. Rotorun altın liflendirilmiş süspansiyonu tahliye etmek için bir ekstraksiyon odası vardır. Hamurun boşaltılması rotorun altındaki delikli bir sac tarafından yapılır, bu şekilde açılmayan hamurlar sac tarafından tutulur (Eroğlu, 1990).

Pulperler kuru kağıt hamurunun sulu ortamda liflendirilmesi görevini yaparlar. Böylece elde edilen lif süspansiyonu kolayca pompalanabilir, rafinörlerde dövülebilir, eleklerde ve siklonlarda temizlenebilir. Kağıt makinesinin hızının artmasından dolayı sürekli çalışan pulperler ve rafinörler standart lif hazırlama cihazı haline gelmişlerdir.

Cihazın taban kısmında veya yan duvarlarda bulunan rotor iki görevi yerine getirir:

- Tank içinde lifleri ve suyu etkili bir şekilde karıştırır,
- Lifleri didikleyip etkili bir şekilde birbirilerinden ayırır.

Eğer rotor dipte ise liflendirme daha iyi ve istendiği kadar hamurla çalışılabilir. Buna karşılık güç tüketimi oldukça fazladır. Rotor yanda ise daha yüksek konsantrasyonlarda çalışılabilir. Buna karşın cihaz daima dolu tutulmalıdır. Çevresel hızı yaklaşık 1000 m/dk.'dır.

Pulperler dolgu ve katkı maddelerinin hamura katılmasında, topak veya safiha halindeki hamurların ve atık kağıtların liflendirilmesinde de kullanılır. Eski kağıtlar genellikle %1-3 gibi düşük konsantrasyonlarda açılırlar. Böylece yabancı maddelerin ayrışması kolay olur, kaba yabancı maddeleri ayırmak için pulper içine bir ip sarkıtılır. Bu ip pislikleri sararak hamurdan ayırır (Eroğlu, 1990).

Düğüm açıcılar

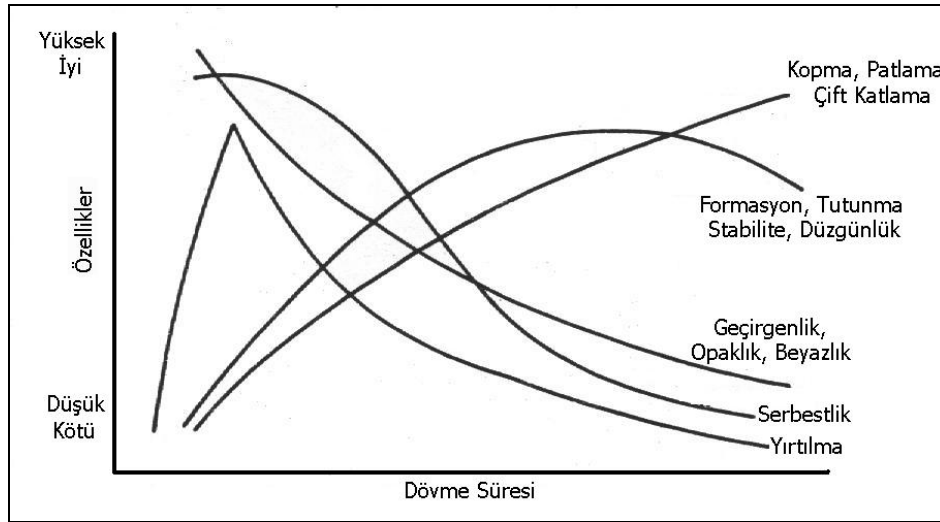
Pulperler bir noktadan sonra liflerin açılması için çok enerji harcadıklarından, kalan lif demetleri ve düğümler düğüm açıcılar tarafından liflendirilir. Düğüm açıcılar bu aşamada daha az enerji tüketirler.

Pulperlerden çıkan lif süspansiyonun içindeki belirli miktardaki düğümler ve lif demetlerinin dövmeden önce açılması iyi bir kağıt yapımı için gereklidir.

Düğüm açıcılar kağıt hamurunu bireysel lifler haline gelmesini sağlarlar ve pulperlerle rafinörler arasında yer alırlar. Cihazın etkisi hidrolik ve mekaniktir. Düğüm açıcılarda 1000-3000 devir/dk ve çevresel hızı 22 m/sn olan bir rotor ve stator bulunur. Rotor ve stator birbirine değmez ve aradaki açıklık zamanla değiştiğinden yeniden ayarlanmalıdır (Eroğlu, 1990).

Liflerin Dövülmesi

Herhangi bir kağıt hamurunun verdiği kağıdın kalitesini etkileyen en önemli faktör dövmedir. Genel olarak dövme ile bazı özellikler iyi yönde bazı özellikler ise kötü yönde etkilenir. Kontrolde esas amaç iyileşen özellikleri en yükseğe çıkarmaya çalışmak, düşen özellikleri de ise düşmeyi en az düzeyde tutmaktır. Dövme koşulları değiştirilerek aynı hamurdan tamamen değişik özelliklere sahip iki çeşit kağıt yapmak mümkündür. Şekil 2.3`de görüldüğü gibi dövme süresi arttıkça kopma, patlama ve çift katlama dirençleri artmakta, yırtılma direnci dövmenin hemen başlangıcında çok hızlı yükselir ve sonra düşer. Serbestlik derecesi dövme arttıkça düşer, yani hamur daha zor süzülür. Dövme arttıkça kağıdın yüzde (%) uzaması artar. En yüksek uzama yüksek konsantrasyonla dövme ile elde edilmiştir. Buna karşılık opaklık, parlaklık, geçirgenlik ve hacimlilik dövme derecesi arttıkça azalır (Şekil 1.21).



Şekil 1.21 Dövmenin kağıt özellikleri üzerine etkisi (Eroğlu, 1990).

Uzun yıllardan beri dövme metal çubukların veya bıçakların lifler üzerinde olan etkileri yardımıyla yapılmaktadır. Eski kağıt imalathanelerinin tokmaklarının yerini önce hollanderler almış, sonra konik rafinörler, daha sonra da son yıllarda diskli rafinörler yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır (Eroğlu, 1990).

Dövmeyi etkileyen değişkenleri, lif süspansiyonunun akış yönü, rotor ve statorun

oransal hızları, bıçak malzemesinin cinsi, bıçakların geometrik şekli, diskler arası mesafe, hamur konsantrasyonu, sıcaklık, pH, değişik kağıt hamurlarının dövülmesi, hamurun kurutulması, hemiselüloz oranı, lignin oranı ve katkı maddeleri olarak sıralamak mümkündür.

1.6.3 Lif Süspansiyonun Temizlenmesi

Eleme ve temizlemenin amacı temiz hamur liflerinden katı pisliklerin ayrılmasıdır. Bu pislikler kıymık, ağaç kabuğu, lif topağı, lif demeti, şlayfer taşı, kazan taşı, balyalardan gelen pislikler, toz, kum, balya teli, su borularından gelen pas ve kefek taşı, lastik, plastik, kazan külü gibi kirletici maddeler olabilir. Bu pislikler ayrılmadığı taktirde kağıt içinde lekeler ve benekler halinde ortaya çıkarlar. Temizlemede ilke yabancı maddelerin şekil, büyüklük ve yoğunluk bakımından liflerden farklı olmasından yararlanmaktır. Bu amaçlarla delikli ve yarıklı levhaları bulunan eleklerle yer çekimi ve santrifüj kuvveti yardımıyla çalışan cihazlar kullanılmaktadır. Genellikle, konsantrasyon %0.2-2 arasında olup süspansiyon içindeki parçacıkların birbirleriyle çok yakın ve karışık ilişkiye gelmemeleri için temizlemede çok seyreltik hamurla çalışılır. Bu yüzden de elemelerde oldukça fazla su ve enerji tüketilir.

Eskiden lif süspansiyonunu temizlemek için kum ve ağır pislikleri yerçekimi etkisiyle tutan uzun engeller kullanılırdı. Şimdi bunların yerini santrifüjlü temizleyiciler almıştır.

Elekler,

1. Düz ve diyaframli elekler
2. Döner elekler
3. Basınçlı elekler
4. Santrifüjlü temizleyiciler şeklinde sınıflandırılabilir.

Basınçlı elekler adında da anlaşılaacağı üzere basınç altında çalışan ve ince elemelerde kullanılan eleklerdir. Daha az yabancı madde birikimi olur ve daha az alan kaplarlar. En önemlileri Selectifier ve Centiscreen basınçlı elekleridir.

Selectifier eleği düşey tiplerden olup, basınç altında, süspansiyonla dolu ve tamamen kapalı olarak çalışır. Elek doğrudan bir boruya bağlı olup, süspansiyon, bir pompa yardımıyla eleğe verilir. Elek levhası silindirik bir gövdenin içine düşey olarak yerleştirilmiştir ve üzeri deliklidir. Atık kısım tanjansiyel olarak eleğin dip kısmından kesintisiz veya kesintili olarak boşaltılır. Hava foil çubukları genellikle iki tane olup sürekli olarak silindirin iç yüzeyini süpürürler. Çalışma sırasında oluşan artı ve eksi basınç deliklerin tıkanmasını engeller. Kapasiteye, konsantrasyona ve elek delik çapına bağlı olarak basınç farkı 2-5 psi arasında değişir. İç basınç minimum 1-2 psi'dir.

Bu cihazın güç kaybı debiye bağlı olup, $10 \text{ m}^3/\text{dk}$ için 0.2 bardır.

Elemede asıl amaç pisliklerin ayrılması ise fazla eleme kullanılır. Genellikle birinci ve ikinci elemede %15-20 fazla eleme yapılır. Eğer asıl amaç liflerin dağılması ise fazla eleme uygulanmaz.

Bir eleğin verimi konsantrasyona, serbestlik derecesine, sıcaklığa, hamurun özelliklerine, deliklerin çapına, şekline ve cinsine bağlıdır. Eleme etkinliği şöyle hesaplanır:

1. Giren hamurun çıkan temiz hamura oranı
2. Toplam atık kısmın giren hamura oranı
3. Atılan temiz liflerin giren temiz hamura oranı

Siklon temizleyicilerde ana ilke merkezkaç kuvvetinin değişik yoğunluktaki cisimler üzerindeki farklı etkisidir. Yoğunluğu liflerden daha yüksek olan pislikler merkezkaç kuvvetinin etkisiyle zorunlu olarak çökelerek temiz liflerden ayrılırlar. Bu cihazlar eleklerde temizlenmesi imkansız olan pislikleri etkili olarak ayırırlar. Siklon temizleyicilerde ana ilke yoğunluk ve şekil farklılığı, eleklerde ise büyüklük farkıdır.

Sıvı içindeki parçacıkların nispi hareketinin analizi karmaşık bir iş olup santrifüj

kuvveti altında ve düzgün bir akım halinde küresel parçacıklar için aşağıdaki eşitlik yazılabilir (1.5).

$$U = \frac{V^2 \times (P_s - P) \times d^2}{18 \times \eta \times r} \quad (1.5)$$

Burada U = Parçacıkla sıvı arasındaki oransal hız, V = Akış hızı, r = Akış yarıçapı, P_s = Parçacığın yoğunluğu, P = Sıvının yoğunluğu, η = Sıvının viskozitesi, d = Parçacığın çapıdır.

Buradan, yoğunluk farkı arttıkça U değerinin arttığı, d^2 parçacığın kesit alanı arttıkça U değerinin arttığı görülmektedir. U değeri arttıkça ayırma etkisi artacaktır. Bu değer akış hızının karesiyle doğru, akış yarıçapı ile ters orantılıdır. Viskozite artarsa U değeri azalmaktadır. Uygulamada ise hamurun konsantrasyonuna bağlıdır. Akış yarıçapı küçük siklonlarda daha düşük olduğundan ayırma daha etkilidir (Eroğlu, 1990).

Siklonlarda dikkat edilmesi gereken temel parametreler, siklon iç yarıçapı, konsantrasyon ve basınçtır.

1.6.4 Kağıt Makinesine Gelmeden Önceki İşlemler

Hamurun Sulandırılması

Hamurun sulandırılması elekten süzülen suların yeniden kullanılmasıyla yapılır. En basit yöntem koyu hamurun sulandırılmak üzere bir emici pompanın besleme borusuna bağlanmasıdır. Koyu hamurun debisi elektrikli bir vana yardımıyla ayarlanıp böylece kağıdın ortalama gramajı ayarlanır.

Modern fabrikalar arka arkaya üç tip sulandırma yaparlar ve değişik işlemler sırasında optimal konsantrasyon elde edilir. Böylece kullanılan cihaz sayısı azaltıldığı gibi pompalama masrafı da azalacaktır (Eroğlu, 1990).

Konsantrasyon ayarlayıcılar

Kağıdın gramajının düzenli olabilmesi için gerekli koşullardan birisi de konsantrasyon ayarıdır. Birçok konsantrasyon ayarlayıcı cihaz mevcut olup hemen hepsi viskozite farkı ilkesine göre çalışır. Yoğun hamurun kıvamlılığı fazla, seyreltik hamurun ki ise düşüktür. Bir algılayıcı eleman ile su vanasını otomatik olarak açıp kapayan bir düzenek yeterlidir. Vana viskoziteye bağlı olarak ve elde edilecek konsantrasyona göre açılır ve kapanır. Bu cihazlar %2-5 konsantrasyon arasında çalışırlar. %2'nin altında konsantrasyonun viskozite üzerine etkisi zayıf olduğundan çalışma zorlaşır.

İlk önce 1928`lerde geliştirilen konsantrasyon ayarlayıcı, makaslama gücünün bir hassas eleman üzerine etkisinin konsantrasyona bağlı olarak değişmesi ilkesine dayanıyordu. Modern konsantrasyon ayarlayıcılar da genellikle makaslama gücü veya lif ağı yapısının sağlamlığının konsantrasyona bağlı olarak değişmesi ilkesine göre çalışmaktadır. Duyarlı eleman taşıma sistemine monte edilmiş, sabit ve döner olabilir (Eroğlu, 1990).

Debi ayarlayıcılar

Kağıt hamurunun konsantrasyon dışında debisi de düzenli olarak ayarlanmalıdır. Debi ayarlayıcıların çalışma ilkeleri şöyledir:

Birinci ilke: Sabit seviyeli bir kasa, çıkış açıklığı sabit bir düzenek veya bölmeli bir tekerlekle donatılmıştır. Açıklığın genişliği azaltılıp artırılarak veya tekerlek yavaş ya da hızlı döndürülerek debi üzerinde oynanabilir.

İkinci ilke: Hamur serbest olarak açık veya dikdörtgen şeklinde bir baraj üzerinden boşalır. Barajın akımın geliş tarafındaki yüksekliği 100 mm`den daha fazla olmalıdır. Hava üfleyen bir düzenek kontrol vanasının açılıp kapanmasını sağlar.

Üçüncü İlke: Hamurun akımı bir debimetre ile donatılmış ve genellikle giyotin tipi bir vana yardımıyla ayarlanır. Boru üzerinde akım geçiren bir sargı vardır. Bu

akım manyetik alan oluşturur ve hamur bu manyetik alanın içinden geçerken gerilim debi ile orantılıdır. Bu gerilim ölçülerek yükseltildikten sonra elektrovanayı kontrol eder (Eroğlu, 1990).

Hamura dolgu ve katkı maddelerinin karıştırılması

Eskiden beyaz su, hamur, dolgu maddeleri, boyar maddeler, yapıştırma maddeleri, şap hollander içinde, dövmeden sonra karıştırılıyordu. Daha sonra pulperlerde karıştırılmaya başlanmıştır. Daha önce de belirtildiği gibi dolgu maddelerinin dövmeden önce katılması diskli ve konik rafinörlerin çalışması sırasında hem kötü etki yaparlar hem de enerji tüketimine neden olurlar.

Son zamanlarda ise karıştırma, karıştırma teknelerinde yapılmaktadır. Karıştırma sürekli veya yarı sürekli yapılabilir. Yarı sürekli yöntemde iki adet karıştırma teknesinden biri boşalırken diğeri dolar. Önce değişik hamurlar doldurulur, sonra mümkün ise sıvı halde dolgu maddeleri ilave edilir, sonra boyar madde ve tutkal katılır. 20 dakikalık bir karıştırmadan sonra şap katılır. Sürekli yöntemin avantajı devrenin kısa olması nedeniyle üretimin kolayca değiştirebilmesidir. Ancak, kontrol otomatik olmalıdır (Eroğlu, 1990).

Taşıma Boruları ve Pompalar

Kağıt fabrikaları içinde lif süspansiyonunun bir yerden bir yere taşınması pompalar yardımıyla ve borular içinde yapılır. Lif süspansiyonunu borular içinde taşınması sırasında güç kaybı şeklinde ortaya çıkan bir etkisizlik sözkonusudur (Eroğlu, 1990).

Belirli bir lif süspansiyonu için diğer koşullar aynı kalmak üzere;

- a. Boru çapı azaldıkça güç kaybı artar.
- b. Akış hızı dolayısıyla debi arttıkça güç kaybı artar.

Bir pompa, motordan aldığı enerjiyi bir sıvıya aktararak (su, hamur vs.) sıvının devre içinde bir yerden başka bir yere taşınmasını sağlayan bir cihazdır. Taşımanın yapılabilmesi için pompaya verilen enerji sıvının potansiyel enerji

değişmelerini ve güç kaybını karşılayabilmelidir.

1.7 SONSUZ ELEK (FOURDRINIER) KAĞIT MAKİNESİ

1.7.1 Islak Parti

Kağıt makinasının ıslak partisi (Şekil 1.22) aşağıdaki önemli görevleri yerine getirir:

1. Hamuru Sulandırmak

Süspansiyonun konsantrasyonu azaldıkça lifler daha bağımsız olarak hareket ederler, dolayısıyla kümelenme azalar, ve formasyon düzelir. Bu nedenle konsantrasyon liflerin serbestçe hareket edebileceği oranda düşük olmalıdır. Seyreltme taze su ile veya elek altına süzülen suyun yeniden kullanılmasıyla sağlanır. Konsantrasyonun düzenliliği doğrudan gramajın düzenliliğini etkiler.



Şekil 1.22 Kağıt makinesinde ıslak parti.

2. Liflerin Dağıtılması

Seyreltik süspansiyon oluşum kısmı denen sonsuz elek üzerine homojen bir lif dağılımı elde edecek şekilde yayılır. Bunu sağlayan cihazlar delikli silindirler, cetvel ağzı, oluşum tablası ve dandy silindiridir.

3. Kompaklaştırma

Liflerin suyu vakum, yerçekimi ve basınç gibi etkilerle alınarak lif-lif temas yüzeyi artırılır, yüzeyler arası gerilim yükseltilerek yaş safiyanın sağlamlığı artırılır.

4. Suyun Alınması

Oluşan safiyanın boşlukları arasındaki su emme ve yerçekimi etkisiyle mümkün olduğu kadar ayrıldıktan sonra couch silindirinden pres kısmına kolaylıkla aktarılabilir sağlamlıkta olmalıdır. Su miktarı azaldıkça yüzeylerarası gerilim artacağından ıslak safiyanın sağlamlılığı da artar.

Kağıt safihası elekten ayrıldıktan sonra döner, düz ya da emici pres silindirleri arasından geçerek suyun önemli bir kısmını daha bırakır ve böylece kurutma kısmına girecek hale gelir.

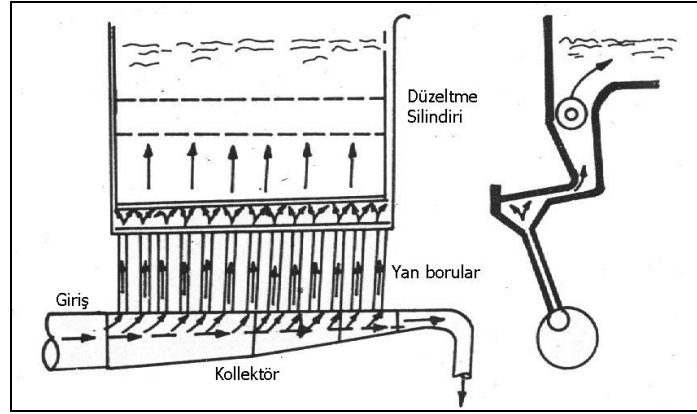
Kağıt makinasına girişte lif süspansiyonunun konsantrasyonu 2-15 g/l arasındadır. Sonsuz elekten çıkışta kağıdın kuruluğu %17-22 arasında olup 1 kg lif için 4 litre su içerir. Pres partisinde presleme sonucunda etkililiğe bağlı olarak kuruluk %32-45 arasına yükselir, yani 1 kg lif için 1.5 kg su kalmıştır. Kurutma partisinden çıkan kağıdın kuruluğu %90-92'ye yükselir, kullandığımız kağıt bu kuruluktadır (Eroğlu, 1990).

Akım Dağıtıcılar

Akım dağıtıcı ve hamur kasasının görevi santrifüjlü pompalardan borular vasıtasıyla gelen, belirli hızda ve dairesel kesitteki süspansiyon akımını, mümkün olduğu kadar düzenli bir biçimde, makine eni boyunca, en az oranda karşı akım ve anaförler oluşturarak, kalınlığı 1-1.5 cm olan ince dikdörtgen prizması şeklinde bir akıma dönüştürerek cetvel ağzına vermektedir. Nihai kağıdın formasyonu ve düzenliliği büyük ölçüde liflerin ve dolgu maddelerinin safiha içinde düzenli dağılımına bağlıdır. Bu nedenle akım dağıtıcı ve hamur kasasının dizaynı liflerin çökmesini, kümelenmesini önleyecek şekilde yapılmalıdır. Onun için

bükülmeler, kıvrımlar, dirsekler ve aşırı türbülanslardan kaçınılmalıdır. Bununla birlikte küçük anaforlar oluşturan türbülanslı akım liflerin düzenli dağılımı için uygundur. Akım sistemi çamur biriktiren ölü kısımlara sahip olmamalı ve temizlenmesi kolay olmalıdır.

Akım dağıtıcılar; Çok akımlı, V Tipi, Çok kollu, Basit çok kollu, Çapraz akımlı ve Manifold tipi akım dağıtıcılar (Şekil 1.23) olarak değişik türlere sahiptirler.



Şekil 1.23 Manifold tipi akım dağıtıcı

Halen en çok kullanılan Manifold tipi akım dağıtıcılarıdır. Kesiti gittikçe küçülen bir kollektör ile ona yandan bağlanmış borulardan ibarettir. Kollektör içindeki basınç ve hızı etkileyen faktörler şunlar olabilir:

- Çapraz akımın sürtünme basıncı düşmesi
- Kollektör içindeki hızın derecesi
- Sıvı türbülansı ve hamurun giriş etkisi
- Boyut düzensizlikleri

Kollektörden yan borulara geçişte %50-100 arasında bir ivme yapılarak yan borularda akım düzenlenir ve aynı zamanda kollektörle hamur kasası arasındaki toplam basınç düşüşü artırılır. Hızlanma oranı aşağıdaki formüle göre belirlenir (1.6):

$$R = \frac{S_o - S_r}{S_e} \quad (1.6)$$

Burada S_o = Kollektörün giriş kesiti, S_r = Kollektörün çıkış kesiti, S_e = Yan boruların toplam kesitidir. Hızlanma oran R , 1.5`tan fazla olmalıdır.

Eğer yan boru çıkış ağızlarında basınç ve hız birbirlerine eşit ise yan boruların akım oranları da eşit olacaktır. Kesit alanı ile uzunluk doğrusal olmadığı için kollektör seksiyonlar halinde yapılır. İyi bir dizayn yapılırsa fevkalade düzenli bir akım elde edilir. Kollektör içindeki statik basınç yan borulardaki ve hamur kasasındaki güç kaybını karşıladığı gibi aynı zamanda yeterli hızı da kazandırmalıdır. Dağıtım kanalındaki basınç da yan borulara ayrılmadan doğan güç kayıplarını karşılayacak oranda yüksek olmalıdır. Kendi kendine temizlenebilmesi için yan borularda hız 3.3 m/sn`nin altına düşmemelidir (Eroğlu, 1990).

Hamur Kasası

Hamur kasasının görevi akım dağıtıcılardan gelen ve birbirine paralel olarak akan, eşit hızdaki akım şeritlerini (2.5-15 m/sn.) 1-1.5 cm kalınlığındaki bir süspansiyon levhası şeklinde, makine boyunca (1-10 m) tümüyle dağılmış liflerden oluşacak şekilde sonsuz eleğe vermektedir. Hamur kasası dağıtıcılardan gelen akımın hızını yavaşlatır, şerit halindeki akımları yok ederek homojen bir akım haline getirir. Genellikle bu şeritleri yok etmek için hamur kasası içindeki dinamik basınçların dengeli olması ve kasa içinde türbülanslardan kaçınmak gerekir.

Hamur kasası kağıt formasyonunda çok önemli bir rol oynar. Kağıt öncelikle hamur kasası ve elek üzerinde şekillenir. Herhangi bir hatanın elek üzerinde düzeltilmesi şansı pek yoktur. Bu bölgede lifler yönlendirilir, kümelenir, dolgu maddelerinin enine, boyuna ve kalınlığına dağılımı burada belirlenir. Hamur kasasından çıkan akımın homojenliği en önemli etkidir, yani akım içindeki lif kümeleri küçük ve gevşek olmalıdır. Homojenliği sağlayan en önemli etken ise düşük konsantrasyondur. Akım ve elek hızı kolayca ayarlanabilmelidir, aksi halde küçük hız farkları bazı sorunlara neden olabilir. Akım makine eni boyunca homojen olmalıdır. Hamur kasası belli ölçülerde pompalardan ve eleklerden gelen

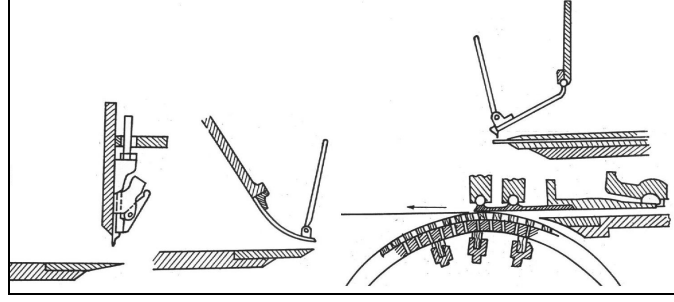
dalgalanmaları giderir.

Hamur kasasında konsantrasyon artırılırsa formasyon bozulmaya başlar, dolayısıyla kağıt özellikleri de bozulur. İyi bir formasyon ve kağıt özellikleri için düşük konsantrasyon gereklidir. Buna karşılık konsantrasyon azaldıkça tutunma da azalır (Eroğlu, 1990).

Cetvel Ağzı ve Özellikleri

Cetvel ağzı, hamur kasasının ön alt kısmında bulunan iki adet dudaktan oluşan yarık veya açıklığı 1-1.5 cm dolayında olan dikdörtgen şeklinde bir menfezdır. Dudaklar paslanmaz metal, bronz, çelik ve dökme demirden yapılır. Dökme demir çelik veya kauçuk kaplıdır. Modern makinelerde paslanmaz çelik kullanılmaktadır. Dudaklar son derece rijit olmalı eğilmemelidir. Alt ve üst dudakların pozisyonları birbirlerine göre ayarlanarak hamur kasasından aldığı süspansiyonu düzgün bir akım haline dönüştürerek formasyon alanına verir. Cetvel ağzı, göğüs silindiri üzerinde olup, üst parçasına üst dudak, alt parçasına alt dudak denir. Dudakların görevi akımı oluşturma olup, aralarındaki açıklık konsantrasyona ve gramaja bağlı olarak değişir (genellikle, 10-15 mm). Alt dudak çok nadir ayarlanır ve makine çalışırken ayarlama yapılmaz. Üs dudağı ayarı iki çeşit olup, tam ayarda alt dudağa oranla pozisyon ayarlanır. Seksiyonlar halinde ayar ise her 10-15 cm`de bir ayar vidaları yardımıyla yapılır. Cetvel ağzı açıklığı ise üst dudağı önden eğerek ayarlanabilir. Alt dudak eleğe 6 mm`den daha yakın olmamalıdır (Eroğlu, 1990).

İdeal olarak akımın kesiti dikdörtgen akımın kesiti dikdörtgen, hız makine eni boyunca aynı ve süspansiyonun lifleri tümüyle dağılmış olmalıdır. Dudaklar rijit ve kenarları sivri olmalıdır, aksi halde stabil akım elde edilemez. Cetvel ağzı daima temiz tutulmalı, liflerle pisliklerin takılmasını ve birikmesini önlemek için dudakların iç yüzeyleri son derece kaygan ve pürüzsüz olmalıdır.



Şekil 1.24 Cetvel ağız tipleri (Eroğlu, 1990).

Cetvel ağzının dizaynı ve çalışması son derece önemlidir. Çünkü, kağıt safihası bu noktada şekillenmeye başlar. Cetvel ağzından önceki bütün aygıtlar ona düzenli dağılmış bir süspansiyon vermek amacına yönelmişlerdir. Cetvel ağzının dizaynı aşağıdaki işlevleri yerine getirebilecek şekilde yapılmalıdır (Eroğlu, 1990).

1. Süspansiyonu makine eni ve boyunca üniform bir şekilde dağıtmalı, ufak değişiklikleri ayarlayabilecek düzeneğe sahip olmalıdır.
2. Ağız açıklığı, dolayısıyla akım hızı elek hızıyla belirli oranlar içinde ayarlanabilmelidir. Ağız açıklığı kağıt kalitesini etkileyen en önemli faktördür.
3. Akım açısı ve elek üzerine çarpma çizgisi kontrol edilebilmelidir.

Belli başlı cetvel ağız tipleri şunlardır:

- Düşey veya düz cetvel ağız
- Düz daralan cetvel ağız
- Eğrili cetvel ağız
- İnce kanal girişler veya nozul cetvel ağız

Cetvel ağzının ayarı özel bir ustalık ve sabır isteyen bir iştir. 15-20 cm'lik seksiyonların ayarlanması sırasında, bir seksiyonun ayarı diğerinin bölgesini etkilediğinden, birisi ayarlanırken diğerleri üzerindeki etkisi gözlenmelidir. Tam ve düzenli bir ayar yavaş yavaş ve sabırla elde edilir. Şekil 1.24'de değişik tipte cetvel ağızları verilmiştir.

Göğüs Silindiri

Göğüs silindiri cetvel ağzının altında eleği döndüren ve elek tarafından döndürülen silindiridir. Sonsuz elek kısmında göğüs silindirinden emici kasaya kadar olan kısım formasyon alanı olarak kabul edilir. Çapı makine genişliğine bağlı olarak değişir. Küçük çaplı göğüs silindiri eleğin sert bir dönüş yapmasına neden olduğundan çapı nispeten büyük olmalıdır. Ayrıca çap raspanın etkili bir biçimde çalışmasını sağlayacak kadar olmalıdır. Elek değiştirme için göğüs silindiri hareket edebilmeli, ayrıca cetvel ağzına göre yatay ve düşey olarak hareket edebilmelidir.

Göğüs silindiri üzerinde drenaj akım açısı ve akımın eleğe çarpma noktası değiştirilerek kontrol edilebilir. Eğer akım göğüs silindirinin üzerine doğru yöneltirse göğüs silindiri üzerinde büyük ölçüde su alınır (%16-17) ve eğer akım göğüs silindirinden ileriye oluşum tablası üzerine verilirse hemen hemen hiç su alınmaz. Bu durumda formasyon tabla silindirleri ve foillerin etkisine bağlıdır. Birinci halde ise formasyon kısmen göğüs silindiri üzerinde olmuştur.

Düşük konsantrasyon iyi bir formasyon ve tüm kağıt özellikleri için daha uygundur. Akım ve elek hızı arasındaki farkın az olması baskı kağıtlarının baskı kalitesini olumlu yönde etkilemektedir. Akımın eleğe çarpma açısı küçük olmalı, hava tarafından oluşturulan sorunlar akımın çarpma noktası uygun seçilerek giderilebilir (Eroğlu, 1990).

Oluşum Tablası

Göğüs silindiri ile ilk tabla silindiri arasındaki mesafe kağıt formasyonunda önemli bir rol oynar. Özellikle geniş makinelerde büyük çaplı göğüs silindiri ve tabla silindirleri kullanıldığından göğüs silindiri ile ilk tabla silindiri arasında desteklenmeyen geniş bir elek mesafesi kalır. Bu kısma akımın çarpma kuvveti ve süspansiyonun ağırlığı da bindiğinden elek sarkar, dolayısıyla ilk tabla silindirinde safiha deformasyona uğrar. Bu nedenle, bu kısımda eleği taşımak için modern kağıt makinelerinde oluşum tablaları kullanılır. Özellikle yavaş ve orta hızdaki makinelerde drenajı geciktirmek amacıyla kullanılır. Çünkü bu kısımda hızlı bir

drenaj istenmez, hızlı drenaj liflerin dağılmasına fırsat kalmadan ince materyalin elekten geçmesine neden olur.

Tabla Silindirleri

Kağıt makinesi üzerinde çıkarılan suyun yaklaşık 2/3'ü tabla silindirleri tarafından yapılır. Serbest drenajın çoğu ilk birkaç tabla silindirinde oluşur. Belli bir noktadan sonra tabla silindiri ilavesi drenajı fazlaca artırmaz. Kağıt oluşumu tamamlandıkça formasyon kısmında drenaj oranı hızla azalır. Toplam suyun %30'u göğüs silindiri ile ilk tabla silindirinde alınır, %50'si ise formasyon tablasının ilk ¼'lük kısmında alınır.

Tabla silindirlerinde maksimum emme miktarı $S_{max} = V^2 / 2g$ 'dir. Burada V = Hız, g = Yerçekimi ivmesidir. Bu eşitlik 800 m/dk hıza kadar geçerlidir. Bundan sonra tabla silindirlerinin oluşturduğu vakumun etkisiyle su buharlaşmaya yüz tuttuğundan hız artırılmaz. Vakum miktarı 350 m/dk hızda bile yüksek değerlere ulaşır.

Tepe genişliği silindir çapı ile orantılı, lif ve eleğin drenaj direnci ile ters orantılıdır.

Bir tabla silindirinin çıkardığı su miktarı $q = D \cdot U_k / F^2$ formülü ile belirlenir. Burada; D = Silindirin çapı, U = Elek hızı, F = Drenaj faktörü olup çeşitli etkenlere bağlıdır (kağıdın kalınlığı, geçirgenliği, serbestlik derecesi, konsantrasyon vs.) k = Hızın drenaj üzerine etkisini belirleyen bir katsayı, kraft hamuru için 0.3, gazete kağıdı için 1.2'dir (Eroğlu, 1990).

Deflektörler

Tabla silindirlerinden fırlatılan sular eleğin altına çarparak orada bulunan ince materyali yıkar ve kağıt yüzeyinde izlere neden olur. Deflektörler tabla silindirleri arasına yerleştirilmiş uçları ince paralelkenar veya yamuk şeklinde levhalardır.

Drenaj Levhaları

Makine hızı ve eni arttıkça tabla silindirlerinin alt tarafında oluşan vakum bir çok güçlüklerle ve sorunlara neden olmuş, makinenin verimliliği ve kağıt kalitesi üzerinde sınırlayıcı bir etken olmuştur. Bu sakıncaların giderilmesinde tabla silindirleri arasında deflektör kullanılması, yivli tabla silindirleri, tabla silindirlerinin dinamiğinin anlaşılmasına kısmen yardımcı olmuştur.

Drenaj levhalarının (foillerin) belli başlı avantajları şunlardır (Eroğlu, 1990):

- a. Öncelikle ince materyalin tutunmasını ve makine hızını artırır.
- b. İnce materyalin safiha içinde dağılımı düzenlidir.
- c. Kağıt formasyonu daha düzgündür, birim uzunlukta drenaj kapasitesi daha yüksektir.
- d. Drenaj kapasiteleri yüksektir, drenaj eğrisi ve dalgalanmalar istendiği gibi kontrol edilebilir.
- e. Sabit aç çok küçük olduğundan dalgalanmalar çok az ve kağıt üzerindeki elek izi daha belirgindir.
- f. Süzülme ve tutunma daha iyi olduğundan hamur kasasında konsantrasyon daha yüksek tutulabilir (%1.5-2.0), kağıt formasyonu daha iyidir.

Bunun yanında sakıncaları;

- a. Aşınmanın artması, eleğin döndürülmesi için gerekli gücün artması ve zift toplaması.
- b. Düşük hızlarda süzülme çok yavaştır.
- c. Bazı hallerde, özellikle hamur fazla dövülmüş ise, yer yer mikro türbülans oluşturmak için tabla silindirleri kullanmak gerekir.

Yaş Emme Kasaları

Tabla silindirlerinin ve drenaj levhalarının çapları ve boyutları hıza bağlı olarak yapıldığından drenajı istendiği gibi ayarlamak mümkün değildir. Dolayısıyla süzülme hızın bir fonksiyonudur. Oysa, kağıt bir kere oluştuktan sonra kalan su mümkün olduğunca kısa sürede çıkarılmalıdır. Bu işi emici kasalar gerçekleştirir. Yaş emici kasalarda su alımı fazla olup ilk kasada 1 kg lif için 5.4 kg su çıkarılır.

Çıkarılan su miktarı, son kuru kasada ise 1 kg lif için 0.45 kg'a düşer. Emici kasalarda vakumun otomatik kontrolünü sağlayan çeşitli sistemler olup, ayarlama bir vana yardımıyla yapılır. Vakum az ise vana açılır, çok ise kısılır. Emici kasalar dikdörtgen şeklinde olup suyun akımını kolaylaştırmak için alt kısmı yarı daireseldir.

Yaş emici kasalarla kağıt düşük vakum altında ve deformasyona uğramadan oluştuğundan hız sınırlaması yoktur (Eroğlu, 1990).

Emici Kasalar

Hamurun özelliğine, dövme derecesine, dolgu maddesi miktarına ve sıcaklığa bağlı olarak, tabla silindirleri drenaj levhaları ve yaş emici kasalar safihayı ancak %2-4 kuruluk derecesine getirebilirler. Çünkü belirli bir kuruluktan sonra safiha arasından hava geçtiğinden su çıkarılması güçleşmektedir. Öte yandan pres kısmında safihanın preslenebilmesi için en az %15-25 kurulukta olması gerekmektedir. İstenen kuruluğu sağlamak için vakum pompası kullanan emici kasalarla birlikte rotabelt ve emici silindirler kullanılır. Böylece kağıdın içinde

- Çok küçük kapiler boşluklardaki serbest su alınabilir, ancak bağlı suyun tutunma gücü vakumdan yüksektir ve çıkarılamaz.
- Çıkarılan su miktarı arttıkça safiha arasından geçen hava miktarı artar ve vakum etkisi azalır.
- Belli bir üretim için kuruluk miktarı emici kasalarla %10-18 arasına çıkarılabilir.

Emici Silindir

Emici kasalarda vakum miktarı sürtünme nedeniyle sınırlı olduğundan bu kasalardan geçen safihanın kuruluğu %10-18 arasındadır. Emici silindir elekle birlikte döndüğünden pek sürtünme sorunu yoktur. Kağıdın çeşidine bağlı olarak emici silindir yardımıyla kuruluk %18-25'e kadar yükseltilebilir (Eroğlu, 1990).

Avantajları şunlardır:

- Orta ve yüksek hızlarda çalıştırılabilir.
- Elekten ayrılıştaki kağıdın kurluğu daha yüksektir.
- Kullanılması kolaydır.

Sakıncaları ise;

- Vakum pompası gerekli olup fazlaca enerji tüketir.
- Önlem alınmadığı takdirde emme deliklerinden keskin bir gürültü çıkar.
- Kağıt üzerinde elek izleri oluşturur.
- Özellikle boyanmış ve dolgu maddesi kullanılan kağıtlarda iki yüzölçüm daha da belirginleşir.

Düzeltilme Silindiri

Birçok Fourdrinier kağıt makinesinde düzeltilme silindiri sonsuz eleğin üzerinde emici kasalar arasına yerleştirilmiş veya bazı hallerde foillerin vakum yönünden yüksek olduğu alana konulabilir. Düzeltilme silindiri genellikle safiha kuruluşunun %2 olduğu emici kasaların ortasına yerleştirilir ve altına iki adet tabla silindiri konulur (Eroğlu, 1990).

Düzeltilme silindirinin görevleri şunlardır:

- Lifleri dağıtır, yüzeyi düzeltir, boşlukları kapatır.
- Safihayı daha kompakt hale getirir ve böylece emici kasaların etkisini artırır.
- Liflerin bağlanmasını iyileştirir.
- Kağıda filigran kazandırır.

1.7.2 Yaş Presleme

Islak safiha sonsuz eleğin sonunda emici silindirinin üzerinden kaldırılıp pres partisine geçirilmelidir. Kaldırma işlemi emici silindirinin vakum kısmını geçmeden hemen önce yapılır, çünkü safihanın yeniden su alması söz konusu olabilir. Bu noktada safiha iki kısım arasındaki boşluktan yardım edilmeden veya kaldırıcı bir

keçe vasıtasıyla transfer edilir.

Transfer sırasında elekten ayrılıp pres kısmına geçen safiha üzerindeki zorlama en az düzeyde tutulmalı ve mümkün olduğu kadar düzenli dağıtılmalıdır. Vakum transferi uygulaması halinde safihaya uygulanan gerilim miktarı elek, kaldırma keçesi ve ilk pres keçesinin nispi hızları yardımıyla kontrol edilebildiğinden pek fazla sorun olmaz. Bu durumda, birinci presle ikinci pres ve kurutucular arasında kontrollü transfer yapılmadığından safiha kopmaları daha çok buralarda olur.

Safihaya açık kaldırma uygulanması halinde vakum uygulanmadığından, kopmalar daha çok kuruluk oranının düşük olduğu emici silindir ile birinci pres arasında meydana gelir. Açık kaldırmada kopmaya neden olan etkenler şunlardır:

1. Safiha içinde liflerin dağılım durumu.
2. Liflerin kalitesi.
3. Lif/su oranı.
4. Kağıdın gramajı.
5. Çekmedeki dalgalanmalar.
6. Safihadaki diğer kusurlar.

Bunlardan bir veya birkaçı kontrol edilmez ise safihanın kopma olasılığı yüksek olup, kağıt makinesinin verimini düşürecektir. Açık kaldırmada çekme düzensizlikleri ve kağıdın formasyonundaki düzensizlikler kopma şansını artıracaktır. Formasyon düzensizlikleri zayıf noktalar, delikler, topaklanmalar ve kalın noktalarla bazı noktaların daha yapışkan özellikte olmasıdır (Eroğlu, 1990).

Presleme

Genel olarak lif süspansiyonundaki suyun %98'i sonsuz elekte, %1'i preslerde, %1'i ise kurutma partisinde alınır. Sonsuz elekten ayrılan safihanın kuruluğu %16-22 arasında değişir. Bu kuruluk oranı dövme miktarına, gramaja, lif özelliklerine ve drenaj elemanlarının kapasitesine bağlı olarak değişir. Su çıkarmada asıl amaç kağıt kalitesini bozmadan su miktarını azaltmaktır.

Preslemenin amaçlarını şu şekilde sıralayabiliriz:

- Preslemenin birinci amacı kurutma silindirlerine gelmeden önce safihadan mümkün olduğu kadar fazla su çıkarmaktır. Presleme ile safiha kuruluğu %35-48'e çıkarılır (ort. %40).
- Safihayı sıkıştırarak lif-lif temas yüzeyini, dolayısıyla hidrojen bağı oluşturma şansını artırmak. Sıkıştırma sonucu safihanın kalınlığı azalır, yüzey düzgünleşir, safihanın sağlamlığı artar, kurutma partisinde kopmaz, lifler arasındaki su filmi inceldiğinden yüzeyler arası gerilim artar. Kurutmadan sonra da temas yüzeyi arttığından kuru kağıt daha sağlam olur.

Kağıt endüstrisinde değişik pres dizaynları kullanılmaktadır. Genel olarak önemlilerini 5 grup altında toplamak mümkündür:

1. Düz pres.
2. Emici pres.
3. Yivli pres.
4. Fabrik pres.
5. Yüksek basınçlı pres.

Yaş preslemede bilinmesi gereken değişkenler

Yaş preslemede çıkarılan su miktarı şu etkenlere bağlıdır.

1. Tepe basıncı. Temas yüzeyinin birim alanına yapılan basınç miktarı, basın süresi, preslerin sayısı ve tipi.
2. Kağıt makinesinin hızı.
3. Pres silindirlerinin özellikleri.
4. Keçenin özellikleri ve kalitesi, su emme yeteneği, geçirgenliği, eskiliği ve durumu.
5. Suyun viskozitesi ve sıcaklık.
6. Safihanın özellikleri, liflerin cinsi ve dövme derecesi, rutubet oranı, safihanın gözenekliliği ve gramajı, ince materyal oranı, katkı ve dolgu maddeleri vs.

1.7.3 Kağıdın Kurutulması

Bir kağıt ya da kartonun kullanılabilir olması için içerisindeki nemin %10'un altında olması gereklidir. Oysa, pres kısmından çıkan safihanın rutubet oranı %55-70 arasında değişir. Süzme ya da presleme yoluyla kağıdın rutubet oranını %50'nin altına düşürmek pek mümkün değildir. Belirli bir rutubet oranından sonra kağıdın suyu ancak ısı enerjisi yardımıyla uzaklaştırılabilir. Safiha içindeki nemin miktarı ne olursa olsun suyun tamamını ısı enerjisi ile uzaklaştırmak mümkündür.

Ancak, buharlaştırma pahalı bir yöntem olduğundan presleme ile mümkün olduğu kadar fazla su uzaklaştırmak en ekonomik yoldur. 1 kg suyun buharlaştırılması için 540 kilokalori ısıya gereksinim vardır. Bu yüzden, son yıllarda preslerin etkililiğini artırmak için presin tepe uzunluğunu, presleme süresini, basıncı artırarak ve sıcak presler kullanarak etkililik artmıştır. Böylece kurutma partisinin yükü %20'ye varan oranlarda azaltılmıştır. Bu oranlarda da kurutma partisinde enerji tasarrufu sağlanabilmiştir. Bununla birlikte, gerçek kurutma maliyeti kağıdın satış fiyatının %2-3'ü kadardır. Oysa, hamurun maliyeti %60'tır. Eskiden pres kısmından çıkışta kuruluk %35-40 iken, son yıllarda %50'ye yaklaşmaktadır. Kurutma silindirlerinden sonra kuruluk %92-94'e yükselir (Eroğlu, 1990).

1.7.4 Kalenderleme

Kurutma partisinden çıkan kağıdın yüzeylerinde bazı düzensizlikler vardır ve düzensizlikler baskı, yazı ve ambalaj gibi bazı kullanma amaçları için bir kusur oluşturur. Kalenderleme kağıdın yüzeyini düzgünleştiren bir işlemdir. Kağıt kuruduktan sonra, basınç altında ağır metal silindirler arasından geçirilerek kalenderlenir.

Bu işlemin amaçları ise şunlardır (Eroğlu, 1990):

1. Kağıt eni boyunca mümkün olduğu kadar kalınlık farklarını gidererek kağıt yüzeyini düzeltmek
2. Keçe ve elek izlerini düzeltmek
3. Kağıt yüzeyine düzgünlük vererek onun baskı özelliklerini iyileştirmek
4. Kabarma ve bükülmeleri düzeltmek ve lif yığılmalarını düzeltmek

1.7.5 Bitirme İşlemleri

Kalenderlerden çıkan kağıtlar kullanılmaya elverişli duruma gelmişlerdir. Bunun için de, kullanım yerlerine göre değişik boyutlara ayrılmaları gerekir. Eğer bobin şeklinde sevkiyat yapılacaksa, ana bobin istenen genişlikte bobinlere ayrılır. Bunun için, kullanılan çeşitli tip boyuna şerit kesme makinaları vardır. Son olarak değişik tipte sarıcılar da mevcuttur.

1.8 LİTERATÜR ÖZETİ

Ho and Henriksson (1994) BCTMP’te istatistiksel proses kontrol kullanarak ürün homojenliğindeki gelişmeleri incelemişlerdir. Bu çalışma, Slave Lake Pulp Corp. firmasında ürün kalitesini sağlamak için istatistiksel proses kontrol uygulamasını tanımlamaktadır. Hamur serbestliği ve parlaklık gibi kritik hamur kalite parametreleri fabrikayı kapsayan bilgi sistemine gönderilir ve SPC (Statistical Process Control–İstatistiksel Proses Kontrol) elektronik tablolar, kontrol dışına çıkılan durumlar için operatörleri uyarır. Nedenleri tanımlayacak düzenleyici hareket anında gerçekleştirilir. SPC kullanımının genel sonucunda, parlaklık ve hamur serbestliğindeki ürün homojenliği sırasıyla %60 ve %26 oranında artmıştır.

Bialkowski and Weldon (1994) proses kontrolün dijital geleceği hakkında bilgiler vermişlerdir. Fabrika değişkenlik bilançoları ile Kuzey Amerika’daki kağıt ve kağıt hamuru fabrikalarında yanlış uygulanan teknolojilerin birçok örneğini bulmuşlardır. Ayrıca, sinyal örneklemesinin temel prensiplerinin geniş bir şekilde gözardı edildiğini görmüşlerdir. Bunun hem kontrol mühendisi ve hem de enstrüman üreticilerinin genel anlayış eksikliğine dayandığını vurgulamışlardır.

Otomatik kontrol döngülerinin yaklaşık olarak %20’si otomatik kontrol üzerindeki proses değişkenliğini azaltır, geri kalanı bunu yükseltir. Bundan da öte, “daha akıllı ve daha hızlı”dan daha iyiye doğru bir geçiş, kağıt ve kağıt hamuru prosesinin kontrolünde dijital sistem tarafından hedeflenen şekliyle sağlanamamıştır. Bu endüstrideki proses kontrolünün geleceği daha etkili proses kontrolle daha yeknesak ürünler yapma kabiliyetini içermektedir. Ayrıca, proses kontrol sistemi, doğru kullanılan bilgiye dayalı etkin problem tanımlama kabiliyetini de içermelidir. Bunu gerçekleştirmek için dijital sistemler, sinyal örneklemesini doğru bir şekilde yapabilmelidir (Bialkowski and Weldon, 1994).

Landner et al. (1994) ekolojik zehirlilik ve çevre güvenliği için kraft hamuru ağartma fabrikasında bir alan çalışması yapmışlardır. Kimyasal hamurun ağartılmasındaki teknik gelişme oranı ve proses kontrolün güncelleştirilmesi ve de

atık su düzenleme sistemleri geçtiğimiz birkaç yıl içinde hızlı bir gelişme göstermiştir. Ağartılmış kraft hamuru fabrika atık sularının çevresel etkilerini değerlendirirken, ağartma prosesinin dikkatli bir şekilde karakterize edilmesinden, daha da önemlisi muameleden geçirilmiş atık suyun bileşimi ve ulaşılan su yatağındaki hassas organizmaların etkilenme derecesi daha önemlidir. Bu zorunluluklar, biyolojik etkiler bazında daha önceki raporlarda da genellikle tamamlanamamıştır. Proses kontrol ile bu zorunlulukların ortadan nasıl kolayca kaldırılacağı örnek bir çalışmayla ifade edilmiştir.

Gough et al. (1994) kağıt ve kağıt hamuru üretiminde adapte edilebilir kontrol uygulamaları konusunda çalışmalar yapmışlardır. Mevcut proses kontrol teknolojisini sunarak, onun bazı problemlerini ve adapte edilebilir kontrol çözümlerini gün ışığına çıkarmaya çalışmışlardır. Atık su muamele ve ağartma uygulamalarında yeni uyarlanabilir kontrolör kullanarak bazı alanlardaki uygulama sonuçlarını vermişlerdir. Proses dinamiklerinde, kontrolörün eşsiz otomatik model geliştirme ve sürekli on-line adaptasyonu ile proses kontrolde kayda değer gelişmeler elde edileceğini vurgulamışlardır.

Bialkowski et al. (1994), kağıt ve kağıt hamuru endüstrisinde proses kontrol eğitimi konusunda bilgiler vermiştir. 1984'te kurulan Canadian Pulp and Paper Ortaklığı firmasında çalışmalarda bulunmuşlardır. Bu firma günümüze kadar birden fazla mühendis ve teknik elemanı kapsayacak şekilde proses kontrol kurslarına sponsor olmaktadır. Bu eğitim, modern proses kontrol kavramlarının temel kontrol prensipleri üzerine kurulmasını amaçlamıştır.

Xia et al. (1994) karton makinasının uyarlanabilir kontrolü üzerinde çalışmalar yapmışlardır. Karton makinası için MIMO (Multiple Input Multiple Output–Çoklu Girdi Çoklu Çıktı) uyarlanabilir kontrol stratejisi ve endüstriyel uygulamaları irdelenmiştir. Kontrol stratejisi, geleneksel düzenleme, kontrol tekniği, çoklu değişken, k-incremental prediktör (artan tahmin edici) ve kendi kendine zamanlama kontrol algılaması ile birlikte bir çalışma ortamı oluşturmaktadır. Hamur akış oranı ve buhar basıncı, kağıt gramajı ve rutubet

miktarını kontrol etmek için eş zamanlı olarak düzenlenmiştir. Hamur konsantrasyonu seyreltme suyunun akış oranı ayarlanarak sabit tutulur. Kontrol stratejisi memnuniyet verici bir performans ortaya koymuştur. Gramaj ve rutubet miktarındaki değişimler büyük oranda azaltılmıştır.

Williams (1994) odun lif karakteristiklerinin kağıt ve kağıt hamuru prosesi ve ürünlerine uyarlanması hususunda bir çalışma yapmıştır. 1990'da bir görev birliği odunun ormandan prosese kadar optimizasyonu için bir sistem geliştirmiştir. Tavsiye edilen sistem 1991'de tanıtılmış ve halen tümüyle işletimsel olmamakla birlikte proses kontrol ve ürün kalitesi konusunda dikkate alınmaktadır.

Haggman and Bialkowski (1994) birinci sıra ve ölü zaman dinamikleri için ortak geribesleme düzenleyicilerinin performansını araştırmışlardır. Kağıt ve kağıt hamuru endüstrisinde kullanılan geri besleme kontrolörleri; Proportional-Integral-Kontrol, Smith Prediktör, modifiye edilmiş smith prediktörü, Dahlin algoritması kontrolünü içerir. Bu kontrolörlerin düzenleyici performansının arttığı gözlemlenmiştir.

Farzede et al. (1995) bilgi entegrasyon sistemi üzerinde ve Slave Lake Pulp Corp. firmasında çalışmalar yapmışlardır. Bu çalışmalarıyla bir bilgi entegrasyon aracını (akıllı on-line izleme ve kontrol sistemi) tanıtmayı amaçlamışlardır. Sistem güçlü işlem destek fonksiyonları ihtiva etmektedir. Ayrıca, on-line tavsiye ve kontrol fonksiyonlarıyla kağıt ve kağıt hamuru proseslerini optimize etmektedir. İşletim destek sisteminin dizaynı esnektir ve proses teçhizatında ürün derecelerinde ya da işletim felsefesinde değişikliklere izin vermektedir.

Estevez-Reyes and Dumont (1995) hata tarama için basınçlı eleklerin dinamik bir modelini geliştirmiştir. Hamur basınçlı elekleri için “klasik” kontrol şeması eleği statik bir sistem olarak gösterilmiştir. Sistem eleğin çalışması esnasında meydana gelebilecek birkaç hata içerisinde sadece elek levhası tıkanma olasılığını göstermektedir. Eleklerdeki hata tarama için yapılan farklı parametrik ve parametrik olmayan testlerden sonra British Columbia Üniversitesi Kağıt ve Kağıt

Hamuru Merkezinde geliştirilen matematiksel bir modelin teşhis aracı olarak kullanılabileceği bulunmuştur.

Oanh and Bengtsson (1995), Oanh (1996) BAPACO şirketinde lif kaybı ve kullanılan kimyasalı azaltmak için proses kontrole dahil edilen atık su izleme programının geliştirilmesi konusunda çalışmışlardır. Bu çalışma için, geniş bir endüstriyel alanda hala kullanılan bir program, BAPACO`da da uygulanmıştır. Çevresel denetimlerle fabrikanın yüksek kirlilik yükünü doğaya boşalttığı gözlemlenmiştir. Fabrikanın ekonomikliğini ön planda tutarak, önlenebilir kayıpları (materyal, lif ve kimyasal madde kayıpları) ifade etmek için bazı önemli kirlilik parametreleri kullanılmıştır. Sonuç olarak proses kontrole dahil edilen bu çalışmada atıklarla birlikte ortaya çıkan lif kayıpları önemli miktarda azalmıştır.

Ruger et al. (1995) fuzzy lojik kontrol ile hamur kurutma konusunda çalışmışlardır. Çok pahalı olan ya da otomasyonu sağlamak için tümüyle mümkün olmayan teknik prosesler, fuzzy kontrol yardımıyla tekrar düzenlenebilmektedir. Ruger et al. (1995) bu çalışmalarında, bir fuzzy kontrolörünün dizayn ve işletimini sunmaktadırlar. Bu tip bir kontrol, tutarlı proses yönetimi hususunda, özellikle de sistemin performansının artırılmasında önemli bir avantaja sahiptir. Ekstraksiyon, buharlaştırma–kristalleşme ve ayrıca santrifüj istasyonunun proses sektörleri fuzzy kontrolün uygulanmasında ileriye dönük ilginç imkanlar da sunmaktadır. (Ruger et al., 1995)

Savoie et al. (1995) Northwood da esmer hamur yıkama kontrolü–katı taşıyıcıları azaltma stratejisi üzerine bir çalışma yapmışlardır. Esmer hamur yıkama döngüsü için ilk etapta bir kontrol stratejisi geliştirilmiştir. Ele alınan yaklaşım sistemin dinamik simülasyonunu, bir kontrol stratejisinin dizaynını ve uygulamasını içermektedir. Sonuç olarak ağartma bölümüne taşınan katı maddeler ve buharlaştırıcılara taşınan zayıf siyah çözelti ile kötü yıkama işleminde, kayda değer gelişmeler gözlenmiştir.

Myanishi (1995) ince kağıt yapan bir kağıt makinası ve gazete basım kağıt makinasının on-line zeta-potansiyel analizini yapmıştır. On-line bir algılayıcıyı kalibre etmek için yeni bir metot geliştirilmiştir. Düzgün bir şekilde kalibre edilmiş on-line akım potansiyel ölçümlerinin büyüklük ve trendi çevrimiçi elektroforez ölçümleri ile iyi bir korelasyon göstermiştir. Bu iki ölçüm arasındaki hafif sapma katyonik kimyasalların donanım parçaları ile olan emiş farklılıklarını göstermiştir. İnce kağıt makinası denemesinde zeta potansiyeli, katyonik polimer eklemesi sona erdikten sonra bile hızlı bir şekilde düşmemiştir. Tekrar döngüye giren temiz su sisteminde kalan polimerler artık özelliğindedir. Gazete kağıdı makinası denemesinde zeta potansiyeli bilinmeyen problemlere dayanarak değişiklik göstermiştir. Proses veri tabanının çoklu regresyon analizi ile hamur serbestliği ve termomekanik hamur oranı sistemdeki en kritik proses parametreleri olarak bulunmuştur. Bu olaylar laboratuvarında on-line algılayıcı kullanılarak ortaya konmuştur.

Strand (1996), yüksek yoğunluklu arıtma modeline bir kontrol sistemi kurmuştur. Kontrol sistemine, hamur serbestliği, lif boyut dağılımı ve kesafet gibi hamur kalitesini ölçen parametreleri entegre etmiştir. Buradaki amaç hamur serbestliği ve lif boyut dağılımını kontrol etmek ve gözlemlemektir. Sistem rafinörde meydana gelen farklılıkları yaklaşık olarak %40 oranında azaltmıştır. Ayrıca, iyi bir optimizasyon planı ile enerji tasarrufu da sağlanabileceğini belirtmiştir. (Strand, 1996).

Sandstrom et al. (1996) kağıt ve kağıt hamuru alanında proses kontrolünde ince tabakalı kromatografi uygulamaları hususunda çalışmalar yapmışlardır. Çalışmalarında ince tabakalı kromatografik metot, analitik ayırım ve odunun ekstraksiyonu sonucunda ana bileşen gruplarının tesbit edilmesi için kağıt ve kağıt hamuru üretim modeli dizayn etmişlerdir. Metot, aynı zamanda yağ asitleri reçine asitlerinden ayırmaktadır. Doğal ekstraktifler, sterol trigliserin ve steril esterlere ayrılmışlardır. Metodun hata bulma ve üretim kontrolü alanlarında faydalı olduğu ispatlanmıştır.

Bialkowski and Elliot (1996) proses kontrolle ilgili endüstriyel tavsiyelerde bulunmuştur. Kağıt ve kağıt hamuru endüstrisinde uzmanlık perspektifi, düşük varyasyonlu ürünler üzerine büyük ölçüde ağırlık verilmesi ve üretim etkinliğinin geliştirilmesinin gerekliliğini ortaya koymaktadır. Teknolojinin uygulanması ve bilginin kullanımı, işletmelerin ayakta kalmaları için yegane anahtardır. Sonuç olarak, proses kontrolde yaşananla elde edilen bilginin kullanımı arasında devasa bir uçurum vardır (Bialkowski and Elliot, 1996).

Frekans konvertörleri tarafından kontrol edilen elektrik sürücülerini ile yüksek ve alçak yoğunluk ölçümleri, geleneksel sürücü kavramlarına oranla ilave avantajlar göstermiştir. Hamur yapım prosesi, materyal gereksinimlerine adapte edilerek optimize edilebilmektedir. Bu durumda hamur hazırlama süresindeki kısalma, yüksek üretim kapasitesi sağlar. Böylece, düşük ve uygun hızdaki çalışmayla enerji harcamalarında kayda değer kazançlar sağlanmıştır. Mevcut fabrikalarda frekans konvertörlerinin yerleştirilmesi kolaydır ve ayrıca, halen mevcut olan proses kontrol sistemine de entegre edilebilmektedir (Strehle and Fritsch, 1996).

Qian and Tessier (1997), kimyasal madde miktarlarının hamur özellikleri ve prosesdeki değişimlerin nihai hamur parlaklığı üzerindeki etkisini dinamik simülasyonlarla çalışmıştır. Nihai hamur parlaklığının belirlenmesindeki en önemli değişkenin kimyasal oranı olduğu bulunmuştur. Farklı kontrol stratejilerinin simülasyonu, ileri ve geri beslemenin bir kombinasyonunun iyi bir parlaklık kontrolü sağlayabileceğini göstermişlerdir.

Roche et al. (1997) proses kontrol ve on-line hamur kalite algılayıcılarının başarılı bir şekilde kullanılması amacıyla bir anket çalışması yapmıştır. Proses Kontrol Komitesinin yayınladığı iki anketin sonuçlarından biri endüstriyel proses kontrol uygulamaları ve biri de on-line hamur kalite algılayıcılarının kullanımı üzerinedir. Anketleri Kanada'da 20'nin üzerinde fabrika cevaplandırmıştır. Her kontrol uygulaması için toplam maliyet, kullanılan teknoloji ve faydalar tanımlanmıştır. Sonuçlar, yüksek kazanç sağlamak için potansiyel bir proses kontrolü zorunludur. Ancak, bunun yanında düşük kurulum maliyeti de söz konusudur. Algılayıcı

güvenilirliği kontrol uygulamalarının başarısında ana faktör olarak sıklıkla vurgulanmıştır. Anketteki her algılayıcı uygulaması için kontroldeki kullanım güvenilirliğin derecesi de araştırılmıştır. Ankete cevap veren fabrikaların çok azı, hamur kalite algılayıcılarında otomatik geribesleme kullanmaktadır. Algılayıcı güvenilirliği problemleri hususunda rapor veren fabrikalarda düzenli bakımın ya da kalibrasyon eksikliğinin göze çarptığı belirtilmiştir.

Wisnewski et al. (1997) simülasyon ve kontrol için esas olarak kesintisiz pişirme kazanı modelleri üzerinde çalışmışlardır. Purdue modeline ilave olarak bir kesintisiz pişirme kazanı modeli geliştirilmiştir. Yığılmış parametre yaklaşımı pişirme kazanının akış taşıma mekanizmasını tanımlamak için kullanılmış olup kütlelerin esas prensiplerini temel alan bir model ve kütle temelli enerji ve ses fraksiyonları model derivasyonunda daha az basite indirgenen varsayımlara izin vermek için tanımlanmıştır. Pişirme kazanı modeli durağan durumlu (steady-state) profilleri ve dinamik uyarıcı tepkileri Purdue modelinin bir önceki versiyonu ile karşılaştırılmış ve her iki model arasındaki belirgin farklılıklar vurgulanmıştır. Pişirme kazanı modeli Weyerhaeuser pişirme kazanı modeli ile de karşılaştırılmış olup, birkaç model değişkenine parametrik duyarlılık analizi yapılmıştır. Ortaya çıkan model davranışları için fiziksel açıklamalar verilmiştir. Bu model uygulaması, proses kontrol optimizasyonu ve dizayn çalışmalarını daha kullanışlı hale getirmek üzere geliştirilmiştir.

Farzede et al. (1995; 1997) tüm fabrikayı kapsayan bilgi sistemleri üzerinde çalışmışlar, bu çalışmalarını Slave Lake Pulp Corporation firmasında gerçekleştirmişlerdir. Proseste görevli personel tarafından endüstriyel üretimin kalitesi ile ilgili problemlerin, yüksek maliyetli atık ve çevresel sorunların önlenmesi için hızlı ve doğru olarak ortaya konulması gerekliliği vurgulanmıştır. Bu çalışmalarıyla fabrikayı kapsayan bilgi sistemlerine genel bir bakış açısı sunmuşlardır.

Bergman (1998) geliştirilmiş bir hamur prosesi için on-line yonga analizi yapmıştır. ScanChip gerçek yonga boyutlarını esas alarak on-line yonga kalitesi

ölçümü için oluşturulmuş optik bir analiz sistemidir. Farklı yonga büyüklüğü fraksiyonları ve büyüklük dağılımları–yonga uzunluğu, genişliği ve kalınlığını gösteren sonuçlar sayısal ya da grafiksel olarak ekranda, yazıcıda ya da doğrudan hamur fabrika kontrol sisteminde görüntülemiştir. ScanChip sistemi bir İsveç hamur fabrikasında 1992’den beri kullanılmaktadır ve kesintisiz kraft pişiricisinden hemen önce yerleştirilmiştir. Bu uygulamada analizör, yonga kalite problemlerinde operatörü uyarır ve yonga dilimlerinin otomatik olarak kontrol edilmesi hususunda bilgi verir. Sistem değişik durumlarda, ya yongalayıcıdan önce konumlandırılarak ya da satın alınan yongalarda, yonga kalitesinin ölçümünde kullanılır. Bu tip bir analiz sistemi, en iyi üretim sonuçlarına ulaşmak için yonga kalitesi ve hamur proses parametrelerinin kontrol ve tanımlanmasına yardımcı olmaktadır (Bergman, 1998).

Li et al. (1998) kağıt kopmalarını önlemek için etkin bir izleme ve öneri sistemi geliştirme konusunda çalışmışlardır. Kağıt kopmaları kağıt fabrikalarının önemli bir problemidir. Çünkü bu, hamur üretim işleminin etkinliğini ve güvenilirliğini ortadan kaldırır, ek maliyetlere yol açar ve de belirgin bir şekilde fabrika operatörlerine güvenlik riskleri oluşturur. Li ve çalışma arkadaşları ana proses değişkenlerini belirleyen çalışma süresince ortaya çıkan sorunları bulmak ve bunların ışığında kağıt kopmalarını önleyici işlemler tavsiye etmek üzere bir sistem geliştirmiştir. Bu bilgiler, fabrika personelinin tecrübe ve standart uygulamalarına dayanmaktadır (Li et al., 1998).

Schmidt et al. (1998) gerçek zamanlı proses kontrol değerlendirmesine ait formülasyonu ve geçerliliği olan bir yöntem geliştirmiştir. Schmidt ve arkadaşları bu çalışmalarında akıllı proses kontrolünü kullanarak, üretimde tutarlılığın geliştirilmesiyle, kalitenin sağlandığı ortamlarda kontrol prosesleri dizayn etmek üzere anahtar çözümler sunmaktadırlar.

Geleneksel kontrol sistemleri, teorik bilgiyi, tecrübeyi ve uzmanlığı gözönünde bulunduracak verileri içermezler. Devamlı bir simülasyon ve yapay sinirsel ağı kombinasyonunu sağlayan karma IPS (Intelligent Process Control–Akıllı Process

Kontrol), bu bilgiyi proses kontrol için operatöre sağlayabilir. İnsan makine arabirimi CS (Continuous Simulation–Devamlı Simülasyon)/ANN (Artificial Neural Network–Yapay Sinir Ağı) karma IPS ile iletişimde operatörlere yardımcı olmak için proses içine dahil edilmiştir (Schmidt et al., 1998).

Bley (1998), kağıt makinasındaki yaş safihada bulunan partiküller ve kolloidal çözölmüş materyal arasındaki birbirini etkileyen kuvvetlerin çalışabilirliğini optimize etmek için bir çalışma yapmıştır. Bu çalışma sonucunda, performansı azaltan nedenlerin tespit edilerek kağıt kopmalarının azaltıldığı bildirilmiştir.

Sıcaklık endüstriyel proses kontrolünde gözlemlenen en önemli parametrelerden biridir. Elektromekanik ısı aç/kapa devreleri, kimyasal proses, petrol rafine etme, akaryakıt ve gaz, kağıt ve kağıt hamuru gibi endüstrilerde ısı ölçümünde standart olarak kalmaya devam etmektedir (Merlihan, 1999).

McQueen et al. (1999) termomekanik hamur üretiminde (TMP) yonga liflendiricisinde tanımlama deneyleri yapmıştır. Amaç, bu liflendiriciye en uygun olan kontrol stratejisini bulmak ve fabrikaya yönelik bilgiler ışığında öneriler sunmaktır. Bu testler için girdi değişkenleri, seyreltilmiş su akış oranı, belirlenmiş yonga girişi, liflendirici yüzeylerine uygulanan hidrolik basınçdır. Üstünde çalışılan konular, çıktı değişkenleri, liflendirici motor yüklemesi ve hamur akış hattı yoğunluğudur. Bu deneylerin sonuçlarına dayanarak girdilerin, motor gücü ve kesafet ile bağlantısı olduğu belirlenmiştir. Sonuçta, belirli bir kâr eldesi için sistemin, liflendiriciyi stabilize edebileceği vurgulanmıştır.

Harvey and Boulanger (1999) entegre bir kağıt ve kağıt hamuru fabrikasında yaş safihadan suyu uzaklaştırma işleminin maliyetinin düşürölmesi konusunda çalışmışlardır. Ağustos 1995'ten itibaren karışım oranları, teçhizat düzenlemeleri ve kimyasal ekleme noktalarının optimizasyonu gibi alanlara odaklanarak kimyasal maliyetinin düşürölmesi için çaba sarfetmişlerdir. Sonuçta, maliyeti %65 oranında düşürmeyi başarmışlardır.

Al-Awami et al. (1999), Kamyr pişiricisinin klasik ve dinamik matris kontrolü üzerinde karşılaştırmalı bir çalışma yapmıştır. Odun yongalarından kağıt hamuru üretmek için kullanılan Kamyr pişiricisindeki birçok proses değişkeni arasında kuvvetli etkileşimlerin, uzun zamansal gecikmelere ve sıkça yaşanan problemlere neden olduğunu belirtmişlerdir. Al-Awami ve arkadaşları bu çalışmada MATLAB programı kullanarak kapsamlı bir simülasyon hazırlamışlar, klasik ve dinamik matris kontrolörlerini Kamyr pişiricisinin performanslarını karşılaştırmışlardır. Aynı zamanda, Purdue modelinden meydana gelmiş transfer fonksiyonlu matris ve gerçek Purdue modelini kullanarak da araştırma ve karşılaştırmalar yapmışlardır. Klasik kontrolde SISO (Single Input Single Output– Tek Girdi Tek Çıktı) ve MIMO (Multiple Input Multiple Output– Çoklu Girdi Çoklu Çıktı) kontrolörlerini test etmişlerdir. Hazırlanan simulasyon sonucunda, bütün diğer ana girdiler problem olarak ortaya konulunca, düşük ısıtıcı dış sıcaklığı ile akış hattı kappaya numarasına eşlik eden SISO geri besleme kontrolörü, 4×4 transfer fonksiyonunun matristeki kontrolör esaslı, bölünmüş MIMO'dan daha iyi bir performans gösterdiği ortaya konulmuştur. Dinamik matris kontrolünün bütün konvansiyonel kontrol yapılarına oranla daha üstün olduğu gözlemlenmiştir.

Lampela ve Erkkila (1999), ağartmada D (klordioksit) kademesinde, nihai parlaklık kontrolü üzerinde bir çalışma yapmışlardır. Günümüz hamur üreticilerinin karşılaştığı sorunların; yüksek kalitede hamur üretmek, prosesin çevresel yükünü indirgeyerek ağartma kimyasalı maliyetlerini optimize etmek ve tüm bunları aynı zamanda gerçekleştirebilmek olduğunu belirtmişlerdir.

Geleneksel ağartma kimyasalında klor gazı yerini klordiokside bırakmıştır. Ağartma kalitesinde yeni bir gerçekliğe doğru adım atılmaktadır. Ancak farklı bir açıdan yaklaşıldığında kontrol ve ölçüm teknolojisindeki gelişmeler yeni imkanlar sunmaktadır. Hamur lignin içeriğinin ve parlaklığının durağan, güvenilir bilgisi on-line ölçümlerle sağlanmaktadır ve ayrıca yapay zeka esaslı yeni kontrol metotları, kontrol ve optimizasyon metotlarında gelişme için iyi bir başlangıç noktası teşkil etmektedir (Lampela and Erkkila, 1999).

Hirtz et al. (1999) gelişmiş bir kontrol stratejisi üzerinde çalışmıştır. Bu sistemi Kanada Orman Ürünleri Ltd.'deki kimyasal geri kazanma ünitesinde uygulamışlardır. Ünitenin performansı kontrol strateji uygulamasından önce ve sonra gözden geçirilmiştir. Sonuç olarak, gelişmiş kontrol ve otomatik sistemler sayesinde geri kazanma ünitesindeki işlemler belirgin bir şekilde stabilize edilmiştir.

Estevez-Reyes (1999) proses kontrol masraflarını optimize etmek için güvenilir bir yol kullanımı sunmuştur. Kağıt ve kağıt hamuru fabrikalarındaki masrafları en aza indirmek için, mevcut olan proses kontrol yapısına uygun analiz ve değerlendirmeler yapılması gerektiğini vurgulamıştır. Proses kontrolü ekipman güvenilirliğinin ekonomik etkisi üzerinde de bu tip bir değerlendirme ortaya koymuştur. Prosedürü, “CIHA (Control Infrastructure Health Assessment–Kontrol Altyapı Sağlığının Değerlendirilmesi)’yı” tanımlamış ve bir hamur fabrikasında temel masrafları önceliklendirmek için prosedürün uygulanmasıyla elde edilebilecek sonuçları gözler önüne sermiştir.

Riebel (1999) çevresel yönetim sisteminde veri kalitesinin geliştirilmesi ile ilgili çalışmasında; uyum, gözlemlene ve proses kontrolü için kullanılan çevresel verilerin kalitesi ve güvenilirliğini geliştirmek üzere ortaya konmuş olan bir sistemi irdelemiştir. Bu değerlendirmeyi kağıt ve kağıt hamuru fabrikaları için ana başlıklarıyla ortaya koymuştur.

ISO 14001 standartlarında belirtildiği üzere çevresel yönetim, sistem ihtiyaçları için tamamlayıcıdır. Çevresel örnekleme, test etme ve rapor verme için sistemin kalitesi önemlidir. Güvenilir olmayan verileri düzeltmek ve sistemin kalitesini düzenlemek için tamamen çevresel bilinç, izleme, ölçme, bilançolama gereklidir. Sistemin kullanımındaki rutin görevler, fabrika çalışanlarının eğitimi için standart işletim prosedürlerini içermelidir (Riebel, 1999).

Severtson et al. (1999) kraft prosesinde CaCO_3 miktarının mekanik ve kimyasal kontrolü için bir çalışma yapmıştır.

Kraft pişirme kazanı ve siyah çözelti buharlaştırıcılarında miktarların belirlenmesi hamur fabrikalarındaki üretimde meydana gelen kayıplara karşı ana bir önleyicidir. Kabuk bağlama (kefeki taşı), kesintisiz pişirme kazanı ısıtıcılarında, ekstraksiyon eleklerinde ve buharlaştırıcılarıdaki ısı transfer yüzeylerinin çözeltinin temas ettiği bölümlerinde meydana gelir. Bu hamur yapımı ve buharlaşma proseslerindeki etkinliği düşürür. Sonuç olarak teçhizatın yüksek maliyetli temizlenmesine neden olur. Kraft hamuru için yüksek ısı ve alkali çözeltileri, yüksek konsantrasyonlu kalsiyum ve karbonat gerektirdiğinden CaCO_3 çökmesi kaçınılmazdır. Burada proses kontrol metotları kullanılarak kabuk bağlama oranı azaltılmıştır (Severtson et al., 1999).

Oulidi et al. (1999), kağıt makinasındaki kağıt kopmalarının istatistiksel bir analizini yapmışlardır. Entegre bir gazete kağıdı üretim fabrikasında, kağıt kopmalarının kağıt makinasında meydana gelmesi sonucu, teknik ekipten toplanan verilerin istatistiksel analizini ortaya koymuşlardır. Veriler bir yıllık süreç zarfını kapsayacak şekilde toplanmıştır. Kopma karakteristiklerinde (yer ve neden) ANOVA kullanılmıştır. Yer ve neden parametrelerinin kopma süresi ve sıklığı üzerinde belirgin bir etkiye sahip olduğu, ayrıca iki parametre arasında sıkı bir ilişki bulunduğu belirlenmiştir.

Visbatch prosesi olarak da bilinen bu hamur üretim teknolojisi Klabın, Lenzing AG ve VAI hamur grupları arasındaki müşterek gelişmeyi ortaya koymaktadır. Proses, yerleştirme teknolojisinin ve buhar ön hidroliz (prehidroliz) avantajlarını birleştirmektedir. Bu ise, düşük enerji ihtiyacı, homojen ve yüksek ürün kalitesi ve aynı zamanda basit ve kusursuz proses kontrolünden ibarettir. Hamur çok etkin olan dört kademeli TCF (Total Chlorine Free)-ağartma biriminde ağartılmıştır. İki kademeli oksijen delignifikasyonu esnasında arta kalan ligninin ana bölümü ve kahverengi çözelti kalitesindeki tutarsızlıklar ortadan kalkmıştır. Ürünün en son halindeki viskozite ve parlaklık bir sonraki ZQ-P ağartma esnasında düzenlenmiştir (Sixta and Borgards, 1999).

Furumoto et al. (1999) kağıt ve kağıt hamuru endüstrisinde proses kontrolü için kızılötesi ışın kullanmıştır. Kağıt ve kağıt hamuru endüstrisinde proses kontrolü için önemli olan bazı parametreler (örneğin güç özellikleri) ancak laboratuvar ortamlarında ve yüksek maliyetle ölçülebilir. Bu nedenle çabuk kontrol ve ayarlamalar için uygun değildirler. Proses kontrol değerlendirilmesi için modern bir yazılım ve kızılötesi analiz ile bu parametreler on-line ölçülebilmektedir. Neredeyse kağıt, hamur ya da kereste için tüm kimyasal ve fiziksel bilgiler kızılötesi tayf içinde karakterize edilebilir. Ancak bu bilgi spektral bantlar arasındadır ve sıklıkla birbirleriyle örtüşmektedir. Bunlar arasındaki bağlantıların kesin olması mümkün değildir. Kimyasal bileşimler ve parametreler arasındaki ilişkiler proses kontrolde önemli olduklarından bu analiz ile birbirlerinden ayrılmışlardır. Spectranın ortaya koyduğu yeni değerlendirmenin uygulanmasıyla kopma uzunluğu, patlama direnci, CMT (Concora Medium Test) ve diğerleri gibi kağıt ve hamur dirençlerinin tespiti daha da kolaylaşmıştır.

Gorinevsky et al. (2000), çok değişkenli ve hayali modeller kullanan makine enine yönünde proses kontrolün performans analizini yapmışlar, bu çalışmayla iki sıkı ilişkili problemi, kağıt yapım prosesinin enine yönde kontrolünü açıklamaya çalışmışlardır. İlk problem, bir çok enine yön kontrolünde gözlenen farklı özellikteki çizgileri açıklamaktadır. Bunlar, genellikle aktuatörün dalga boyu ve yüksek çözünürlükteki hata profilinin salınım dalga boyu ile birebir uyumaktadır. Tipik olarak, kağıt gramajı veya rutubetinin çizgileri oldukça stabildir. Sık sık karşılaşılan birinci soru, çizgilerin daha iyi bir enine yönde kontrol ayarı ile giderilip giderilemeyeceği, ikincisi ise bu çalışmalarında açıklanan problem ile ilgili olarak, yüksek çözünürlükte hata profiline ve enine yönde kontrolör ayarına bağlı olan onun spektrumuna nasıl ulaşılacağıdır.

Gorinevsky et al. (2000) çalışmalarında, haritası yapılmış olan kontrolörün performansı ile optimal çok değişkenli kontrolün karşılaştırılmasını yapmış ve aynı zamanda enine yönde hata profili etrafındaki Nyquist frekansının spektral karakteristiklerini açıklamıştır. Bu çalışmalarıyla kağıt fabrikalarında bir sorun olan gramaj çizgilerinin giderilmesi için gelişmiş analiz metotlarının nasıl

uygulanacağını göstermişlerdir.

Estevez-Reyes (2000), proses kontrol güvenilirliği konusunda bir çalışma yapmış, burada, kağıt ve kağıt hamuru fabrikalarında proses kontrol altyapısını geliştirmek için yapılan harcamaların, yeşil alan yatırımlarının parasal etkinliğini optimize etmek kadar özenli bir şekilde analiz edilmesi ve değerlendirilmesi gerektiğini savunmuştur. Proses kontrol ekipmanının güvenilirliği ile ekonomik etki temeline dayalı bir değerlendirme yaklaşımı sunulmuştur. CIHA isimli işlemler tanıtılmış ve daha sonra sonuçlar belirli bir çerçevede gözlenmiş ve tartışılmıştır.

Siren et al. (2000) kağıt ve kağıt hamuru fabrikalarının sularındaki çözünmüş anyon ve katyonların on-line bağlanmış elektroforez ile belirlenmesi konusunda çalışmışlardır.

Yaş safihanın genişlemesini (çalışmasını) açıklamak için diğer bileşiklerin konsantrasyonunu ölçme ihtiyacı doğmuştur. Bu nedenle Siren et. al (2000) çalışmalarında bir CE sistemini bir kağıt makinasına yerleştirme işlemini yapmaktadır. Burada kağıt ve kağıt hamuru sularının farklı durumlarındaki çözünmüş organik ve inorganik iyonları, iki on-line CE metodu tarafından gerçek zaman analizi ile belirlemektedirler.

Yeniden yapılandırılmış CE cihazı kağıt makinasına örnek bir ön muamele elemanı olan aparattan geçerek bağlanır. Bu aparatın görevi CE tarafından belirlenmeden önce örnekleri filtrelemek ve sulandırmaktır. Böylece on-line işlemleri, hem anyonların (klor, sülfat, oksalat, formate ve asetat vs.) hem de katyonların (kalsiyum, sodyum, magnezyum vs.) belirlenmesi için en iyi şekilde kullanılmıştır.

BÖLÜM II

MATERYAL VE METOD

2.1 MATERYAL

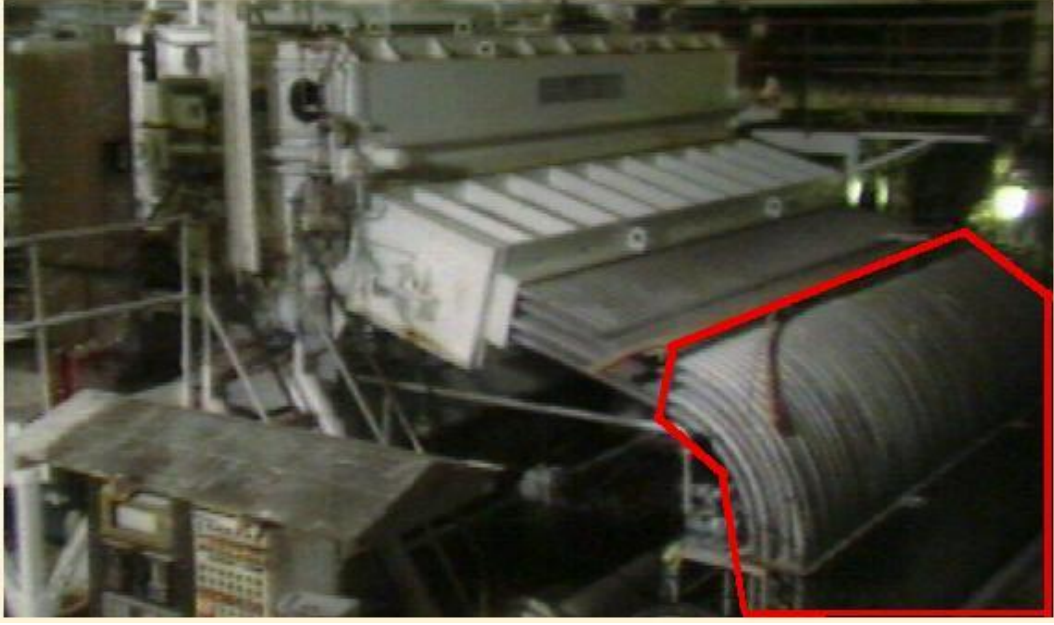
Bu çalışma kapsamında materyal olarak yıllık üretimi 50.000 bin ton olan, üretim çeşidi 40 ile 90 gr/m² arasında değişen ağartılmış yazı tabı kağıdı üretimi yapabilecek bir fourdrinier kağıt makinası seçilmiştir. Bu makine, 5 metre eninde 300 m/dk hızda ve yılın 300 günü 80 gr/m² ağırlığında yazı tabı kağıdı üreten kesintisiz bir kağıt makinası olup, makine üzerindeki teknik donanım aşağıdaki şekildedir.

2.1.1 Akım Dağıtıcı

Hazırlanan modelde akım dağıtıcı olarak manifold tipi akım dağıtıcı (Şekil 2.1) tercih edilmiştir. Bunun sebebi, halen yaygın olarak kullanılması ve akımı eleğe düzenli olarak verilebilmesidir.

Bu sistemde, kesiti gittikçe küçülen bir kollektör ile ona yandan bağlanmış borulardan ibarettir. Ayrıca, bütün borulardaki basınç dengesini sağlamak ve basınç dalgalanmalarını en az düzeyde tutmak için hamurun %5-25 arasında miktarını yeniden dolaşıma veren özel bir pompası da vardır.

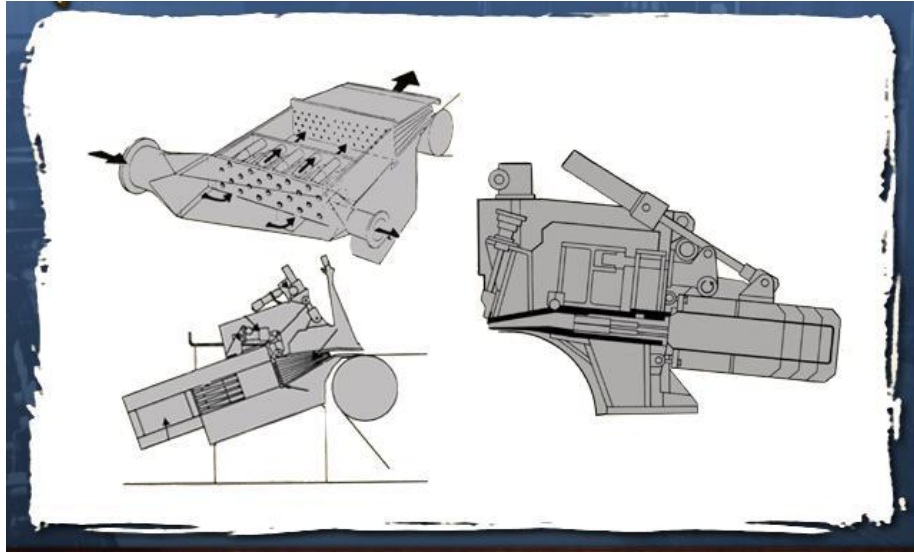
Kollektörün uzunluğu 5.5 metredir. Yan boruların çapları birbirine eşittir. Akım dağıtıcının hızı 285-300 m/dk arasındadır.



Şekil 2.1 Manifold tipi akım dağıtıcı (Anon., 1997).

2.1.2 Hamur Kasası

Modelde seçilen hamur kasası hidrolik hamur kasasıdır (Şekil 2.2). Bu hamur kasasında yüksek frekanslı mikrotürbülans oluşturan küçük akım kanalları bulunmaktadır. Böylece geniş ölçekli türbülansın oluşması ve akıma aktarılması önlenmektedir. Bunun sonucu olarak, kağıt içinde büyük gramaj değişimleri etkili bir şekilde en aza indirilmektedir.



Şekil 2.2 Hidrolik hamur kasası (Anon., 1997).

Hamur kasası üzerinde bir hava odası ve üst yüzeyi temizlik için açıp kapayan bir düzenek vardır.

2.1.3 Cetvel Ağızı

Geniş çaplı türbülansın önlenmesi için ince kanal girişli cetvel ağızı tercih edilmiştir. Dudaklar paslanmaz çelikten yapılmış olup, kauçuk kaplıdır. Dudaklar son derece rijittir, kenarları sivridir ve eğilmezler. Liflerin ve pisliklerin takılmasını ve birikmesini engellemek için dudakların iç yüzeyleri son derece kaygan ve pürüzsüzdür.

Ağız açıklığı bilgisayar kontrollü bir sistem vasıtasıyla ayarlanabilmektedir. Ayrıca, alt dudağın geride olduğu bir formasyon tipine sahiptir.

2.1.4 Göğüs Silindiri

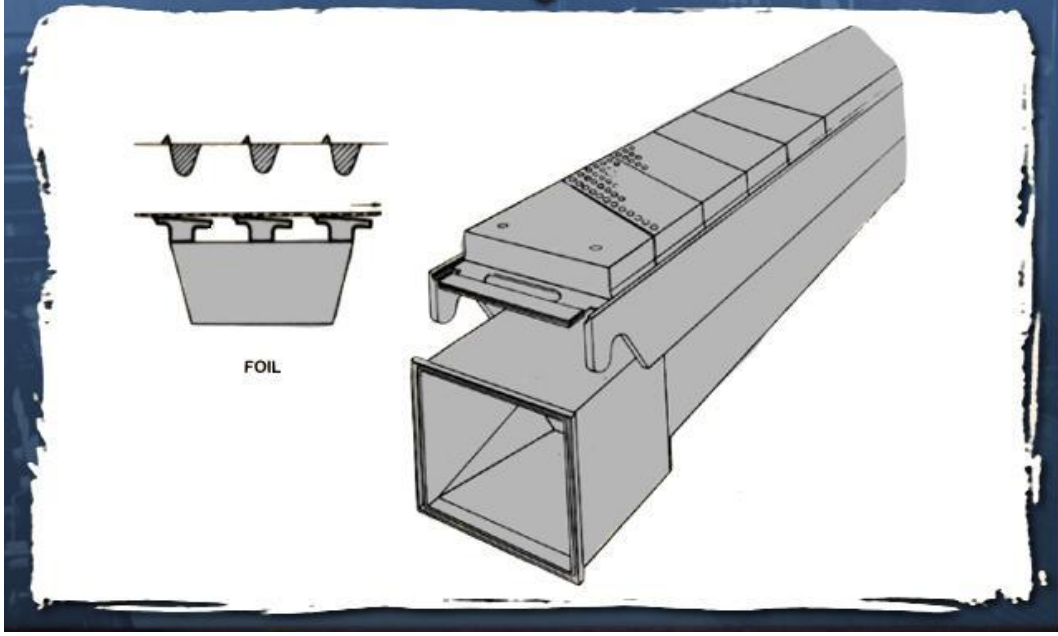
Göğüs silindirinin eni 5 metre olup, 110 cm çapındadır. Ana tahrikli olup, elek değişimine imkan verecek şekilde bir hareket mekanizmasına sahiptir. Ayrıca cetvel ağızına göre yatay ve düşey hareket edebilmektedir.

Paslanmaz çelikten yapılmış olup, üzeri kauçukla kaplanmıştır.

2.1.5 Drenaj Levhası (Foil)

Bir foil tek başına bir tabla silindirinden daha az su çıkarsa da, bir tabla silindiri yerine 5-6 foil kullanılarak toplam drenaj kapasitesi birkaç katına çıkarılabilir. Bu nedenle foil kullanımı tercih edilmiştir.

Dört farklı eğim açısına sahip ve konumları farklı olan alanlara gruplar halinde yerleştirilmiştir. Bu foillerin açıları sırasıyla 1.00°, 2.00°, 2.50° ve 2.80° 'dir. Bulunduğu yere göre de genişliği 5-20 mm arasında değişmektedir.



Şekil 2.3 Drenaj levhası (Foil) (Anon., 1997).

Drenaj levhasının yüzeyi yüksek yoğunluklu polietilenden yapılmıştır. Böylece aşınma direnci artmış ve sürtünme katsayısı da düşmüştür. Şekil 2.3’de drenaj levhasının enine kesiti sunulmuştur.

2.1.6 Yaş Emici Kasa

Emici kasaların eni 35 cm olup, kapak kısmı yüksek yoğunluktaki polietilen’den yapılmıştır. Üzeri deliklidir ve delik dizaynı safihada iz bırakmayacak şekilde yapılmıştır. Deliklerin çapı 16 mm olup, açık delik alanı %50 oranındadır.

Kasa alt kısmından bir boru ile vakum pompasına bağlı olup bu pompa hava ve su emer. Vakum gücü 40 cm Hg’dir ve kasanın ayarı bilgisayar kontrollü yapılmaktadır.

2.1.7 Emici silindir

Seçilen emici silindir paslanmaz çelikten yapılmıştır. Üzeri delikli ve içerisine emici bir kasa yerleştirilmiştir. Bu kasa sabittir ve silindir bu kasa etrafında dönerek eleklerle emici kasa arasındaki sürtünmeyi azaltmaktadır.

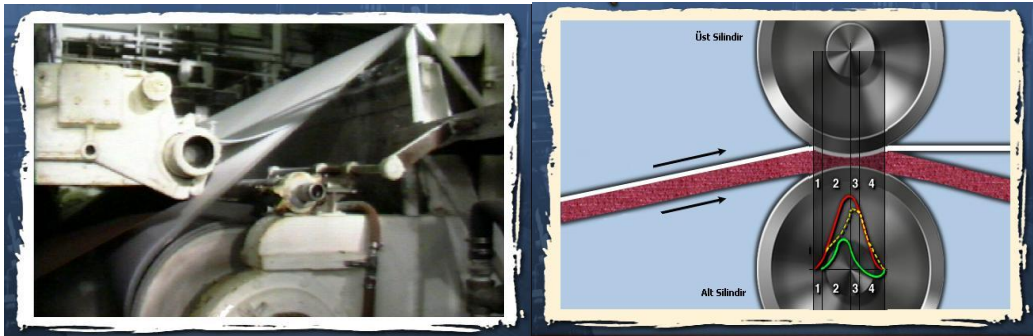
Emici silindirin kapsülü sağlam ve korozyona dayanıklıdır. Emici silindir üzerindeki delik alanı %22.5'tur. Delik çapı ise 6.35 mm'dir. Maksimum emme sağlamak için delik çapı yüzeyde daha geniş tutulur, içerde daralır.

Emici silindir içerisindeki emici kasa iki kompartımanlıdır. İlk kısımda orta kuvvette, ikinci kısımda ise yüksek vakum uygulanır. Vakum gücü ise 40-70 cm Hg arasında değişir.

2.1.8 Yaş Presleme

Yaş preslemede kombine pres düzenlemesi (Emici-Yivli) tercih edilmiştir.

Pres düzenlemesi üç silindirli olup, 2. pres ters etkilidir. Safiha kopmalarını azalttığı ve makine hızını artırdığı için açık kaldırma yerine vakum transferi uygulaması uygun görülmüştür (Şekil 2.4a). Taşıyıcı bir pres keçesi vardır (Şekil 2.4b).



Şekil 2.4 Yaş presleme (Anon., 1997).

Vakum kaldırma keçesi açık yapılı ve yüzey inceliğine sahiptir. %100 sentetik

olan batt-on-mesh keçe seçilmiştir.

Emici pres silindiri paslanmaz çelikten yapılmış olup, üzerine kauçuk kaplama ile birlikte delikler yerleştirilmiştir. Emici silindir üzerindeki deliklerin yüzeydeki çapı 3.1 mm ortada ise 7.9 mm'dir. Silindir içinde silindir boyunca uzanan 20 cm genişliğinde sabit bir emici kasa vardır.



Şekil 2.5 Yaş preslemede kullanılan yivli pres (Anon., 1997).

Pres keçesi uzunluğu, kağıt makinesi eni 5 m olduğu için 22 m olarak belirlenmiştir.

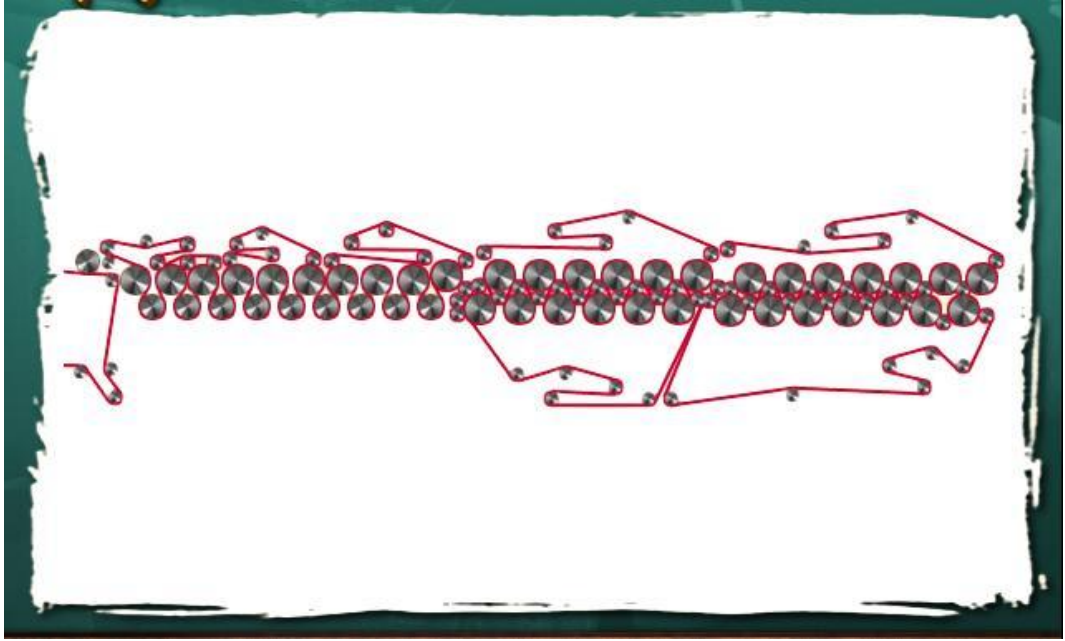
Silindir tepe basıncı 27-54 kg/cm² arasında değişmektedir.

Yivli silindir üzerindeki yivlerin genişliği 0.5 mm, derinliği 2.54 mm ve aralarındaki açıklık 3.18 mm'dir (Şekil 2.5). Bu preslerde uygulanan basınç miktarı 50-80 kg/cm²'dir.

2.1.9 Kurutma

Modelde kurutma 2 parti şeklinde düşünülmüştür. Kurutma partisi 40 adet silindirden oluşmaktadır. Silindirlerin çapı 180 cm, et kalınlığı 30 mm olup, pürüzlü iç tarafı kondensattan ısı iletilmesine yardım eden, dış tarafı kağıda ısının geçmesini sağlamak için taşlanmış ve parlaktır (Şekil 2.6).

Üst ve alt silindirler arasındaki kağıt hareketi kurutma keçesi tarafından sağlanmaktadır.

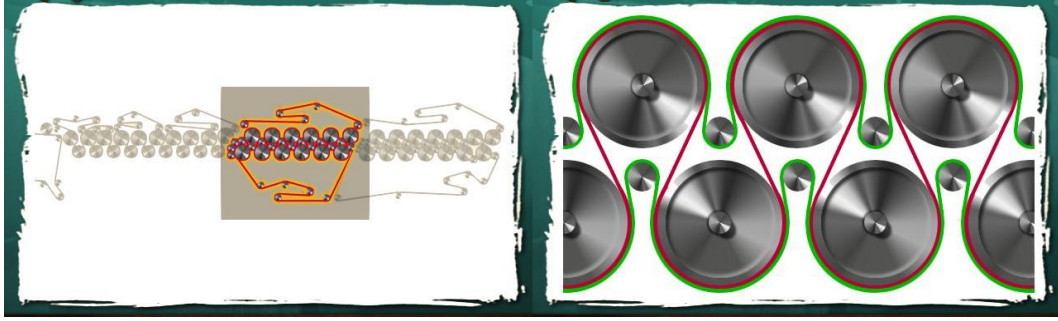


Şekil 2.6 Kurutma silindirleri (Anon., 1997).

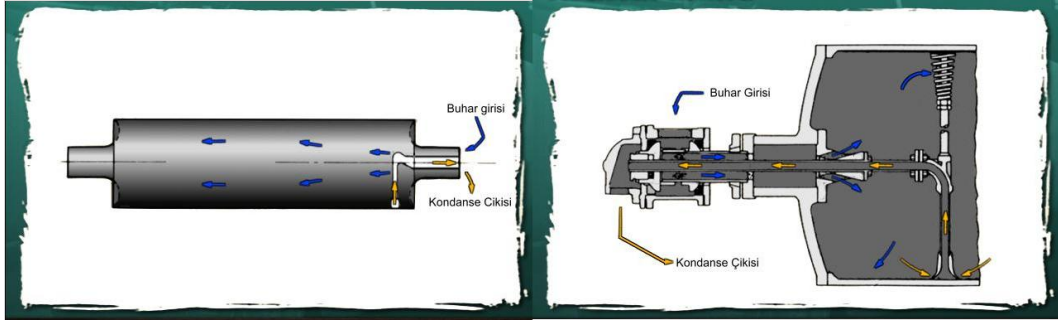
Silindirlerin arka tarafındaki şaft oyuk olup, buharın girişini ve kondensatın giderilmesini sağlamak için buhar başlığı ile teçhiz edilmiştir. Modern buhar başlıkları döner kısımlardan sızmayı önlemek için bir yaylı karbon halka ile donatılmıştır.

Kondanze buharın sıcaklığı 93 °C olup, kurutma silindirine giren buhar sıcaklığı 100 °C'dir. Kurutma partisinde ilk 6 silindir birinci kademeyi oluşturmakta ve sıcaklıkları 60–70 °C arasındadır. Sonraki 12 silindir ikinci kademe olup, 70–90

°C sıcaklıktadır. Üçüncü kademedeki silindir sayısı ise yine 12'dir. Bunların sıcaklıkları da 90–110 °C arasındadır. Son kademedeki sıcaklık azaltılarak 80–90 °C arasında tutulmuş olup, silindir sayısı 10'dur (Şekil 2.7).



Şekil 2.7 Kurutma silindirlerinin dizilişi (Anon., 1997).



Şekil 2.8 Buharın silindir içerisine girişi ve kondanze buharın çıkışı (Anon., 1997).

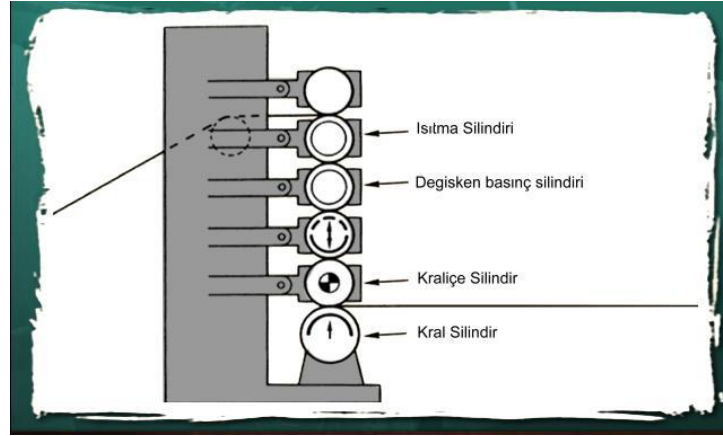
Buharın silindir içerisine girişi ve kondanze buharın silindirden çıkışı Şekil 2.8'de gösterilmiştir. Isı kaybı yaklaşık olarak %2 civarındadır.

Ayrıca, kağıdın kurutma silindirleri arasında sevki için, kağıt sevki ip sistemi kullanılmaktadır.

2.1.10 Kalenderleme

Süperkalenderleme tercih edilmiştir. Süperkalender bir kağıt dolgu silindir, bir metal silindir şeklinde düzenlenen silindirlere yapılmıştır. Metal silindirlere paslanmaz çelikten yapılmış olup, yüzeyi çok düzgün ve ince strüktürlüdür. Dolgu silindirlere ise pamuk lifleri, kağıt, pamuk, mineral, kimyasal ve hayvansal liflerin karışımından yapılmıştır.

Tek takımlı olan süperkalenderleme 5 adet silindirden oluşmaktadır (Şekil 2.9).



Şekil 2.9 Kalenderleme işlemi ve kullanılan silindirler (Anon., 1997).

Uygulanan tepe basıncı 35-140 kN/m'dir. Süperkalenderleme sıcaklığı ise ortalama 120 °C'dir.

İyi bir yüzey elde etmek için kağıdın rutubeti %6-7 arasında olmalıdır.

2.1.11 Mal Sarma

Mal sarıcı olarak yüzey iki-tamburlu mal sarıcı kullanılmıştır. Bunun nedeni, daha düzgün ve sıkı bir sarma işlemini gerçekleştirmesi ve kağıt fabrikalarında bir çok kağıt çeşidi için kullanılmasıdır.

Ayrıca, burada kağıt mal sarıcıya gelmeden önce sistemin ana bilgisayar kontrolünü oluşturan bir mekanizmadan geçmektedir. Bu sistem içerisinde gramaj, kalınlık, rutubet ölçümleri yapılmaktadır. Fotosel yardımıyla da yüzey düzgünlüğü tespit edilmektedir.

2.2 METOD

Sistemle ilgili belirlenecek değişkenlerin dağılımı ve değişkenlerin gözlenmesinde kullanılacak araçlar aşağıdaki gibidir.

2.2.1 Akım Dağıtıcı

Akım hızı, fourdrinier kağıt makinesine kesintisiz ve yeterli miktarda hamur verebilmek için önemlidir. Akımın hızını ölçmek için ultrasonik akışölçer kullanılmıştır. Bu algılayıcı, akım hızını akışkanla temas etmeden ölçebildiğı ve akış dalga formları ile akış miktarını da hesaplayabildiğı için tercih edilmiştir.

Akımın enine yönde dağılımı kağıt formasyonu için oldukça önemlidir. Akımın hamur kasası içerisindeki daralan kanal basıncı da akımın enine yönde dağılımı kadar önemlidir. Çünkü yan boruların çıkış ağızlarında basınç ve hız birbirlerine eşit ise yan boruların akım oranları da eşit olacaktır.

Burada akımın enine yönde dağılımı için yan borular üzerine eşit aralıklı olarak 4 adet akışölçer yerleştirilmiştir. Basınç ölçümü için, her türlü sıvı basıncını ölçebilen elektrikli basınç ölçer kullanılmıştır.

Bu ünitedeki kabuller ile alt ve üst sınırlar şu şekildedir:

	Kabul	Alt Sınır	Üst Sınır
Akım hızı (m/dk)	285	280	290

2.2.2 Hamur Kasası

Hamur kasası kağıt formasyonunda çok önemli bir rol oynar. Kağıt öncelikle hamur kasası ve elek üzerinde şekillenir. Herhangi bir hatanın elek üzerinde düzeltilme şansı pek yoktur. Hamur kasasından çıkan akımın homojenliğı en önemli etkidir. Homojenliğı sağlayan en önemli etken ise düşük

konsantrasyondur. Bu nedenle konsantrasyonun ölçülmesi gerekmektedir. Optik ışık yayan konsantrasyon algılayıcı tercih edilmiştir. Bu algılayıcı aynı zamanda dolgu maddelerine karşı oldukça duyarlıdır.

Hamur kasasındaki akım hızı ve elek hızı elektromekanik bir sistemle, bilgisayar tarafından ayarlanabilmektedir. Akım, makine eni boyunca homojen olmalıdır. Bu nedenle akım hızı dikkatlice kontrol edilmelidir. Bunun için de bir akış ölçer ile veriler bilgisayara gönderilmektedir.

Hidrolik hamur kasasında bulunan hava kağıt yüzeyine zarar verdiği için hamur kasasının tamamen dolu olması gerekmektedir. Bu nedenle, hamur kasasındaki seviye de sürekli kontrol altında tutulmalıdır. Yine sıvı ile temas etmeden seviye ölçebildiği için ultrasonik bir seviye ölçer kullanılmıştır.

Hamur kasasındaki kabuller ile alt ve üst sınırlar şu şekildedir:

	Kabul	Alt Sınır	Üst Sınır
Akım hızı (m/dk)	295	290	300
Konsantrasyon (%)	1.5	1.35	1.65
Seviye (%)	98	96	100

2.2.3 Cetvel Ağzı

Cetvel ağzının dizaynı ve çalışması son derece önemlidir. Çünkü, kağıt safihası bu noktada şekillenmeye başlar. İdeal olarak akımın kesiti dikdörtgen, hız makine eni boyunca aynı ve süspansiyonun lifleri tümüyle dağılmış olmalıdır.

Burada hız kontrolü için bir debiölçer kullanılmıştır. Ayrıca, cetvel ağzı açıklığının ve akım açısının bilgisayar tarafından ayarlanmasını sağlayan elektromekanik bir sistem mevcuttur.

Cetvel ağzından boşalan süspansiyon miktarını hesaplamak için program içerisinde şu formül (2.1) kullanılmıştır.

$$Q = b \cdot l \cdot V \text{ (m}^3\text{/dk)} \quad (2.1)$$

Burada;

Q = Boşalma miktarı

b = Cetvel ağzı açıklığı (m)

l = Cetvel ağzı uzunluğu (m)

V = Akım hızı (m/dk)

Cetvel ağzında kabuller ile alt ve üst sınırlar şu şekildedir:

	Kabul	Alt Sınır	Üst Sınır
Akım hızı (m/dk)	299	298	300
Açıklık (mm)	14	13	15
Akım açısı (°)	5	4.5	5.5

2.2.4 Göğüs Silindiri

Göğüs silindirinin cetvel ağzına göre uzaklığını ayarlayan elektromekanik bir sistem kullanılmıştır.

Süspansiyon sıçramasını tespit etmek amacıyla göğüs silindiri önüne bir levha yerleştirilmiştir. Bu levhaya çarpan süspansiyon oranını tespit eden kütle prensipli bir algılayıcı bulunmaktadır.

2.2.5 Drenaj Levhası (Foil)

Drenaj levhaları üzerinde önemli olan değişken foil açısıdır. Bunların ölçümü için konum tespiti amacıyla elektromekanik yapıya sahip bir sistem kullanılmıştır. Bilgisayar ve elle kontrolü mümkün olan bir motora sahiptir.

Drenaj levhalarında kabuller ile alt ve üst sınırlar şu şekildedir:

Foil Açısı	Kabul	Alt Sınır	Üst Sınır
1. Sıra	1.00°	0.95°	1.05°
2. Sıra	2.00°	1.95°	2.05°
3. Sıra	2.50°	2.45°	2.55°
4. Sıra	2.80°	2.75°	2.85°

2.2.6 Yaş Emici Kasa

Yaş emici kasa üzerinde bir vakum pompası vardır. Bu pompanın harcadığı enerji ile uyguladığı gücün bilinmesi gerekmektedir. Kullanılan pompanın özelliği gereği vakum gücü kontrol ünitesine elektrik sinyali ile gönderilmektedir.

Yaş emici kasada vakum gücü ile ilgili kabuller ve alt–üst sınırları şu şekildedir:

	Kabul	Alt Sınır	Üst Sınır
Vakum gücü (cm Hg)	5	4	7

2.2.7 Emici Silindir

Emici silindir içerisindeki vakum kasasının emme gücü süspansiyondan çıkarılan suyun miktarını tespit etmek için önemlidir. Burada harcanan enerji ile ilişkili olarak emme gücü kontrol ünitesine elektriksel sinyallerle iletilmektedir.

Emici silindirde emme gücü ile ilgili kabuller ve alt–üst sınırları şu şekildedir:

	Kabul	Alt Sınır	Üst Sınır
Emme gücü (cm Hg)	60	55	65

2.2.8 Yaş Presleme

Emme gücü diğer preslerde olduğu gibi burada da ölçülmesi gereken önemli bir değişkendir. Kuruluk oranını ölçmek için dijital bir rutubet ölçer kullanılmıştır.

Pres tepe basıncı ve tepe genişliği bağlı suyun çıkarılması için bilinmesi ve önemle uygulanması gereken değişkenlerdir. Tepe genişliğinin tespiti için lazerli mesafe ölçer ve pres tepe basıncı için ise elektromekanik bir sistem kullanılmıştır.

Yiv genişliği ve derinliği safihadaki suyun uzaklaştırılması için önemli diğer değişkenlerdir. Silindirin taşlanması ve bu yivlerin temizliği için derinlik ve genişlik gözlem altında tutulmalıdır. Yukarıda tepe genişliğinin tespitinde kullanılan kızılötesi ışın kullanan sistem, aynı zamanda derinliğini de tespit etmektedir.

Yaş presle ilgili kabuller ve alt–üst sınırları şu şekildedir:

	1. Pres			2. Pres			3. Pres		
	Kabul	Alt Sınır	Üst Sınır	Kabul	Alt Sınır	Üst Sınır	Kabul	Alt Sınır	Üst Sınır
Emme gücü (mm Hg)	65	63	67	70	68	72	80	77	83
Kuruluk oranı (%)	35	30	40	45	40	50	55	50	60
Tepe basıncı (mm Hg)	54	53	55	55	54	56	56	55	57
Tepe genişliği (mm)	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Yiv derinliği (mm)	4	1	4	4	1	4	4	1	4
Keçe Gerginliği (%)	90	85	95	90	85	95	90	85	95

2.2.9 Kurutma

Kağıdın kurutma aşamasında en önemli parametre sıcaklıktır. Bu nedenle her parti için silindir yüzey sıcaklığı ve çıkan buharın sıcaklığı ölçülmelidir. Ayrıca, buhar basıncı, vantilasyon hızı da bilinmesi gereken önemli parametrelerdir.

Bu işlem için her partideki silindirlerin ilk ve son silindirlerine silindir yüzey sıcaklığını ve çıkan kondanze buhar sıcaklığını ölçen ultrasonik sıcaklık ölçerler monte edilmiştir.

Kurutma aşaması ile ilgili kabuller ve alt–üst sınırları şu şekildedir:

		Kabul	Alt Sınır	Üst Sınır
1. Grup	Silindir sıcaklığı (°C)	100	95	105
	Kondanze buharın sıcaklığı (°C)	65	60	70
	Buhar basıncı (kpa)	70	35	100
	Vantilasyon hızı (m/dk)	40	35	45
	Kuruluk oranı (%)	65	60	70
2. Grup	Silindir sıcaklığı (°C)	110	105	115
	Kondanze buharın sıcaklığı (°C)	80	70	90
	Buhar basıncı (kpa)	205	200	215
	Vantilasyon hızı (m/dk)	50	47	53
	Kuruluk oranı (%)	75	70	80
3. Grup	Silindir sıcaklığı (°C)	115	110	120
	Kondanze buharın sıcaklığı (°C)	90	85	95
	Buhar basıncı (kpa)	305	300	315
	Vantilasyon hızı (m/dk)	50	47	53
	Kuruluk oranı (%)	85	80	90
4. Grup	Silindir sıcaklığı (°C)	100	95	105
	Kondanze buharın sıcaklığı (°C)	85	80	90
	Buhar basıncı (kpa)	400	345	415
	Vantilasyon hızı (m/dk)	45	42	48
	Kuruluk oranı (%)	94	93,5	94,5

2.2.10 Kalenderleme

İyi bir kağıt yüzeyi için silindir yüzey sıcaklığının bilinmesi gereklidir. Bunun için ultrasonik bir sıcaklık ölçer kullanılmıştır. Tepe basıncı kağıt yüzeyine uygulanan basıncın bir ifadesi olup, elektromekanik bir sistemle ayarlanabilmektedir.

Kağıdın rutubeti, nihai kuruluğa yaklaştığı için ölçülmesi gerekmektedir. Çünkü, bu aşama ve öncesindeki muhtemel sorunlar hakkında fikir vermektedir. Kağıt rutubetinin tespiti için lazerli rutubet ölçer kullanılmıştır.

Kalenderleme aşaması ile ilgili kabuller ve alt–üst sınırları şu şekildedir:

	Kabul	Alt Sınır	Üst Sınır
Silindir yüzey sıcaklığı (°C)	120	110	130
Tepe basıncı (kN/m)	120	110	130
Kağıdın rutubeti (%)	6.5	6	7

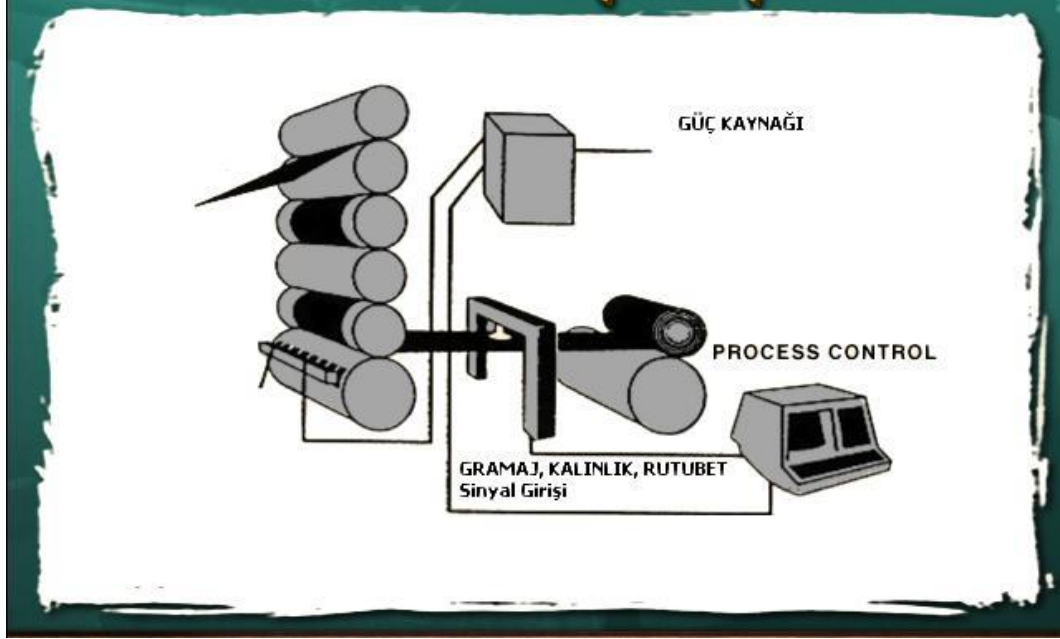
2.2.11 Bitirme İşlemleri

Bu aşamada kağıt, kullanım şartlarındaki kuruluk, kalınlık ve gramaj ölçülerine gelmiş olmalıdır. Bu değişkenler ve yüzey düzgünlüğü, kağıdın kalitesini yansıtmaktadırlar. Bu aşamada bu değişkenlerin kontrolü ile kağıt kalitesi, özellikle üretim kalitesi hakkında fikir verecektir.

Bu değişkenlerin istenen değerlerle karşılaştırılarak kontrol edilmesi sonucu, muhtemel sapmaların nedenleri ve oluşum yerleri tespit edilebilir.

Gramaj, kalınlık ve rutubet kızılötesi ışınlar kullanılırken, yüzey düzgünlüğü için kağıdın ışık geçirgenliğinden yararlanmak için ışık kaynağı ve geçen ışığı ölçen algılayıcı kullanılmıştır.

Bu değerlerin tespit edilerek hazırlanan bilgisayar programına aktarılması için Şekil 2.10'daki sistem kullanılmıştır.



Şekil 2.10 Kağıt kalitesini belirleyen ana değişkenlerin tespiti.

Mal sarma aşamasından önce kağıt kalitesi ile ilgili kabuller ve alt–st sınırları şu şekildedir:

	Kabul	Alt Sınır	st Sınır
Gramaj (gr/cm^2)	80	79	81
Kalınlık (mikron)	70	68	72
Rutubet (%)	6	5.5	6.6
Yüzey düzgünlüğü (%)	95	90	100

BÖLÜM III

BULGULAR

3.1 ÜRETİM SİSTEMİNİN KONTROLÜ İLE İLGİLİ BULGULAR

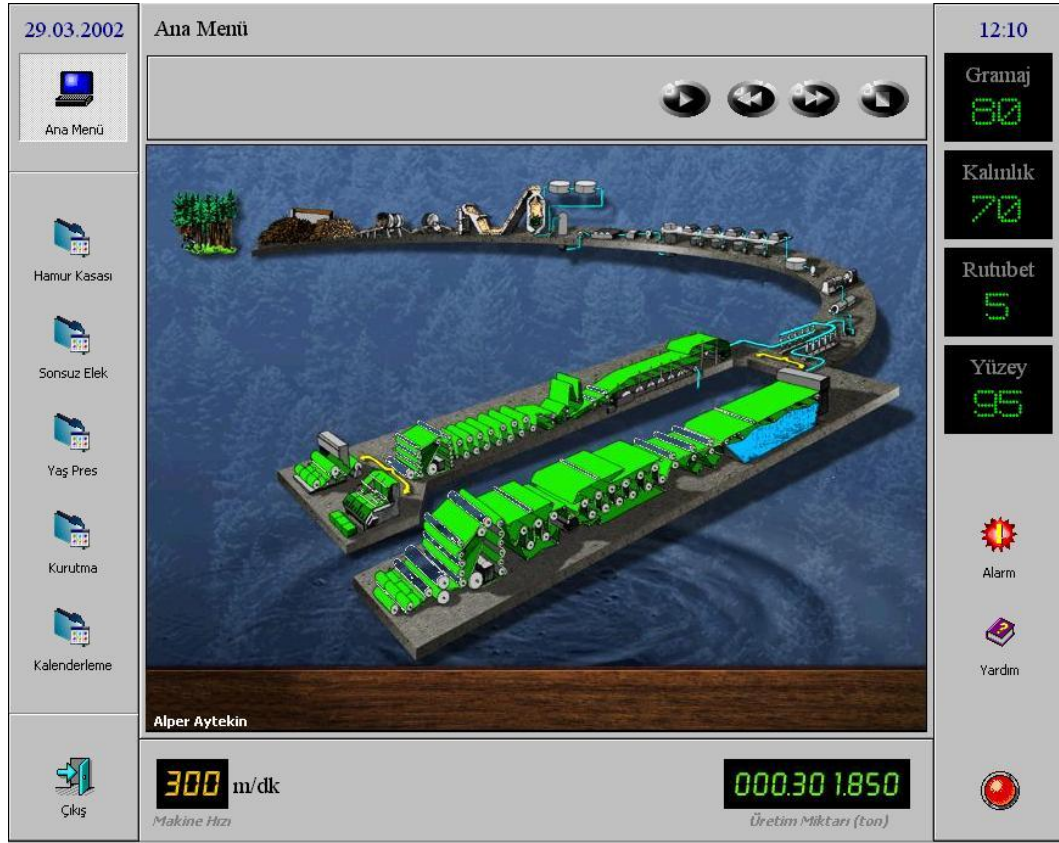
Üretim sisteminin sürekli kontrolü için hazırlanan paket programın çalıştırılması ile kurulan sistemin son halkası da devreye girmiş olacaktır. Program 9 kısımdan oluşmaktadır. Bunlar;

1. Ana Menü. Bütün sistemin toplu olarak gözlemlendiği bölümdür.
2. Hamur Kasası. Akım dağıtıcı, hamur kasası ve cetvel ağzı değişkenlerinin kontrol edildiği bölümdür.
3. Sonsuz Elek. Göğüs silindiri, drenaj levhaları, emici kasa ve emme silindiri bu bölümden kontrol edilmektedir.
4. Yaş Pres. Emici ve Yivli pres silindirlerinin kontrol edildiği bölümdür.
 1. Pres, 2. Pres ve 3. Pres olmak üzere 3 alt bölüme ayrılmıştır.
5. Kurutma. Kurutma silindirlerinin kontrol edildiği bölümdür.
 1. Grup (Ön Isıtma), 2. Grup (Isıtma),
3. Grup (Kurutma), 4. Grup (Dengeleme) olmak üzere 4 alt bölüme ayrılmıştır.
6. Kalenderleme. Süper kalenderleme, bitirme işlemleri ve kalite değişkenleri bu bölümden kontrol edilmektedir.
7. Alarm. Sisteme ait hataların toplu olarak izlenebildiği bölümdür.
8. Yardım. Kağıt makinesi hakkında aranan tüm bilgilerin bulunduğu bölümdür.
9. Çıkış. Programdan çıkmak için kullanılan bölümdür.

3.1.1 Ana Menü

Programın çalıştırılmasının ardından Ana Menü ekrana gelir. Öncelikle, program çalıştırıldığı anda sisteme ait üniteleri ve bu ünitelerden gelen bilgileri tek tek kontrol eder. Verilen alt ve üst sınırlardan taşma varsa kullanıcıyı uyarır.

Ekrana gelen Ana Menü Şekil 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.1 Ana menü.

Bu pencereden sisteme ait herhangi bir üniteye geçiş yapılabilir veya programdan çıkılabilir.

3.1.2 Hamur Kasası

Bu bölüme geçildiğinde ekrana Şekil 3.2'deki pencere gelir. Buradan önemli üç üniteye ait bilgiler bulunmaktadır. Bunlar, akım dağıtıcı, hamur kasası ve cetvel

ağzıdır.



Şekil 3.2 Hamur kasası.

Akım dağıtıcıya ait bilgiler (akım hızı, daralan akım basıncı) ekranda gözükmektedir. Bu bilgilerin kabul, alt ve üst sınır değerleri, ayarlar menüsüne girilerek yapılabilir (Şekil 3.3).

Burada hamur kasasına ait bilgiler (akım hızı, konsantrasyon ve seviye) izlenebilmektedir. Ayrıca, cetvel ağzı ile ilgili olarak ölçülen değerler (akım hızı, akım açısı ve cetvel ağzı açıklığı) kontrol edilebilmektedir. Bu değişkenlere ait kabul, alt ve üst limitler ayarlar menüsünden yapılabilmektedir (Şekil 3.3).

Akım Dağıtıcı - Hamur Kasası - Cetvel Ağız

	Kabul	Alt	Üst
Akım Hızı	275	270	280
	275	270	280
	270	270	280
	271	270	280
Kanal Basıncı		0	0

	Kabul	Alt	Üst
Akım Hızı	285	280	290
Kesafet	0,01	0	0
Seviye	98	98	100

	Kabul	Alt	Üst
Akım Ağısı	5	4	6
Akım Hızı	293	290	290
Ağıklık	14	13	15

Alper Aytekin

Tamam

Şekil 3.3 Hamur kasası ayarlar menüsü.

29.03.2002

Fourdrinier (Sonsuz Elek)

12:10

Ana Menü

Hamur Kasası

Sonsuz Elek

Yaş Pres

Kurutma

Kalenderleme

Çıkış

Göğüs Silindiri
Konum: 14 Dönme Hızı: 30

Drenaj Levhalarının Açılışları
Foil 1: 1 Foil 2: 1,5 Foil 3: 2 Foil 4: 2,25

Emici Kasa
Emme Gücü: 40

Emici Silindiri
Emme Gücü: 60

Ayarlar

Gramaj: 80

Kalınlık: 70

Rutubet: 5

Yüzey: 95

Alarm

Yardım

300 m/dk
Makine Hızı

000.301850
Üretim Miktarı (ton)

Şekil 3.4 Sonsuz elek.

3.1.3 Sonsuz Elek

Bu bölümde ekrana Şekil 3.4'deki pencere gelir. Buradan ise sonsuz elek üzerindeki elemanlardan göğüs silindiri, drenaj levhaları, vakum kasası ve emici silindirden alınan bilgiler kontrol edilebilir.

Bu bölümde göğüs silindirinin cetvel ağzına olan uzaklığı ve göğüs silindirinde süspansiyon sıçraması olup olmadığı gözlemlenmekte, ayrıca drenaj levhalarının açılırları on-line kontrol edilmektedir. Son olarak, vakum kasası ve emici silindirin emme gücü ekranda anında görülmektedir.

Buradaki değişkenlerin, kabul, alt ve üst limitleri yine ayarlar menüsünden düzenlenebilmektedir (Şekil 3.5).

Sonsuz Elek Ayarları			
Göğüs Silindiri			
	Kabul	Alt	Üst
Uzaklık	14	0	0
Hız (dev/dk)	30	0	0
Folliler			
	Kabul	Alt	Üst
1. Sıra	1	0	0
2. Sıra	1,5	0	0
3. Sıra	2	0	0
4. Sıra	2,25	0	0
Vakum Kasası			
	Kabul	Alt	Üst
Emme Gücü	40	0	0
Emici Silindir			
	Kabul	Alt	Üst
Emme Gücü	60	0	0
Alper Aytekin			
✓ Tamam			

Şekil 3.5 Sonsuz elek ayarlar menüsü.

3.1.4 Yaş Pres

Bu aşamada yaş preslemeye ait önemli proses değişkenleri kontrol edilmektedir. Bunlardan pres tepe basıncı, tepe genişliği, emme gücü, kuruluk oranı, yiv derinliği ve genişliği sürekli olarak ekrana yansımaktadır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6 Yaş presleme.

Ayarlar menüsüne girilerek yukarıda belirtilen değişkenlere ait kabul, alt ve üst limit değerleri değiştirilebilir (Şekil 3.7).

Yaş Pres Ayarları

	Kabul	Alt	Üst
1. Pres			
Emme Gücü (mm Hg)		0 ▲ ▼	0 ▲ ▼
Kuruluk Oranı (%)		0 ▲ ▼	0 ▲ ▼
Tepe Basıncı (mm Hg)		0 ▲ ▼	0 ▲ ▼
Tepe Genişliği (mm)		0 ▲ ▼	0 ▲ ▼
Keçe Gerginliği (%)		0 ▲ ▼	0 ▲ ▼
Yiv Derinliği (mm)		0 ▲ ▼	0 ▲ ▼
2. Pres			
Emme Gücü (mm Hg)		0 ▲ ▼	0 ▲ ▼
Kuruluk Oranı (%)		0 ▲ ▼	0 ▲ ▼
Tepe Basıncı (mm Hg)		0 ▲ ▼	0 ▲ ▼
Tepe Genişliği (mm)		0 ▲ ▼	0 ▲ ▼
Keçe Gerginliği (%)		0 ▲ ▼	0 ▲ ▼
Yiv Derinliği (mm)		0 ▲ ▼	0 ▲ ▼
3. Pres			
Emme Gücü (mm Hg)		0 ▲ ▼	0 ▲ ▼
Kuruluk Oranı (%)		0 ▲ ▼	0 ▲ ▼
Tepe Basıncı (mm Hg)		0 ▲ ▼	0 ▲ ▼
Tepe Genişliği (mm)		0 ▲ ▼	0 ▲ ▼
Keçe Gerginliği (%)		0 ▲ ▼	0 ▲ ▼
Yiv Derinliği (mm)		0 ▲ ▼	0 ▲ ▼

Alper Aytekin

Şekil 3.7 Yaş pres ayarlar menüsü.

3.1.5 Kurutma

Kurutma partisinin kontrolü, kurutma silindirlerinin dört kademeye ayrılmasından dolayı 4 ayrı pencereden yapılmaktadır. Burada gözlemlenen değerler, her parti için, kurutma silindiri yüzey sıcaklığı, giren buharın sıcaklığı, kondanze buhar sıcaklığı ve rutubettir.

Kurutma bölümünde ekrana gelecek olan pencere Şekil 3.8'da verilmiştir.



Şekil 3.8 Kurutma partisi.

Şekil 3.9'da da her kurutma partisi için belirtilen değişkenlerin alt, üst limitleri ile kabul değerleri ayarlanabileceği ayarlar menüsü verilmiştir.

Kurutma Partisi Ayarları			
1. Grup			
Yüzey Sıcaklığı (°C)	Kabul: 65	Alt: 0	Üst: 0
Vantilasyon Hızı (m/dk)	36	0	0
Kondanse Buhar (°C)	100	0	0
Silindir Basıncı (kpa)	100	0	0
Kuruluk Oranı	20	0	0
2. Grup			
Yüzey Sıcaklığı (°C)	Kabul: 80	Alt: 0	Üst: 0
Vantilasyon Hızı (m/dk)	36	0	0
Kondanse Buhar (°C)	100	0	0
Silindir Basıncı (kpa)	100	0	0
Kuruluk Oranı	12	0	0
3. Grup			
Yüzey Sıcaklığı (°C)	Kabul: 100	Alt: 0	Üst: 0
Vantilasyon Hızı (m/dk)	36	0	0
Kondanse Buhar (°C)	100	0	0
Silindir Basıncı (kpa)	100	0	0
Kuruluk Oranı	10	0	0
4. Grup			
Yüzey Sıcaklığı (°C)	Kabul: 85	Alt: 0	Üst: 0
Vantilasyon Hızı (m/dk)	36	0	0
Kondanse Buhar (°C)	100	0	0
Silindir Basıncı (kpa)	100	0	0
Kuruluk Oranı	7	0	0
Alper Aytekin			
✓ Tamam			

Şekil 3.9 Kurutma bölümü ayarlar menüsü.

3.1.6 Kalenderleme

Bu son gözlem ünitesinde kalenderleme bölümüne ait silindir yüzey sıcaklığı, tepe basıncı ve kağıt rutubeti kontrol edilmektedir. Ayrıca, nihai kağıdın kalite göstergesi olan değişkenler gramaj, kalınlık, rutubet ve yüzey düzgünlüğü de bu bölümden kontrol edilmektedir (Şekil 3.10).



Şekil 3.10 Kalenderleme ve bitirme işlemleri.

Bu değişkenlerin beklenen değerleri ile alt ve üst değer aralıkları ayarlar menüsünde yapılabilmektedir (Şekil 3.11).

The screenshot shows the 'Kalenderleme ve Mal Sarma Ayarları' dialog box. It has two main sections:

- Kalenderleme:**
 - Silindir Yüzey Sıcaklığı (°C): Kabul: 120, Alt: 0, Üst: 0
 - Tepe Basıncı (kN/m): Kabul: 120, Alt: 0, Üst: 0
 - Rutubet Miktarı (%): Kabul: 6,5, Alt: 6, Üst: 7
- Kalite Parametreleri:**
 - Gramaj (gr/cm2): Kabul: 80, Alt: 0, Üst: 0
 - Kalınlık (mikron): Kabul: (empty), Alt: 0, Üst: 0
 - Rutubet (%): Kabul: 5, Alt: 0, Üst: 0
 - Yüzey Düzgünlüğü: Kabul: 95, Alt: 0, Üst: 0

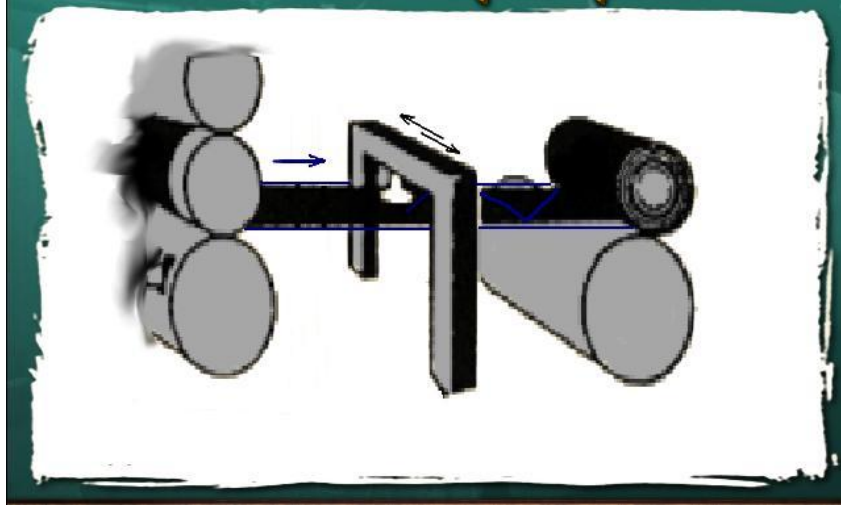
At the bottom, there is a text field for 'Alper Aytekin' and a 'Tamam' button.

Şekil 3.11 Kalenderleme ve bitirme işlemleri ayarlar menüsü.

3.2 ÜRETİMDE KALİTE KONTROLÜ İLE İLGİLİ BULGULAR

Üretim sırasında (on-line) kontrol ile kağıdın kalitesini ortaya koyan değerlerin tespiti oldukça kolaydır. Ayrıca bu işlem iki yönlü olarak gerçekleştirilmektedir. Bu, hem makine yönünde, hem de makine enine yönünde ölçmedir.

Ölçüm cihazı makine enine yönünde belli bir hızda sağa ve sola doğru hareket etmektedir. Bu tarama sırasında hem makine yönünde, hem de makine enine yönünde proses değişkenlerinin değerlerini tespit etmektedir (Şekil 3.12).



Şekil 3.12 Proses değişkenleri ölçüm cihazının taraması.

BÖLÜM IV

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmayla, mevcut kağıt makinelerinin en düşük maliyetle kontrolünü sağlayacak, üretim sırasında meydana gelebilecek hataları hızlı bir şekilde tespit edecek ve düzeltici önlemleri alacak bir sistem ortaya konmuştur.

Akış diyagramlarının sürekli ekranda denetimi ile kağıt makinesinde kağıt kalitesini etkileyecek önemli değişkenler gözlemlenmektedir. Böylece, kağıt üretiminde önemli bir bölümü oluşturan kağıt makinesine ait proses değişkenleri kontrol altında tutulacaktır.

Bu proses parametrelerinin değerlerindeki değişmelerin anında tespit edilmesi ile gerçekleşmesi muhtemel hataların nedeninin bulunması kolaylaşacaktır. Ayrıca, nedeni bulunan hatalara karşı düzeltici önlemlerin alınması da üretim kayıplarını en aza indirecektir.

Nihai kağıdın formasyonu ve düzenliliği büyük ölçüde liflerin ve dolgu maddelerinin safiha içinde düzenli dağılımına bağlıdır. Bu nedenle akım dağıtıcı ve hamur kasasının proses parametreleri oldukça önemlidir.

Akım dağıtıcıda akım hızının makine enine yönündeki dağılımının anında gözlemlenmesi ile kopmalar, nihai kağıt yüzeyindeki gramaj farklılıkları, gramaj çizgileri gibi kusurlar daha prosesin en başında tespit edilebilecektir.

Hamur kasası kağıt formasyonunda önemli bir rol oynar. Kağıt öncelikle hamur kasası ve elek üzerinde şekillenir. Herhangi bir hatanın elek üzerinde düzeltilme şansı pek yoktur. Hamur kasasında bilgisayarlı seviye kontrolü ile kağıt yüzeyinde

köpüklenmelere neden olan hava kabarcıklarının oluşumu önlenebilecek, konsantrasyon ve hız kontrolü ile de gramajdaki değişimler en aza indirilecektir.

Cetvel ağzının dizaynı ve çalışması son derece önemlidir. Çünkü, kağıt safihası bu noktada şekillenmeye başlar. Ayrıca cetvel ağzı açıklığı kağıt kalitesini etkileyen en önemli faktördür. Cetvel ağzı açıklığının bilgisayar kontrolü ile ayarlanabilmesi sonucu, kalite parametrelerindeki muhtemel değişimler önlenebilecektir.

Kağıt elek üzerinde oluştuktan sonra safiha üzerindeki suyun hızla uzaklaştırılması gerekmektedir. Sonsuz elek üzerindeki on-line kontroller ile safiha formasyonu hatalarının ve kağıt kopmaların nedenleri önceden tespit edilebilmektedir. Çünkü ıslak safihanın sağlamlığı yaş prese transfer sırasında ve preslemede önemli bir özelliktir.

Yaş presleme sonsuz elekte başlayan su uzaklaştırma işleminin bir devamıdır. Preslemeden sonra gelen kurutma kademesinde ise safihadan su alınması buharlaştırma yoluyla yapıp, pahalı ve çok fazla enerji kullanımını gerektiren bir işlemdir. Bu nedenle, presleme ile safihadan mümkün olan en fazla suyu çıkarmak gerekir. Burada pres tepe genişliği, basıncı, yiv derinliği ve keçe gerginliği gibi proses değişkenlerinin sürekli kontrolü söz konusudur. Böylece safihadan uzaklaştırılan su miktarı kontrol altında tutulmaktadır.

Ayrıca, kağıdın yüzey düzgünlüğü preslemenin kalitesine bağlıdır. Yaş pres kısmının etkili bir şekilde kontrolü ile kağıt kalitesi artırılmış olacaktır.

Kurutma aşamasında ekonomik çalışmak için buharlaştırma mümkün olduğu kadar hızlı ve kağıt kalitesini bozmayacak şekilde yapılmalıdır. Yapılan işlemin boşa gitmemesi için de kurutma partisindeki önemli değişkenlerin (silindir yüzey sıcaklığı, kondanze buharın sıcaklığı, vantilasyon hızı ve kağıdın rutubeti) sürekli kontrol altında tutulması gerekmektedir.

Bu sayede, doğru ve çabuk kurutma ile enerji masrafları en aza inecek ve maliyetler azalacaktır.

Kalenderleme kağıdın yüzeyini düzgünleştiren bir işlemdir. Bu nedenle nihai kağıdın kalitesi üzerine etki eden önemli işlemlerden birisidir. Bu üniteye değişkenlerin (silindir yüzey sıcaklığı, silindir tepe basıncı, kağıdın rutubeti) kontrol altında tutulması demek, kağıt kalitesinin kontrol edilebilmesi demektir. Bu parametrelerin kontrol edilmesi ile kağıdın yüzey düzgünlüğüne etki eden faktörler önceden tespit edilebilecektir.

Hazırlanan model ile kağıt kalitesini gösteren parametrelerin nihai değerlerinin hızlı ve hatasız tespitinin ne kadar önemli olduğu ortaya çıkmıştır. Çünkü bu değerler sayesinde hatanın nedeni ve kaynağı hemen belirlenebilmektedir.

Kağıt makinesinde hatalı üretim sonucu ortaya çıkan maliyetler de bu parametrelerin ne denli erken ölçülmesi gerektiğini göstermektedir. Eski sistemlerde nihai kağıttan örnek alınarak yapılan kalite ölçümlerindeki her 1 dakikalık gecikme sonucu, dakikada 300 m/dk hızda üretim yapan bir kağıt makinesi (5 metre en ve 80 gr/m² kağıt üretimi) için hatalı üretim miktarı 120 kg'dır. 10 dakikada 1 tonu geçmektedir. Bununla birlikte harcanan işgücü, enerji ve bakım-onarım maliyetleri de cabasıdır.

Yapılan araştırmalar sonucunda halen kullanılmakta olan kağıt makinelerinin, önemli değişiklikler yapılmadan, bilgisayar kontrolüne alınabileceği tespit edilmiştir. Böylece, köklü sistem değişikliklerine gerek kalmadan, önemli kalite parametrelerinin veri toplama sistemi ile bilgisayara yönlendirilebileceği ortaya çıkmıştır.

Eski sistemi modifiye ederek, daha düşük maliyetlerle kaliteli üretim elde etmek mümkündür. Daha da önemlisi, başlangıçta yüksek gibi görünen veri toplama sistemi kurulum maliyetleri, kısa bir süre içerisinde kendini amorti edecektir.

KAYNAKLAR

- Alankuş, O. B. (1984) Sayısal Kontrol Sistemleri ve Mikroşlemciler, *3. Ulusal Otomatik Kontrol Sempozyumu*, Yıldız Üniversitesi, 28-29-30 Kasım, İstanbul.
- Al-Awami, L., Sidrak, Y., and Bettayeb, M. (1999) Classical and dynamic matrix control of Kamyr digesters – A comparative study, *Industrial & Engineering Chemistry Research*, (38): 3950-3956, Washington.
- Anon. (1992) 843DP and 843 DX d/p Cell Current Output Transmitters, *Foxboro Company*.
- Anon. (1994a) Automatic Controller Dynamic Spesification, *EnTech*, Version 1.0.
- Anon. (1994b) Compentency in Process Control, *EnTech*, Version 1.0.
- Anon. (1994c) Control Valve Dynamic Spesification, *EnTech*, Version 2.1.
- Anon. (1994d) Process Automation, Devices and Systems, Catalog MP 01, *Siemens*.
- Anon. (1994e) Temperature Measuring Instruments SITRANS Interface Modules, Catalog MP 09, Section 4, *Siemens*.
- Anon. (1994f) Temperature Measuring Instruments SITRANS Interface Modules, Catalog MP 09, Section 5, *Siemens*.
- Anon. (1995a) Measuring Test and Recording Equipment, Direct Ordering Catalog, *Siemens*.
- Anon. (1995b) Measuring Instruments for Pressure Differential Pressure, Flow and Level, Catalog MP 17, *Siemens*.
- Anon. (1996) SIPART Controllers, Positioners, Software, Catalog MP 31, *Siemens*.
- Anon. (1997) How Paper is Made, An Overview of Pulping and Papermaking from Woodyard to Finished Product, *TAPPI*.
- Anon. (1998) Sensors, Sensortechnik, *TURCK*, 2. Auflage.

- Anon. (2000) Genel Satış Kataloğu, Kontrol Sistemleri Elektromekanik San. Tic. Ltd., İstanbul.
- Anon. (2001) Seviye Ölçme Yöntemleri ve Teknolojileri, *Türkiye’de ve Dünya’da Otomasyon*, s: 168-173, Ekim, Bileşim Yayıncılık, İstanbul.
- Başulaş, H. (1992) Programlanabilir lojik denetleyiciler (PLC) ile endüstriyel otomasyonun incelenmesi, Uludağ Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Bursa.
- Bergman, T. (1998) On-line chip analysis: new technology for an improved pulping proces, *Pulp & Paper-Canada*, (99): 150-151.
- Berzek, M.N. (1993) *Industrial Robots, Human Resources Management*, Marmara University Publication, İstanbul.
- Bialkowski, W. L. (1995a) Control Objectives for Uniformity in Pulp and Paper Manufacturing, *Process Control Fundamentals for Pulp and Paper Industry*, TAPPI Press, p.275-325, Atlanta.
- Bialkowski, W. L., and Elliot, R. (1996) Competency in process control - Industry guidelines, *Pulp & Paper-Canada*, (97): 28-33.
- Bialkowski, W. L., and Weldon, A. D. (1994) The Digital Future of Process-Control - Possibilities, Limitations, and Ramifications, *TAPPI Journal*, (77): 69-75, Norcross.
- Bialkowski, W. L., Haggman, B. C., and Millette, S. K. (1994) Pulp and Paper Process-Control Training Since 1984, *Pulp & Paper-Canada*, (95): 39-42, Laurent.
- Biçer, M. (1997) Bir proses kontrol sisteminin pascal dili ve seri iletişim kullanılarak PC ile gerçek zamanlı kontrolü, Proses Kontrol Uygulaması, Dumlupınar Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Kütahya.
- Bley, L. (1998) Latest experiences of on-line charge measurement: a process control concept - Optimized runnability is strongly related to the forces in the wet end of a paper machine, *Pulp & Paper-Canada*, (99): 51-55.
- Bodur, A, Dinçer, G., ve Gerçek, C. (2001) *Enstrümantasyon ve Ölçme*, Derleme Kitap, Infogate, İstanbul.
- Canfield, E. B. (1965) *Electromechanical Control Systems and Devices*, JohnWiley & Sons., NewYork.
- Çölkesen, R., ve Örencik, B. (2000), *Bilgisayar Haberleşmesi ve Ağ Teknolojileri*, 2. Basım, Papatya Yayıncılık, İstanbul.

- Damiano, A. (1991) Advanced controls can help mills stay competitive during downtime, *Pulp & Paper-Canada*, 58 (12): 57.
- Demirel, Ö. F. (1999) *[F1] Delphi*, Infogate, Istanbul.
- Demirer, M. (1988) Mikroişleyici destekli genel amaçlı endüstriyel proses kontrol sistemi tasarımı, Hacettepe Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Eroğlu, H. (1990) *Kağıt ve Karton Üretim Teknolojisi*, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Genel Yayın No: 90, Fakülte Yayın No: 6, Trabzon.
- Estevez-Reyes, L. (1999), Using reliability to optimize your process control expenditures - The application of CIHA in a pulp mill is explained, *Pulp & Paper-Canada*, (100): 60-63.
- Estevez-Reyes, L. (2000) Process control reliability: the key to investing in your infrastructure, *ISA Transactions*, (39):115-121, Amsterdam.
- Estevez-Reyes, L. W., and Dumont, G. A. (1995) A Dynamic-Model of Pressure Screens for Fault-Detection, *TAPPI Journal*, (78): 123-128, Norcross.
- Fadum, O. (1991) Process control economics, *The Fadum Report*, 11 (7):1
- Farzede, H., Rippon, P., and Olofsson, J. (1997) Mill-wide information system at Slave Lake Pulp Corporation, *Pulp & Paper-Canada*, (98): 51-54, Don Mills.
- Farzede, H., Xia, Q., Ying, Y., Rao, M., Danielson, K., Henriksson, C., and Olofsson, J. (1995) Knowledge Integration System for Slave-Lake-Pulp-Corporation and Daishowa-Peace-River-Mill, *Pulp & Paper-Canada*, (96) 25-28.
- Franklin, G. F., Powell, J. D., and Workman, M. L. (1990) *Digital Control of Dynamic Systems*, Addison-Wesley.
- Furumoto, H., Lampe, U., Meixner, H., and Roth, C. (1999) Infra red analysis for process control in the pulp and paper industry, *Papier*, (53): 235-240, Darmstadt.
- Garnett, B. (1983) Remoisturizer and sectionalized steamboxes: An update on design and control, *PIMA*, 65 (10): 37.
- Gavcar, E., ve Aytekin, A. (1996) *Bilgisayara Giriş ve QBasic ile Programlama*, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Ders Notları Serisi, Yayın No: 50, Trabzon.

- Gorinevsky, D., Vyse, R., and Heaven, M. (2000) Performance analysis of cross-direction process control using multivariable and spectral models, *IEEE Transactions on Control Systems Technology*, (8): 589-600, NewYork.
- Gough, B., Kay, J., and Seebach, G. (1994) Adaptive-Control Applications in Pulp and Paper – Universal Adaptive Controller Solves Difficult Problems, *Pulp & Paper-Canada*, (95): 51-53.
- Günelçin, G. (1984) Sibernetik, Bilgisayar ve Numerik Kontrol, 3. *Ulusal Otomatik Kontrol Sempozyumu*, Yıldız Üniversitesi, 28-29-30 Kasım, İstanbul.
- Haggman, B. C., and Bialkowski, W. L. (1994) Performance of Common Feedback Regulators for 1st-Order and Deadtime Dynamics, *Pulp & Paper-Canada*, (95): 46-51.
- Harvey, J. N., and Boulanger, E. (1999) Sludge dewatering process optimization cost reduction at an integrated pulp and paper mill, *Pulp & Paper-Canada*, (100): 21-24.
- Hennen, M. T., Chou, S. C., Scheurman, H. L., Robinson, G. J., Luken, T. P., and Baker D. W. (1984) Integrated decision support and manufacturing control system, *Interfaces*, 14 (5).
- Hirtz, B., Paulson, L. M., Pettigrew, S. R., and Pasciolla, D. J. (1999) Advanced control strategy reduces recovery boiler fouling while liquor throughput is increased, *Pulp & Paper-Canada*, 100 (42-45).
- Ho, T., and Henriksson, C. (1994) Improvement of Product Uniformity Using Statistical Process-Control (SPC) in a BCTMP Mill, *Pulp & Paper-Canada*, (95): 37-40.
- İmamoğlu, S. (2000) Atık Kağıt, *Laminart Mobilya & Dekorasyon & Sanat & Tasarım Dergisi*, Haziran-Temmuz, Sayı : 8, İstanbul.
- Jones, G. L., and Sell, N. (1995) *Summary of Conventional Process Control Concepts*, Process Control Fundamentals for Pulp and Paper Industry, TAPPI Press, p. 17-78, Atlanta.
- Karagülle, İ., ve Pala, Z. (1998), *Borland Delphi 3*, Türkmen Kitabevi, Yayın No: 120, İstanbul.
- Karagülle, İ., ve Pala, Z. (2001), *Borland Delphi 5*, Türkmen Kitabevi, Yayın No: 184, İstanbul.
- Karayılmazlar, S., ve Aytekin, A. (2000) *Temel Bilgi Teknolojisi*, İletişim Matbaası, Bartın.

- Karayılmazlar, S., ve Aytekin, A. (2001) Importance of Process Control in Paper Mills, A Case Study, *Conservation and Utilisation of Forest Resources, Third Balkan Scientific Conference*, Vol: 4, 2-6 October, Sofia.
- Lampela, K., and Erkkila, N. (1999) Absolute brightness control in D-stages, *Pulp & Paper-Canada*, (100):30-33.
- Landner, L., Grahn, O., Hardig, J., Lehtinen, K. J., Monfelt, C., and Tana, J. (1994) A Field-Study of Environmental Impacts at a Bleached Kraft Pulp-Mill Site on the Baltic Sea Coast so Ecotoxicology and Environmental Safety, (27): 128-157, San Diego.
- Li, I. S., Kwok, K. E., and Zurcher, U. J. (1998) Development of an expert monitoring and advisory system for preventing pulp sheet breaks - the system can not only send alerts, but propose solutions, *Pulp & Paper-Canada*, (99): 35-38.
- Liakos, C. (1995) Distrubuted Control Systems, *Process Control Fundementals for Pulp and Paper Industry*, TAPPI Press, p. 473-488, Atlanta.
- McQueen, S. J., Cluett, W. R., and Duever, T. A. (1999) Identification of a TMP wood chip refiner with implications for process control, *TAPPI Journal*, (82): 122-129, Norcross.
- McSweeney, J. (1981), Computer control: First line of economic survival, *PIMA* 63 (2) 26
- Merlihan, T. (1999) Process thermal management, *Measurements & Control*, p. 107-109, Pittsburg.
- Miron, D. B. (1989) *Design of FeedBack Control System*, Harcourt Brace Jovanovich Inc., NewYork.
- Miyaniishi, T. (1995) Online Zeta-Potential Analyses of a Fine Paper-Machine and a Newsprint Paper-Machine, *TAPPI Journal*, (78): 85-91, Norcross.
- Oanh, N. T. K. (1996) A comparative study of effluent toxicity for three chlorine-bleached pulp and paper mills is southeast Asia, *Resources Conservation and Recycling*, (18): 87-105, Amsterdam.
- Oanh, N. T. K., and Bengtsson, B. E. (1995) Development of a Waste-Water Monitoring Program Incorporated Into Process-Control for Mitigation of Chemical and Fiber Loss From the Bai-Bang-Paper-Company (Bapaco), A Bleached Kraft Pulp and Paper-Mill in Vietnam, *Resources Conservation and Recycling*, (14): 53-66, Amsterdam.

- Otto, K., and Roberts, J. (1995), From Instrumentation to Implementation, *Process Control Fundamentals for Pulp and Paper Industry*, TAPPI Press, p.113-151, Atlanta.
- Oulidi, A., Deutsch, B., and Paris, J. (1999) Statistical analysis of sheet breaks in a paper machine, *Pulp & Paper-Canada*, (100): 44-49, Don Mills.
- Ömeroğlu, S. S. (2001a) Veri Toplama ve Kontrol (DAC), *Türkiye'de ve Dünya'da Otomasyon*, 1. Bölüm, Kasım, s. 50-53, Bileşim Yayıncılık, İstanbul.
- Ömeroğlu, S. S. (2001b) Veri Toplama ve Kontrol (DAC), *Türkiye'de ve Dünya'da Otomasyon*, 2. Bölüm, Kasım, s. 86-91, Bileşim Yayıncılık, İstanbul.
- Ömeroğlu, S. S. (2001c) Veri Toplama ve Kontrol (DAC), *Türkiye'de ve Dünya'da Otomasyon*, 3. Bölüm, Kasım, s. 124-128, Bileşim Yayıncılık, İstanbul.
- Qian, X., and Tessier, P. (1997) Dynamic modeling and control of a hydrogen peroxide bleaching process, *Pulp & Paper-Canada*, (98): 81-85, Don Mills.
- Pagegu, G. (1985) A do-it-yourself kit for a process control computer, *Pulp & Paper-Canada*, 86 (8): 53.
- Partridge, D., and Hussain, K.M. (1992) *Artificial Intelligence and Business Management*, Ablex Publishing Corporation, New Jersey.
- Ravasta, E., Kuttinen, D., and Uronen, P. (1974) Benefits of computer control in a multi-grade mill, *Pulp & Paper*, 75 (5): 63
- Riebel, P. N. (1999) Improving data quality within an environmental management system, *Pulp & Paper-Canada*, (100): 64.
- Roche, A. A., Jack, J. S., and Savoie, M. (1997) Successful application of process control and on-line pulp quality sensors - a survey, *Pulp & Paper-Canada*, (98): 99.
- Rudletge, W. C. (1995) *Sensors and Transmitters*, Process Control Fundamentals for Pulp and Paper Industry, TAPPI Press, p. 79-111, Atlanta.
- Ruger, J., Langhans, B., and Alender, S. (1995) Fuzzy Control in Pulp Drying, *Zuckerindustrie*, (120): 387-398, Berlin.
- Sandstrom, M., Norborg, M. A., and Ericsson, A. (1996) Applications of thin-layer chromatography to process control in the pulp and paper field, *Journal of Chromatography A*, (730): 373-379, Amsterdam.

- Sarıoğlu, M. K. (1995) *Otomatik Kontrol I*, Sistem Yayıncılık, Yayın No: 041, İstanbul.
- Sarıoğlu, M. K. (1996) *Otomatik Kontrol II*, Sistem Yayıncılık, Yayın No: 083, İstanbul.
- Savoie, M., Pudlas, M., and Noel, A. (1995) Brownstock Washing Control at Northwood - Strategy Reduced Solids Carryover, *Pulp & Paper-Canada*, (96): 24-27.
- Schmidt, D. C., Haddock, J., Marchandon, S., Runger, G. C., Wallace, W. A., and Wright, R. N. (1998) A methodology for formulating, formalizing, validating, and evaluating a real-time process control advisor, *IEEE Transactions*, (30): 235-245, London.
- Sell, N. J. (1995) Introduction to Process Control, *Process Control Fundamentals for Pulp and Paper Industry*, TAPPI Press, p.1-15, Atlanta.
- Severtson, S. J., Duggirala, P. Y., Carter, P. W., and Reed, P. E. (1999) Mechanism and chemical control of CaCO₃ scaling in the kraft process, *TAPPI Journal*, (82): 167-174, Norcross.
- Siren, H., Kokkonen, R., Hiissa, T., Sarme, T., Rimpinen, O., and Laitinen, R. (2000) Determination of soluble anions and cations from waters of pulp and paper mills with on-line coupled capillary electrophoresis, *Journal of Chromatography A*, p:189-196, Amsterdam.
- Sixta, H., and , Borgards, A. (1999) New technology for the production of high-purity dissolving pulps, *Papier*, (53): 220-234, Darmstadt.
- Smith, K. (1985) Cross direction control still top process automation trend, *Pulp & Paper*, 59 (2): 72.
- Soloman, S. (1998) *Sensors*, McGraw-Hill Handbooks.
- Strand, B. C. (1996) Model-based control of high-consistency refining, *Tappi Journal*, (79): 140-146, Norcross.
- Strehle, P., and Fritsch, R. (1996) Frequency converter controlled drives for batchwise pulping, *Papier*, (50): 164-172, Darmstadt.
- Swanson, H. (1995) Economic Analysis and Justification, *Process Control Fundamentals for Pulp and Paper Industry*, TAPPI Press, p. 553-568, Atlanta.

- Thomasson, F. Y. (1995) Controller Tuning Methods, *Process Control Fundamentals for Pulp and Paper Industry*, TAPPI Press, p. 215-274, Atlanta.
- Truxall, J. G. (1975), *Automatic Feedback Control System Synthesis*, McGraw-Hill.
- Topçuoğlu, A. (2001)Yapay Zeka, *Bilim ve Teknik Dergisi*, Sayı: 3, Ankara.
- Uronen, P., Leiviska, K., and Poikela, T. (1983a) Economic justification of production control systems, *TAPPI 1983 Process Control Symposium Notes*, TAPPI Press, Atlanta.
- Uronen, P., Leiviska, K., and Sutinen, R. (1985) Economic analysis of computer control in the pulp and paper industry, *Pulp & Paper*, 86 (8): 73,
- Uronen, P., Seppanen, J., and Sutinen, R. (1983b) Economic analysis of computer control in the pulp and paper industry, *TAPPI 1983 Process Control Symposium Notes*, TAPPI Press, Atlanta.
- Ülgür, M. M. (1980), *Otomatik Kontrol Sistemleri*, Ders Notu 1, İstanbul Teknik Üniversitesi, Elektrik Fakültesi, İstanbul.
- Vegte, J. V. D. (1994), *Feedback Control Systems*, Third Edition, Printice Hall.
- Wallace, B. (1981) Process control systems archive new levels of economic return with profile control of weight, moisture, and caliper, *TAPPI 1981 Papermakers Conference Proceedings*, TAPPI Pres, Atlanta, p.129
- Wallace, B. (1982) Computer control in the pulp and paper industry, *PIMA*, 64 (7): 18.
- Williams, M. F. (1994) Matching Wood Fiber Characteristics to Pulp and Paper Processes and Products, *TAPPI Journal*, (77): 227-233, Norcross.
- Wisnewski, P. A., Doyle, F. J., and Kayihan, F. (1997) Fundamental continuous-pulp-digester model for simulation and control, *Aiche Journal*, (43): 3175-3192, NewYork.
- Xia, Q., Rao, M., Shen, X., and Zhu, H. (1994) Adaptive-Control of a Paperboard Machine, *Pulp & Paper-Canada*, (95): 51-55.
- Yağımlı, M., ve Akar, F. (2000) *Delphi 5 Görsel Program Tasarımı*, Beta Basım, Yayın No: 1039, İstanbul.
- Yüksel, İ. (1997) *Otomatik Kontrol Sistem Dinamiği ve Denetim Sistemleri*, Uludağ Üniversitesi, Bursa.

ÖZGEÇMİŞ

1973 yılında Niğde'de doğdu. İlk ve orta öğrenimini Niğde'de tamamladıktan sonra 1990 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümüne kayıt yaptırdı. Aynı bölümden 1994 yılında ikincilikle mezun oldu. Aynı yıl KTÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalında yüksek lisans öğrenimine başladı.

Ocak 1995'te KTÜ. Fen Bilimleri Enstitüsünde açılan Araştırma Görevlisi kadrosuna atandı. 1997 yılında yüksek lisansını tamamlayıp, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsünde doktora programına başladı ve ardından ZKÜ. Bartın Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü'nde Araştırma Görevlisi kadrosunda çalışmaya başladı.

Alper Aytekin, üç yıldır ZKÜ. Orman Fakültesi'nde, Temel Bilgi Teknolojisi Kullanımı, Temel Bilgisayar Bilimleri, Bilgisayar Destekli Çizim, Teknik Resim, Yönetim ve Organizasyon, Maliyet Muhasebesi, Tesis Planlama derslerini vermektedir.

Alper Aytekin, aynı zamanda Açıköğretim İşletme Fakültesi, Muhasebe ve Finansman Bölümü 3. sınıf öğrencisidir ve yabancı dili İngilizce'dir.