

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ÜRETİM YÖNETİMİNDE PROSES KONTROL
TEKNOLOJİLERİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Müh. İlker ÖZZORLU**

Anabilim Dalı : İŞLETME MÜHENDİSLİĞİ

Programı : İŞLETME MÜHENDİSLİĞİ

HAZİRAN 2005

**ÜRETİM YÖNETİMİNDE PROSES KONTROL
TEKNOLOJİLERİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Müh. İlker ÖZZORLU
(507021040)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 9 Haziran 2005
Tezin Savunulduğu Tarih : 31 Mayıs 2005**

**Tez Danışmanı : Prof.Dr. Ayhan TORAMAN
Diğer Jüri Üyeleri Prof.Dr. Sıtkı GÖZLÜ (İ.T.Ü.)
Prof.Dr. M. Bülent DURMUŞOĞLU (İ.T.Ü.)**

HAZİRAN 2005

ÖNSÖZ

Bu çalışmada üretim sistemleri ve son yıllarda üretim sistemlerinde kullanılan bilgisayar destekli teknolojilerden bahsedilmiş; bu teknolojilerden önemli bir role sahip olan proses kontrol kavramı detaylı olarak anlatılmaya çalışılmıştır. Ana amaç, proses kontrol teknolojilerinin üretim üzerindeki etkileri ve üretim sistemlerine sağladıkları katkıları vurgulamaktır. Bir kimya tesisinde yapılan uygulama projesiyle birlikte proses kontrol sistemlerinin üretime kattıkları açıklanmaya çalışılmıştır. Bu çalışmayı gerçekleştirmemde büyük katkıları olan ve danışmanım Prof. Dr. Ayhan Toraman'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca, her türlü yardımını benden esirgemeyen Öğr. Gör. Dr. Halefşan Sümen'e teşekkür ederim. Bana verdikleri destekle ve yardımlarla çalışmamın tamamlanmasında yardımcı olan Gökçe Bilgin ve Murat Altuntaş'a da yardımlarından dolayı teşekkürü bir borç bilirim.

HAZİRAN 2005

İLKER ÖZZORLU

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	v
TABLO LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	vii
SEMBOL LİSTESİ	viii
ÖZET	ix
SUMMARY	xi
1. GİRİŞ	1
2. ÜRETİM SİSTEMLERİ	3
2.1. Üretim	3
2.2. Üretim Yönetimi	4
2.3. Üretim Yönetiminin Tarihsel Gelişimi	4
2.4. Üretim Sistemlerinin Sınıflandırılması	5
2.5. Üretim Miktarına veya Akışına Göre Üretim Sistemleri	7
2.5.1. Sürekli Üretim Sistemleri	8
2.5.2. Kesikli Üretim Sistemleri	10
2.5.3. Tekrarlı Üretim Sistemleri	12
3. TEKNOLOJİNİN ÜRETİMDEKİ ROLÜ	14
3.1. Teknoloji	14
3.2. Bilgisayar Teknolojisi ve Üretim Sistemleri	15
3.2.1. Bilgisayar Destekli Tasarım (CAD)	15
3.2.2. Bilgisayar Destekli Üretim (CAM)	16
3.2.3. Numerik Kontrollü Makineler (NC)	17
3.2.4. Proses Kontrol	18
3.2.5. Görsel İzleme Sistemleri	18
3.2.6. Robotlar	19
3.2.7. Otomatik Depolama ve Çekme Sistemleri (AS/RS)	20
3.2.8. Otomatik Yönlendirilmiş Taşıma Araçları (AGV)	20
3.2.9. Esnek Üretim Sistemleri	20
3.2.10. Bilgisayarla Bütünleştirilmiş Üretim Sistemleri (CIM)	23
4. PROSES KONTROL	24
4.1. Proses Kontrolün Tarihsel Gelişimi	24
4.2. Proses Kontrol Tipleri	30

4.2.1. Geri Beslemeli Proses Kontrol Yapıları	33
4.2.2. İleri Proses Kontrol Tipleri	35
4.3. Proses Kontrol Sistemleri	36
4.3.1. Programlanabilir Lojik Kontrolörler (PLC)	37
4.3.2. Dağıtık Kontrol Sistemleri (DCS)	40
4.3.3. Hibrit Kontrol Sistemleri	42
4.4. İnsan Makine Ara Yüz Sistemleri	45
4.4.1. Operatör Paneller	45
4.4.2. SCADA Sistemleri	46
4.5. Proses Kontrolün Üretime Katkıları	51
5. BİR KİMYA İŞLETMESİNDE GERİ KAZANIM AMAÇLI BİR	
PROSES KONTROL PROJESİ UYGULAMASI	53
5.1. İşletmenin Profili	53
5.2. Aksa ve Proses Kontrol	55
5.3. Projenin Oluşumu	56
5.4. Projenin Konusu	56
5.5. Projenin Amacı	57
5.6. Fizibilite Raporu	57
5.6.1. Prosesin İşleyişi	58
5.7. Proses Kontrol Projesi	61
5.7.1. Noktaların Belirlenmesi	61
5.7.2. Giriş/Çıkış (I/O) Listesinin Belirlenmesi	61
5.7.3. Kontrol Sisteminin Seçimi	63
5.7.4. İnsan Makine Ara Yüz Programının Seçimi	65
5.7.5. Kontrol Programının Yazılması	65
5.7.6. Operatör Panelin Programlanması	67
5.7.7. Kontrol Sisteminin Entegrasyonu	68
5.7.8. Sistem Testleri	69
5.7.9. Saha Testleri	69
5.7.10. Projenin Devreye Alınması ve İşletmeye Devri	70
5.7.11. Dökümantasyon	71
5.7.12. Eğitimlerin Verilmesi ve Projenin Tamamlanması	71
6. SONUÇLAR	73
KAYNAKLAR	74
EKLER	77
ÖZGEÇMİŞ	89

KISALTMALAR

CAD	: Computer Aided Design
CAM	: Computer Aided Manufacturing
CIM	: Computer Integrated Manufacturing
MRP	: Material Requirement Planning
ERP	: Enterprise Requirement Planning
NC	: Numeric Control
CNC	: Computerized Numeric Control
DNC	: Direct Numeric Control
AS/RS	: Automatic Storage and Retaining System
MES	: Manufacturing Execution System
AGV	: Automatic Guided Vehicles
FMS	: Flexible Manufacturing System
PLC	: Programmable Logic Controller
DCS	: Distributed Control System
VDU	: Visual Display Unit
PID	: Proportional Integral Derivative
CPU	: Central Processing Unit
STL	: Statement List
PV	: Process Value
SCADA	: Supervisory Control And Data Acquisition
HMI	: Human Machine Interface
P&I	: Process and Instrumentation
I/O	: Input and Output

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1. Sürekli, Tekrarlı ve Kesikli Üretim Sistemlerinin Karşılaştırılması.....	13
Tablo 4.1. İleri Proses Kontrol Tipleri.....	36
Tablo 5.1. Proses Kontrol Sistemindeki Modüllerin Sayıları.....	64
Tablo A.1. Giriş/Çıkış Listesi (DI-1).....	78
Tablo A.2. Giriş/Çıkış Listesi (DI-2).....	79
Tablo A.3. Giriş/Çıkış Listesi (DO).....	80
Tablo A.4. Giriş/Çıkış Listesi (AI).....	81
Tablo A.5. Giriş/Çıkış Listesi (AO).....	82

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1 : Üretim Dönüşümü.....	3
Şekil 2.2 : Üretim Sistemlerinin Sınıflandırılması.....	6
Şekil 2.3 : Üretim Sistemlerinin Sınıflandırılması.....	8
Şekil 2.4 : Sürekli Üretim Sistemlerinde Hat Yerleştirme Düzeni.....	9
Şekil 2.5 : Kesikli Üretim Sistemlerinde Hat Yerleştirme Düzeni.....	11
Şekil 3.1 : Esnek Üretim Sistemleri.....	22
Şekil 4.1 : 1950’lerde Proses Kontrol.....	25
Şekil 4.2 : 1960’larda Proses Kontrol.....	26
Şekil 4.3 : 1970’lerde Proses Kontrol.....	27
Şekil 4.4 : 1980’lerde Proses Kontrol.....	28
Şekil 4.5 : 1990’larda Proses Kontrol.....	29
Şekil 4.6 : 2000’lerde Proses Kontrol.....	29
Şekil 4.7 : Yeniden Üretilirlik.....	31
Şekil 4.8 : Kompanze Edilebilirlik; İleri Beslemeli Kontrol.....	31
Şekil 4.9 : Ölçülebilirlik; Geri Beslemeli Kontrol.....	32
Şekil 4.10 : Modellenebilirlik.....	33
Şekil 4.11 : PLC’nin Genel Yapısı.....	38
Şekil 4.12 : DCS’in Yapısı.....	41
Şekil 4.13 : SCADA Sisteminin Temel Yapısı.....	48
Şekil 4.14 : Örnek Bir SCADA Ekranı.....	49
Şekil 5.1 : Aksa’nın Üretim Kapasitesi.....	54
Şekil 5.2 : Türkiye’de Akrilik Elyaf İhtiyacının Karşılanması.....	55
Şekil 5.3 : Aksa’nın Akrilik Elyaf Üretiminin Dünya’daki Payı.....	55
Şekil 5.4 : Pandrier Projesi Proses Akış Şeması.....	60
Şekil A.1 : Operatör Panel Ekranları-1.....	83
Şekil A.2 : Operatör Panel Ekranları-2.....	83
Şekil A.3 : Operatör Panel Ekranları-3.....	84
Şekil A.4 : Operatör Panel Ekranları-4.....	84
Şekil A.5 : Operatör Panel Ekranları-5.....	85
Şekil A.6 : Operatör Panel Ekranları-6.....	85
Şekil A.7 : Operatör Panel Ekranları-7.....	86
Şekil A.8 : Operatör Panel Ekranları-8.....	86
Şekil A.9 : Operatör Panel Ekranları-9.....	87
Şekil A.10: Operatör Panel Ekranları-10.....	87
Şekil A.11: Operatör Panel Ekranları-11.....	88

SEMBOL LİSTESİ

K_r	: Oransal Kazanç Faktörü
T_i	: İntegral Zaman Faktörü (s)
T_d	: Türevsel Zaman Faktörü (s)
e	: Sapma (hata)
L	: Torna
G	: Taşlama
M	: Freze
D	: Matkap

ÜRETİM YÖNETİMİNDE PROSES KONTROL TEKNOLOJİLERİ

ÖZET

İnsanlar yaşamlarını devam ettirebilmek için mutlaka bir şeyler üretmek zorundadır. Üretim kavramı, birtakım girdilerin çıktılara dönüşme işlemidir. Bu dönüşümde girdileri oluşturan faktörlerin kısıtlı kaynaklar olması nedeniyle elde edilen çıktılarının mümkün olduğunca etkili ve faydalı olması gerekmektedir.

Üretim fonksiyonunun gerçekleşmesini sağlayan bu dönüşümün verimliliğini arttırabilmek için teknoloji devreye girmektedir. Özellikle bilgisayar sistemlerinin hızlı gelişimi sayesinde her gün yeni teknolojiler ortaya çıkmakta ve üretime katkı sağlayarak insanlığa hizmet etmektedir. Proses kontrol teknolojileri de üretime katkı sağlamak amacıyla kullanılan bu teknolojilerden birisidir.

Aslında, kontrol kavramı çok da yeni bir kavram olmayıp, temeli çok eskilere dayanmaktadır. İnsan unsurunun olduğu her noktada hata da söz konusudur. Dolayısıyla insanlar tarafından yapılan hataların azaltılması demek dönüşümün verimliliğini arttırmak; yani üretime katkı sağlamak demektir.

Sanayi devriminden sonra ülkelerin hızlı bir şekilde sanayileşmesi sonucunda prosesler ilerlemeye ve karmaşılaşmaya başlamıştır. Zamanla, insanlar tarafından idare edilmesi zorlaşan bu proseslerin denetimi ve idaresi bilgisayarlara ve makinelere bırakılmıştır. Proses kontrol sistemlerinin ortaya çıkış noktası da burasıdır. Bilgisayar ve makineler tarafından kontrol edilen sistemler hem daha güvenli hem de daha az hata ile çalışabilmektedir. Proses kontrol sayesinde de üretimdeki hatalar azaltılarak ürün kalitesi artmış, fabrikalar daha güvenilir hale getirilmiştir.

Bu çalışmanın ana amacı da üretime katkı sağlayan teknolojilerden birisi olan proses kontrol sistemlerin incelenmesidir. İlk olarak üretim kavramından başlanarak üretim yönetimi ve sistemlerinden bahsedilmiştir.

Daha sonra ise son yıllarda üretim alanında kullanılan yeni teknolojilerden en önemlileri anlatılmıştır. Bu yeni teknolojilerin kullanıldıkları alanlar ve üretime sağladıkları katkılardan söz edilmiştir. Asıl üzerinde durulmak istenilen proses kontrol teknolojileri ise dördüncü bölümde detaylı olarak incelenmiştir.

Bu bölümde proses kontrolün tarihsel gelişimi anlatılmıştır. Daha sonra proses kontrol tipleri, özellikleri ve en çok kullanılan proses kontrol yapıları incelenmiştir. İleri proses kontrol tiplerinden de kısaca bahsedilmiş ve karşılaştırılmaları yapılmıştır. Ayrıca proses kontrol sistemleri hakkında bilgi verilerek günümüzde kullanılan kontrol sistemleri anlatılmıştır. Bu kontrol sistemlerinin nasıl çalıştıkları ve üretimin hangi alanlarında kullanıldıkları açıklanarak üretime sağladıkları yararlar belirtilmiştir. Daha sonra, kontrol sistemleri ile insanlar arasında köprü görevi gören insan makine ara yüz sistemleri tanıtılmıştır. Proses kontrol sistemlerinin üretime sağladığı katkılar ayrı bir bölüm olarak verilmiştir.

Uygulama bölümünde bir kimya tesisinde gerçekleştirilen ve üretime önemli katkılar sağlayan bir proses kontrol projesi anlatılmıştır. Bu projede hammadde ile birlikte kullanılan ve sonra atık olarak toplanan bir kimyasal maddenin geri dönüşümünü sağlayan proses kontrol sistemi tanıtılmıştır. Projenin uygulanması sonucu üretime sağlanan yararlar ve maliyet tasarrufları verilmiştir.

Son olarak sonuçlar bölümünde proses kontrol sistemlerinin üretim için ne kadar yararlı olduğu sorusunun cevabı aranmıştır. Kısaca, proses kontrol sistemlerinin üretim yönetimi için vazgeçilmez sistemler olduğu sonucuna varılmıştır.

PROCESS CONTROL TECHNOLOGIES IN PRODUCTION MANAGEMENT

SUMMARY

People absolutely has to produce anything to continue their lives. Production concept is the transformation operation of inputs to outputs. In this transportation, because of the factors which occurring the inputs are limited sources; acquired outputs should be efficient and useful as possible.

Technology appears on the scene to increase the efficiency of the transportation which provides occurring of the production function. Especially, by courtesy of the rapid improvements on computer technologies, everyday new technologies are occurring and serving to humanity by providing additions to production. Process control technologies are the one of these technologies which are used to provide contributions o production.

Actually, control is not a new concept whose base has a very old history. We can mention about the fault where the human fact occurs. Consequently, decreasing the faults which are made by people means to increase the efficiency of the production; so it means providing additions to production.

After the industry reform, as a result of the countries' industrialization processes begin to develop and being complex. By the time, control of these processes which are started to be harder for people to manage, left to computers and machines. That is the point which process control concept is occurred. Systems which are being controlled by computers and machines are capable of working with less fault and also safely. Because of process control, by decreasing the faults, quality of the products have been increased, plants have begun to more reliable.

The main purpose of this project is to analyze of process control technologies which is one of the technologies providing additions to production. First of all starting with production concept, it is mentioned about production management and systems. Then, the most important new technologies used on production field are explained. It is mentioned about the fields using this new technologies and contributions on produciton. Process Control technologies which is the main point to be explained in this project is analyzed in the fourth part.

In this part, historical development of the process control is explained. Then, types of process control, its properties and the most used process control structures are anayzed. In addition, control systems which are being used at last years by giving informations about the process control systems. By explaining the working principles and usage areas of this control systems, contributions on production systems are stated. Human – machine interface systems which has a bridge role between control systems and human are being introduced. The main contributions of process control systems on production are being given at the next chapter.

In the application part, a process control project which is implicated at a chemical plant and providing large additions to production is being explained. In this

project, a process control system is introduced which provides the recycling of a chemical material. This chemical material is being used with raw material and then it is collected as a waste. Contributions provided to production and cost savings are given after the implication of the project.

Finally, in the conclusion part answer of how the process control systems are useful for production question is being searched. Briefly, process control systems are the systems which can not be disclaimed for production management conclusion is being attained.

1. GİRİŞ

Teknolojinin üretimde kullanılmaya başlanmasıyla birlikte üretim sistemlerinde görülen ilerlemeler ve elde edilen faydalar ekonomik gelişmelerin de öncüsü olmuştur. Ülkelerin kalkınmasında en büyük pay sahiplerinin başında gelen üretim sektörünün, ülke ekonomilerine sağladığı yararlar yadsınamayacak derecededir. Bugün, güçlü diye nitelendirdiğimiz devletlerin ekonomik yapıları incelendiğinde üretime verilen önem ve bu alanda kullanılan teknolojilerin yeniliği bu ülkelerin diğerlerinden nasıl bu kadar ileride olduklarını gözler önüne sermektedir. Uzay endüstrisinden, tıp sektörüne; gıdadan enerji alanına üretim kelimesinin geçtiği her alanda ileri teknolojiler kullanılmakta, ve bu teknolojilerin kullanım oranlarına göre de ülkeler dünya üzerinde söz sahibi olmaktadır.

Üretimde kullanılan teknolojiler belki de milisaniye mertebelerinde ilerlemektedir. Bilgisayar teknolojilerinin başını çektiği bilişim sektöründe yaşanan her yeni gelişme bir şekilde üretim faaliyetlerine yansımakta ve dolayısıyla bir katma değer sağlamaktadır.

Üretim alanında uzun yıllardır kullanılan ve her geçen gün de üretime daha çok katkı sağlayan kontrol mekanizması vazgeçilmez unsurlardan biri olmuştur. Yapılan bir işin kontrol edilmesi işlemi, en basitinden bir iyileştirme; yani katkı sağlama işidir. Bir işlemin sonucunda elde edilen sonuçların kontrol edilmesi ve bu kontrol sonucunda hataların görülerek bir dahaki işlemde yapılmaması kontrol mekanizmasının üstünlüğünü açıkça göstermektedir.

Hayatımızda bu kadar önemli role sahip olan üretim ve kontrol kavramlarının birbirlerine adapte edilmeleri sonucu ortaya çıkan proses kontrol kavramı çok yeni bir teknoloji olmamasına rağmen uzun yıllardır kullanılan ve üretim alanında artık vazgeçilmez sayılan bir unsurdur. Üretimin her sektöründe; orta

ve büyük ölçekli birçok işletmede; küçük çaplı işlemlerden tüm fabrikanın yönetilmesine kadar her kapasitede proses kontrol uygulanmaktadır.

Bilgisayar devriminin gerçekleşmesiyle birlikte üretime katkı sağlayan teknolojilerin ortaya çıkması, hammadde girişinden ürünün müşteriye ulaştığı son noktaya kadar kontrol ve otomasyon sistemlerinin kullanılmasını sağlamıştır. İnsan yaşamına her noktada yarar sağlayan kontrol ve otomasyon teknolojileri aslında sadece üretimde değil; hizmet ve bilgi sektörlerinde de sıklıkla tercih edilmektedir. Kontrol ve otomasyon sistemlerinin üretim alanında faaliyet gösteren işletmelerde en yaygın kullanılan dalıdır proses kontrol. Yani otomasyon kelimesi çok geniş bir anlama sahip olan ve hayatın her alanında karşımıza çıkan bir kavramdır; fakat proses kontrol sistemleri denilince akla gelen ilk şey üretimdir.

2. ÜRETİM SİSTEMLERİ

2.1 ÜRETİM

Literatürde üretimin kavram olarak birçok tanımına rastlanmakla birlikte tüm tanımlar birbirlerine çok yakındır. Hulusi Demir'in üretim yönetimi kitabında yaptığı tanım üretim kavramını açık bir şekilde ifade etmektedir: “ Üretim, fiziksel bir maddenin araç, gereç, insan gücü ve materyallerin yardımıyla monte edilmesi ya da yapılmasıdır.” [1]

Üretim kavramının tanımlanması bilimler arasında da farklılıklar gösterir. Örneğin ekonomi bilimi üretimi, fayda getiren işlemler olarak tanımlar. Mühendislik bilimleri ise belirli bir varlık üzerinde onun değerini artıracak bir değişiklik yapmayı ya da hammadde veya yarı mamul maddeleri bir mamul haline dönüştürme olarak tanımlamaktadır. Fakat yapılan bu teknik tanıma göre hizmet sektöründe gerçekleştirilen faaliyetler üretim olarak tanımlanmamaktadır. Bu nedenle işletme bilimi kavramı daha geniş tutarak hizmet sektörünü de tanımın içine alıp ekonomistlerin tanımına yakın bir ifade kullanmışlardır: “ Üretim; insan ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla belirli girdilerin, dönüştürme sürecinde çeşitli işlemlerden geçirilerek mal veya hizmet olarak çıktıların elde edilmesidir.” [2] (Şekil 2.1)



Şekil 2.1 Üretim Dönüşümü

2.2 ÜRETİM YÖNETİMİ

Üretim yönetimi, işletmelerdeki mevcut kaynakların etkin bir şekilde kullanılarak bu kaynaklarda istenilen nicelik ve nitelikte mamuller üretilmesiyle ilgili karar verme işlemidir. Üretim yönetimiyle, kaynakların en etkin biçimde kullanılması, kayıpların en aza indirilmesi ve kalite yönünden optimum seviyeye aktarılması hedef alınır.

Bir işletmedeki üretim yönetimi kapsam bakımından oldukça geniş ve faaliyet hacmi çok yönlü bir fonksiyondur. Çünkü üretim yönetimi her türlü üretimin düzenli bir şekilde planlanması, programlanması, örgütlenmesi, yönetilip yönlendirilmesi ve kontrol edilmesi eylemidir. [3]

2.3 ÜRETİM YÖNETİMİNİN TARİHSEL GELİŞİMİ

Modern üretim yönetiminin geçmişi iki yüz yıl öncelerine dayanır. Fabrika sistemi ve yönetimiyle ilgili çalışmalar Adam Smith'in on sekizinci yüzyılda işgücüyle ilgili çalışmalarıyla başlamıştır. Smith 1776 yılında işgücü ile ilgili düzenlemelerin sonuçlarını ekonomik karlılık ölçüleriyle açıklamıştır.

1779 yılında Eli Whitney ve diğer bilim adamları, işin parçalara ayrılması ve maliyet muhasebesiyle ilgili çalışmalar gerçekleştirmişlerdir.

1832 yılında Charles Babbage, iş bölümü ve iş basitleştirmesi üzerine araştırmalar yapmıştır. Yirminci yüzyılın başlarında bilimsel yönetim yaklaşımının kurucusu sayılan Frederick W. Taylor, Adam Smith'in teorisini geliştirmiş ve karışık üretim sistemleri için bilimsel yönetim yaklaşımını geliştirmiştir. Bu yaklaşım 1930 yılından 1950'ye kadar üretim yönetiminde yaygın bir kullanım alanı bulmuştur. Taylor, ayrıca bir ilk olarak iş etütlerini incelemiş ve verimli ilkeler yaratmıştır. Aynı yıllarda Frank B Gilbath de iş ve hareket etüdü konusunda çalışmalar yapmıştır.

1901'de Henry L. Gantt fabrikadaki makine, iş ve işçiler için şemalar geliştirmiştir.

1927'de Elton Mayo tarafından insan ilişkilerinin araştırılması için Hawthorne çalışmaları yapılmıştır.

1931 yılında Walter A. Shewhart mamul kalitesinin istatistiksel dağılımı ve kalite kontrol grafikleri konusunu araştırmıştır. 1935'te H. F. Dodge ve H. G. Romig

kalite kontrolünde istatistiksel örnekleme, muayene örnekleme planı ile ilgili uygulamalar yapmıştır.

1940 yılında P. M. S. Blacket ve diğer bilim adamları yöneylem araştırmasını ikinci dünya savaşında uygulamışlardır. 1947’de George B. Dantzig, William O. Hays ve diğerleri doğrusal programlama tekniğini bulmuşlardır.

1951 yılında Sperry Univac tarafından geniş boyutlu ticari hesaplamalar yapabilen dijital bilgisayarlar geliştirilmiştir.

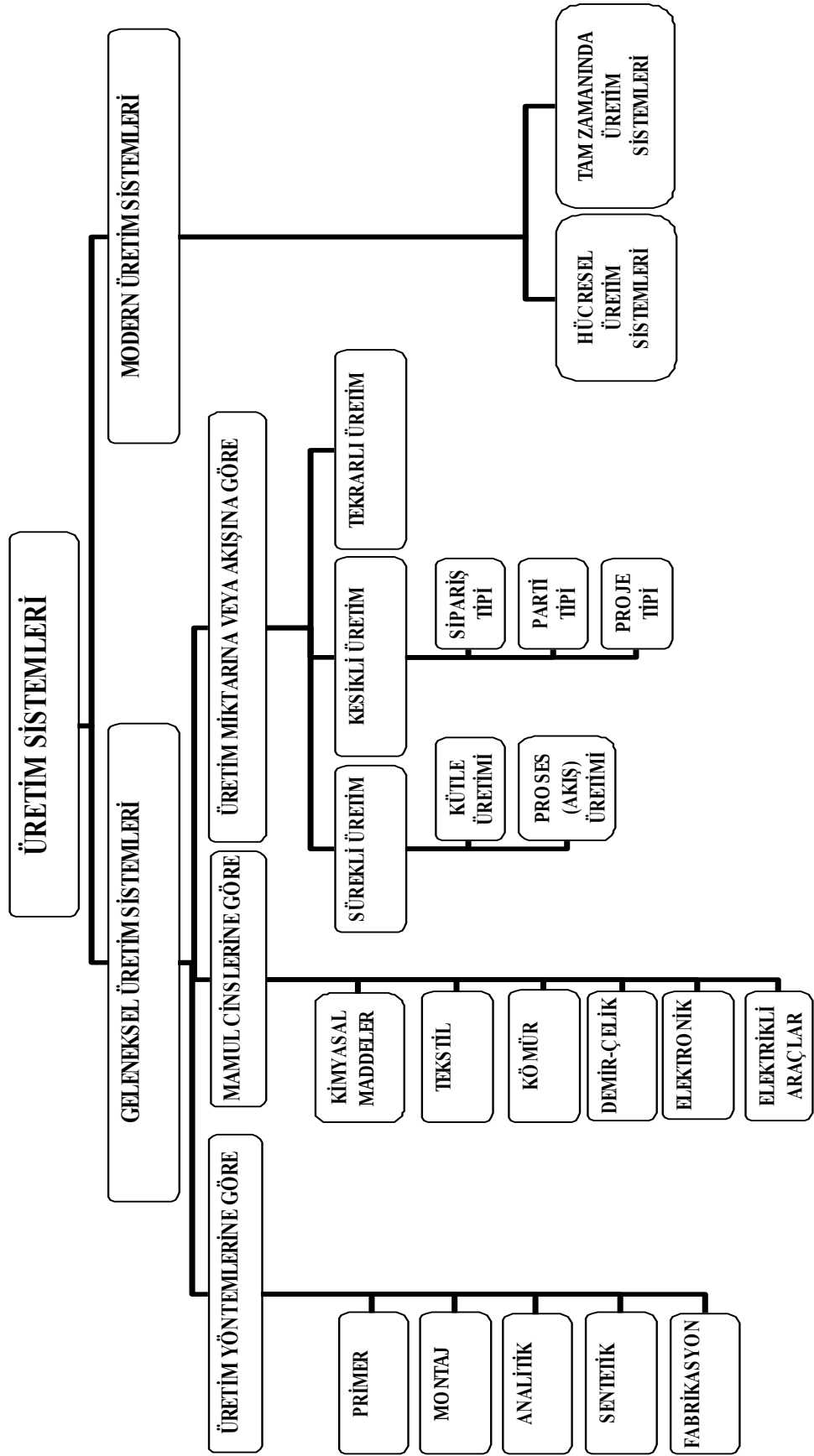
1960’da L. Cummings, L. Porter ve diğerleri tarafından iş ve insan ilişkilerini konu alan organizasyonlarda davranış biçimleri üzerinde çalışmalar yapılmıştır.

1970’de W. Skinner tarafından iş geliştirme stratejileri ve politikaları üzerinde araştırmalar yapılmıştır.

1970 yılından sonra üretim yönetiminde gerçekleşen en önemli değişim, üretim sistemlerinde bilgisayarların kullanılmaya başlanmasıdır. Bu sayede üretim sistemlerinin ekonomideki önemi daha da artmaya başlamıştır.

2.4 ÜRETİM SİSTEMLERİNİN SINIFLANDIRILMASI

Üretim sistemleri çeşitli amaçlara göre farklı şekillerde sınıflandırılabilir. Bu sınıflandırmaların birbirinden tamamen ayrı düşünülmesi yanlıştır. Sistemlerin sınıflandırılması farklı özellikleri göz önüne alınarak yapılabilir. Örneğin; kronolojik sıraya göre klasik ve modern üretim sistemleri, üretim miktarına göre üretim sistemleri, üretim yöntemlerine göre üretim sistemleri ya da proses stratejilerine göre üretim sistemleri şeklinde birçok sınıflandırma yapılabilir. En genel haliyle üretim sistemlerinin sınıflandırılması Şekil 2.2’de gösterilmiştir. [4]



Şekil 2.2 Üretim Sistemlerinin Sınıflandırılması

2.5 ÜRETİM MİKTARINA VEYA AKIŞINA GÖRE ÜRETİM SİSTEMLERİ

Üretim miktarına veya akışına göre üretim sistemleri,

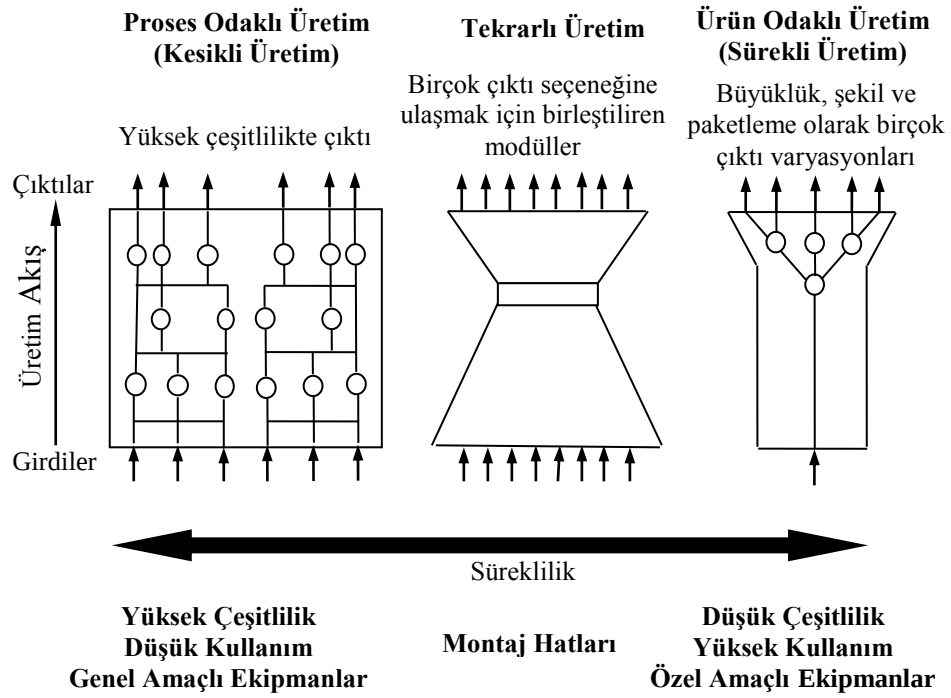
- a) Sürekli üretim sistemleri
- b) Kesikli üretim sistemleri
- c) Tekrarlı üretim sistemleri

olmak üzere üç gruptan oluşmaktadır.

Jay Haizer ve Barry Render de “Production and Operations Management” isimli kaynaklarında girdilerin çıktılara dönüşme prosesini (transformasyon) işletmelerin kaynaklarını mal ve hizmetlere dönüştürme yaklaşımları olarak tanımlayıp üç tipe ayırmışlardır. Bu üç proses tipi

- proses odaklı
- ürün odaklı
- tekrarlı proses’dir. [5]

Proses odaklı proses stratejisi kesikli üretim sistemini; ürün odaklı proses stratejisi sürekli üretim sistemini; tekrarlı proses de tekrarlı üretim sistemini vurgulamaktadır. Üç tip üretim sisteminin ürün miktarı, çeşitliliği ve işlem tekrarlılığı açısından karşılaştırılması da Şekil 2.3’te gösterilmiştir. [5]



Şekil 2.3 Üretim Sistemlerinin Sınıflandırılması

Şekil 2.3'ten de anlaşılacağı gibi ürün miktarı ve işlem tekrarlılığı arttıkça sürekli; ürün çeşitliliği arttıkça da kesikli üretim sistemine yaklaşılmaktadır.

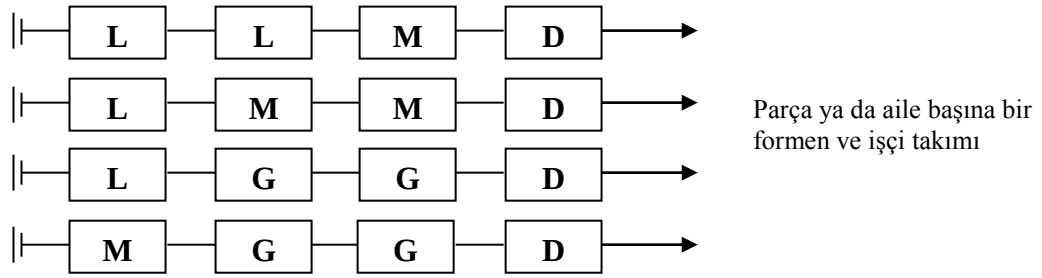
Pratikte işletmelerde bu üretim tiplerini birbirinden ayırmak oldukça güçtür. Genellikle işletme içerisinde farklı üretim tiplerini bir arada görmek mümkündür.

2.5.1 SÜREKLİ ÜRETİM SİSTEMLERİ

Sürekli üretim, talebin üretim hızından fazla olduğu durumlarda tercih edilen üretim tipidir. Üretilen ürünlerin tamamı Pazar bulabiliyorsa yani tüketim ve satış hızı üretim hızından fazlaysa sürekli üretim sistemlerinin kullanılması söz konusu olmalıdır. Sürekli üretim sistemlerinde ürün çeşitliliği az, üretim miktarı yüksektir. Makine ve teçhizatlar sadece belirli ürünü üretmek için tahsis edilmiş olduğundan maliyetleri oldukça yüksektir. Bu nedenle üretim esnekliği yok denecek kadar azdır. Farklı bir üretim tipine geçme şansı çok fazla hazırlık zamanı ve farklı teçhizatlar gerektirdiğinden yok denecek kadar azdır. Üretim esnekliğinin olmaması nedeniyle talepte meydana gelebilecek herhangi bir düşüş maliyetleri yükseltecektir.

Sürekli üretimde, sistemin başlangıç noktasından başlayan hammadde, yarı mamul ve diğer parçalar diğer işlemlerden geçerek mamul halinde sistemi terk ederler. Tezgahlar genelde bir hat üzerinde sıralanmışlardır. Bu tip yerleştirme, hat

yerleştirme düzenidir. (Şekil 2.4) Tesisler ürüne göre tasarlanırlar ve iş akışı çok basittir. [4]



Şekil 2.4 Sürekli Üretim Sistemlerinde Hat Yerleştirme Düzeni

Sürekli üretim sistemlerinde hammadde ihtiyacı önceden bilinir ve kullanım hızı sabittir. İşlemler veya istasyonlar arasında beklemler ve kuyruklar görülmez.

Stok miktarı çok azdır. Bakım ve tamiratın önemi oldukça yüksektir. Çünkü sistemde meydana gelebilecek bir aksaklık tüm üretimin durmasına neden olur.

Sürekli üretim sistemlerinde üretim planlama faaliyetleri diğer sistemlere göre daha basittir. Ürün çeşitliliğinin azlığı, işlemlerin tekrarlılığı ve talebin belirgin olması planlama ve kontrol çalışmalarını kolaylaştırmaktadır.

Sürekli üretim sistemleri cam, kağıt, demir çelik gibi sürekli aynı tip ürünlerin üretildiği işletmelerde kullanılır. Sürekli üretim sistemlerinin kullanıldığı işletmelerde her gün aynı ürünün üretilmesinden dolayı belirli standartların oturtulması ve kalitenin sürekli korunması söz konusudur.[5] Sürekli üretim sistemleri iki ayrı tipe ayrılabilir. Bunlar,

- kütle tipi üretim
- akış (proses) tipi üretim'dir.

Kütle Tipi Üretim: Kütle tipi üretimlerde aynı tip üründen yüksek miktarlarda ve uzun süreli üretilir. Gerekli zamanlarda makine ve teçhizatlarla gerekli değişiklikler yapılarak farklı bir ürüne geçiş yapılabilir. Bu ürün de benzer bir üründür fakat ürün değişikliği için hazırlık süreleri gerekebilir. Örneğin otomatik revolver tornalarla belirli büyüklükte vida üreten bir işletmede kontrol mekanizmaları, kesme kalemleri ve başlama düzenleri değiştirilerek farklı tipte bir vida üretimine geçilebilir.

Akış (Proses) Tipi Üretim: Akış tipi üretimde ise kütle tipi üretimin tam tersine ürün değişiklikleri yoktur. Makine ve teçhizatlar tek tip ürün üretecek şekilde dizayn edilir ve yerleştirilirler. Üretimde kullanılan sistemler otomasyona dayalı ve sermaye yoğun sistemlerdir. [2]

Akış tipi üretimde genellikle gaz veya sıvı haldeki ürünler üretilir. Burada hammadde ve bitmiş ürün arasında malzeme, bir seri işlem vasıtasıyla ve otomasyon teknolojileriyle sürekli olarak akar. Üretim akışı çok düzgündür ve üretim sistemleri arasında ideal sistemler olarak adlandırılırlar. Çimento, kağıt, şeker, demir çelik sektörleri örnek olarak gösterilebilir.

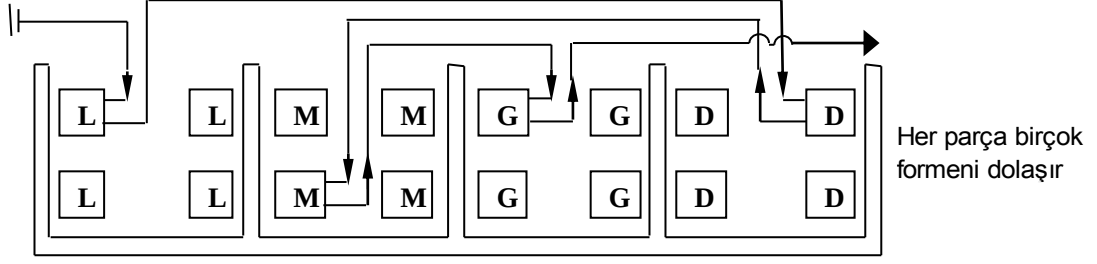
2.5.2 KESİKLİ ÜRETİM SİSTEMLERİ

Kesikli üretim sistemleri, talebin üretim hızından düşük olduğu durumlarda ortaya çıkan üretim tipidir. Kesikli üretimde az sayıda parça veya partinin ya bir kez üretilmesi, ya talep geldikçe belirsiz aralıklarda ya da belirli aralıklarda periyodik olarak üretilmesi söz konusudur.

Kesikli üretim sistemlerinde ürün miktarı az fakat ürün çeşitliliği fazladır. Yapılan işlemler farklı olduğundan kullanılan makine ve tesislerin çok amaçlı olması gerekir. Kesikli tipte üretim yapan işletmeler yerleşimi fonksiyona veya yapılan işleme göre düzenlerler. Örneğin torna tezgahları torna kısmı, matkap tezgahları matkap kısmı vs. şeklinde düzenlenir. Bu tip düzenlemelere bilindiği gibi fonksiyonel yerleştirme düzeni denir. Farklı kısımlar içinde bulunan tezgahlar ve tesisler birbirine alternatif oluştururlar. Dolayısıyla bir esneklik söz konusudur. Örneğin tezgah kısmına gelen herhangi bir parça ya da parti kısımda boş bir tezgaha bağlanır. Eğer o kısımdaki makine doluysa parça diğer makineye aktarılabilir.

Tezgahların bu şekilde işlem esnekliğine sahip olmaları makine zaman verimlerinin yüksek olmasını sağlar. Diğer yandan tezgaha çok sayıda parçanın bağlanması toplam hazırlık zamanlarının çok yüksek olmasına neden olur. Bu da parçaların daha büyük partiler halinde üretilmesini gerektirdiğinden daha fazla proses içi stok maliyetine katlanılmasına neden olmaktadır.

Kesikli üretim sistemlerinde fonksiyonel düzenlemeden dolayı iş akışı çok karmaşıktır. Bir parçanın işlemlerinin tamamlanması için birçok makineyi dolaşması gerekmektedir. Kesikli üretim sistemlerinde kullanılan fonksiyonel yerleştirme düzenine ilişkin bir örnek Şekil 2.5'te verilmiştir. [4]



Şekil 2.5 Kesikli Üretim Sistemlerinde Hat Yerleştirme Düzeni

Kesikli üretim sistemlerinde çalışanlar farklı imalatlara katıldığı ve sorumluluğu paylaştığı için kalite düzeni sürekli korunamamaktadır. Çalışanların çok sayıda ve farklı şekilde parçaları işlemesi çalışanların verimini de düşürmektedir. Sürekli üretime göre üretim planlama ve kontrol çok daha karmaşık ve zordur. Bakım ve tamirat sürekli üretimdeki gibi üretimi aksatacak kadar önem taşımamaktadır. Sonuçta makinelerin alternatifi olduğundan makinelerde meydana gelebilecek arızalar üretimi aksatmadan giderilebilir. Kesikli üretim sistemlerini de üç alt gruba ayırabiliriz. Bunlar;

- sipariş tipi üretim
- parti tipi üretim
- proje tipi üretim

Sipariş Tipi Üretim: Müşteri isteklerine göre yapılan üretim tipidir. Üretim miktarı bir veya birkaç adetten oluşur ve siparişe göre değişiklikler söz konusudur. Özel elektronik aletler, makineler, takım tezgahlarının üretimi sipariş tipi üretime girer. Sipariş tipi üretimde programlama çok zordur. Toplam üretim zamanı çok iyi hesaplanmalıdır. Aksi takdirde ciddi gecikmeler yaşanabilir.

Parti Tipi Üretim: Belirli bir siparişi ya da sürekli bir talebi karşılamak için benzer ya da aynı cinsten ürünlerin partiler halinde üretildiği üretim tipidir. Bu sistemin en büyük özelliği, bir tip partinin üretiminden sonra farklı bir partinin üretimine geçilebilmesidir.

Parti tipi üretimde yaşanabilecek en büyük sorunlar parti büyüklüklerinin ve sayılarının tespiti ve çizelgelenmesidir. Benzer tipte partilerin üretimi sonucu kazanılan deneyim sonucu üretim planlama ve kontrol işlemlerini kolaylaştırmaktadır.

Parti tipi üretimde aynı ürünlerin belirli aralıklarla sık sık tekrarlanması bu tip üretimi sürekli üretim sistemlerine yaklaştırmaktadır. Ev eşyaları, gıda maddeleri bu tip üretime örnek olarak gösterilebilir.

Proje Tipi Üretim: Çok büyük hacimli ve uzun süreli işlemlerin sonucunda üretilen bazı ürünler proje tipi üretim sistemleri ile gerçekleştirilir. Örneğin uçak, gemi, ev vs. gibi ürünlerin üretilmesinde bu sistem kullanılır. Bu tip üretimde genellikle ürün sabit; makine, teçhizat ve çalışanlar hareketlidir. Yani yerinde üretim söz konusudur. Bu tip yerleştirme düzenine sabit konumlu yerleştirme düzeni adı verilir.

2.5.3 TEKRARLI ÜRETİM SİSTEMLERİ

Tekrarlı üretim sisteminde standart birimlerin sürekli ve büyük miktarlarda tekrarlanarak üretimi söz konusudur. Üretim hatları hemen hemen sabit olup parça rotaları da belirlidir. Sürekli üretim sistemlerindeki gibi sürekli bir talep vardır; fakat üretim süreleri sürekli üretime göre daha kısadır.

Tekrarlı üretim sistemleri modüllerden yararlanır. Modüller daha önce (genellikle sürekli üretim sistemiyle) hazırlanmış parçalardır.[5] Otomobil işletmeleri tekrarlı üretime verilecek en güzel örnektir.

Tekrarlı üretim sistemleri sürekli üretimle kesikli üretim sistemleri arasında yer alır. Sürekli üretim sistemlerinden daha esnek; kesikli üretim sistemlerinden ise daha az esnektir. Bu tip üretim tarzı müşteri isteklerine sürekli üretim sistemlerine göre daha duyarlıdır. Hazırlanan modüller müşteri isteklerine göre şekillendirilebilir. Örneğin otomobil, hazır yemek (fast food) sektörleri. Böylece modüller sayesinde hem sürekli üretimin sağladığı düşük birim maliyet sağlanmış olur hem de kesikli üretim sistemlerindeki yüksek çeşitliliğe erişilmiş olur. Tablo-2.1’de üç tipik üretim sistemlerinin karşılaştırılması yapılmıştır. [3]

Tablo 2.1 Sürekli, Tekrarlı ve Kesikli Üretim Sistemlerinin Karşılaştırılması

SÜREKLİ ÜRETİM SİSTEMLERİ	TEKRARLI ÜRETİM SİSTEMLERİ	KESİKLİ ÜRETİM SİSTEMLERİ
1. Çok miktarda az çeşitli ürünler üretilir. Çeşitlilik genelde kalite, büyüklük, kalınlık gibi etkenleri etkiler.	1. Çeşitli, standart ürünler modüllerden üretilirler. Her ürün genellikle başka bir ürünün modülüdür.	1. Küçük miktarlarda ve çok çeşit ürünler üretilir
2. Teçhizat kullanımı özel amaçtan çok genel amaca hitap eder.	2. Bazı teçhizatlar montaj hattında kullanılır.	2. Kullanılan teçhizat genel amaçtan çok özel amaca hitap eder.
3. Operatörler kesikli üretim operatörlerinden daha az yetenekli olabilir.	3. Çalışanlara eğitim verilir.	3. Operatörler sürekli üretim operatörlerinden daha yetenekli olmalıdır.
4. Yapılacak iş ve iş eğitimi azdır. Çünkü her şey standarttır.	4. İş eğitimi üretime göre değişir.	4. Yapılacak işler ve iş eğitimi çeşitlidir. Çünkü işe göre değişiklik söz konusudur.
5. Hammadde, ürün değeri ile pek ilişkili değildir.	5. Zamanında tedarik etme teknikleri kullanılır.	5. Hammadde, ürün değeri ile ilişkilidir.
6. Ürün işlevi sonuçla az ilişkilidir.	6. Mal sayımı tekniği kullanılır.	6. Ürün işlevi sonuçla fazlası ile ilişkilidir.
7. Ünitelerin sürekli hareketi söz konusudur. Hareket dakika veya saatler ile ölçülür.	7. Modüllerin zamanında hareketi saatlere veya günlere göre ölçülür.	7. Ürünün ünite olanaklarının yavaş hareketi tipiktir. Hareket günlerce hatta aylarca sürebilir.
8. Birleştirilmiş borularla, materyal rehberleri gibi elemanlarla materyaller hareket ettirilir.	8. Materyaller konveyörler ile ve transfer araçları ile taşınır.	8. Materyaller küçük esneklik söz konusu olan teçhizatlarla hareket ettirilir. Bunlar, hareket eden sandalyeler, masalar vs. ile sağlanır.
9. Alan ihtiyaçları süreklilikle ilişkilidir. Olanaklar teçhizat, makine ve çeşitli yöntemlerle oluşturulur.	9. Orta ve dar üretim alanları, küçük depolama alanları, küçük sıralar ürün büyüklüğü ile ilişkilidir. Materyal depolaması ve mal hareketinden dolayı kesikli üretime göre az, sürekli üretime göre fazla alana ihtiyaç vardır.	9. geniş oturma yerleri ve kafi küçüklüklerin olması tipik, dengesizlik de tipiktir.
10. Tamamlanmış ürün genelde depolanır.	10. Üretim sıklıkla tahminlere göre yapılır. Eğer sonuç tahminleri aşarsa olanaklar durdurulur veya ürün değiştirilir.	10. üretilen mal sipariş üzerine üretilir, depolama söz konusu değildir.
11. Sipariş envanterleri basit ve esasen satış tahmini ve yeterli çıkış oranlarının kurulması ile ilişkilidir.	11. Periyodik envanterler, aşırı malı operasyonlar, çeşitli modüllerin inşa edilmesi ve modüllerin bu tahminlere göre dizayn edilmesi esastır.	11. Sipariş envanterleri karışık ve demirbaşların mevcudiyeti, kapasitesi ve müşteri hizmetleri ile ilgilidir.
12. Sabit maliyetler yüksek olma eğilimi gösterir. Özel üretim maliyeti düşüktür.	12. Sabit maliyet olanakların esnekliğine bağlıdır. Fakat, bunlar sürekli olanaklardan az, özel üretim maliyeti fazladır.	12. Sabit maliyetin düşük olmasına rağmen, özel üretimlerin maliyeti yüksektir.
13. Fiyatlar kapasiteden yararlanmaya yüksek deerecede bağlıdır. Çünkü, son fiyatlar yüksektir.	13. Fiyatlar geniş ölçüde önceki deneyimlerden dolayı bilinir.	13. İş yapılmadan önce fiyat biçilir fakat ürün ortaya çıkınca maliyet belirlenebilir.

3. TEKNOLOJİNİN ÜRETİMDEKİ ROLÜ

3.1 TEKNOLOJİ

İçinde bulunduğumuz yirmi birinci yüzyılda mühendislerin en çok duyduğu kelimelerden birisidir teknoloji. Teknoloji mühendisin dinidir. [6] Bu tabir her ne kadar informal olsa da kavramın mühendisler açısından önemini çok iyi anlatmaktadır.

Ticari bir değer elde etmek için gerçekleştirilen faaliyetlerin tümüdür en açık anlamda. Üretim açısından ele alındığında ise bir malın imalı için gerekli yöntemler dizisidir. Ekonomistlere göre ise milletlerin refahını, yaşam standartlarını artıran; gelir dağılımını bozan unsurdur. Dünya devletlerinin güçleri ve teknolojiadaki sıralamaları göz önüne getirildiğinde tanımın doğruluğu daha açık bir şekilde ortaya çıkmaktadır.

Her geçen saniye gelişmekte olan teknolojinin insanlığa neler kazandırdığını görmek oldukça kolaydır. Bugün yeni teknoloji diye nitelendirdiğimiz bir işlem çok kısa bir süre sonra kullanım dışı kalıp, yok olabilmektedir. Üretimin teknolojiden beklentileri de rekabetin çok yoğun yaşandığı çağımızda her geçen gün artmaktadır.

İnsanlığın teknolojiden şimdilik beklentileri ise birkaç maddede özetlenebilir:

- daha az enerji; daha çok iş
- daha az malzeme
- zaman kazancı, yüksek hız
- konfor
- emniyet

- prestij
- yeni fonksiyonlar
- insanın yapamayacağı zorlukta işlerin yapılması
- kalite.

1970’li yıllarda Japon kültürünün ve felsefesinin üretim yönetimi ve üretim endüstrisinde söz sahibi olmaya başlamasıyla teknolojiye ivmelenme daha da hızlı bir şekilde devam etmiştir.

2000’li yıllara gelindiğinde ise Çin gerçeğinin dünya üzerindeki etkisi üretim endüstrisini de oldukça etkilemiştir. Düşük işgücü maliyetleri sayesinde dünya pazarında söz sahibi olan Çin’in karşısında durabilmek için dünya kaliteye daha önem vererek teknolojinin gelişmesine katkıda bulunmuşlardır.

3.2 BİLGİSAYAR TEKNOLOJİSİ VE ÜRETİM SİSTEMLERİ

Teknoloji denilince akla gelen ilk cihazlardan birisi kuşkusuz bilgisayardır. Evlerden işyerlerine artık her yerde farklı kullanım alanları bulan bilgisayar teknolojileri üretim alanında da söz sahibi olmaktadır.

Modern bir üretim işletmesinde bilgisayar teknolojisinin kullanılmadığı yer yoktur denilebilir. Bilgi teknolojileri ve bilgisayarlar sayesinde üretim sistemleri artık tahmin edilmesi güç noktalara gelmiştir. Bilgisayarlar üretimin her aşamasında farklı şekillerde kullanılmaya başlanmıştır. CIM, MRP, CAD, CAM, CNC ve PLC, günümüzde alfabemizden çıkarılması zor olan kelimelerden sadece birkaçıdır. [7] Bu alanlardan son yıllarda öne çıkan birkaçını aşağıda özetleyelim.

3.2.1 BİLGİSAYAR DESTEKLİ TASARIM (CAD)

Bilgisayar destekli tasarım, mühendislik çizimlerinin interaktif olarak bilgisayarlarla gerçekleştirilmesidir. Daha önceleri çok büyük zorluklar içeren tasarım aşaması bilgisayar desteği sayesinde çok gelişmiştir. Artık üretim alanında elektronik baskı devrelerinden, üç boyutlu makine çizimlerine kadar her türlü tasarım kolayca gerçekleştirilebilmektedir. Özellikle üç boyutlu çizimlerde tasarımın çeşitli açılardan görülmesi, istenilen değişikliklerin anında yapılabilmesi gibi özellikler üretim endüstrisinde hem maliyetleri düşürmüş hem de kaliteyi arttırmıştır.

Bilindiği gibi üretim maliyetlerinin büyük bir kısmı tasarım aşamasında harcanır. Bilgisayar destekli tasarım yazılımları tasarımın her aşamasında hem zaman hem de maddi kazançlar sağlamaktadır.

Ayrıca, bilgisayar ortamında düzenlenen tasarımların, kolayca saklanabilir, taşınabilir olması bilginin daha da geçerli olmasını sağlamaktadır.

Bilgisayar destekli tasarımın kalbi bilgisayar ve yazılımdır. Tasarımcı bunların yardımıyla tasarımlarını oluşturabilir ve istediği boyutlarda istediği açıdan çalışmalarını gerçekleştirebilir. [8]

3.2.2 BİLGİSAYAR DESTEKLİ ÜRETİM (CAM)

Bilgisayar destekli üretim; üretim ekipmanlarını yönlendiren ve kontrol eden özel bilgisayar programlarından yararlanan sistemlerdir. Bilgisayar destekli üretim, bilgisayar teknolojisinin, üretim prosesinin tümünü veya bir kısmını kontrol edecek veriyi üretmek için kullanılmasıdır. [9] Bilgisayar destekli tasarım sayesinde tasarlanan projeler bilgisayar destekli üretim sayesinde talimatlara dönüştürülür. Bu iki teknolojinin bu şekilde birlikte kullanılması CAD/CAM olarak adlandırılır. [5]

Bilgisayar destekli üretim sistemleri, üretim proseslerinin tasarımında, makine ve araçların kontrolünde ve materyallerin seçiminde bilgisayarları kullanırlar. Programlanabilir otomasyon sistemleri bilgisayar destekli üretimin temel parçalarıdır. [8]

Bilgisayar destekli tasarım ve üretimin faydaları maddeler halinde şöyle sıralanabilir:

1. Ürün Kalitesi: bilgisayar destekli tasarım, tasarımcıya daha fazla alternatif oluşturma, problemleri görme fırsatı verir.
2. Kısa Tasarım Süresi: Tasarım süresinin kısalması maliyetleri de düşürür.
3. Üretim Maliyetlerinin Azalması: Geliştirilmiş çizelgeleme sayesinde envanterin azalması, personelin daha etkin kullanılması ve tasarım değişikliklerinin daha hızlı uygulanması maliyetleri düşürür.

4. Veritabanı Bulunması: Belirli verilerin saklanması ve herkesin aynı verilerle çalışması maliyetleri düşürür.
5. Yeteneklerin Genişletilmesi: Programlar sayesinde üretimdeki yaratıcılık ve fikirler de artmaktadır. Detay ve fuzuli işler yerine proje geliştirmeye zaman ayrılır.

3.2.3 NUMERİK KONTROLLÜ MAKİNELER (NC)

Daha önceleri mekanik ve elle (manuel) kontrol sayesinde üretim yönetimi sağlanırken artık elektronik ve otomatik kontrol teknolojinin vazgeçilmez unsurları olmuşlardır.

Manyetik teypleri kullanarak kontrol edilen makinelere numerik kontrollü makineler denir. Numerik kontrollü makineler, küçük boyutlu, işlemleri karışık parçaları üretmek için kullanılırlar. Bu makineler, değişik özellik ve boyuttaki parçaları delerek, çevirerek, kaynak yaparak işleyebilirler.

İlk olarak 1950'lerde U.S hava kuvvetleri tarafından MIT'de yapılan araştırmalarda keşfedilmiştir. İlk üretim amaçları hava jetlerinde üretiminde daha etkin metotlar bulmaktır. [8]

Komutlarını manyetik teyp yerine bilgisayardan alarak üretim yapan numerik kontrollü makinelere ise bilgisayarlaştırılmış numerik kontrollü makineler (CNC) denir. Bu makinelerde her makinenin kendi mikroçipleri ve komutları saklayacak hafızaları mevcuttur. İşlenecek parçaların komutları Basic, Cobol gibi programlama dillerinde yazılarak yüklenir. CNC, sayısal kontrol birimi içinde çalışan bir bilgisayarın kullanımı sayesinde hareketin doğru ve programlanabilir bir şekilde kontrolüne izin verir. [9]

Şu anda dünyada numerik kontrollü makinelerin %40'ından fazlası Japonya'da çalışmaktadır. Japon endüstrisi bu işe çok önem vermiştir. 1980'lerin başında Japonya'nın CNC makineler için harcadığı bütçe Kuzey Amerika ve Avrupa endüstrisinin iki katından daha fazlaydı.

Numerik kontrollü makinelerde bir sonraki adım ise direk numerik kontrollü makine makinelerdir (DNC). Bu makinelerin hepsi bir ağ üzerinden merkezi bir bilgisayara bağlıdır. Bu bilgisayar her makineye gerekli programlarını yüklemektir.

3.2.4 PROSES KONTROL

Proses kontrol, prosesin bilgi teknolojileri kullanılarak kontrol edilmesini ve izlenilmesini sağlayan sistemdir. Sürekli üretim sistemlerinde kullanılan proses kontrol sistemleri birçok bilgiyi de bilgisayar ekranına getirerek kontrolü sağlarlar.

Kağıt fabrikalarında üretilen kağıdın nem oranında kalınlığına; petrokimya, demir çelik, cam, çimento vs. gibi fabrikalarda kullanılan her türlü basınç, sıcaklık, akış debisi gibi değerlerin analizinde kullanılırlar.

Proses kontrol çok farklı şekillerde sağlanabilmektedir. Bu sistemlerin ortak birkaç özelliğini maddeler halinde özetlersek:

- Genellikle analog değerlerin okunmasını sağlayan sensörler vardır.
- Analog cihazlar çok kısa (milisaniye) zaman mertebelerinde çevrim yaparak değerleri okurlar.
- Okunan değerler dijital sinyallere çevrilerek istenilen kontrol sağlanır.
- Kontrol bilgisayarı üretim sahasındaki tüm bilgileri toplar ve depolar.
- İşletmede meydana gelebilecek her türlü alarm, uyarı, beklenmedik değerler ekrana getirilerek müdahale imkanı sağlanır.

Proses kontrol tipleri ve sistemleri ileriki bölümlerde daha detaylı bir biçimde incelenecektir.

3.2.5 GÖRSEL İZLEME SİSTEMLERİ

İzleme sistemleri video kameraları ve bilgisayar teknolojilerini bir arada kullanan sistemlerdir. Bu sistemler ilk ortaya çıktıklarında denetleme amacıyla kullanılıyordu. Fakat zamanla üretimde de izleme sistemlerine ihtiyaç duyulmaya başlandı. Özellikle gıda işleme ve üretim tesislerinde insanlar tarafından gerçekleştirilen denetim işlemlerinin yerini aldı.

İşletmelerde tamamen insanlar tarafından yapılan yorucu, zamanla bıktırıcı ve hataya açık olarak değerlendirilebilecek bu işlemler izleme sistemleri sayesinde

daha tutarlı bir duruma gelmişlerdir. Örneğin, bir cips üretim tesisinde üretim bandından geçen patateslerin kusurlu olanlarının belirlenmesinde görsel izleme sistemleri çok büyük faydalar sağlayabilmektedir. Veya bir montaj hattına yerleştirilen görsel izleme sistemi, o işi yapan elemanın hatası sonucu yanlış parçanın montajı durumunda hattı durdurma, uyarı verme gibi işlemler gerçekleştirebilmektedir.

Maliyet açısından da yararları inkar edilemeyecek derecede olan görsel izleme sistemleri üretim tesislerindeki yerini her geçen gün sağlamlaştırmaktadır.

3.2.6 ROBOTLAR

Robotlar, numerik kontrollü makinelerin çok daha gelişmişleri olarak tanımlanabilir. Diğer bir deyişle; taşıma, kaldırma, tutma, kavrama gibi işlemleri yerine getirebilecek esnekliğe sahip olan mekanizmalara robot denilebilir.

Robotlar aslında motor ve anahtarları aktive edebilecek yarı iletken çiplerde saklanan elektronik komutlara sahip mekanik makinelerdir. Robotların en büyük yararları insanlar tarafından yapılması zor, tehlikeli ve riskli işleri gerçekleştirebilmeleridir.

Çoğu robot sabit bir tabana monte edilmiş, ulaşılması zor noktalara ulaşabilen mekanik kol şeklindedirler. Materyallerin taşınması, kaynaklanması, boyanması, test edilmesi, denetlenmesi gibi işlemler robotların yaptığı işlemlerde birkaçıdır.

İkinci jenerasyon robotlar ise görme, dokunma gibi insana özgü duyuların modellerine sahiptirler. Bunlar laboratuarlardaki kimyasalları karıştırma, ağaçlardan meyve toplama, cam yıkama, radyoaktif maddeleri taşıma gibi kompleks işleri yapabilmektedirler.

Üretim hattıyla robotların ilk tanışması 1961 yılında olmuştur. 1980'lere gelindiğinde ise Kuzey Amerika'da 20000, Avrupa'da 28000, Japonya'da ise 80000 robot mevcuttur. [8]

Robotların ilk maliyetlerinin yüksek olduğu düşüncesi ise robotların büyüklüğüne ve fonksiyonlarına göre değerlendirilmelidir. Robot kullanımının getireceği kalite ve verimlilik faktörleri insan faktörüyle karşılaştırılmalı ve maliyetler buna göre hesaplanmalıdır. Katlanılan maliyetler ve yatırımın geri dönüş

oranı mutlaka dikkate alınmalıdır. Robotlardan sağlanan işgücü, sürekli ve tekrarlı işlerde sağlanan kalite ve hata oranının düşüklüğü de değerlendirilmelidir.

3.2.7 OTOMATİK DEPOLAMA VE ÇEKME SİSTEMLERİ (AS/RS)

Depolama, stoklama gibi işlemlerde insan unsurunun ortaya koyduğu performans sonucu oluşan hata oranının yüksek olması bilgisayar kontrollü depolama sistemlerinin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Otomatik depolama ve çekme sistemleri olarak bilinen bu sistemler parçaların ambarlarda belirlenen yerlerine otomatik olarak yerleştirilmelerini sağlarlar. Bu sistemler, genellikle stok ve depolama işlem hacimleri yüksek olan işletmelerde kullanılmaktadır. Sistemdeki sensörler sayesinde taşınan materyalin uyduğu noktaya taşınması ve doğru noktaya bırakılması mantığıyla çalışırlar. Bu sayede hem alan, hem zaman hem de hata yönünden optimum kazanç elde edilmiş olur.

3.2.8 OTOMATİK YÖNLENDİRİLMİŞ TAŞIMA ARAÇLARI (AGV)

Otomatik yönlendirilmiş taşıma araçları elektronik olarak yönlendirilen ve üretimde parçaların, ekipmanların taşınmasını kontrol eden sistemlerdir. Basit olarak sürücüsüz, aküyle çalışan ve parçaları üretim bantları arasında dolaştıran kamyonetler olarak tanımlanabilirler.

Birçoğu yeraltına döşenmiş kabloları takip ederek, bazıları ise optik yolları kullanarak çalışırlar. Belirlenen sınırlar içerisinde düz olan her noktaya ulaşabilen bu araçlar, üretimde çok büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Hem zaman hem de maliyet açısından faydaları çok fazladır.

Otomatik yönlendirilmiş taşıma araçları ofis içerisinde evrakların taşınması, hapishanelerde hücrelere yemek taşıma işlemleri gibi farklı amaçlar için de kullanılabilirler. [5]

3.2.9 ESNEK ÜRETİM SİSTEMLERİ (FMS)

Esnek üretim sistemleri malzeme taşıma sistemleri ve iş istasyonlarının birleştirilerek merkezi bir bilgisayarlı kontrol sistemine bağlanmış şekli olarak düşünülebilir. Kontrol merkezi tarafından verilen direktiflerin belirli iş istasyonlarına dağıtılıp bir çevrim halinde makinelerin yüklenmesi söz konusudur.

Numerik kontrollü makineler ve endüstriyel robotlar gibi esnek üretim sistemleri de esnek otomasyona bir örnektir ve bilgisayar entegreli üretimin bir parçasıdır.

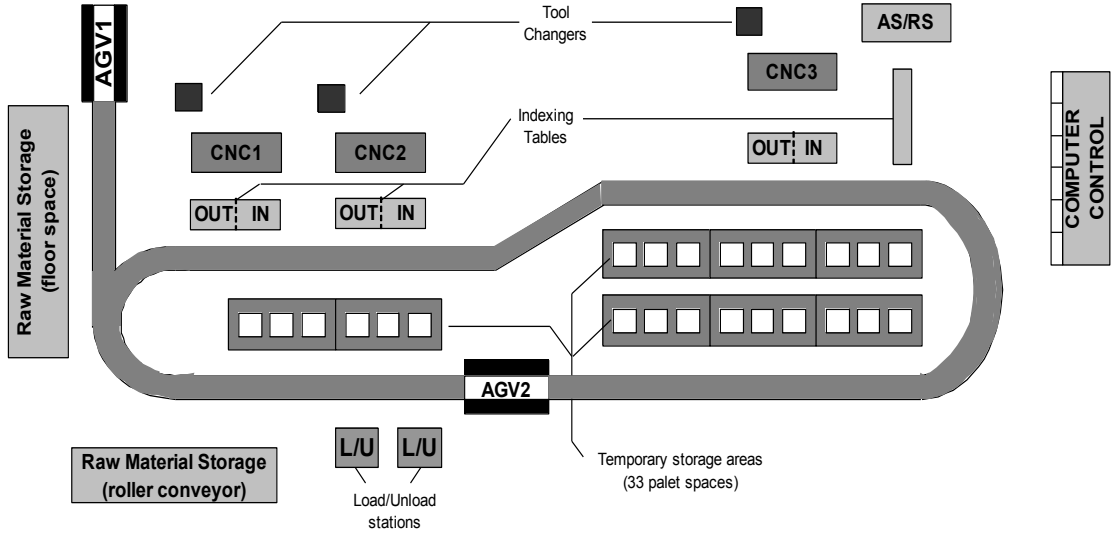
Esnek üretim sistemleri, yoğun otomasyon ve teknoloji ağırlıklı üretimin yapıldığı, üretim faktörlerinin hızla üretime yönlendirilebildiği ve zamanında tüketicilere ulaştırılarak nakde çevrildiği, insanların bu ortama uyum sağladığı ve değişikliklere hızlı cevap verebildiği üretim süreci olarak tanımlanabilir. [2]

Esnek üretim sistemleri çok büyük yatırım maliyetlerine neden olmaktadır. Fakat doğru yerde seçildiğinde yatırımın geri dönüş oranı (ROI) düşük sistemlerdir; çünkü çok düşük direkt işçilik maliyetlerine sahiptirler.

Temel olarak esnek üretim sistemleri üç ana öğeden oluşur:

- 1) İşlemleri gerçekleştiren bilgisayar kontrollü birçok iş istasyonu
- 2) Parçaları işlemler arası sistem içine veya dışına taşıyan bilgisayar kontrollü taşıma sistemleri
- 3) Yükleme ve boşaltma istasyonları

Ana çalışma prensipleri şu şekilde özetlenebilir: personel, hammaddeleri esnek üretim sisteminin işleme başlayacağı yükleme noktalarına getirir. Merkezi kontrol bilgisayarının kontrolünde taşıma sistemleri bu hammaddeleri işlerin yapılacağı istasyonlara işlem sırasına göre taşırlar. İşlem sıraları merkezi bilgisayar tarafından önceden belirlenmiştir. Amaç işlemlerin senkronizasyonunu sağlayıp, sistemin özelliklerin maksimum oranda yararlanmaktır. Araçların otomatik yer değiştirme yetenekleri sayesinde aletlerin birbirleriyle yer değiştirmesi çok çabuk bir biçimde sağlanabilir. Diğer önemli bir özellik ise bu hız sayesinde malzeme hazırlık sürelerinin çok kısılmasıdır. Bu esneklik sayesinde bir makine diğerinin yerini kolayca alabilmektedir. Böylece parçanın makine önünde bekleme olasılığı da çok düşüktür. Arıza veya bakım nedeniyle herhangi bir makine duruşa geçtiğinde bir diğer makine onun yerini alarak açığı kapatabilmektedir. Veya, bir makine meşgul olsa bile boşta olan diğer makine onun işlemini gerçekleştirerek operasyon içi stokları engelleyebilmektedir. Esnek kavramının ortaya çıkış noktası da burasıdır. Şekil 3.1’de bir işletmedeki esnek üretim sistemi gösterilmektedir. [8]



Şekil 3.1 Esnek Üretim Sistemleri

Yukarıda resmi verilen üretim sisteminin özellikleri şöyledir:

- Ana bilgisayarın bulunduğu bilgisayar kontrol odası taşıma sistemlerini ve işlem sıralarını kontrol eder.
- Üç ayrı CNC makinesi parça işlemlerinin detaylarını her biri kendi mikroişlemcisine yazılan direktifler doğrultusunda gerçekleştirir.
- İki AGV oval biçimindeki sahada dolaşarak yükleme ve boşaltma istasyonları ile CNC 'ler arasında malzeme taşıma işlemini gerçekleştirir. Aküleri azalan AGV 'ler merkezi bilgisayar tarafından kontrol edilir ve şarj işlemi için gerekli noktaya yönlendirilir.
- CNC 'ler ve saha arasında indeks masaları bulunur. AGV 'ler tarafından getirilen malzeme masaların giriş bölümüne indirilir, işlemi tamamlanan parçalar da çıkış bölümünden AGV 'lere taşınarak ASRS 'lere ulaştırılır.
- Her CNC 'nin arkasında bulunan alet değiştiriciler de yüklenecek ve boşaltılacak alet takımını düzenlerler. Her takım farklı çeşitlerde aletleri ihtiva eder. Makine, kullanacağı takımı yapacağı işlemin özelliklerine göre otomatik olarak seçer. Bir takımdan diğerine geçiş ise sadece iki dakika sürer.
- İki yükleme boşaltma istasyonunda vardiyalı olarak çalışan personel bulunur. Yükleme boşaltma işlemi 10 ila 20 dakika arası zaman alır.

- Otomatik depolama ve çekme sistemleri ise işlemi biten parçaların stoklanmasını sağlar. Otomatik taşıma araçları işlemi biten parçaları ASRS'lere taşıyarak stok işlemini başlatır.

Gelecekte planlamada büyük kolaylıklar sağlayacak olan esnek üretim sistemleri orta seviye çeşitlilik ve hacimde üretim yapan işletmelerde söz sahibi olacaktır. Sistem küçük miktarlarda birçok farklı parçayı işleyebilmektedir.

Esnek üretim sistemleri ikinci bir şekilde sürekli üretime yakın işletmelerde de kullanılabilir. Yani esnek üretim sistemleri düşük çeşitlilik- yüksek hacim özelliklerine sahip işletmelerde de proses kontrolün sağladığı özellikleri gerçekleştirebilirler. Proses otomasyonuna karşı en büyük üstünlükleri ise işlenen parça modelinin talebi sona erdiğinde farklı bir ürün çeşidine geçebilme esnekliğinin söz konusu olmasıdır. Bu özellik çevrim süresi düşük ürünler üreten ürün odaklı işletmelerde büyük avantajlar sağlamaktadır.

3.2.10 BİLGİSAYARLA BÜTÜNLEŞTİRİLMİŞ ÜRETİM SİSTEMLERİ (CIM)

Yukarıda anlatılan modern üretim sistemleri elemanlarının, işletmede kullanılan malzeme ihtiyaç planlaması, bütçeleme, finansal raporlama sistemleri gibi diğer üretim araçlarıyla birleştirilmesi sonucu ortaya çıkan sistemin tümüne bilgisayarla bütünleştirilmiş üretim sistemleri adı verilir. Bilgisayarla bütünleşik üretim sistemleri, üretim özellikleriyle bilgi teknolojilerinin hiyerarşik entegresidir. [9] Bir başka deyişle bilgisayarla bütünleşik üretim sistemleri, otomasyon aracılığıyla çeşitli disiplinleri üretim işlemleri altında birleştirmektir. [7] Bilgisayarla bütünleşik üretim sistemleri ürün tasarım ve mühendislik işlemleriyle birlikte daha az bilgisayar teknolojisi içeren ürün planlama, çizelgeleme, envanter kontrolü gibi sistemlerin entegrasyonundan oluşmuştur. Bütünleşik üretim sistemlerinin asıl amacı, tüm üretim fonksiyonlarını yani ilk müşteri siparişinden son yükleme kadar olan tüm işlemleri otomatik ve bilgisayar kontrollü hale getirmektir. [8]

Böyle bir sistem sayesinde daha tasarım aşamasında meydana gelebilecek bir değişiklik kısa bir sürede ürüne yansıtılarak sonuç alınabilir. Gelecekte üretimde ulaşılacak nokta bilgisayarla bütünleştirilmiş üretim sistemlerinin geliştirilmesi sayesinde şekillenecektir.

4. PROSES KONTROL

Girdilerin çıktılara dönüşümünü sağlayan işlemlerin bütünü olarak adlandırılan prosesin üretim yönetimindeki rolü göz ardı edilemeyecek kadar fazladır. Günümüz ekonomik ve rekabet koşullarında üretim yönetimine düşen görev arttıkça, prostesten beklenenler de her geçen gün fazlalaşmaktadır. Pazar taleplerindeki değişmeler, daha yüksek kalite düzeylerine doğru uluslararası rekabet ve çevre konusundaki sınırlamalar ile birlikte hammaddeler ve enerji fiyatlarındaki artışlar kontrol alanına duyulan ilgiyi artırmaktadır. [10]

Üretim faaliyetinin beyni konumunda bulunan prosesin geliştirilmesi demek üretime sağlanan katkının daha da arttırılması demektir. Bu da; kontrol fonksiyonunun proses üzerindeki etkisinin kullanımına bağlıdır. Bazı uzmanlar, kontrol ve otomasyonun dünya klasında üretimin % 20'sini oluşturduğunu öne sürmektedir. [11] Her prosesin istenilen çıktılarına hatasız ulaşabilmesi için iyi bir şekilde tasarlanmış kontrol işlemi gereklidir. Ölçüm, kıyaslama ve düzeltme faaliyetlerini kapsayan kontrol işlemi, prostesten etkin ve verimli şekilde istenilen çıktıların elde edilmesini sağlar. [12]

Üretim ve dolayısıyla ürün kalitesine direk etki eden proses kontrol sistemleri, bilgisayar teknolojisinin hızlı değişimine de ayak uydurarak verimliliğin ve etkinliğin artmasına katkıda bulunmaktadır. Proses kontrolün üretim üzerindeki bu etkisi hemen hemen tüm sektörlerde de kendini göstermektedir.

4.1 PROSES KONTROLÜN TARİHSEL GELİŞİMİ

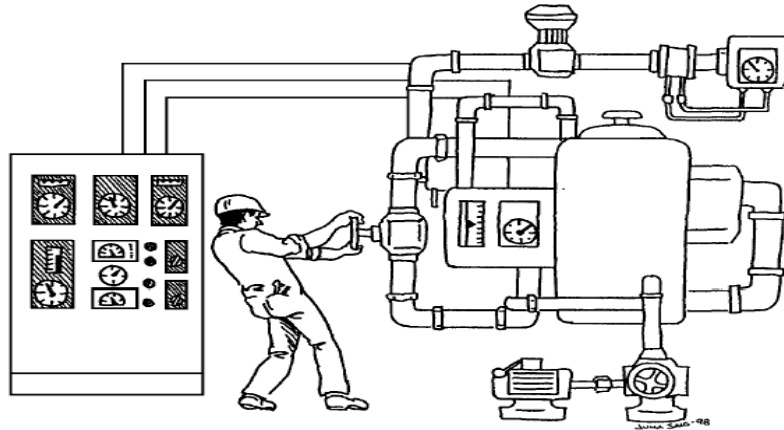
Proses kontrolün ilk izlerine tarih öncesi devirlerde bronz ve demir üretiminde kullanılan ocaklarda rastlanılmaktadır.[13] Bu dönemlerde maden ocaklarının işletilmesi de basit olsa da proses kontrol içermektedir. I. Dünya

Savaş'ından sonra bu manuel kontrolün yerini sıcaklık, seviye, basınç, ve akış kontrolünü sağlayan düzenleyici kontrol sistemleri almıştır.[13]

Zamanla günümüzde hala kullanılmakta olan pnömatik kontrol valfleri ve otomatik kontrolörler kullanılmaya başlandı. Önceleri sadece oransal işlemselliğe sahip bu kontrolörlere daha sonra integral ve türev işlemleri de eklenmiştir. Fakat o zamanlarda bu kontrolörler sahada birbirlerinden ayrık olarak yerleştirilmekteydi.

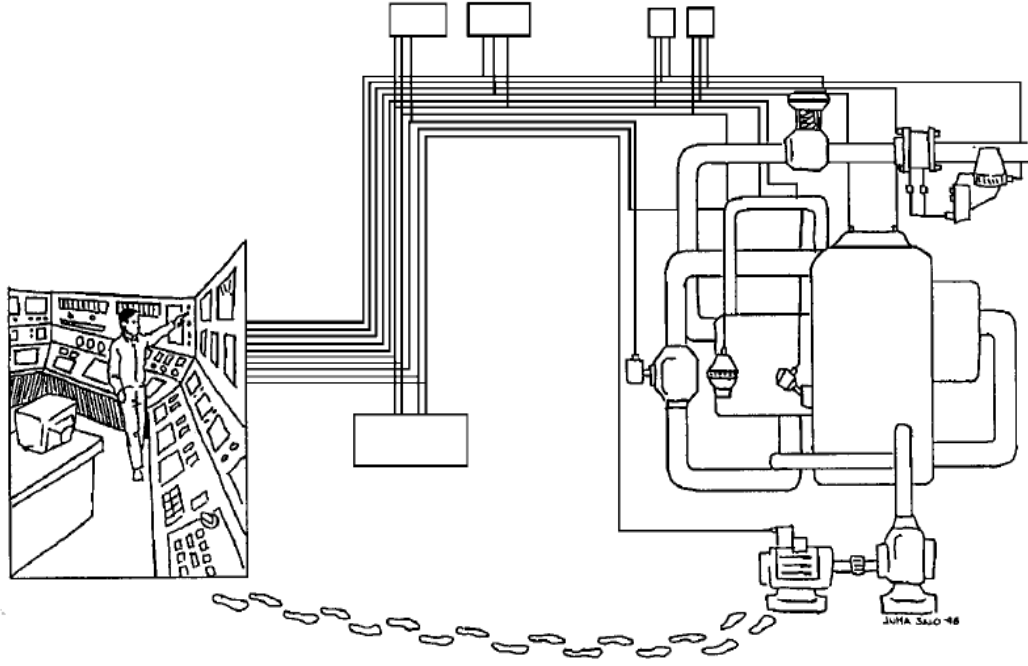
1950'lerde proses kontrolde yaşanan başlıca gelişmeler; elektromekanik sistemlerin ilerletilmesi, standart sinyallerin yayılması, prosesin yakın mesafelerde görüntülenmesi ve çeşitli verilerin prostesten okunması olarak özetlenebilir.

Geri beslemeli kontrol, ilk olarak hidrolik sistemlerde kullanılmaya başlanmıştır. Şekil 4.1'de 1950'lerdeki proses kontrolün durumu gösterilmektedir. [14]



Şekil 4.1 1950'lerde Proses Kontrol

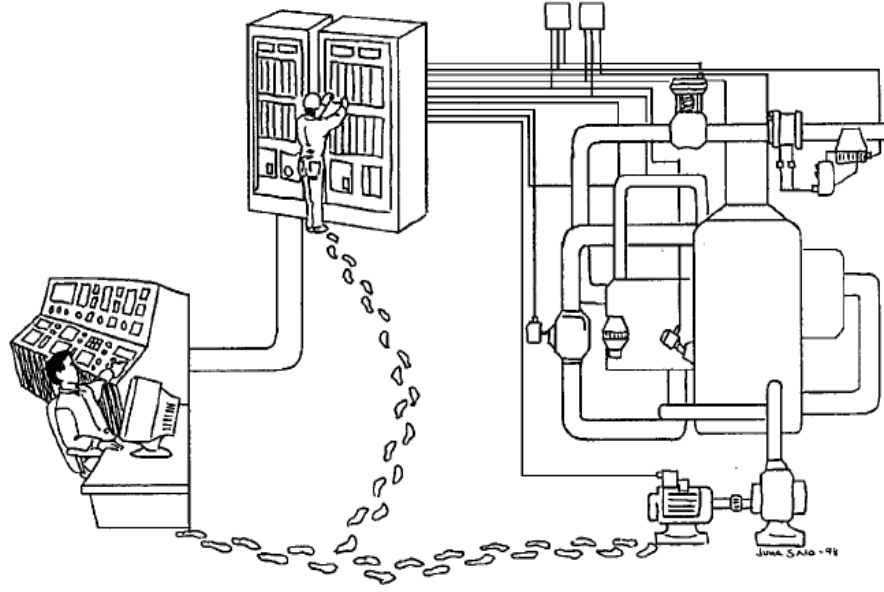
1960'lı yıllarda kalite kontrolde operatöre yardımcı olması amacıyla sahada otomatik analizörler kullanılmaya başlanılmıştır. [13] Aynı yıllarda dijital bilgisayarlar da fabrikalarda kullanılmaya başlanmıştır. Bilgisayarlar prosesin optimizasyonu ve diğer işlevlerinde operatörlere yardımcı olması amacıyla yerleşmiş ve bilgi sistemlerinin temellerini atmıştır. Ayrıca enstrüman yapıları standart bir hale getirilmiş ve merkezi denetim odası uygulamaları başlatılmıştır. Şekil 4.2, 1960'ların proses kontrolünü simgelemektedir. [14]



Şekil 4.2 1960’larda Proses Kontrol

1970’li yıllarda proses kontroldeki en önemli gelişme PLC’ nin bulunmasıdır. PLC’ ler ilk olarak otomotiv sektöründe yer almış; kesikli üretimde açma, kapama gibi işlemlerde kullanılmıştır. PLC, ticari olarak ilk kez metal kesme, matkapla delik açma, malzeme işleme, montaj gibi işlerde kullanılmış ve resmi olarak General Motors’un Hidromatik Model 400 otomatik transmisyonun testinde makine uygulamalarında kullanılmıştır.[11]

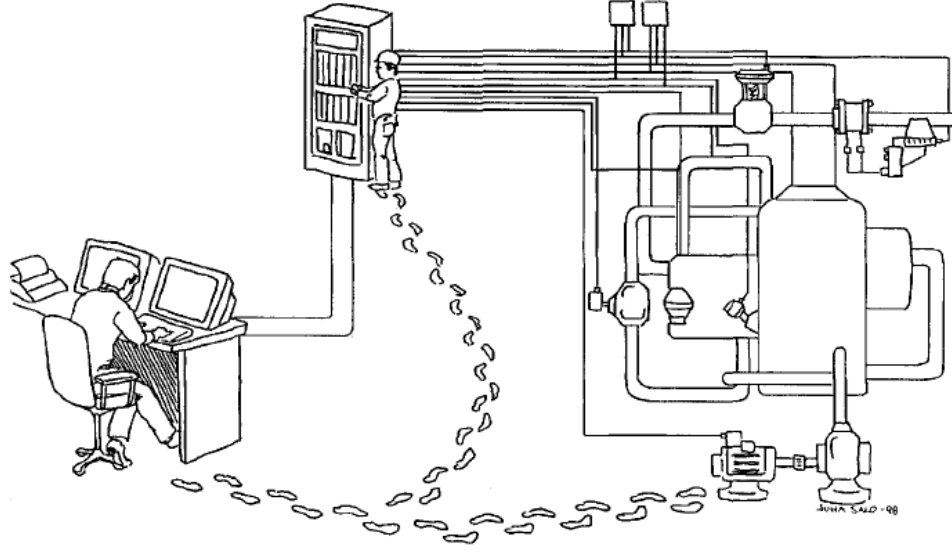
1975’lerde mikroçiplerin kullanılmaya başlanmasıyla birlikte Dağıtık Kontrol Sistemlerinin (DCS) ilk örnekleri piyasaya sunulmuştur. Bunlar birbirine bağlanmış yedekli veri terminallerinden oluşan bilgisayarlı birimleri içermekteydi. DCS kullanımıyla birlikte operatör-sistem etkileşimi çok uzun satırlardan oluşan geleneksel kaydediciler ve göstergeler yerine oldukça küçük sayılardan oluşan görsel görüntü üniteleriyle (VDU) sağlanmaya başlanmıştır. Bu yıllarda gerçekleşen en önemli gelişmelerden biri de yazılım alanında gerçekleşmiştir. Programlamalar gerçek zamanlı programlama yerine direkt olarak VDU’lar üzerinden yapılmaya başlanmıştır. Şekil 4.3’te 1970’lerdeki proses kontrolü simgeleyen bir resim verilmektedir. [14]



Şekil 4.3 1970’lerde Proses Kontrol

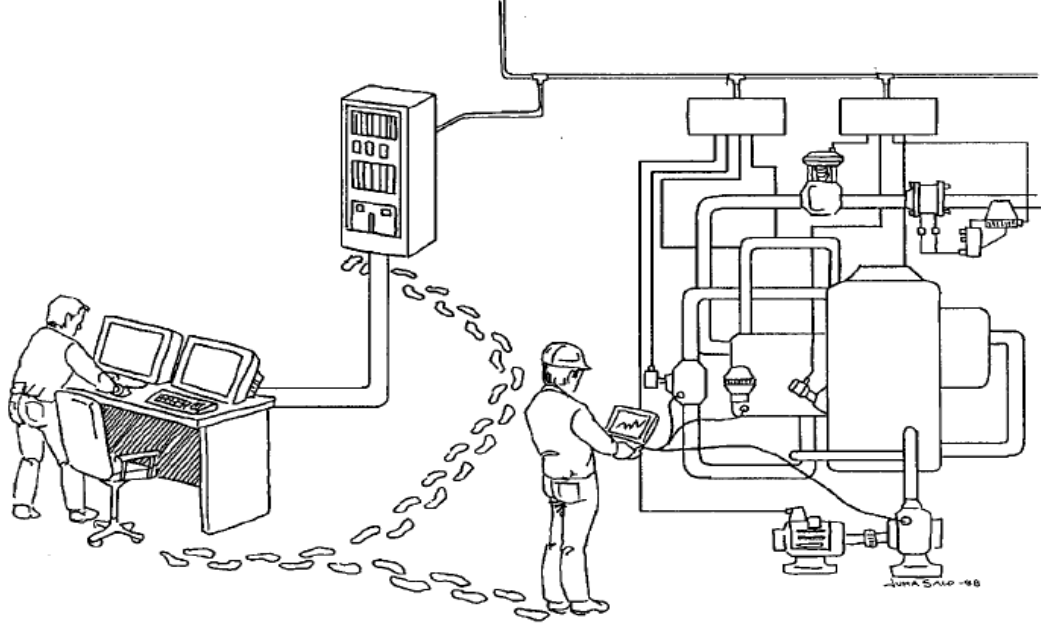
1980’li yıllarda mikroişlemci teknolojisinde büyük gelişmeler olmuştur. Video kamera ve entegre sistem çağı başlamış oldu.[14] Proses kontrolü merkezi bir noktaya toplanmış ve işlemler hiyerarşik olarak dağıtılmıştır. Yönetim sistemleri, kontrol odası işlemleri, proses istasyonları ve dağıtık kontrol sistemleri olarak tanımlanmıştır. Bu yıllarda proses kontrol yapılan saha ile kontrol merkezi arasında iletişim için koaksiyel kablo ve optik kablo kullanılmaya başlanmıştır.

1985’den sonra PLC fonksiyonlarının yapılandırma ve dökümantasyon yazılımına uygun ikinci DCS jenerasyonu geliştirilmiştir.[13] İlk defa donanım ve yazılımı aynı andan içeren sahaya uygun yapılar ortaya çıkmıştır. Şekil 4.4’de 1980’li yıllardaki proses kontrolü simgeleyen bir çizim gösterilmiştir. [14]



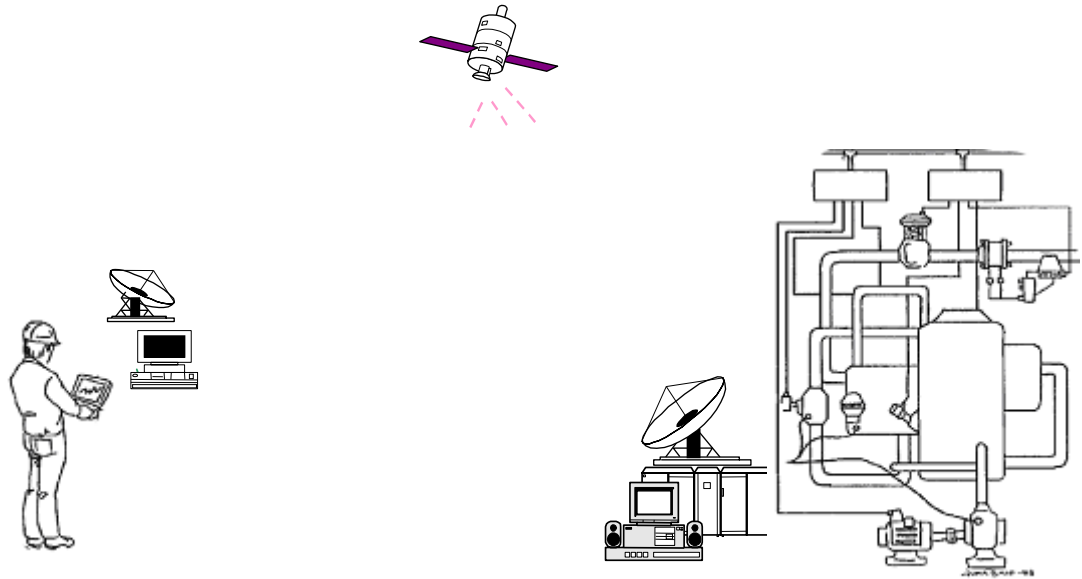
Şekil 4.4 1980’lerde Proses Kontrol

1990’lara gelindiğinde mikroişlemcilerin ve elektronik ekipmanların proses kontrole tamamen entegre olduğu gözlemlenmektedir. Saha ekipmanları ve veri yolları geliştirme projeleri bu yıllarda başlamıştır.[14] Bu yıllarda dikkat çeken bir nokta da işlevsellikleri giderek örtüşmeye başlayan PLC ve DCS’ lerin birleşik işlevsellik olarak adlandırılmaya başlanmasıdır. DCS’ ler, PLC’ lerin içindeki fonksiyonları birleştirerek onları daha işlevsel hale getirmiştir.[12] PLC ve DCS sistemlerinin ortak işlevselliğe sahip olması sonucu bu yıllarda yeni bir proses kontrol sistemini ortaya çıkarmıştır. Hibrit kontrol sistemleri adı verilen bu sistemler, hem PLC’ nin hem de DCS’in özelliklerini taşımaktadır. Şekil 4.5’te 1990’lı yılların proses kontrol sistemlerini simgelemektedir. [14]



Şekil 4.5 1990’larda Proses Kontrol

2000’li yıllarda proses kontrolü etkileyen ve teknoloji alanında bu yıllara damgasını vuran bilgi sistemleri ve bilgi teknolojileri ön plana çıkmıştır. Prosesin yerinden denetimi yerine uzaktan denetimi mümkün olmuştur. Uydular aracılığıyla şehirler hatta uluslararası kontrol söz konusu olmaya başlamıştır. Uydu sistemlerinin devreye girmesiyle birlikte proses, mesafe tanımsızın işlenebilir ve herhangi bir arıza durumunda çok daha kısa bir zamanda müdahale edilebilir duruma gelmiştir. Şekil 4.6, 2000’li yıllardaki proses kontrolü göstermektedir. [14]



Şekil 4.6 2000’lerde Proses Kontrol

4.2 PROSES KONTROL TİPLERİ

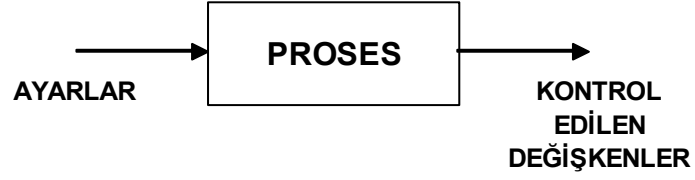
Otomatikleştirilmiş proseslerde bazı aktivitelerin ölçümüyle, kontrolör bir sonraki adımda ne yapması gerektiğine karar verir ve gerekli işlemleri uygular. Kontrolör daha sonra yapılması istenilen işlemlerin yapılıp yapılmadığına karar vermek için tekrar ölçüm yapar. Tüm bu işlemler daha sonra sürekli bir kontrol çevrimi içerisinde tekrarlanır.; ölç, karar ver, uygula ve tekrarla.[15]

Proses kontrolün amacı prosesi istenilen biçimde tutup istenilen değerlerin aşılmasını engellemektir. Fakat her proses otomatik olarak kontrol edilebilir diye de bir genelleme söz konusu değildir. Bir prosesin kontrol edilebilmesi için öncelikle stabil ve çıkışların kontrol edilebiliyor olması gerekmektedir. Ayrıca, sistem şu dört özellikten de bir veya birkaçına sahip olmalıdır:

- Yeniden üretilebilirlik (reproducibility)
- Kompanze edilebilirlik (compensatability)
- Ölçülebilirlik (measurability)
- Modellenebilirlik (modellability)

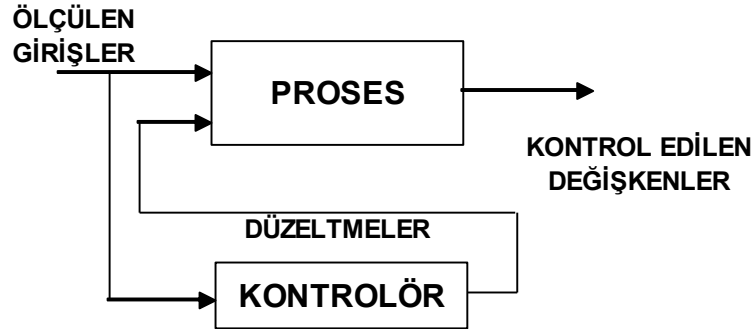
Bir prosesin çıkışının kontrol edilebilir olması için çıkış değerlerini istenilen değerlere ulaştıracak doğru girdilerin belirlenmesi gerekir. Elbette birçok çıkış kontrolü söz konusu ise girdilerin de sayısı fazla olabilir. Çıkış kontrol edilebilirliğinin prosesin stabil olma özelliğiyle desteklenmesi gerekir. Proses, kontrol edilmese de değişkenlerin sınırları aşmaması gerekir. Sınırı aşabilecek bir değişken hemen otomatik olarak kontrol altına alınmalıdır.

Bir proses, eğer girdilerin kesin ayarları sonucunda çıkışlar sürekli aynı sonuca ulaşıyorsa yeniden üretilebilir olarak tanımlanabilir. (Şekil 4.7) [13] Örneğin, makinede giriş ayarlarındaki bir değişiklik çıkışa da aynı şekilde yansiyorsa yeniden üretilebilirlikten söz edilebilir. Günümüzde bunu makinelerde sağlayan teknoloji ise numerik kontrollü makinelerdir.



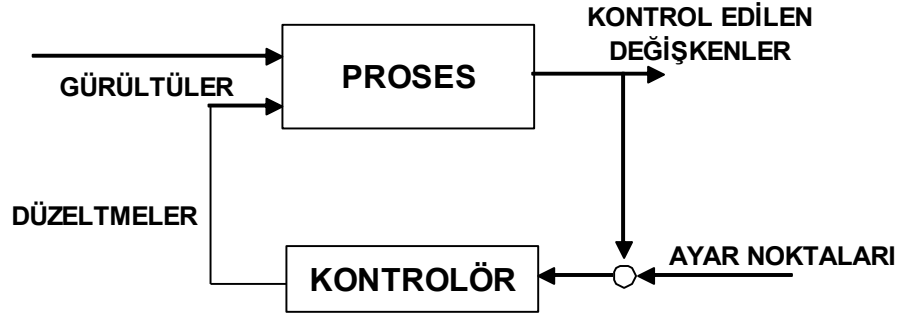
Şekil 4.7 Yeniden Üretilirlik

Bir prosesin kompanze edilebilirliği ise, değişken girdilerin oluşturduğu oynamaların sonucunda çıkışlarda oluşabilecek farklılıkları ayarlayabilme özelliğidir. Diğer bir deyişle, değişken girdilerin değerleri sürekli ölçülerek ayarlamalara karşı elde edilen sonuçların gözetilmesine dayanır. Böylece girdilerin çıkış üzerindeki etkileri kompanze edilir. Teknik olarak bu proses tipine ileri beslemeli kontrol adı verilir. (Şekil 4.8) [13] İleri beslemeli kontrol, bir fabrikada genel olarak en az fakat en kritik noktalarda kullanılan bir kontrol döngüsüdür.[12] İleri beslemeli kontrol önemli bir sistem olsa da başarı oranı düşüktür. Ölçülemeyen girdilere karşı tutarsızdır ve prosesteki davranışlara karşı çok hassastır.[13]



Şekil 4.8 Kompanze Edilebilirlik; İleri Beslemeli Kontrol

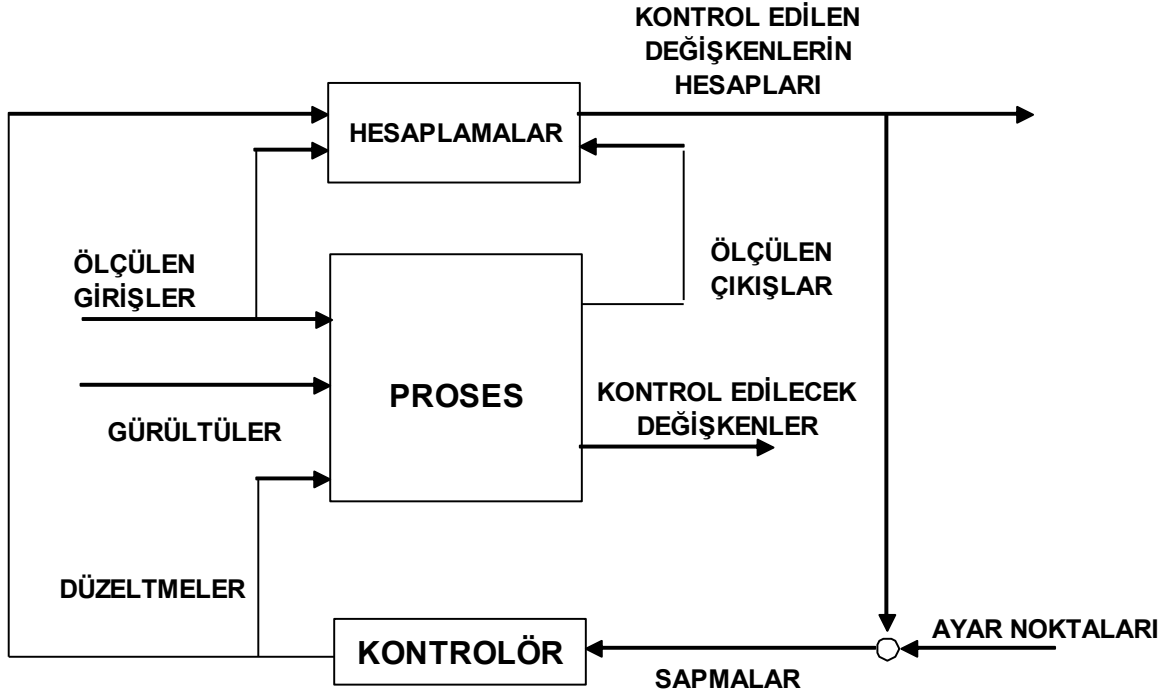
Üçüncü önemli özellik ise ölçülebilirliktir. Eğer proseste kontrol edilen çıktılar belli bir doğruluk ve tutarlılıkla ölçülebilir ise geri beslemeli otomatik kontrol uygulanabilir. (Şekil 4.9) [13]



Şekil 4.9 Ölçülebilirlik; Geri Beslemeli Kontrol

Geri beslemeli kontrolde birbirinden bağımsız tüm girdilerdeki değişimler göz önüne alınır, proses davranışına karşı hassas ve aynı zamanda kolay ayarlanabilir bir kontrol tipidir. [13] Geri beslemeli kontrol proses kontrolün temelini oluşturur ve oldukça yaygın olarak kullanılır. Kontrol edilen değişkenlerin gerçek değerleri sensörler ve ekipmanlarla ölçülerek ayar değeriyle ölçülen değer karşılaştırılır. Buradan bir hata değeri elde edilir. Aradaki farkın yani hatanın büyüklüğüne göre ayarlanan değişkenlerin alması gereken değerleri belirlenir ve otomatik olarak kontrol ekipmanlarına aktarılır.[12]

Tüm proses değerlerinin sahada canlı olarak ölçülmesi mümkün olmayabilir. Bazen ürünün kalitesine bile etki edebilecek bir değişkenin sahada proses üzerinden değil de laboratuvar koşullarında ölçülebilmesi gerekebilir. Böyle durumlarda sahada ölçümü yapılamayan değişkenler önem arz edebilir. Bunun için prosesin tüm özelliklerini içeren bir modelinin tasarlanarak, laboratuvar koşullarında incelenmesi sağlanabilir. Bu özelliğe modellenebilirlik adı verilir. (Şekil 4.10) Bu özellik daha çok kalite kontrol işlemleri için önemlidir.[13]



Şekil 4.10 Modellenebilirlik

4.2.1 GERİ BESLEMELİ KONTROL YAPILARI

Proses kontrolün en önemli yapısı sayılan geri beslemeli kontrolün en çok bilinen tipi PID kontroldür. PID kontrol oldukça eski fakat hala kontrol teknolojisinde söz sahibi olan ve yaygın olarak da kullanılan güçlü bir yapıdır.

Geri beslemeli kontrolün en belirgin ve genel yapısını PID kontrol oluşturur. PID kontrolün genel modeli Denklem 4.1’de gösterilmiştir. [13]

$$u = K_r \left(e + \tau_i^{-1} \int_0^t e dt + \tau_d \frac{de}{dt} \right) \quad (4.1)$$

“e” yani sapma değeri kontrolörün ölçtüğü değerle referans değer arasındaki farktır. PID kontrolün amacı, sapma değerinin bir zaman süreci içerisinde uygun değerler arasında kalmasını sağlamak ve bu değeri minimuma indirmektir. Analog kontrolörler sahadan gerekli geri beslemeyi alarak işlerler ve sapmanın değerini, PID parametrelerine göre düşürmek için gerekli işlemi çıkışa gönderirler. Örneğin, akış ölçen bir saha elemanı ölçtüğü debiyi kontrolöre iletir. Kontrolör de parametrelere göre çıkışa yani oransal vanaya ne yapması gerektiğini gönderir.

Kontrolörden gelen direktiflere göre vana oransal olarak açma veya kapama işlemi yapar.

PID kontrolün ilk tasarımlarında sadece oransal faktör kullanılmaktaydı. Diğer bir deyişle sadece P (oransal) kontrol yapılmaktaydı. Zamanla integral (I) ve türev (D) faktörleri de sisteme eklenerek klasik PID kontrol tipi bulunmuştur.

Oransal kontrolde hata direkt olarak sabit bir faktörle çarpılarak son kontrol elemanına gönderilir. Oransal kontrolün yeterli olmadığı durumlarda hata ile çarpılan oransal faktörün yanı sıra; çıkış büyüklüğünün kendisi değil, kendisinin zaman göre değişimini gösteren ve hata ile orantılı olarak değişen bir diğer terim kullanılarak çıkış sinyali üretilir. Bu tip kontrole integral kontrol (I) denir.[12] Oransal kontrol ile integral kontrolün bir arada kullanıldığı kontrol tipine ise PI kontrol denir.

PI kontrolün yeterli olmadığı zamanlarda kontrolör çıkış sinyali, hatanın zamanla değişimi ile orantılı terimi de içerecek biçimde genişletilebilir. Bu tip kontrole de türevsel (D) kontrol denir.[12] Bu üç kontrol yapısının bir arada kullanılması ise PID kontrolü ortaya çıkarır.

Sadece oransal kontrolün uygulandığı bir sistemde kontrolör kontrol edilen değişkeni belli bir değerde tutar ve sonuçta değişken yeni bir kararlı hal durumunda sabit kalır. Bu yeni kararlı hal değeriyle başlangıç değeri arasındaki farka “ayrılma (offset)” adı verilir.[12]

PI tipi kontrolde oransal kontrole integral faktörünün eklenmesinin amacı ayrılma değerini yok etmektir. Bu değer yok edilerek sistem ilk kararlı haline döndürülür. Fakat, integral faktörünün kullanılması sistemi daha salınımlı bir konuma sokar. Salınım ise proseslerde hiç istenilmeyen bir durumdur. Türev faktörünün görevi burada kendini gösterir. PI kontrole türev etkisinin eklenmesiyle yapı PID’ye dönüşür. PID algoritması sürekli kontrolörlerin bir sonraki adımda ne yapacağına karar veren metotların en yaygın olanıdır.[15]

Türev faktörünün eklenmesi sistemi daha çabuk müdahale edilebilir bir pozisyona getirir ve salınımları bir nebze de olsa engeller. Sistem, PID kontrolle istenilen kararlı düzeye daha hızlı ulaşır. Sistemin yapısına ve kararlılığına direkt etki eden bu üç faktörün düzgün bir şekilde ayarlanması proses açısından çok önemlidir. Her prosese ve sisteme göre farklılık gösteren bu parametre ayarlama işi oldukça hassas ve tecrübe isteyen bir işlemdir.

4.2.2 İLERİ PROSES KONTROL TİPLERİ

Her ne kadar geri beslemeli kontrol, proses kontrolün temelini oluştursa da zamanla birçok proses kontrol tipi de ortaya çıkmıştır. Basit kontrol tiplerinin geliştirilmesi sonucu ortaya çıkan ileri proses kontrol tiplerinin kullanım alanları uygulama alanlarına ve prosese göre değişiklikler göstermektedir. İleri proses kontrol tiplerinden en yaygın olarak kullanılanları aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır. Bu kontrol tiplerinin aralarındaki farklılıkları ve özellikleri ise Tablo 4.1’de karşılaştırmalı olarak verilmiştir. [13]

- Kaskat (Cascade) kontrol
- Akış – Oran (Flow-Rate) Kontrol
- İleri Beslemeli Düzenleyici (Feed Forward Regulatory) Kontrol
- Proses Giriş Düzenleyici (Proses Input Regulatory) Kontrol
- Seçici (Selector Regulatory) Düzenleyici Kontrol
- Ayrık – Alanlı Düzenleyici (Split-Range Regulatory) Kontrol
- Çiftleştirici Düzenleyici (Decoupling) Kontrol

Tablo 4.1 İleri Proses Kontrol Tipleri

KONTROL ADI	ÇALIŞMA PRENSİBİ	AMACI
KASKAT KONTROL	Ana kontrolör, yardımcı kontrolörlerin ayar noktalarını düzenler.	Yardımcı, bazı karışıklıklara dikkat eder, ana kontrolör için bazı düzeltmeleri geliştirir. Bazı durumlarda yardımcı kontrolör, ana kontrolörün kontrol hızını geliştirir.
AKIŞ – ORAN KONTROL	Ayar noktası ilk değişken değeriyle oran değerlerinin çarpımına eşittir.	Yük değişikliklerine karşı kompanzasyon yapar.
İLERİ BESLEMELİ KONTROL	Girdilerin değerleri sürekli ölçülür.	Ölçülebilir proses girişleri için kompanzasyon.
PROSES GİRİŞ KONTROL	Beslemeler ve faydalar üzerinde düzenleyici kontrol.	Sisteme giren karışıklıkları önler.
SEÇİCİ KONTROL	İki veya daha fazla kontrolör aynı kontrol valfine bağlanır.	Aktif zorluklara karşı önlem olarak anahtarlama düzenleyici kontrol.
AYRIK – ALANLI KONTROL	Bir kontrolör iki kontrol vanasına bağlanır.	Isıtmadan soğutmaya anahtarlama veya tam tersi.
ÇİFTLEŞTİRİCİ KONTROL	Prosesteki etkileşimleri kompanze eden kontrol.	Etkileşimlerin elenmesi.

4.3 PROSES KONTROL SİSTEMLERİ

Proseslerin kontrol edilmesinde kullanılan kontrol sistemlerini ana özelliklerine göre üçe ayırabiliriz. Kesikli üretim sistemlerinde kullanılan ve endüstriyel otomasyon sistemlerinde kullanılan lojik kontrol yönü ağır basan programlanabilir lojik kontrolörler (PLC); sürekli üretim sistemlerinde kullanılan ve

tüm prosesi kontrol eden dağıtık kontrol sistemleri (DCS) ve son yıllardan kullanım alanı hızla yayılmaya başlayan hibrit kontrolörler.

Her üç sistem de proseslerde yaygın olarak kullanılmakta ve kullanım alanlarına göre farklılıklar göstermektedir. Maliyetleri açısından bakıldığında da farklılık gösteren bu üç sistemin de üretime katkıları vazgeçilemeyecek kadar fazladır. Yüksek maliyetlerine rağmen üretim sistemlerinde tercih edilmelerinin ve vazgeçilmez olmalarının en önemli nedeni de hammadde son ürüne kadar prosesin her alanında üretime sağladıkları katkılardır. Bu bölümde her üç sistem de incelenecek ve farklılıkları belirtilecektir.

4.3.1 PROGRAMLANABİLİR LOJİK KONTROLÖRLER (PLC)

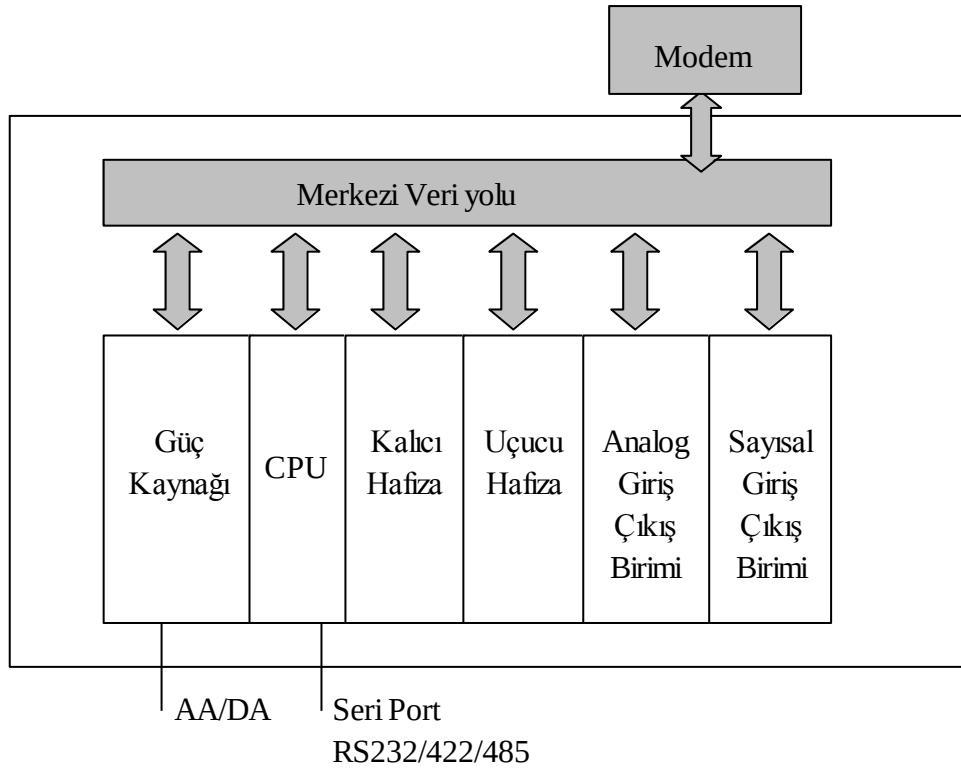
Genel olarak bakıldığında PLC sistemleri endüstriyel otomasyon sistemlerinin kontrol ve kumanda devrelerini gerçekleştirmeye uygun yapıda giriş çıkış birimleri ve iletişim ara birimleri ile donatılmış, kontrol yapısına uygun bir sistem programı altında çalışan endüstriyel bilgisayarlardır. Diğer bir tanıma göre PLC, direktifleri saklamak ve lojik, sıralama, zamanlama, sayma ve aritmetik gibi fonksiyonları uygulamak için programlanabilir bir hafıza kullanan mikroişlemci temelli bir kontrolördür.[10]

İlk ticari PLC, 1969 yılında Modicon firması tarafından geliştirilmiştir. O yıllarda röleli kumanda devreleri yerine kullanılmak üzere geliştirilen bu cihaz ile yalnızca temel lojik işlemleri yapılabildiğinden PLC ismi kullanılmıştır. İlk PLC 'nin endüstride başarı ile uygulanmasından sonra Allen – Bradley, General Electric, GEC, Siemens, Westinghouse gibi firmalar orta maliyette yüksek performanslı PLC'ler üretmişlerdir. Mitsubishi, Omron ve Toshiba gibi firmaların düşük maliyetle yüksek performanslı PLC 'ler geliştirmelerinden sonra bu aygıtlar endüstriyel otomasyon devrelerinde yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır.[16] 1980'li yıllara gelindiğinde PLC teknolojisinde sekiz bitlik yapı kullanılmaya başlamıştır. Sekiz bitlik yapının kullanılması sonucunda PLC 'nin tarama süresi düşürülmüş ve daha hızlı çalışır hale gelmiştir. Günümüzde ise altmış dört bitlik haberleşme yapabilen PLC 'ler geliştirilmiştir.[14]

Aslında PLC 'ler kendi başlarına tüm prosesi kontrol edebilecek yapıya sahip sistemler değildir. PLC 'ler daha çok endüstriyel otomasyon sistemlerinin kumanda devrelerinde kullanılan sistemlerdir. Kumanda devreleri; yardımcı röle,

kontaktör, zaman rölesi ve sayıcı gibi elemanlarla gerçekleştirilen devrelerdir fakat küçük bir kontrol sistemi için bile bu elemanlardan çok sayıda kullanılması bu sistemleri karmaşık ve anlaşılması zor sistemler haline getirmiştir. PLC 'lerin röle kontaktör sistemlerinin yerini almasıyla bu alanda çok önemli bir adım atılmıştır. PLC 'ler sayesinde kontrol sistemleri çok daha kolay anlaşılır ve düzgün bir hal almıştır.

Kontrol edilen sistem genelde kumanda ağırlıklı olduğu için PLC 'lerin lojik yönleri ağır basmakta, geri beslemeli kontrol gibi analog kontrol ihtiyacı olan sistemlerde geri kalmaktadır. Bu nedenle PLC komple prosesi yönetmek yerine bir prosesin belirli bir bölümünü kontrol etmekte kullanılır. Otomasyon adacıkları diye adlandırılan bu bölümlerde lojik ağırlıklı işlemleri PLC 'ler gerçekleştirir. PLC 'lerin maliyet açısından sağladığı kolaylıklar nedeniyle işletmelerde otomasyon adacıkları biçiminde kullanılması proseslerin bölümlere ayrılabilceği ve ayrı ayrı kontrol edilebileceği tesislerde kullanım oranlarını artırmaktadır. Ayrık kontrol uygulamalarında, kontrol çevrimleri, bilgisayar çipleri, otomobiller ve ampuller gibi üretimin bağımsız işlemlerini otomatikleştirir. Kontrol edilecek aktiviteler genellikle her adımın bir önceki adım tamamlandıktan sonra başlaması biçiminde adım adım gerçekleştirilir.[15] Bir PLC 'nin genel yapısı Şekil 4.11'de verilmiştir.



Şekil 4.11 PLC'nin Genel Yapısı

Yukarıdaki şekilde de gösterilen PLC şu bölümlerden oluşmaktadır:

- Güç Kaynağı: Sistemin elektriksel gücünü sağlayan bölümdür. Bazı PLC 'lerde entegre, büyük sistemlerde kullanılan güçlü PLC 'lerde ise modüler yapıdadır.
- Merkezi İşlem Birimi (CPU): PLC 'nin beyni konumunda bulunan CPU, kontrolü sağlamak amacıyla yazılan programın saklandığı hafızanın bulunduğu ve sistemin yönetildiği bölümdür. Merkezi işlem birimi, tüm bilgisayar sisteminin işlemlerini kontrol eder ve belirli bir program içinde yer alan matematiksel ve lojik fonksiyonları uygular.[9] Genelde PLC 'lerde elektrik kesintilerinde programın hafızadan silinmesini önlemek amacıyla kullanılan pil de bu bölümde yer alır.
- Giriş – Çıkış Modülleri: PLC 'nin sahadan gelen sinyalleri alan ve bu sinyallerin CPU 'da işlenmesinden sonra tekrar saha elemanlarına çıkış olarak gönderen modüllerin bulunduğu bölümdür. Girişler; şalterler, sensörler veya diğer açma – kapama düğmelerinden kontrolöre gelen sinyallerdir. Çıkışlar ise motorları veya valfleri çalıştırmak için kontrolörden sahaya gönderilen sinyallerdir.
- Hafıza: İki kısımdan meydana gelmektedir. Kalıcı hafıza, PLC'nin işletim sistemi ile ilgili program bu kısımda saklanır. Uçucu hafıza süreçle ilgili çeşitli verilerin ve PLC programındaki çeşitli hesaplamalarda elde edilen ara değerlerin saklanmasında kullanılır. Bu hafıza tipinde bilgi kaybını önlemek için genellikle hafıza pilleri veya büyük kondansatörler kullanılmaktadır.

CPU, uygun çıkış sinyallerine karar verebilmek için kontrolöre gelen giriş sinyallerini hafızasındaki programa göre işleyerek çeşitli lojik işlemlerini yerine getirir ve sahaya çıkış olarak gönderir. PLC 'nin hafızasındaki program bir programlayıcı yazılım aracılığıyla yazılır. Bu yazılım genelde her firmanın kendi ürününe göre geliştirdiği programlardır. Fakat, mantık olarak hepsi birbirine benzer yapıdadırlar.

Bir PLC programı üç farklı şekilde yazılabilir. Birincisi, programlama dili mantığıyla komut satırları şeklinde yazılan STL biçimidir. İkincisi en yaygın PLC

programlama dili olarak bilinen kumanda devrelerine benzeyen merdiven diyagramı biçimidir. Merdiven diyagramı, kontrol devresinin fonksiyonlarını şematik olarak göstermeye yarayan sembol sistemidir.[9] Sonuncusu da her devrenin ve fonksiyonun bloklar halinde yerleştirilerek programın yazıldığı fonksiyon bloğu diyagramı biçimidir.

PLC 'ler kesikli üretim sistemlerinde oldukça hızlıdır. Ayrıca, PLC 'lerin tercih edilme nedenlerinden birisi de programlama dilinin fabrika personeline daha anlaşılır gelmesi ve kullanıma karşı dirençlerin az olmasından kaynaklanmaktadır.[17] Fakat bu programlama dilleri analog yani sürekli kontrol için pek uygun değildir. PLC 'lerle analog kontrol yapmak oldukça zor ve mecbur kalınmadıkça çok tercih edilmeyen bir işlemdir.

4.3.2 DAĞITIK KONTROL SİSTEMLERİ (DCS)

Dağıtık kontrol sistemleri (DCS) ilk olarak 1970'lerin ortalarında Honeywell ve Yokogawa ortaklığı tarafından geliştirilmiştir.[14] DCS 'ler prosese yönelik bir kontrol sistemidir yani asıl amaç proses konroldür ve sürekli üretim sistemlerinin kontrolünde kullanılırlar. Sürekli kontrol uygulamalarında, kontrolör ve hareketi sağlayan sistemler sabit çalışır.[15] DCS 'lerde ekipmanlar fonksiyonlarına göre sahada farklı bölgelere yerleştirilmiştir. Merkezi kontrol odası ve giriş/çıkış modülleri birbirlerine yakındır. Merkezi kontrol odasında bulunan operatörler, buradan prosesi takip ederler ve gerekli ayarlamaları yaparak sistemin, proses değişkenlerini (PV) istenilen değerlerde tutmasını sağlarlar. Bu odadan operatör proses noktalarını gözetleyek kontrolü izler. Buna karşın; sistemin kontrol edici noktaları ise proses alanında kontrol edilen bölgelerin yakınında yer alır. Sahada bulunan kontrolörler analog girdilerin ölçümü ve çıkış sinyallerinin yaratılmasıyla proses koşullarının değiştirilmesi olmak üzere iki farklı temel fonksiyonu yerine getirirler.[17] Kontrolörle operatör arasındaki bağlantının kesilmesi durumunda saha kontrolörleri yerel olarak çalışmaya devam ederler. Bu özellik DCS 'lerin üretim sağladıkları katkılardan birisidir. Bu özellik sayesinde üretim aksaklığı yaşanmamış olur. Şekil 4.12'de örnek bir DCS sisteminin yapısı verilmiştir. [14]

arızalanan bir parçanın yerini alabilecek yedek parçaları içerecek şekilde dizayn edilirler. Güvenilirlik açısından bu da önemli bir nokta olup, üretime katkı sağlanan maddeler arasında sayılabilir.

Dağıtık Kontrol Sistemleri analog, dijital ve hatta pnömatik kontrolörlerle uygulanabilirler.[17] DCS 'lere operatör giriş/çıkışı, temel kontrol algoritmaları ve sistem işleyişi gibi fonksiyonlar sistemin farklı elemanlarına yerleştirilmiştir. Bu yazılımlarda PID kontrolün yanısıra; kaskat kontrol, oran – akış kontrolü, ileri beslemeli kontrol ve diğer ileri proses kontrol algoritmaları kullanıma hazırdır.

DCS 'ler sahadaki kablo maliyetlerini düşürür ve doğru sinyal iletimine olanak sağlar.[17] Ayrıca, veri yoğunluğu ve güvenilirliği bakımından oldukça üstün sistemlerdir. Yüksek hızlı iletişim ağlarını kullanırlar ve bu hız sayesinde dijital motor sürücüleri gibi teknolojik saha elemanlarıyla, SCADA gibi operatör – makine iletişimini sağlayan sistemlerle kolayca haberleşebilirler. Bir DCS ağında mühendis veya operatör veri yolu üzerindeki güncel bilgilere hızlı bir şekilde erişebilirken; proseste meydana gelen değişiklikleri de çok kısa bir sürede algılar. Ayrıca, istenildiği takdirde geçmiş zamanlarda proseste yer alan herhangi bir veriye de ulaşılabilir. Örneğin, buhar hattının debisinin ölçüldüğü ve kontrol edildiği bir bölgeden geçen yıl bu zamanlarda ölçülen debi miktarı görülebilir.

Tüm bu üstün özellikleri nedeniyle dağıtık kontrol sistemleri oldukça maliyetli sistemlerdir. Çünkü, veri iletişiminin bu kadar hızlı ve güvenilir bir şekilde sağlandığı bu sistemlerde kullanılan ekipmanlar da yüksek kalitede olmaktadır. Gerek yüksek maliyetleri, gerekse son yıllarda proses kontrolde yaşanan hibrit kontrol sistemleri gibi yeni gelişmeler DCS sistemlerinin kullanım alanlarını sınırlamaktadır. Dağıtık kontrol sistemleri günümüzde sadece büyük ölçekli ve sürekli üretim yapan işletmeler tarafından tercih edilmektedir.

4.3.3 HİBRİT KONTROL SİSTEMLERİ

Bilindiği gibi kontrol sistemleri işledikleri işaretlerin türüne göre sınıflandırılabilirler. Sürekli işaretlerle çalışan sistemler sadece sürekli işaretleri yani analog sinyalleri kullanırlar. Buna karşın, ayrık veya lojik kontrol sistemleri de sadece örneklenen veriyi veya lojik işaretleri işlerler. Son yıllarda ortaya çıkan ve proses kontrolde adından sıkça bahsettirmeye başlayan hibrit kontrol sistemleri ise hem sürekli hem de ayrık işaretleri işleyebilecek yetenekte sistemlerdir.

Dijital bilgisayarların geniş bir biçimde kullanılmaya başlanmasıyla sürekli ve ayrıık sistemlerin karışımı olan bu yeni tür sistem ortaya çıktı.[19]

Hibrit kontrol sistemleri, PLC ve DCS sistemlerinin birleşimi olarak düşünülebilir. Kapasite olarak DCS 'lerden küçük, PLC 'lerden ise büyük sistemlerdir. PLC 'lerin sürekli (analog) kontrollerdeki yetersizliği; DCS 'lerin ise pahalı ve zor programlanabilir sistemler olması hibrit kontrol sistemlerinin ortaya çıkış noktasıdır. Hibrit kontrol sistemleri PLC 'lerin lojik, DCS 'lerin ise analog özelliklerini kapsayan yapıdadırlar.

Hibrit kontrol sistemlerinin ayrıık kontrol kısmı, şartlar uygunsa, tüm sistemin bir diğer kontrol kurallarından oluşan kümeye atlamasına karar verir. Sürekli kısım ise bu yeni kurallara göre çalışır.[19]

Hibrit kontrol sistemlerinin üstün oldukları diğer bir nokta da yazılımlarıdır. Bu sistemlerde PLC sistemlerinde olduğu gibi merdiven diyagramı mantığıyla ya komut satırları yöntemiyle program yazılmasına gerek yoktur. Her kontrol modülü veya fonksiyonu sistem kütüphanesinde bloklar halinde hazır olarak bulunur. Programlama da yapılan tek şey, gerekli blokların seçilerek çalışma sayfasına taşınması ve birbirleriyle birleştirilmeleridir. Aslında yazılım PLC sistemlerini batch ve proses kontrole adapte etmek amacıyla uygulamayı hızlandırıcı, kullanımı kolay ve düşük maliyetli bir teknoloji getirmektedir.[20] Kısacası, ayrıık otomasyonun tüm fonksiyonlarını ve gücünü proses kontrol uygulamalarına taşımıştır.

Hibrit kontrol sistemleri, yazılımının gücü sayesinde DCS 'in ileri strateji ve bileşenlerini kullanarak proses kontrol sisteminin tasarımını, uygulamasını, dökümantasyonunu ve bakımını çok kolaylaştırmıştır. Ayrıca, hibrit kontrol sistemleri PLC 'lerin Windows – HMI tabanlı teknolojileri ile DCS 'in konfigürasyon stratejilerini birleştirmiştir.[20] Hibrit kontrol sistemlerini bu kadar yaygınlaştıran en önemli etkenlerden birisi de Windows tabanlı yazılımlar kullanmasıdır. Bu sayede hem kullanım kolaylığı hem de zaman tasarrufu açısından oldukça başarılıdırlar.

Yukarıda da belirtildiği gibi hibrit kontrol sistemleri, DCS 'lere göre daha küçük yapıda ve düşük maliyetli sistemlerdir. Bir hibrit sistem geleneksel bir DCS'le karşılaştırıldığında %30 - %40 maliyet avantajı sağlarlar. Yapı olarak küçük olmaları tabi ki büyük proseslerde kullanılamayacakları anlamına gelmez. Esnek yapıları

sayesinde birden fazla kontrolör birbirleriyle haberleşme sağlayarak veri transferi yapabilirler. Böylece sistem belirli ölçülerde birleştirilerek ihtiyaç dahilinde genişletilebilir.

Hibrit kontrol sistemleri, sistem uygulamasını, programlamasını, geri besleme bilgilerini alma, geçmiş bilgileri saklama, grafik analizi gibi birçok işlemi hızlandırmıştır. Yapılması gereken tek şey projenin tasarımı ve özelliklerinin iyi belirlenmesidir. Yazılımların kullanım kolaylığı sayesinde sadece boşluk doldurmalarla giriş/çıkış modüllerinin tipleri ve özellikleri sisteme girilir. Kütüphaneden seçilen fonksiyon blokları birleştirilerek kontrol stratejisi geliştirilir. Her şey tanımlandıktan sonra yazılım noktaların veri tabanını otomatikman oluşturur ve insan – makine ara yüz programının kullanımına hazır hale getirir. Yazılımın özellikleri sayesinde PID kontrol katsayıları ve parametreleri çok kısa bir sürede ayarlanabilir.

Hibrit kontrol sistemlerindeki giriş/çıkış modülleri temel olarak dörde ayrılır. Bunlar; dijital giriş, dijital çıkış, analog giriş ve analog çıkıştır. Dijital giriş, başladı, çalışıyor, hazır, hata gibi sahadan gelen dijital sinyalleri; analog giriş ise hız, akım, sıcaklık, basınç, debi gibi sürekli sinyalleri temsil eder. Dijital çıkış, bir lambayı yakmak, motoru çalıştırmak, durdurmak, aç-kapa vanayı açıp kapatmak gibi sahaya gönderilen dijital sinyalleri; analog çıkış ise motor hızı, oransal vananın açıklık oranı gibi sahaya gönderilen sürekli sinyalleri temsil eder.

Son yıllarda proses kontrol sistemleri TCP/IP protokolünü kullanan ethernet bağlantısıyla güçlendirilerek işletme ağ yapılarına bağlanabilme özelliklerini taşımaya başlamışlardır. Bu özellik sayesinde prodesteki her veri sistem ağ yapısında bulunan her program için kullanılabilir konumuna gelmektedir. ERP, MES sistemleri bu verilerden yararlanarak proses kontrolün üretim üzerindeki etkisini arttırmaktadır. Bilgi çağının en önemli elemanı olan verilere tüm işletmenin ihtiyacı vardır. Proses kontrol sistemlerinin kullanılmasıyla elde edilen bu veriler üretim planlamadan, satın almaya; finanstan pazarlamaya kadar işletmenin her noktasında üretime katkı sağlamaktadır. Sistemi ethernetle ağa bağlamak, dünyaya bağlamaktır.[20]

Görünürde, kontrol yazılımları verileri toplama, depolama, analiz etme, grafiklere yerleştirme özelliklerine sahiptirler. Bu nedenle elde edilen bu veriler üretim planlamada kalite kontrol uygulamalarında da kullanılabilirler.

4.4 İNSAN MAKİNE ARA YÜZ SİSTEMLERİ

Proses kontrolde yapılan işlemler otomatik olarak adlandırılrsa da tüm kontrol hiçbir zaman tamamıyla sisteme bırakılmaz. Otomasyonun mükemmel olduğunu iddia etmek pek akıllıca değildir ve insanlar otomasyon üzerinde sınırsız otoriteye sahip olmak isteğinde olabilirler. Bu açıklamalar mantıklı ve makuldür çünkü makine zekasının, yüksek kapasitelerine rağmen, mükemmel olduğunu kabul etmek gerçekçi değildir.[21] Otomasyon demek tamamen insansız kontrol demek değildir. Bazı kontrollerin ve ayarlamaların mutlaka operatörler tarafından yapılması gerekmektedir. Ayrıca kontrol edilen sistemdeki bilgilerin de operatörler tarafından izlenilmesi ve takip edilmesi gerekir. İnsan – makine ara yüz (HMI) sistemleri, proses kontroldeki verileri operatörlerin anlayacağı biçime getiren sistemlerdir. Bu sistemlerde genelde grafikler, prosesi temsil eden model resimler, mimik diyagramlar, sistemden toplanılan verilerle bütünleştirilerek estetik açıdan göze hoş gelen ve anlaşılması kolay tasarımlar kullanılır.

Operatör paneller ve SCADA sistemleri en önemli iki insan – ara yüz sistemleri olarak tanımlanabilir.

4.4.1 OPERATÖR PANELLER

Operatör paneller, proses kontrol sistemlerine bağlanan ve onlardan aldıkları verileri operatörün anlayacağı biçime sokarak ekranda gösteren monitörlerdir. Operatör panellerin yazılımları aracılığıyla çizimler yapılarak proses modelleri ekrana konulur. Proseste kullanılan veriler çizimlerin üzerlerine yerleştirilerek çeşitli özellikte sayfalar yapılır. Veri okunan noktalar, grafiklere aktarılarak analiz yapılması sağlanır ve bu grafikler sayesinde geçmiş dönemlere ait bilgiler saklanabilir.

Operatör paneller genelde prosese yakın bir yere yerleştirilir. Kumanda panelinin üzeri yani kontrolöre de yakın olması da tercih edilebilir. Operatörün işlem yaparken herhangi bir tersliğe karşı prosesi gözlemlemesi gerekebilir. Ayrıca, operatörün bilgi alabilmesi için de panelin yanına gitmesi gerekmektedir.

Dokunmatik ekranlı operatör paneller, otomasyon adacıklarının kontrolünde oldukça yaygın olarak kullanılan düşük maliyetli sistemlerdir.

4.4.2 SCADA SİSTEMLERİ

SCADA, Supervisory Control and Data Acquisition kelimelerinin ilk harflerinden oluşturulmuş bir kısaltma olup, prosesler için gözetleyici denetim ve veri toplama işlemlerini yapan sistemler anlamına gelmektedir. SCADA sistemleri, fabrikadaki hammadde, üretim ve mamul madde takibi gibi proseslerin denetiminde kullanılan DCS ve PLC gibi sistemlerle birlikte fabrikanın üretim kontrolü ve takibine yönelik bir alt yapı oluştururlar. Bu alt yapının imkan verdiği ölçüde üretim kaynakları planlaması (MRPII) ve işletme kaynakları planlama (ERP) sistemleriyle gerekli bağlaşımlar kurularak ideal bir yapıya erişilebilir. Amaç en düşük maliyetle, daha kaliteli ve daha çok üretmek için gerekli yapıyı kurmaktır. İşletmedeki tesislerden en yüksek verimlilikle yararlanmak, yöneticilerin işletmeye ve üretim bilgilerine tam olarak hakim olmasıyla sağlanabilir. SCADA yazılım paketleri endüstriyel tesislerde alt yapı yazılım görevini üstlenir ve fabrika içi ile dışındaki ağlara bağlanarak şirketin bütün katmanlarının uyum içerisinde çalışmasına imkan verirler. SCADA işletme genelinde herkese, her zaman erişebilecekleri, prosesle ilgili gerçek zamanlı ve ayrıntılı veriyi sağlamaktadır.

SCADA sistemlerinin en çok kullanıldığı alanlar proses kontrol ve enerji sistemleridir. SCADA sistemleri, hidroelektrik, nükleer güç üretimi, doğalgaz üretim ve işleme tesislerinde, gaz, yağ, kimyasal madde ve su boru hatlarında pompaların, valflerin ve akış ölçüm ekipmanlarının işletilmesinde, kilometrelerce uzunluktaki elektrik aktarım hatlarındaki açma kapama düğmelerinin kontrolü ve hatlardaki ani yük değişimlerinin dengelenmesi gibi çok farklı alanlarda kullanılabilmektedir.

Kapsamlı ve entegre bir veri tabanlı kontrol ve gözetleme sistemi olan SCADA kontrol sistemi sayesinde, bir tesise veya işletmeye ait tüm ekipmanların kontrolünden üretim planlamasına, çevre kontrol ünitelerinden yardımcı işletmelere kadar tüm birimlerin otomatik kontrolü ve gözetlemesi sağlanabilir. SCADA kontrol sistemleri değişik işletmelerin tüm kontrol ihtiyaçlarının kademeli (katmanlı) olarak gerçekleştirilmesine imkan tanır. Bu katmanlar, işletme kaynak yönetimi katmanı, işletme yönetim katmanı, proses kontrol katmanı ve işletme kontrol katmanı olarak sayılabilir.

Proses kontrol sistemlerinde, mekanik ve elektronik aygıtlar arabirimlerle bağlanarak işletme fonksiyonlarını yürütürler. Kontrol komutları bu düzeyde tesisin çalışmasını sağlayan elektriksel sinyallere ve makine hareketlerine dönüşür, bu dönüşümler elektronik algılayıcılar aracılığıyla toplanır. Toplanan bu veriler elektrik işaretlerine çevrilerek SCADA sistemine aktarılır. Aktüatörler, tahrik motorları, vanalar, lambalar, hız ölçü cihazları, yaklaşım detektörleri, sıcaklık, kuvvet ve moment elektronik algılayıcıları burada bulunur. SCADA sisteminden verilen komutlar, bu katmanda, elektrik işaretlerine çevrilerek, gerçek dünyada istenen hareketlerin oluşması sağlanır.

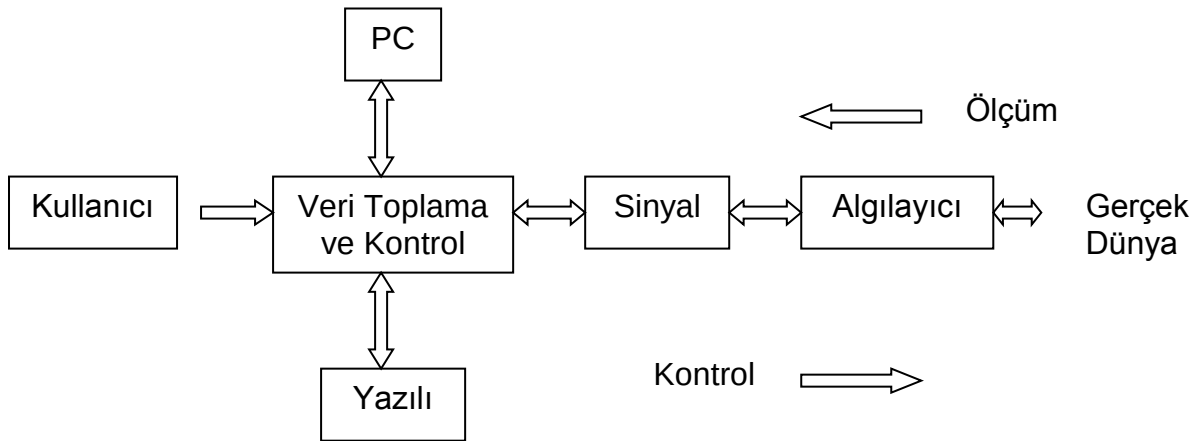
SCADA sistemi operatörler için ileri düzeyde kontrol ve gözetleme özellikleri sağlamalıdır. Genel olarak SCADA sistemi, uygulamada şu imkanları sağlayabilir.

- Kullanıcı tarafından tanımlanmış işletmeye ait parametreler (seviye, sıcaklık, basınç, dijital sinyaller, vana ve motor durumları, sistem durumu vb.) vasıtasıyla işletmenin takibi
- Reçete ekranları vasıtasıyla, üretim reçetelerinin girilmesi ve işleyen reçeteler hakkında operatörün bilgilendirilmesi
- Parametre ekranları vasıtasıyla, sistem için gerekli olan limit değerlerin (set-point, alt ve üst alarm değerleri) girilmesi
- P, I, D parametrelerinin girilebilmesi ve gözetlenmesi
- İşletme değerlerinin tarihsel ve gerçek zamanlı trendlerinin tutulması
- Anlık ve periyodik raporların (üretim, reçete, stok vb.) alınması
- Otomatik çalışan sisteme, SCADA ekranlarından manuel müdahale imkanı
- Alarm ve durumların gösterilmesi ve yazıcıya ve/veya veri tabanına kayıt edilmesi
- İleri düzeyde kalite kontrol (örneğin istatistiksel proses kontrol) desteği

Entegre bir SCADA sisteminde merkezi kontrol odası; bilgisayar ağı, bilgisayar destekli paket uygulamaları, insan-makine iletişimi için bilgisayarlar, işletme fonksiyonlarını yerine getirecek yazılımlar, yazıcılar ve destek donanımlarından oluşur.

SCADA paketi, insan-makina iletişimini sağlarken, kontrol sisteminin ve işletmenin değişik durum ve hallerini, farklı ekran tipleri ile görebilme imkanı sağlar. Bu ekranlar, Genel Görünüm Ekranları, İşletme Ekranları, Obje veya Nesne Ekranları, Rapor Ekranları, Eğri ve Trend Ekranları, Reçete Ekranları, Arıza ve İhbar Ekranlarıdır.

Saha cihaz ve noktalarından elde edilen gerçek zamanlı arızaların tespiti, arızanın işletmenin hangi bölgesinde olduğunun ve önem derecesi belirlenerek filtrelenebilmesi ve öncelik seviyesinin tespiti, arızanın giderilmesi ile ilgili yapılan çalışmaların operatör veya bakımcı tarafından not olarak belirtilebilmesi, arıza ve arıza ihbarlarının tarihsel özetinin ekrandan ve yazıcıdan alınabilmesi ve sabit disk veya sunucuya kaydedilebilmesi arıza ihbar işlemlerini yerine getiren bir kontrol ünitesinden beklenen özelliklerdir. Bilgisayar tabanlı bir SCADA sisteminin temel yapısı Şekil 4.13 'de verilmiştir.



Şekil 4.13 SCADA Sisteminin Temel Yapısı

SCADA sistemleri üretimin her alanında kullanılmakta ve kullanıldığı tesislere zaman, maliyet gibi kavramlarda çok büyük avantajlar sunmaktadır. SCADA sistemi merkezi bir kontrol odasında, bir veya birkaç monitör üzerinden tesisin ayrıntılı olarak izlenmesi ve kontrol edilmesini sağlar. Prosese ait bütün üretim ve işletim verileri kayda alınır. Üretim ve işletim verilerinin kayda alınması işlemini raporlama olarak adlandırabiliriz. SCADA sistemleri aracılığı ile aynı zamanda prosesleri uzaktan kumanda edebilme imkanına da erişmiş oluruz. Tesisin ayrıntılı akım şeması monitörde belirlenir. Şema üzerinde akış yönü ve akışkan cinsleri belirtilerek proses sürekli izlenebilir. Şekil 4.14'de örnek bir SCADA ekranı

görülmektedir. [22] Bunların yanı sıra SCADA sistemleri üretim tesislerinde aşağıda belirtilen amaçlar için de kullanılabilir.

- Prosese ait bütün çalışan ekipman motor ve vanalar ekranda belirlenir açık / kapalı konumları sürekli izlenir, arızaları ikaz edilir.
- Çalışan bir pompa arızalanınca yedek olan pompa otomatik olarak devreye girer arızalanan pompa ekranda ihbar edilir
- Çalışan motorlar belirli zaman aralıklarında yedekleri ile değiştirilerek dinlendirilir. Böylece aynı motorun sürekli çalışması önlenir.



Şekil 4.14 Örnek Bir SCADA Ekranı

- Prosesle ilgili parametrelerin birinci, ikinci, üçüncü kademedan yetkililer tarafından değiştirilebileceği özel kodlarla belirlenir.

Tesis işletimindeki bütün işlemler kayda alınır. Bu işlemleri açma, kapama, çalıştırma, durdurma, arıza alarmı gibi işlemler olarak sıralayabiliriz.

- Bütün değişken değerlerin grafikleri çizilerek, istenirse anlık, dakikalık değerler olarak listeler halinde yazıcıdan alınabilir.

- İstenen bir proses için kayıtların hepsi hafızada muhafaza edilir. Örneğin bir ay önceki bütün kayıtlar yazıcıdan alınabilir.

SCADA kullanımı daha öncede belirtildiği gibi bir çok endüstri alanında ve bir çok üretim tesisinde çeşitli kolaylıklar sağlamaktadır. SCADA sistemleri çimento sanayinde fırınların kontrolü ve üretim otomasyonunun sağlanması gibi işlevlerle kullanılmaktadır. Seramik sanayinde hammadde hazırlama, reçete bazında üretim, fırın kontrolü, Gıda sanayinde reçete bazında üretim, Kağıt sanayinde enerji dağıtım kontrolü, üretim otomasyonu ve Kimya sanayinde reçete bazında üretim kontrolü ve otomasyon gibi farklı ihtiyaçları karşılayabilmek için SCADA sistemleri kullanılmaktadır.

SCADA sistemlerinin üretime sağlayacağı faydalardan en önemlileri ise şunlardır:

- Üretim hattından alınacak olan veriler sayesinde sistemin üretimini artırmak mümkün olabilecektir.
- Üretim hattının enerji harcamaları, duruş ve arıza sürelerinin ve süreçte harcanan yan maddelerin tespiti ile kesin maliyetlerin hesaplanması mümkün olabilecektir.
- Üretim hattının üretim kalitesi devamlı gözlendiği ve kaydedildiği için ürün kalitesi artacaktır.
- Bazı üretim kollarında üretim ile ilgili bilgilerin uzun süreli olarak saklanması gerekmektedir. Bu işlem SCADA sistemi ile yerine getirilebilir.
- Arıza ve olağan dışı durumlarda bir hat veya bölümdeki üretimin diğer hatlara kaydırılması ve bunun sonuçlarının daha önce toplanan verilere dayanarak tahmin edilip gözlenmesi mümkün olacaktır.
- Üretim planlanırken üretim hatlarının kapasiteleri ve verimlilikleri göz önünde bulundurulabileceğinden daha optimum üretim planlaması mümkün olacaktır.
- Üretim hattında oluşabilecek problemler anında tespit edileceğinden, probleme gerekli kişilerin müdahalesi vakit kaybı olmadan sağlanabilecektir.
- Üretim hattındaki makinelerin çalışma süresi varsayılan sistem tarafından tespit edileceğinden, bakım yönetim programlarının daha sağlıklı ve gerçekçi kullanılması mümkün olacaktır.

- MRP sistemlerinin en büyük ihtiyaçlarından bir tanesi üretim hattı ile bağlantı halinde olmalarıdır. SCADA sistemleri sayesinde MRP sistemleri sağlıklı bir şekilde fabrika sahasından bilgi edinerek gerekli işlemleri gerçekleştirme imkanlarına sahip olacaktır. [22]

4.5 PROSES KONTROLÜN ÜRETİME KATKILARI

Üçüncü bölümde proses kontrol sistemleri detaylı olarak tanıtılmış ve üretime kattıkları yer yer vurgulanmıştır. Bu katkıların en önemlilerini kısaca özetlemek gerekirse; maliyet, hız, güvenlik, kalite ve çevre koşulları olmak üzere ana başlıklar halinde sınıflandırılabilir.

Proses kontrol artık üretim sistemleri içini ek bir unsur değil; vazgeçilmez bir ihtiyaç olarak düşünülmelidir. Zaten günümüzde otomasyonun ve kontrolün olmadığı, sadece el ile kontrol edilen proseslerden de söz etmek pek mümkün değildir. Artık işletmelerde prosesin kontrol edilip edilmeyeceği değil; proses kontrolün nasıl ve hangi derecede yapılacağı, maliyetlerin nasıl düşürüleceği ve proses kontrolün işletmeye getirileri tartışılmaktadır. Bir işletmenin öncelikle otomasyonu sağlanacak bölgede işlemlerin ne kadar kolay ve elverişli hale getirileceği sorusuna cevap aranmalıdır.[11] Yukarıda bahsedilen kriterlerin üretime sağladıkları ana faydalar şu şekilde sıralanabilir:

- **Maliyet:** Proses kontrolün maliyet açısından işletmeye kazandırdıkları belki de kontrol stratejisinin seçiminde etkili olan en önemli noktadır. Tüm kontrol sistemleri kısa vadede işletmeye yüksek maliyetler getirir de, burada dikkat edilmesi gereken nokta yatırımın geri dönüş oranıdır. Kantitatif bir model olmadan maliyet ile yararın başa baş noktasını ölçmek mümkün değildir.[21] Yani bir işletmede kullanılan kontrol sisteminin maliyeti kısa vadede katlanılması zor gibi görünür fakat, projenin kendini sıfırlamasından sonra sistemin üretimde sağladığı katkılar orta ve uzun vadede işletme maliyetlerinin büyük ölçüde azalmasına neden olur.

Kontrol sistemleri sayesinde personel sayısında azalma, yüksek hassasiyet sonucu defolu ve hasarlı ürün miktarlarının azalması, üretim hızının artması gibi etkenler direk olarak maliyeti düşüren etkenlerdir.

- **Hız:** Hız faktörü maliyet faktörünü etkilese de pazar açısından değerlendirme yapıldığında ayrı bir madde olarak incelenmesinde yarar vardır. Proses kontrol sayesinde üretim hızında gerçekleşen artış, pazara da yansiyarak taleplerin daha kısa sürede karşılanmasını sağlar. Bu da müşteri memnuniyeti başta olmak üzere birçok kriteri olumlu yönde etkiler.
- **Güvenlik:** Proses kontrol sayesinde işletme içi güvenliği de gözle görülür şekilde artar. İnsan unsurunun olduğu her yerde kaza riskinden bahsetmek mümkündür. Özellikle kaza riski yüksek olan proseslerde insan unsurunun azaltılarak, kontrolün sisteme bırakılması güvenliği artırıcı ve çok tercih edilen bir husustur.
- **Kalite:** % 0,01 seviyesinde bir hassasiyeti insan kontrolüyle sağlamak elbette ki pek mümkün değildir. Proses kontrol sistemleri sayesinde bu kadar yüksek hassasiyetin sağlanması sonucu ürün kalitesi de çok yukarılara çıkmaktadır. Kalitenin artması da maliyet ve müşteri memnuniyetini kriterlerini etkiler.
- **Çevre:** İşletmelerde insan sağlığını tehdit edecek prosesler de mevcuttur. Kimyasal maddelerin başını çektiği bu proseslerde insan sağlığıyla oynayıp personeli riske etmek yerine kontrol sisteme bırakılmaktadır. Böylece işletmeler de büyük bir yükümlülüğten kurtulmaktadır. Nükleer enerji santral işlemlerinde, insan operatörlerinden belirgin bir direktif almadan, otomasyon tarafından alınan otomatik eylemler görmektediriz.[21]

5. BİR KİMYA İŞLETMESİNDE GERİ KAZANIM AMAÇLI BİR PROSES KONTROL PROJESİ UYGULAMASI

Bu bölümde daha önce anlatılan konuların uygulaması olarak gerçekleştirilen bir proses kontrol projesinin işleyişi anlatılacaktır. Yalova'da bulunan Aksa Akrilik Kimya Sanayi Ticaret A.Ş. fabrikasında gerçekleştirilen bu projede bir hibrit kontrolör ve bir operatör panel kullanılarak gerçekleştirilen geri kazanım amaçlı üretime katkıda bulunacak bir proses kontrol projesinin safhaları yönetimi ve detayları ele alınacaktır.

5.1 İŞLETMENİN PROFİLİ

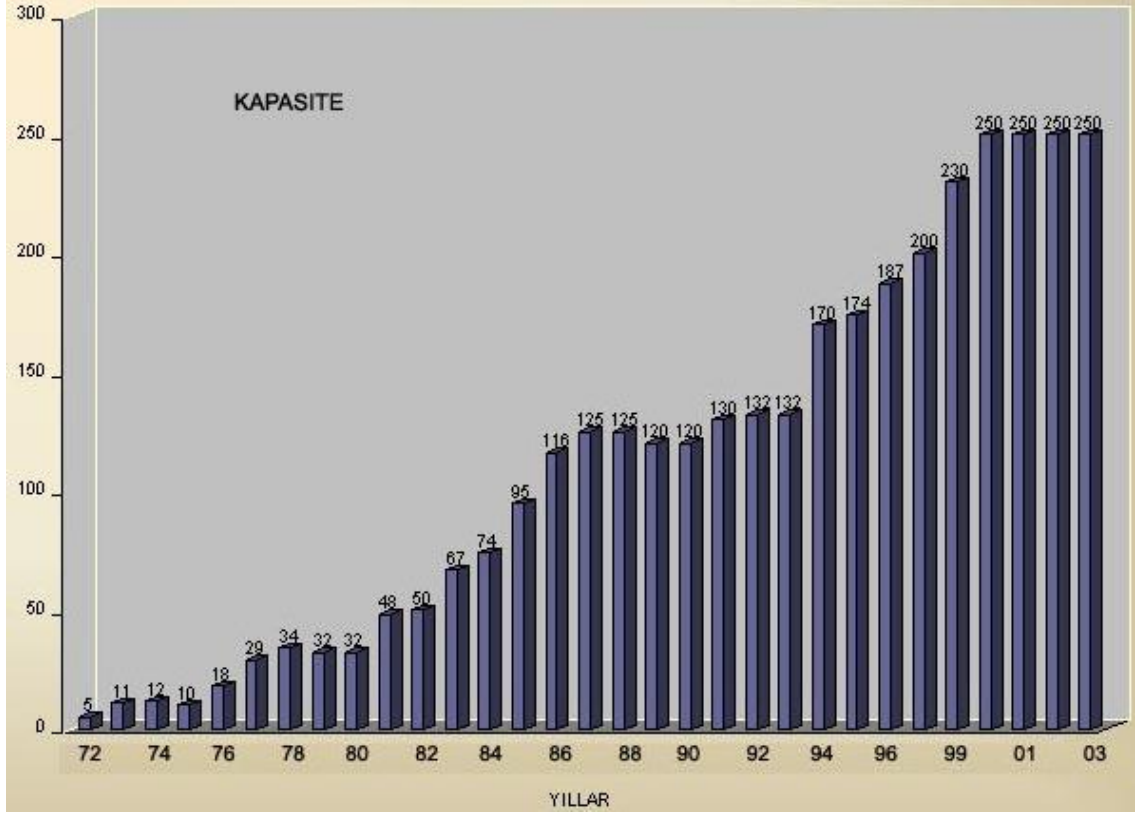
AKKÖK Şirketler Grubu'na bağlı olan Aksa Akrilik Kimya Sanayi Anonim Şirketi 1968 yılında kurulmuştur. 1971 yılında Yalova'daki fabrikasında 5000 ton/yıl kapasite ile üretime başlayan Aksa, bugün 250.000 ton/yıl kapasitesi ile dünyanın tek çatı altındaki en büyük entegre akrilik elyaf üreticisidir.(Şekil 5.1) [23] Aksa, 30 yılı aşkın geçmişi sonunda gelişmiş bir üretim teknolojisine sahiptir ve kendisini yenilemeye, geliştirmeye devam etmektedir.

Aksa, ilk defa 1977 yılında *AKSA®* ürünü ile dış pazarlara açılmıştır. Bugün Türkiye dahil 5 kıtada 50'den fazla ülkede 300'e yakın yerli ve yabancı sanayi kuruluşu Aksa'nın müşterileri arasındadır. Aksa Yalova'da kurulu 450 dönümlük bir alan üzerinde üretim yapmaktadır, şirket merkezi ise İstanbul'dadır.[24]

Aksa'nın ihracat yaptığı ülkeleri sıralarsak;

- **AVRUPA:** İtalya, Fransa, İspanya, İngiltere, Belçika, Yunanistan, Portekiz, Polonya, Macaristan, Malta, İsviçre, Makedonya, Rusya, Ukrayna, Beyaz Rusya, Çek Cumhuriyeti
- **AFRİKA:** Fas,Mısır,Kenya,Cezayir,Güney Afrika Cumhuriyeti,Tunus

- **ORTADOĞU:** Suriye, İran, Ürdün, İsrail, Suudi Arabistan
- **AMERİKA:** ABD, Meksika, Guatemala, Bolivya, Arjantin, Kanada
- **ASYA:** Çin, Pakistan, Hindistan, Endonezya, Nepal, Avustralya, Vietnam [25]

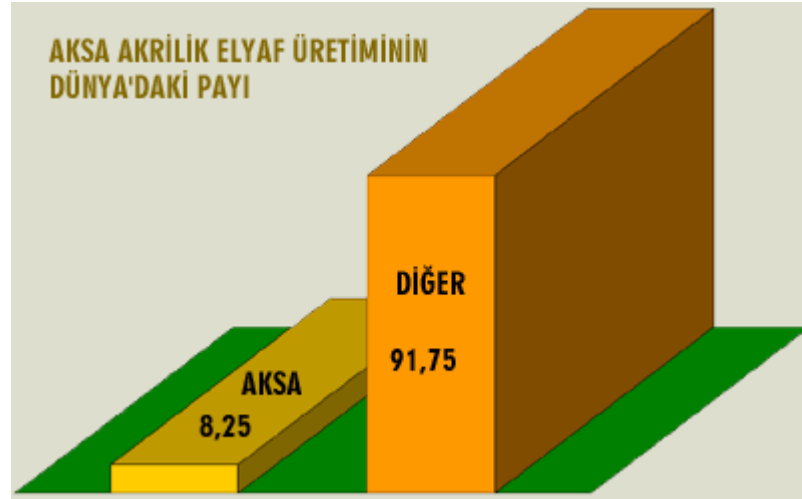


Şekil 5.1 Aksa'nın Üretim Kapasitesi

Yukarıda da belirtildiği gibi Aksa, Türkiye'nin ve dünyanın bir numaralı akrilik elyaf üreticisidir. Türkiye'de üretilen akrilik elyafın %85 gibi büyük bir oranını Aksa karşılamaktadır. (Şekil 5.2) Buna karşılık dünyadaki akrilik elyaf üretiminin ise %8.25'i Aksa fabrikalarında üretilmektedir. [23, 25] (Şekil 5.3)



Şekil 5.2 Türkiye’de Akrilik Elyaf İhtiyacının Karşılanması



Şekil 5.3 Aksa’nın Akrilik Elyaf Üretiminin Dünya’daki Payı

5.2 AKSA VE PROSES KONTROL

Uygulama projesinin gerçekleştirildiği Aksa işletmesi proses ve proses kontrol açısından değerlendirildiğinde bir kimya tesisi olmasının da etkisiyle bir hayli zengin bir işletmedir. Üretimde ve işletmenin diğer bölümlerinde hemen hemen her noktada bir proses dolayısıyla da proses kontrol söz konusudur.

Aksa’nın proses kontrol açısından belkemiğini oluşturan ve direk üretimi kontrol altında tutan sistem bir DCS sistemidir. Bölüm 3’te de detaylı olarak açıklandığı gibi DCS sistemleri sürekli üretim yapan büyük işletmelerde kullanılan,

ilk yatırım maliyeti oldukça yüksek olan büyük sistemlerdir. Honeywell firması tarafından tasarlanan ve şu anda çalışmakta olan DCS sisteminde fabrikanın her noktasından bilgiler taşıyan yaklaşık 3000 adet nokta mevcuttur. DCS'in en belirgin özelliği olan sahada dağınık halde bulunma özelliği Aksa'da da aynı şekildedir. Bu 3000 nokta işletmenin belirli noktalarına (prosesteeki yerleşime göre) dağılmış halde bulunmaktadır. Sahadan bu noktalar sayesinde toplanan bilgiler ise *Göz Ünitesi* adı verilen merkezi kontrol odasındaki ana bilgisayarlara gelerek operatörler tarafından 24 saat izlenmekte ve kontrol edilmektedir.

DCS sisteminin yanı sıra fabrikanın belirli bölümlerinde ise otomasyon adacıkları olarak adlandırılabilir ve kendi başlarına çalışan PLC'li ve Hibrit Kontrolör'lü sistemler de mevcuttur. Bu çalışmada anlatılacak olan proje de geri dönüşümü sağlayan ve hibrit kontrolörle sağlanan bir proses kontrol sisteminden oluşan bu otomasyon adacıklarından birisidir.

5.3 PROJENİN OLUŞUMU

Solvent maddesi, akrilik elyaf üretiminde hammaddenin polimerleştirilmesinde kullanılan bir maddedir. Bu madde üretim sonucunda ise atık madde olarak dışarı çıkmaktadır. Atık olarak çıkan solventin zararlı bir madde olması nedeniyle yok edilmesi gerekmektedir. Aksa, atık solventi biriktirerek belirli dönemlerde bir devlet kurumuna göndererek yakılmasını sağlamaktadır. Tabi tüm bu işlemler maliyet anlamına gelmektedir ve işletmeye de maddi açıdan kayıp verdirir.

Üretimde tekrar kullanılabilir bir maddenin bu şekilde atılmasını engellemek amacıyla bu çalışma gerçekleştirilmiş ve atılan solventin geri kazanımı ele alınmıştır. Fabrikadaki endüstri mühendisleri tarafından hazırlanan raporlar sonucunda bu işlemin proses kontrol sistemiyle çözülmesine karar verilmiş ve proje uygulamaya geçirilmiştir.

5.4 PROJENİN KONUSU

Solvent üniteleri katı atık sistemi ile birlikte atılan solventin geri kazanılması ve katı atığın arıtma ünitesinde bertarafı.

5.5 PROJENİN AMACI

Hali hazırda katı madde sistemin işlenen ve çıkışında ortalama %29 solvent içeren atıkların içindeki Solvent miktarını %10'un altına düşürmek, ayrıca katı atıkları arıtma sistemine besleyerek bertaraf etmek.

Projenin uygulanması sonucu ulaşılmak istenilen nokta ise Solvent tüketiminde ton/ton-tov bazında %7,89 azalma sağlamak. Atık su arıtma, atık nakliye ve bertaraf toplam maliyetini %5,7 oranında düşürmektir.

5.6 FİZİBİLİTE RAPORU

Projenin uygulamaya geçmesi için işletme tarafından bir fizibilite raporu hazırlanmıştır. Bu rapora göre projenin hayata geçirilmesi için iki alternatif öneri getirilmiş, sonucunda ise proses kontrol sistemi seçilmiştir. Konunun daha iyi anlaşılması açısından bu raporun mali detaylarını atlayarak özetinden bahsetmemiz gerekmektedir.

Yapılan çalışmalar sonucu hazırlanan bu fizibilite raporunun özeti şu şekildedir:

2003 yılında Solvent Geri Kazanım Ünitelerinde solventin geri kazanılması sürecinde oluşan katı atıkların sistemden uzaklaştırılması sırasında 122.640 kg/yıl Solvent kayıp edilmiştir. Bunun parasal olarak karşılığı ise 128.772 \$/yıl'dır. Bu kaybı geri kazanmak amacı ile katı madde sisteminde solventi düşürmek için iki alternatif üzerinde çalışılmıştır. Bunlar;

1) Tin Layer Evaporatör Sistemi: Bu sistem sayesinde solventin %5'e düşürülebileceği belirtilmektedir. Buna göre bu sistemin geri dönüş süresi yaklaşık olarak 3,5 yıl olarak bulunmuştur.

2) Paralel Çalışan proses kontrollü Pandrierlar: Pandrier adı verilen reaktörlü sistemde yıkama sayısını artırarak çalışmalar yapılmış ve sonuçta kalan katı atıktaki Solvent miktarı %6 civarına kadar düşürülebilmıştır. Ayrıca kalan katı atık

sulandırılarak arıtmaya da beslenmiştir. Pandrier sayısını artırıp paralel batch çalışan proses kontrollü 3 adet Pandrier kurulması durumunda geri dönüş süresi 3,9 yıl olarak bulunmuştur. Bunun için iki adet yeni Pandrier sisteminin yapılması ve bir adet mevcut Pandrier sisteminin yeni sistemin yanına taşınması düşünülmüştür.

Fizibilite raporunun sonuçları ise şu şekildedir:

- 1) Her iki çözümde de katı maddede kalan Solvent %5-6'lar civarına kadar düşürülebilmektedir.
- 2) Her iki çözümde de katı atık sulandırılarak santrifüj pompa ile kimyasal arıtma girişine beslenebilmektedir.
- 3) Laboratuarda hazırlanan Tin Layer Evaporatör çıkışını temsil ettiği düşünülen simülasyon numunelerinin analizlerine göre arıtma TKN kapasitesi yeterli gelmemektedir.
- 4) Pandrier sistemi yatırımı 598.700 \$; tin layer evaporatör sistemi yatırımı 913,000\$ olup, Pandrier sistemi geri dönüşü 3,9 yıl; Tin Layer Evaporatör sistemi geri dönüşü 3,5 yıl bulunmuştur.

Tin Layer Evaporatör sistemi yatırım tutarı çok yüksek ve sistem hakkında tecrübe sahibi olunmadığı için Pandrier sistemi kurulması tercih edilmiştir. Sisteme ileride Pandrier ilavesi ile kapasite artışlarını karşılamak daha kolaydır.[26]

5.6.1 PROSESİN İŞLEYİŞİ

İşletme tarafından hazırlanan fizibilite raporunun bir bölümünde de prosesin işleyişi anlatılmaktadır. Uygulanmasına karar verilen proses kontrol projesi için prosesin işleyişi çok önemlidir. Projenin uygulamaya sağlıklı ve verimli bir şekilde geçirilebilmesi için prosesin nasıl başladığının, nasıl sürdürüldüğünün kısacası her adımın detaylı bir şekilde kavranabilmesi gerekmektedir.

En basitinden kontrol açısından olayı incelersek, hangi adımda hangi vanaların açılacağı, hangilerinin kapanacağı; hangi motorların devreye gireceği ve devirlerinin ne olacağı gibi bilgiler kontrol sisteminin programlama bölümünde ihtiyaç duyulacak önemli bilgilerdir. Bu nedenle fizibilite raporunda proses kontrol programını gerçekleştirecek mühendisin anlayabileceği şekilde bir proses akış şeması olmalıdır. Her ne kadar proses akış şemalarında yukarıda belirtilen vana, motor gibi

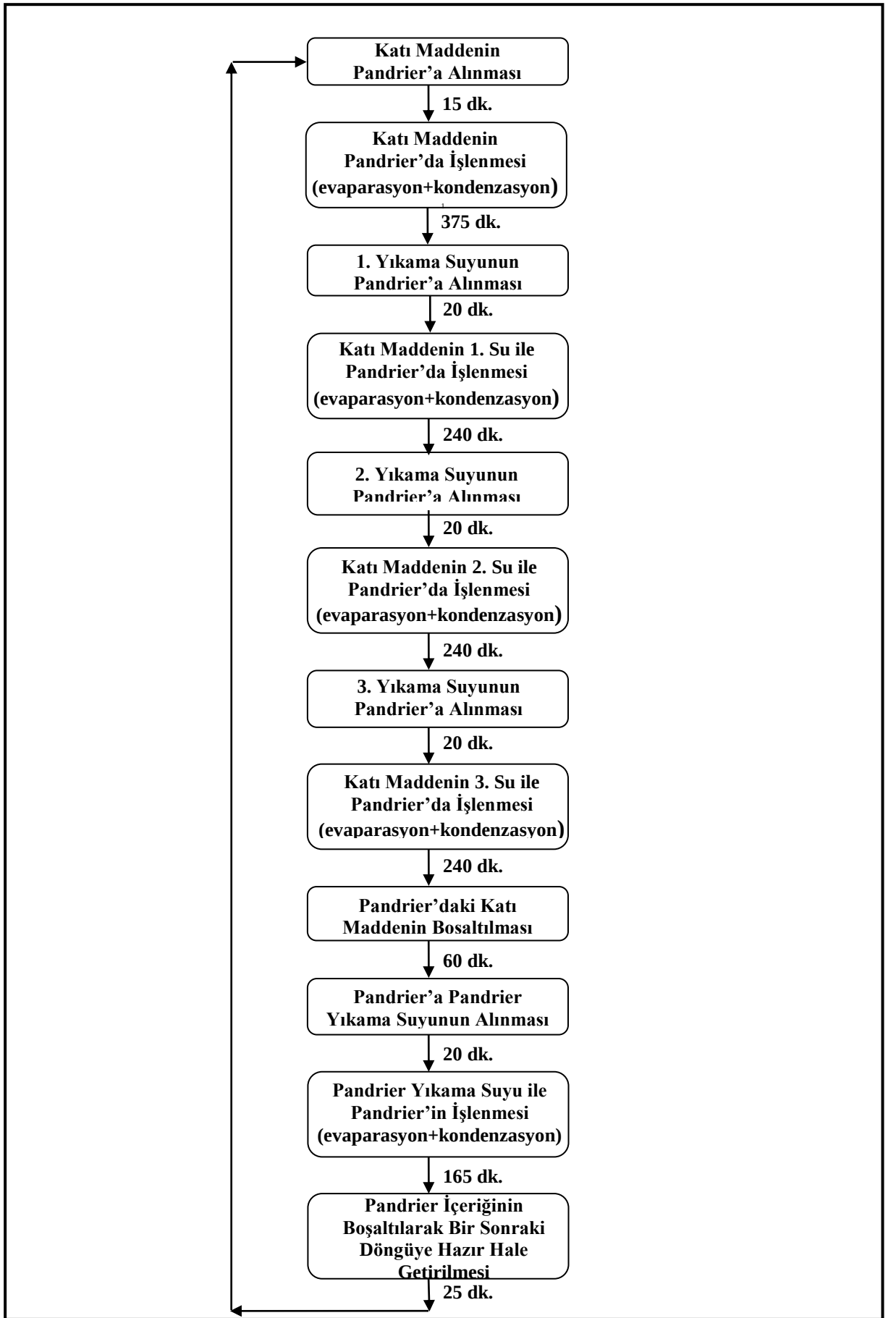
ekipmanların durumları yer almasa da, sistemin çalışma prensibi anlatılmaktadır. Daha detay bilgiler içeren ekipmanların çalışma şekilleri ve sıraları ise proje devreye alınmadan önce sahada işletmeciler ve operatörler tarafından programı yapacak mühendislerle verilir.

Bu çalışmada anlatılan Pandrier sisteminin proses akış şeması Şekil 5.4'te gösterilmiştir. Prosesin çalışma prensipleri ve özellikleri de şu şekildedir:

Mevcut durumda 201, 301 ve 401 hatlarından sırası ile 4000 kg/saat, 4000 kg/saat, 3000 kg/saat'lik katı madde olmak üzere toplam 11000 kg/saat katı madde çekişi 228, 328 ve 428 numaralı tanklara yapılmaktadır. Bu tanklardan Pandrier sistemine ise katı madde çekişi yukarıdaki miktarlar baz alınarak günlük 3168 kg'dır. Bu katı maddenin bileşenleri ise %25 katı; %71,76 solvent; %2,76 Asetik Asit ve %0,54 sudur. [26]

Kapasite açısından düşünüldüğünde, bir Pandrier 2500 kg katı madde işleyebildiğine göre iki adet Pandrier yeterli olacaktır. Arızı durumlar göz önüne alınarak ek bir Pandrier'ın konulmasında fayda olduğu düşünülmekte ve bu durumda toplam Pandrier sayısı üçe çıkmaktadır. Hali hazırda iki adet Pandrier bulunmakta ve bunlardan bir tanesi Akkim'e diğeri ise Akşa'ya hizmet etmektedir. Yeni yapılacak iki adet Pandrier ile Akşa'ya hizmet edecek Pandrier sayısı üç olacaktır.

Yapılacak Pandrier sistemi proses kontrollü olup; ana hatları proses akış şemasındaki gibidir. Sistem 6000 mm kodunda bulunacak üç adet Pandrier, 18000 mm kodunda bulunacak Pandrier'lara ait kondenser ve enjektör sistemleri ve zemin katta Pandrier'ların tam ortasında %10'luk süspansiyon tankı, kondens toplama ve bunlara ait pompalardan oluşacaktır.



Şekil 5.4 Pandrier Projesi Proses Akış Şeması

5.7 PROSES KONTROL PROJESİ

Prosesle ilgili bilgiler ve veriler hazırlandıktan sonraki aşama artık kontrol projesinin yapım aşamasıdır. Bu aşamada işletmeler, kendi yönetimlerinde belirlenen yöntemlerle projenin yaptırılacağı firmayla anlaşma sağlarlar. Örneğin Aksa işletmesi satın alma müdürlüğünün yönetimi ile her proje için en az üç firmadan teklif alıp; görüşmeler sonucu en uygun görülene projenin yapımını vermektedir. Pandrier sisteminin yapıldığı proses kontrol projesini de aynı şekilde merkezi İstanbul'da bulunan bir firma üstlenmiştir. Proje aşamasından devreye alma aşamasına kadar proje bu firmanın mühendisleri tarafından yönetilmiştir.

Çalışmanın bu bölümünde proses kontrol projesinin adımları açıklanarak proses kontrol projelerinin nasıl yönetildiği ve uygulandığı özetlenecektir.

5.7.1 NOKTALARIN BELİRLENMESİ

Proseste kontrol edilmek ve izlenilmek istenilen noktaların belirlenmesi ilk aşamadır. Prosesin Aksa tarafından çizilen proses ve enstrümantasyon (P&I) diyagramı incelenerek ve işletmenin onayı da alınarak sahadan bilgileri alınacak ve kontrolü yapılacak noktalar belirlenir. Ek-1'de sistemin proses ve enstrümantasyon diyagramı verilmiştir.

Bu noktalara dijital ve analog olmak üzere iki gruba ayrılır. Analog noktalardan sürekli işaretler (veriler); dijital noktalardan ise ayırık işaretler alınır. Kontrol edilmek istenilen analog nokta varsa analog kontrol; dijital nokta varsa dijital kontrol gerekmektedir. Kontrol için hem o noktadan toplanılan verilerin sisteme gelmesi; hem de bizim istediğimiz değerlerin sisteme gönderilmesi gerekmektedir. Sadece noktanın bilgileri görülmek isteniliyorsa yani nokta sadece indikasyon amaçlı ise o noktadan toplanılan veriler sisteme taşınır. Noktaların detayları ise sonraki adımlarda daha geniş bir biçimde anlatılacaktır.

5.7.2 GİRİŞ/ÇIKIŞ (I/O) LİSTESİNİN BELİRLENMESİ

Noktaların belirlenmesinden sonraki adım giriş/çıkış listesinin oluşturulmasıdır. Sistemde veri olarak kullanılacak her noktanın tipi belirlenerek bu liste oluşturulur. Üçüncü bölümde de anlatıldığı gibi noktalar dijital ve analog olarak

ikiye ayrılır. Bu iki tip de giriş ve çıkış olarak iki ayrı biçimde değerlendirilir. Yani sistemde dijital giriş, analog giriş olarak adlandırılan girişler; dijital çıkış ve analog çıkış olarak adlandırılan çıkışlar vardır.

Sistemdeki dijital girişler şunlardır:

- Aç/Kapat şeklinde çalışanlar vanaların açık/kapalı pozisyonları
- Motorların otomatik/manuel durumlarını gösteren indikasyonlar
- Motorların çalışıyor durumlarını gösteren indikasyonlar
- Motorların arızalı/arızasız durumlarını gösteren indikasyonlar

Sistemdeki analog girişler şunlardır:

- Sıcaklık, akış, basınç ve seviye algılayıcılarının topladıkları veriler
- Motorların hız bilgileri
- Motorların akım bilgileri

Sistemdeki dijital çıkışlar şunlardır:

- Aç/Kapat şeklinde çalışanlar vanaların aç/kapat komutları
- Motorların çalıştır/durdur komutları

Sistemdeki analog çıkışlar şunlardır:

- Oransal çalışan vanaların pozisyonları
- Kontrol edilecek motorların hızları

Yukarıdaki maddelerden de anlaşılacağı gibi sadece izlenilmek ve durumu görülmek istenilen noktalar için girişler; hem izlenilmek hem de kontrol edilmek istenilen noktalar içinse girişlerle birlikte çıkışlar da kullanılmaktadır.

Giriş/çıkış listesinde sadece noktanın tipi değil her türlü detayı da mevcuttur. Örneğin her noktanın kontrolördeki yerleşimi, kumanda panelindeki yerleşimi, projedeki etiket ismi, açıklaması, tipi, kontrol projesindeki yerleşimi gibi birçok özellikler bulunmaktadır. Bu kadar detay bulunmasının sebebi ise, sistemde meydana gelebilecek herhangi bir arıza durumunda müdahale süresi en aza indirmektir. Arızayı giderecek olan kişi, bu listeyi inceleyerek hatanın olduğu noktayı kontrolör çıkışından sahadaki yerine kadar takip edebilir. Böylece arıza veya duruş zamanı en aza indirgenir. Pandrier projesinin giriş/çıkış listesi Ek-2’de verilmiştir.

5.7.3 KONTROL SİSTEMİNİN SEÇİMİ

Giriş/çıkış listesinin oluşturulmasından sonraki adım ise projede kullanılacak olan kontrol sisteminin seçimidir. Bu projede hem sürekli yani analog; hem de ayrık yani dijital noktalar mevcut olduğundan sistem seçiminde PLC ve DCS sistemleri kullanmak yerine her ikisinin de özelliklerini barındıran bir Hibrit kontrol sistemi kullanmak gerekmektedir. Çünkü bilindiği gibi PLC sistemleri ile analog; DCS sistemleri ile de dijital kontrol yapmak pek kolay değildir. Ayrıca, sistem DCS gerektirecek kadar büyüklüğe sahip olmayıp, orta büyüklükte bir hibrit kontrolörle gerçekleştirilebilecek bir otomasyon sistemi haline getirilmiştir.

Bu projede kullanılan kontrolör Honeywell firmasının HC900 isimli hibrit kontrolörüdür. Hem dijital, hem de analog kontrolün fonksiyon blokları kullanılarak sağlanabileceği bir sistemdir. Ayrıca projede ihtiyaç duyulan PID kontrolü de bu sistemle sağlanmıştır.

HC900 kontrolörünün özellikleri incelenmiş ve nokta sayısına göre modülleri alınmıştır. Buna göre, ihtiyaç duyulan 62 dijital giriş noktası için 16’lık modüllerden 4 adet yani toplam 64 dijital giriş içerecek şekilde; 25 dijital çıkış noktası için yine 16’lık modüllerden 2 adet yani toplam 32 adet; ihtiyaç duyulan 30 analog giriş noktası için 8’lik modüllerden 4 adet yani toplam 32 adet; ihtiyaç duyulan 14 analog çıkış noktası için ise 4’lük modüllerden 4 adet yani toplam 16 adet alınarak sisteme dahil edilmiştir. Modüllerin tipleri ve sayıları aşağıdaki Tablo 5.1’de özetlenmiştir.

Tablo 5.1 Proses Kontrol Sistemindeki Modüllerin Sayıları

MODÜL TİPİ	SİSTEMİN NOKTA SAYISI	MODÜL KAPASİTESİ	MODÜL SAYISI	YEDEK NOKTA SAYISI	TOPLAM NOKTA SAYISI
DİJİTAL GİRİŞ	62	16	4	2	64
DİJİTAL ÇIKIŞ	25	16	2	7	32
ANALOG GİRİŞ	30	8	4	2	32
ANALOG ÇIKIŞ	14	4	4	2	16
TOPLAM	131	-	14	13	144

HC900 kontrol sisteminde bir modül yuvasına en fazla 10 adet giriş/çıkış modülü yerleştirilebilmektedir. Bu projede modül sayısı 14 olduğu için iki ayrı modül yuvası kullanılmış olup bu iki sistem birbirleriyle Ethernet hattı üzerinden haberleşmektedirler. Burada kullanılan iki modül yuvasından birincisinde şu modüller bulunmaktadır:

- 1 Güç Kaynağı Modülü
- 1 Merkezi İşlem Birimi Modülü
- 2 Dijital Giriş Modülü
- 1 Dijital Çıkış Modülü
- 2 Analog Giriş Modülü
- 2 Analog Çıkış Modülü

İkinci modül yuvasında ise şu modüller yer almaktadır:

- 1 Güç Kaynağı Modülü
- 1 Ethernet Haberleşme Modülü

- 2 Dijital Giriş Modülü
- 1 Dijital Çıkış Modülü
- 2 Analog Giriş Modülü
- 2 Analog Çıkış Modülü

Her iki modül yuvasında birer adet yedek yani boş yuva bulunmaktadır. İleride bir ihtiyaç olduğu zaman bu yuvalar gerekli modüller yerleştirilerek kullanılabilir.

5.7.4 İNSAN-MAKİNE ARAYÜZ PROGRAMININ SEÇİMİ

Kontrol sisteminin topladığı verileri görmek ve kontrol edilen noktalara gönderilecek verilerin girileceği bir ara yüz programı seçilmelidir. Bunun için yine üçüncü bölümde anlatılan Scada Sistemi veya Operatör Panel Sisteminden birisi seçilmelidir.

Proje, nokta sayısı ve bütçe sınırlaması açısından değerlendirildiğinde bir kontrol odası ve bilgisayar sistemini de içerecek olan Scada Sistemi için uygun görülmemiştir. Ayrıca Scada sisteminin kullanılmamasının bir diğer nedeni de kumanda panelinin sisteme yakın olması yani uzaktan kontrole gerek duyulmamasıdır. Bunun yerine hemen kumanda panelinin üzerine yerleştirilecek olan dokunmatik ekranlı ve renkli bir operatör panel sistem için yeterlidir. Prosesten toplanılacak bilgilerin gösterileceği ve kontrolün sağlanabileceği bir ekran sistem kontrolü için yeterli olacaktır. Bu projede kullanılan operatör panel sistemi için LG firmasının PMU 530 TTS model numaralı operatör paneli uygun görülmüştür.

Herhangi bir tuş sistemine sahip olmayan ve ekrandaki noktalara dokunularak kontrol edilebilen bu panel, renkli ekranı ve kullanıcıya sağladığı kolaylıklar nedeniyle sistemi kaldırabilecek kapasitededir. Operatör panelin programlanması ve detayları hakkında bilgiler ileride verilecektir.

5.7.5 KONTROL PROGRAMININ YAZILMASI

Proses kontrolü sağlayacak ve bunu operatörlerin önüne getirecek olan sistemlerin seçiminden sonraki aşama bu sistemlerin projeye uygun bir biçimde programlanmalarıdır. Gerek kontrolör, gerekse operatör panelin verimli bir şekilde kullanılabilmesi açısından programlarının iyi bir şekilde tasarlanması ve uygulamaya

geçirilmeleri gerekmektedir. Kontrolörün programlanmasında bazen düşündürücü analitik çabalara gerek vardır. Karar verme mekanizması prosesin sadece o anki aktivitesini değil; daha önceki tüm kararları da etkiler.[15]

Kontrolör olarak seçilen HC900 sisteminin programlanmasında kullanılacak olan yazılım yine Honeywell firmasının bu ürün için çıkardığı “Hybrid Controller Design” programıdır. Hibrit kontrolörlerin özelliği olan fonksiyon bloklarıyla programlama bu yazılım için de geçerlidir. Yani program yazılırken klasik PLC yazılım yöntemi olan merdiven diyagramı yerine bu yöntem kullanılmıştır.

Bu yönetime göre programlamada kullanılacak bloklar boş çalışma sayfalarına taşınarak birbirlerine bağlantıları yapılır. Kullanılan giriş/çıkış modüllerinin kontrolör üzerindeki fiziksel yerleri de doğru bir biçimde programda ilgili bloğun özelliklerine işlenmelidir. Aksi takdirde zaten program hatalı konfigürasyon yapıldığını uyarı şeklinde bildirmektedir. Örneğin bir PID kontrol devresini incelersek bize gerekli olan bloklar

- Bir Analog Giriş Bloğu
- Bir PID Kontrol Bloğu
- Bir Analog Çıkış Bloğu’dur.

Burada kullanılan analog giriş ve analog çıkış bloklarının fiziksel yerleri mutlaka doğru bir biçimde sisteme girilmelidir.

Giriş/çıkış listesine bakarak bir örnek vermek gerekirse; analog giriş listesinde yer alan TT-568A etiket numaralı sıcaklık algılayıcısı ve analog çıkış listesinde yer alan

TCV-568A kontrol vanasının oluşturduğu PID kontrol sistemini ele alalım.

Burada TT-568A algılayıcısından doğru sıcaklığı okuyabilmek için kontrolör üzerindeki fiziksel yerinin ve sistem sınır değerlerinin doğru olması gerekmektedir. Programda seçilen analog giriş bloğuna;

Rack (Modül Yuvası): 1

Slot (Modül): 1

Channel (Kanal): 7

değerlerinin girilmesi gerekmektedir. Aynı şekilde analog çıkış bloğuna da

Rack (Modül Yuvası): 1

Slot (Modül): 4

Channel (Kanal): 4

rakamlarının girilmesi gerekmektedir. Bu bilgiler yanlış girildiğinde yanlış değerler okunur; dolayısıyla da kontrol düzgün sağlanamaz.

Tüm prosesin incelenmesi ve her noktanın programa yerleştirilmesi sonucu kontrol programı tamamlanmış olur. Gerekli yerlerde PID kontrol blokları, gerekli yerlerde ise dijital kontrolü sağlayacak lojik kontrol blokları kullanılarak sistemin tüm kontrolü sağlanacak şekilde program yazılır. Pandrier sisteminin proses kontrol programının tümü Ek-4’de verilmiştir.

Kontrol programının yazılmasından sonraki adım ise yazılan bu programın kontrolöre yüklenilmesidir. Yine HC900 cihazının özelliği olan Ethernet üzerinden haberleşmesi ile programın yazıldığı bilgisayar ve HC900 arasında bağlantı kurulur. Yazılan program yine yazılımın özelliği ile kontrolöre yüklenir. Kontrolöre yüklenen bu program yazılımının bir başka özelliği sayesinde canlı olarak izlenilebilir. Böylece, sahadan kontrolöre gelen değerler insan-makine arayüz programı olmadan da bilgisayardan takip edilebilir.

5.7.6 OPERATÖR PANELİN PROGRAMLANMASI

Kontrol sisteminin programının tamamlanmasından sonraki adım operatör panelin programının yazılmasıdır. Operatör panelin programının yazılmasında da LG firmasının PMU-Editör yazılımı kullanılmıştır.

Operatör panelin programlanmasında ilk aşama sistemin mimik diyagramının çizilmesidir. Gerek bu yazılımın çizim özellikleri kullanılarak, gerekse başka bir yazılımda çizilip buraya aktarılan bir resmin üzerinde oynamalar yapılarak prostedeki cihazların ve elemanların çizimi yapılır. Noktalardan toplanılarak kontrolöre gelen veriler operatör panelde çizilen resim üzerine yerleştirilen bağlantı noktalarıyla ekrana taşınır.

Ekran tasarımları yapıldıktan sonra gerek indikasyonların görüleceği noktalar, gerekse kontrolün sağlanacağı noktalar farklı özelliklere sahip bağlantı şekilleriyle ekranda gösterilir.

Pandrier sisteminde tasarlanan ekranlarda her üç Pandrier üç ayrı sayfada proses resimleri olarak gösterilmiştir. Ayrıca PID kontrolün yapıldığı 10 nokta için de PID-1, PID-2, PID-3 ve PID-Genel sayfaları tasarlanmıştır. Bu sayfalarda da PID parametreleri, PID kontroldeki proses değeri, ayar noktası ve çıkış değerinin grafikleri yer almaktadır.

Bir diğer sayfada da prosesteki aç/kapat şeklinde çalışan tüm vanaların durumları gösterilmektedir. Motor sayfasında da prosesteki tüm motorların durumları gösterilmektedir.

Alarm sayfasında ise sisteme gelen tüm alarmlar ve bu alarmların özellikleri yer almaktadır.

Kullanıcının istediği durumlarda operatör panelin özelliklerini ve ayarlarını değiştirebileceği ayarlar sayfası bulunmaktadır. Operatör panelin sistemde kullanılacak sayfaları Ek-3'te verilmiştir.

5.7.7 KONTROL SİSTEMİNİN ENTEGRASYONU

Kontrol sisteminin programlanması ve operatör panelin sayfalarının tasarlanmasından sonraki adım her iki sistemin birbirlerine entegre edilmesidir. Aslında projenin en zor noktalarından birisi de sistem entegrasyonudur. Çünkü birbirleriyle herhangi bir ilişkisi bulunmayan biri Amerikan diğeri Kore yapımı olan iki farklı firmanın ürünlerini birbirleriyle haberleştirmek gerekmektedir.

Tüm proses kontrol projelerinde bu tür haberleşmelerde kullanılan standart protokoller mevcuttur. Proje bütçesine ve cihazların özelliklerine göre bu protokollerden birisi seçilerek haberleşme gerçekleştirilir. Bu projede de Modbus protokolü kullanılarak haberleşme sağlanmıştır. Modbus protokolünün özelliğine göre iki cihaz birbirleriyle seri port üzerinden RS-485 hattıyla haberleştirilmiştir.

İki cihazın haberleştirilmesi sonucunda dikkat edilecek bir diğer nokta da haberleşme hızıdır. Sistemde bulunan analog değerlerin sürekli olarak okunması gerektiğinden bu değerler hızlı bir biçimde ekrana taşınmalıdır. Sistemdeki herhangi bir yavaşlama proses kontrol sistemleri açısından oldukça önemlidir. Bu sistemde kontrolör ile operatör panel arasındaki haberleşme hızı 38400 bps değerindedir ve hız açısından herhangi bir problem yaşanmamaktadır.

5.7.8 SİSTEM TESTLERİ

İki cihazın programlarının tamamlanması ve birbirleriyle haberleştirilmesi sonucunda sistem testlerine geçilir. Test aşamasında her tip nokta için birer test yapılması yeterlidir. Yani bir vana dijital girişi, dijital çıkışı; bir motor dijital girişi, dijital çıkışı; bir motor analog girişi, analog çıkışı ve bir vana analog girişi, analog çıkışı test etmek tüm sistemin testi açısından yeterlidir. Tüm noktaların test edilmesine bu aşamada gerek yoktur. Çünkü bu sistem testleri projeyi yapan firmanın işyerinde yapılmaktadır ve tüm sistemin modellenmesi mümkün değildir.

Gerekli test cihazları ve ölçüm aletleri yardımıyla bu noktaların testleri gerçekleştirilir. Hem HC900 kontrolörü hem de LG operatör paneli ilk olarak ayrı ayrı; daha sonra da birlikte test ederek istenilen değerlerin okunup okunmadığına bakılmadır.

Test aşamasında ilk olarak girişler okunur. Sistem girişlerinin doğru ve düzgün bir biçimde ekrana geldiği zaman girişlerin testi tamamlanır.

İkinci aşamada ise çıkışların testi yapılır. İlk olarak kontrolör programının aracılığıyla bilgisayardan, daha sonra da operatör panel üzerinden gerekli noktalara dokunarak çıkışlara gönderilen değerlerin doğru ve düzgün gidip gitmediği test edilir. Sistem testlerinin tamamlanmasından sonra kontrol sistemi ve kumanda paneli sahaya gönderilerek saha bağlantıları yapılmıştır.

5.7.9 SAHA TESTLERİ

Sistemin yerine monte edilmesi ve gerekli saha bağlantılarının yapılması sonucu saha cihazlarıyla kontrol sisteminin entegre edilmesi gerekmektedir. Bunun için yapılması gereken de saha testleridir. Saha kabul testleri (Field Access Tests) olarak da adlandırılan bu testlerde amaç sistemin çalıştırılmasından önce sahadaki her cihazın tek tek kontrol sistemi tarafından çalıştırılması ve kontrol edilmesidir.

Sahadaki her vana, motor ve diğer kontrol cihazları operatör panelden kontrol edilerek test edilir. Yine sahadaki her giriş noktasından da doğru bilgilerin gelip gelmediği kontrol edilir. Pandrier sisteminde bulunan her nokta saha testlerinde

test edilmiş ve hatalı olan yerlerde düzeltmeler yapılmıştır. Sonuçta gerek kontrol sisteminde, gerek kumanda panelinde gerekse saha cihazlarının bağlanmasında hem montaj hatası hem de programlama hatası söz konusu olabilmektedir. Zaten sistem ve saha testlerinin de amacı otomatik kontrole başlamadan önce sistemdeki tüm aksaklıkların tespit edilmesi ve düzeltilmesidir.

5.7.10 PROJENİN DEVREYE ALINMASI VE İŞLETMEYE DEVRİ

Yeni tesislerin ve sistemlerin devreye alınma aşamaları her zaman beklenmedik sürprizlerle karşılaşılan bir maceradır.[13] Bu tanımlamadan da anlaşılacağı gibi proses kontrol projelerinin en zor aşaması devreye alma aşamasıdır. Her ne kadar testler tamamlansa ve aksaklıklar giderilse de hiç beklenilmedik yerlerde hatalar ortaya çıkabilir. Pandrier sisteminin devreye alma çalışmalarında da bu şekilde aksaklıklar yaşanmıştır. Örneğin tüm sistem ve saha testlerinin tamamlanmasına rağmen sistem ilk defa çalıştırıldığında Pandrier tanklarının alt kısımlarında bulunan ve içinden buhar geçen sistemlerde mekanik bir hata oluşmuş, tanklarda büzüşme meydana gelmiştir. Bu büzüşme sonucunda da tanklar içerisinde karıştırma yapan mikserler tankın kenarlarına çarparak tahribat oluşturmuştur. Bu mekanik aksaklık sistemin devreye alınmasını on gün kadar geciktirmiş; ciddi maliyetlere katlanılmak zorunda kalınmıştır.

Kontrol sistemiyle ilgili yaşanabilecek aksaklıklar genelde bu kadar uzun süreli zaman kayıplarına neden olmaz. Sonuçta kontrol sistemi iki defa test edilmiştir; yine de ortaya çıkabilecek bir hata devreye alma çalışmaları esnasında kolaylıkla giderilebilir. Bu sistemler insanlar tarafından tasarlanıp çalıştırıldığından hata mutlaka olacaktır. Önemli olan testler ve devreye alma çalışmaları esnasında bu hataların düzeltilmesidir.

Sistemdeki tüm aksaklıkların giderilmesinden sonra ilk olarak proses el ile operatörler aracılığıyla çalıştırılır. Her motor ve vana elle kontrol edilir ve proses adım adım gerçekleştirilir. Kontrol sistemi ilk başta devreye sokulmaz. El ile (manuel) kontrol sağlandıktan ve sistemin sağlıklı bir biçimde çalıştığı görüldükten sonra kontrol sistemi devreye alınır. Tabi ki PID parametrelerinin tam oturtulmaması ve ayarlanmaması nedeniyle sistem ilk olarak otomatikte çok da sağlıklı çalışmaz. Oransal vanalar ayarsız parametreler yüzünden salınım yaparlar. PID parametrelerinin ayarlanması sonucu sistem normal çalışma sürecine girer.

Pandrier sisteminde de PID ayarlarının yapılması sonucu sistem otomatik olarak çalışmaya başlamıştır. 24 saat süren bir proses çevriminin başarıyla tamamlandığı görüldükten sonra Aksa mühendisleri tarafından onay verilen proje işletmeye teslim edilmiştir.

5.7.11 DÖKÜMANTASYON

Projenin devreye alınmasından ve çalıştırılmasından sonra bir kontrol projesinin en önemli adımlarından birisi olan dökümantasyon klasörünün hazırlanma çalışmasıdır. Tüm sistemin özelliklerini içinde barındıran ve işletmeye teslim edilen bu klasörde proje dosyalarının en son hallerinin bulunması gerekmektedir. Proje dahilinde hazırlanan bu klasörde bulunan dosyalar şunlardır:

- Ek-2’de verilen giriş/çıkış listesi
- Ek-4’te verilen proses kontrol programı
- Kontrol sistemi ve operatör panelin haberleşmesinde kullanılan adresler ve iletişim notları
- Kumanda paneli elektrik projesi
- HC900 ve Operatör Panel programlarını içeren CD

5.7.12 EĞİTİMLERİN VERİLMESİ VE PROJENİN TAMAMLANMASI

Sistemin düzgün bir şekilde çalıştığının görülmesinden sonra en son aşama eğitim verilmesi aşamasıdır. Sonuçta bu sistemi kullanacak olan kişiler Aksa işletmecileri ve operatörleri olduğu için kontrol sisteminin ve operatör panelin nasıl kullanılacağına dair eğitimin verilmesi gerekmektedir.

İki gün süren eğitim sürecinde ilk gün kontrol sistemi ve kumanda paneli tanıtılmış, çalışma prensipleri çok detaya inilmeden anlatılmıştır. İlk günkü eğitim daha çok Aksa bakım ve montaj ekibine verilmiştir. Çünkü sistemde meydana gelebilecek bir arıza bu ekip tarafından çözümlenecektir. Kontrolör ve operatör panel cihazlarında meydana gelebilecek ve bakım ekibinin çözümleyemeyeceği bir durumda ise projeyi gerçekleştiren firma yardımcı olacaktır.

İlk günkü teknik eğitimin ardından ikinci gün operatör ve işletmecilere sistemin kullanılmasına ilişkin bir eğitim verilmiştir. Formen ve işçi sınıfında bulunan bu insanlara verilen eğitimin ise mühendis düzeyinde değil; daha

anlaşılabilir ve basit bir düzeyde olması gerekmektedir. Operatörlere sistemin çalıştırılması, durdurulması, acil durumlarda yapılması gerekenler gibi önemli noktalara anlatılmış olup sorulan sorular karşdakileri tatmin edecek şekilde cevaplanmıştır. İşlemlerin operatörler tarafından bizzat gerçekleştirilmesi takip edilerek sistemin tamamıyla kavranıldığı tespit edilmiştir. Proje bu son aşamanın da gerçekleştirilmesiyle tamamlanmıştır.

6. SONUÇLAR

Bu çalışmada teknolojinin üretimdeki kullanım alanları ve daha detaylı olarak da proses kontrol teknolojilerinin üretim sistemleri üzerindeki etkileri ve yararları anlatılmaya çalışılmıştır. Üretim sistemleri ve üretimde kullanılan yeni teknolojilerin anlatılmasından sonra proses kontrol geniş bir biçimde açıklanmıştır. Konunun daha iyi kavranılması açısından bir ay önce tarafımdan gerçekleştirilen bir proses kontrol projesi de beşinci bölümde uygulama olarak anlatılmıştır.

Proses kontrol sistemleri üretim alanında gerçekleşen tüm işlemlerin izlenilmesini ve kontrol edilmek değerlerin istenilen düzeylerde tutulmasını sağlayarak üretime katkıda bulunan sistemlerdir. Maliyet, hız, güvenlik, kalite, çevre gibi kriterler göz önüne alındığında kontrol teknolojilerinin üretime sağladığı yararlar çok daha kolay bir şekilde fark edilmektedir. Uygulama projesinden de anlaşıldığı gibi sistemin prosese kattığı artı değerler sonucu maddiyat açısından işletme çok büyük yüklerden kurtulmuştur.

Bu proje, tüm fabrikada hammaddeyle birlikte kullanılan bir maddenin atık olarak atılması yerine geri dönüşümünü sağlayan bir proses kontrol sistemini içermektedir. Yani, işletme bütünündeki malın üretilmesini sağlayan tüm prosesi kontrol eden bir proje değildir. Anlatılan bu çalışma, bir bütünün sadece küçük bir parçası olarak düşünülebilir. Buna rağmen elde edilen maliyet tasarrufu işletmeyi kayda değer bir maddi yükümlülükten korumaktadır. Tüm prosesin kontrol edildiği sistemler göz önüne alındığında bu tasarrufların değerini tahmin etmek çok zor olmasa gerek.

Günümüz ekonomik rekabet ve yarış koşullarında üretimde sağlanacak her küçük katkının bile çok büyük faydaları olduğunu düşünürsek, proses kontrol sistemleri belki de bu pasta içerisinde en büyük dilime sahip olması gereken teknolojilerdir.

KAYNAKLAR

- [1] **Demir, M. H.**, 1984. Üretim Yönetimi, Aydın Yayınevi, İzmir.
- [2] **Tavukçuoğlu, C.**, 1999. 2000 Yılına Girerken Yeni Üretim Tekniklerine Bir Bakış,
www.kho.edu.tr/yayinlar/btym/yayinlistesi/yayinlar/Yayin1999/199-yeniuretimteknikleri.htm
- [3] **Toraman, A.**, 2002. Üretim Yönetimi, *Ders Notları*, İ.T.Ü. İşletme Fakültesi, İstanbul.
- [4] **Barla, B. S.**, 2002. Üretim Planlama ve Kontrol, *Ders Notları*, İ.T.Ü. İşletme Fakültesi, İstanbul.
- [5] **Heizer, J. and Render, B.**, 1996. Production and Operations Management: strategic and tactical decisions, Prentice Hall, New Jersey.
- [6] **Sümen, H.**, 2003. Üretim Yönetiminde Özel Konular, *Ders Notları*, İ.T.Ü. İşletme Fakültesi, İstanbul.
- [7] **McWilliams, B.**, 1996. Re-engineering the Small Factory, *Inc. Technology*, **18**, 44-47.
- [8] **Ritzman, L. P. and Krajewski, L. J.**, 1993. Operations Management: strategy and analysis, Addison – Wesley, Massachusetts.
- [9] **Anonymous.**, 1997. Information Technology in Manufacturing, *Manufacturing Systems*, **15**, 48-62.
- [10] **Altıntaş, B.**, 2003. PLC’ler ve DCS’ler, *Otomasyon Dergisi*, **131**.
- [11] **Cook, B. M.**, 1991. Automation’s Role in World Class Manufacturing, *Industry Week*, **240**, 32-34.
- [12] **Atabek, A.**, 2004. Proses Tasarımı ve Kontrol, *Otomasyon Dergisi*, **149**, 122-124.
- [13] **Rijnsdorp, J. E.**, 1991. Integrated Process Control and Automation, Elsevier Science Publishers B. V., Amsterdam.
- [14] **Karaçor, M.**, 2004. Cep Telefonu Tabanlı SCADA Otomasyon Sisteminin Geliştirilmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, K.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmit.
- [15] **VanDoren, V. H.**, 1998. Control Loop is Automation Essence, *Control Engineering*, **45**, 128.
- [16] **Kurtulan, S.**, 2001, PLC ile Endüstriyel Otomasyon, Birsan Yayınevi, İstanbul.
- [17] **Atabek, A.**, 2004. Proses Tasarımı ve Kontrol: Bölüm 2, *Otomasyon Dergisi*, **150**, 122-124.
- [18] **Altıntaş, B.**, 2003. PLC’ler ve DCS’ler: Bölüm 2, *Otomasyon Dergisi*, **132**.
- [19] **Kamil, A. and Chui, H. W.**, 1996. Hybrid Control Systems and Optimal Control, *Imperial College London*,
www.doc.ic.ac.uk/~nd/surprise+96/journal/vol4/ahak/report.html

- [20] Combining the Best of Both PLC and DCS, 30 Mart 2005, www.geindustrial.com/cwc/products?pnlid=2&id=int_ctrl_hyb
- [21] **Inagaki, T.**, 2003. Automation and Cost of Authority, *Internaitonal Journal of Industrial Economics*, **31**, 169-174.
- [22] **Özzorlu, İ. ve Altuntaş, B. M.**, 2003. Üretim Yönetiminde Özel Konular, *Dönem Projesi*, İ.T.Ü. İşletme Fakültesi, İstanbul
- [23] <http://www.aksa.com/kapasite.html>
- [24] <http://www.aksa.com/tanitim.html>
- [25] <http://www.aksa.com/ihracat.html>
- [26] **Polat, O.**, 2004. Solvent Üniteleri Katı Atık Sistemi ile Birlikte Atılan Solventin Geri Kazanılması ve Katı Atığın Arıtma Ünitesinde Berterafı, AKSA Proses Geliştirme Müdürlüğü, Yalova, Türkiye.
- [27] **Dorf, R. C. and Bishop, R. H.**, 1998. Modern Control Systems, Addison – Wesley, California.
- [28] **Kobu, B.**, 1996. Üretim Yönetimi, İ. Ü. İşletme Fakültesi, İstanbul
- [29] **Teközgen, E.**, 1998. Birsen Yayınevi, İstanbul
- [30] **Akar, F. ve Yağımlı, M.**, 1999. Beta Basım Yayım Dağıtım, İstanbul
- [31] **Genç, İ. C.**, 2000. Scada İşlevi ve Uygulaması, *Lisans Tezi*, Y.T.Ü. Mühendislik Fakültesi, İstanbul
- [32] **Özzorlu, İ.**, 2002. Dijital Kontrol Sistemlerinin İncelenmesi, *Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Elektrik – Elektronik Fakültesi, İstanbul.
- [33] **Kamil, A.**, 1996. Hybrid Control Conversion, *Imperial College London*, www.doc.ic.ac.uk/~nd/surprise+96/journal/vol2/ahak/article2.html
- [34] **Teresko, J.**, 1992. Japan's Best Plants: Lean, Efficient, Flexible, and Worker-Friendly, *Industry Week*, **241**, 33-36.
- [35] **Anonymous.**, 2003. Process Industry Automation Users Dissatisfied With Production Management Strategies, *Plant Engineering*, **57**, 9-11.
- [36] **Paula, G.**, 1998. Flexivle Automation on the Line, *Mechanical Engineering*, **120**, 70-72.
- [37] **Anonymous.**, 2002. Invensys showcase 2002: ArchestrA Devices Shown, *Control Engineering*, **49**, 15-16.
- [38] **Anonymous.**, 2003. FoodXpress: Automating the Past, *Process Engineering*, 24 September, 5-10.
- [39] **Fransoo, J. C., Rutten, W. and Werner, G. M. M.**, 1994. A Typology of Production Control Situations in Process Industries, *International Journal of Operation & Produciton Management*, **14**, 47- 57.
- [40] **Chin, K.**, 2001. Improve Plant Performance via the Net, *Chemical Engineering Progress*, **97**, 86.
- [41] **Kjaer, A. P.**, 2003. The Integration of Business and Production Processes, *IEEE Control Systems Magazine*, 2003 December, 50-58.
- [42] **Rahimi, M., Hancock, P. A. and Majchrzak, A.**, 1988. On Managing the Human Factors Engineering of Hybrid Production Systems, *IEEE Transactions on Engineering Management*, **35**, 238-249.
- [43] **Brown, E.**, 2003. Workstations for Flexible Manufacturing Provide Ergonomic Benefits, *Occupational Hazards*, **65**, 41-42.
- [44] **Golnabi, H.**, 2002. Role of Laser Sensor Systems in Automation and Flexible Manufacturing, *Robotics and Computer Integrated Manufacturing*, **19**, 201-210.

- [45] **Aküner, C. ve Şahin, B.**, 2001. Elektrik Dağıtım Sistemlerine SCADA Uygulaması, *Otomasyon Dergisi*, **111**.
- [46] **Çelenk, M.**, 2001. Otomasyon Projelerinde Dokümantasyon, *Otomasyon Dergisi*, **115**.
- [47] **Çoban, A.**, 2002. Otomatize Üretim Sistemlerinin Modellenmesi, *Otomasyon Dergisi*, **125**.
- [48] **Yardımcı, A.**, 2003. Esnek Üretim Sistemlerine Giriş, *Otomasyon Dergisi*, **129**.
- [49] **Tunç, T.**, 2005. AGV Taşıma Sistemleri, Esnek Tahrik Sistemli Montaj ve Birleştirme Hatları Temel Tasarım Kriterleri, *Otomasyon Dergisi*, **152**.
- [50] **Gökşen, Y.**, 2003. Geleneksel Üretimden Esnek Üretime: Karşılaştırmalı Bir İnceleme, *D.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, **4**, 32-48
- [51] **Soyuer, H. ve Kocamaz, M.**, 2004. Kesikli Üretim Yapan İşletmelerde Hücreli İmalat Sistemi ve Tesis İçi Yerleşim Uygulaması, *Yöneylem Araştırması / Endüstri Mühendisliği – 14. Ulusal Kongresi*, Gaziantep-Adana, Türkiye, Haziran 15-18.
- [52] <http://www.aksa.com/pazar.html>

EK 2

Table A.1: Giriş/Çıkış Listesi (DI-1)

RACK	SLOT	CHN	KLEMENS GRUP	KLEMENS NO	ROLE NO	LOOP TAG NO	SERVICE	TAG_NO	COMPONENT	I/O TYPE	P.O. NO	P & I	LOCATION	DRAWING NO	DRAWING SHEET NO
1	5	1	DI-R155	2	IR 15.1	V590A	STEAM TO ELECTORS OF PANDRYER 205-233/A	XZC-590A	ON/OFF/CONT VALVE OPEN SWITCH	DI		A-205-0-304	LOCAL	PAN001.1	9
1	5	2	DI-R155	4	IR 15.2	V590A	STEAM TO ELECTORS OF PANDRYER 205-233/A	XZC-590A	ON/OFF/CONT VALVE CLOSE SWITCH	DI		A-205-0-304	LOCAL	PAN001.1	9
1	5	3	DI-R155	6	IR 15.3	V590B	STEAM TO ELECTORS OF PANDRYER 205-233/B	XZC-590B	ON/OFF/CONT VALVE OPEN SWITCH	DI		A-205-0-304	LOCAL	PAN001.1	9
1	5	4	DI-R155	8	IR 15.4	V590B	STEAM TO ELECTORS OF PANDRYER 205-233/B	XZC-590B	ON/OFF/CONT VALVE CLOSE SWITCH	DI		A-205-0-304	LOCAL	PAN001.1	9
1	5	5	DI-R155	10	IR 15.5	V590C	STEAM TO ELECTORS OF PANDRYER 205-233/C	XZC-590C	ON/OFF/CONT VALVE OPEN SWITCH	DI		A-205-0-304	LOCAL	PAN001.1	9
1	5	6	DI-R155	12	IR 15.6	V590C	STEAM TO ELECTORS OF PANDRYER 205-233/C	XZC-590C	ON/OFF/CONT VALVE CLOSE SWITCH	DI		A-205-0-304	LOCAL	PAN001.1	9
1	5	7	DI-R155	14	IR 15.7	V591A	WASHING WATER TO PANDRYER 205-232/A	XZC-591A	ON/OFF/CONT VALVE OPEN SWITCH	DI		A-205-0-304	LOCAL	PAN001.1	9
1	5	8	DI-R155	16	IR 15.8	V591A	WASHING WATER TO PANDRYER 205-232/A	XZC-591A	ON/OFF/CONT VALVE CLOSE SWITCH	DI		A-205-0-304	LOCAL	PAN001.1	9
1	5	9	DI-R155	18	IR 15.9	V591B	WASHING WATER TO PANDRYER 205-232/B	XZC-591B	ON/OFF/CONT VALVE OPEN SWITCH	DI		A-205-0-304	LOCAL	PAN001.1	9
1	5	10	DI-R155	20	IR 15.10	V591B	WASHING WATER TO PANDRYER 205-232/B	XZC-591B	ON/OFF/CONT VALVE CLOSE SWITCH	DI		A-205-0-304	LOCAL	PAN001.1	9
1	5	11	DI-R155	22	IR 15.11	V591C	WASHING WATER TO PANDRYER 205-232/C	XZC-591C	ON/OFF/CONT VALVE OPEN SWITCH	DI		A-205-0-304	LOCAL	PAN001.1	9
1	5	12	DI-R155	24	IR 15.12	V591C	WASHING WATER TO PANDRYER 205-232/C	XZC-591C	ON/OFF/CONT VALVE CLOSE SWITCH	DI		A-205-0-304	LOCAL	PAN001.1	9
1	5	13	DI-R155	26	IR 15.13	V592A	VENT LINE PANDRYER 205-232/A	XZC-592A	ON/OFF/CONT VALVE OPEN SWITCH	DI		A-205-0-304	LOCAL	PAN001.1	9
1	5	14	DI-R155	28	IR 15.14	V592A	VENT LINE PANDRYER 205-232/A	XZC-592A	ON/OFF/CONT VALVE CLOSE SWITCH	DI		A-205-0-304	LOCAL	PAN001.1	9
1	5	15	DI-R155	30	IR 15.15	V592B	VENT LINE PANDRYER 205-232/B	XZC-592B	ON/OFF/CONT VALVE OPEN SWITCH	DI		A-205-0-304	LOCAL	PAN001.1	9
1	5	16	DI-R155	32	IR 15.16	V592B	VENT LINE PANDRYER 205-232/B	XZC-592B	ON/OFF/CONT VALVE CLOSE SWITCH	DI		A-205-0-304	LOCAL	PAN001.1	9
1	6	1	DI-R156	2	IR 16.1	V592C	VENT LINE PANDRYER 205-232/C	XZC-592C	ON/OFF/CONT VALVE OPEN SWITCH	DI		A-205-0-304	LOCAL	PAN001.1	10
1	6	2	DI-R156	4	IR 16.2	V592C	VENT LINE PANDRYER 205-232/C	XZC-592C	ON/OFF/CONT VALVE CLOSE SWITCH	DI		A-205-0-304	LOCAL	PAN001.1	10
1	6	3	DI-R156	6	IR 16.3	V593A	DISCHARGE LINE PANDRYER 205-232/A	XZC-593A	ON/OFF/CONT VALVE OPEN SWITCH	DI		A-205-0-304	LOCAL	PAN001.1	10
1	6	4	DI-R156	8	IR 16.4	V593A	DISCHARGE LINE PANDRYER 205-232/A	XZC-593A	ON/OFF/CONT VALVE CLOSE SWITCH	DI		A-205-0-304	LOCAL	PAN001.1	10
1	6	5	DI-R156	10	IR 16.5	V593B	DISCHARGE LINE PANDRYER 205-232/B	XZC-593B	ON/OFF/CONT VALVE OPEN SWITCH	DI		A-205-0-304	LOCAL	PAN001.1	10
1	6	6	DI-R156	12	IR 16.6	V593B	DISCHARGE LINE PANDRYER 205-232/B	XZC-593B	ON/OFF/CONT VALVE CLOSE SWITCH	DI		A-205-0-304	LOCAL	PAN001.1	10
1	6	7	DI-R156	14	IR 16.7	V593C	DISCHARGE LINE PANDRYER 205-232/C	XZC-593C	ON/OFF/CONT VALVE OPEN SWITCH	DI		A-205-0-304	LOCAL	PAN001.1	10
1	6	8	DI-R156	16	IR 16.8	V593C	DISCHARGE LINE PANDRYER 205-232/C	XZC-593C	ON/OFF/CONT VALVE CLOSE SWITCH	DI		A-205-0-304	LOCAL	PAN001.1	10
1	6	9	DI-R156	18	-	V593.3A	WASHING WATER TO BUFFER TANK 205-232.6	XZC-593.3A	ON/OFF/CONT VALVE OPEN SWITCH	DI		A-205-0-304	LOCAL	PAN001.1	10
1	6	10	DI-R156	20	-	V593.3A	WASHING WATER TO BUFFER TANK 205-232.6	XZC-593.3A	ON/OFF/CONT VALVE CLOSE SWITCH	DI		A-205-0-304	LOCAL	PAN001.1	10
1	6	11	DI-R156	22	-	-	232 MA AUTOMANUEL	232 MA-MAN		DI		A-205-0-304	LOCAL	PAN001.1	10
1	6	12	DI-R156	23	-	-	232 MA MOTOR RUNNING	232 MA-RUN		DI		A-205-0-304	LOCAL	PAN001.1	10
1	6	13	DI-R156	24	-	-	232 MA DRIVE FAULT	232 MA-FAULT		DI		A-205-0-304	LOCAL	PAN001.1	10
1	6	14	DI-R156	26	-	-	232 MB AUTOMANUEL	232 MB-MAN		DI		A-205-0-304	LOCAL	PAN001.1	10
1	6	15	DI-R156	27	-	-	232 MB MOTOR RUNNING	232 MB-RUN		DI		A-205-0-304	LOCAL	PAN001.1	10
1	6	16	DI-R156	28	-	-	232 MB DRIVE FAULT	232 MB-FAULT		DI		A-205-0-304	LOCAL	PAN001.1	10

Tablo A.2: Giriş/Çıkış Listesi (DI-2)

2	5	1	DI-R255	2	-		232.MC AUTOMANUEL	232.MC-MAN	DI	A-205-0-304	LOCAL	PAN001.1	16
2	5	2	DI-R255	3	-		232.MC MOTOR RUNNING	232.MC-RUN	DI	A-205-0-304	LOCAL	PAN001.1	16
2	5	3	DI-R255	4	-		232.MC DRIVE FAULT	232.MC-FAULT	DI	A-205-0-304	LOCAL	PAN001.1	16
2	5	4	DI-R255	6	-		232.4MA AUTOMANUEL	232.4MA-MAN	DI	A-205-0-304	LOCAL	PAN001.1	16
2	5	5	DI-R255	7	-		232.4MA MOTOR RUNNING	232.4MA-RUN	DI	A-205-0-304	LOCAL	PAN001.1	16
2	5	6	DI-R255	8	-		232.4MA DRIVE FAULT	232.4MA-FAULT	DI	A-205-0-304	LOCAL	PAN001.1	16
2	5	7	DI-R255	10	-		232.4MB AUTOMANUEL	232.4MB-MAN	DI	A-205-0-304	LOCAL	PAN001.1	16
2	5	8	DI-R255	11	-		232.4MB MOTOR RUNNING	232.4MB-RUN	DI	A-205-0-304	LOCAL	PAN001.1	16
2	5	9	DI-R255	12	-		232.4MB DRIVE FAULT	232.4MB-FAULT	DI	A-205-0-304	LOCAL	PAN001.1	16
2	5	10	DI-R255	14	-		232.5MA AUTOMANUEL	232.5MA-MAN	DI	A-205-0-304	LOCAL	PAN001.1	16
2	5	11	DI-R255	15	-		232.5MA MOTOR RUNNING	232.5MA-RUN	DI	A-205-0-304	LOCAL	PAN001.1	16
2	5	12	DI-R255	16	-		232.5MA DRIVE FAULT	232.5MA-FAULT	DI	A-205-0-304	LOCAL	PAN001.1	16
2	5	13	DI-R255	18	-		232.5MB AUTOMANUEL	232.5MB-MAN	DI	A-205-0-304	LOCAL	PAN001.1	16
2	5	14	DI-R255	19	-		232.5MB MOTOR RUNNING	232.5MB-RUN	DI	A-205-0-304	LOCAL	PAN001.1	16
2	5	15	DI-R255	20	-		232.5MB DRIVE FAULT	232.5MB-FAULT	DI	A-205-0-304	LOCAL	PAN001.1	16
2	5	16	DI-R255	21	-		SPARE	SPARE	DI	A-205-0-304	LOCAL	PAN001.1	16
2	6	1	DI-R256	2	-		232.3M AUTOMANUEL	232.3M-MAN	DI	A-205-0-304	LOCAL	PAN001.1	17
2	6	2	DI-R256	3	-		232.3M MOTOR RUNNING	232.3M-RUN	DI	A-205-0-304	LOCAL	PAN001.1	17
2	6	3	DI-R256	4	-		232.3M DRIVE FAULT	232.3M-FAULT	DI	A-205-0-304	LOCAL	PAN001.1	17
2	6	4	DI-R256	6	-		232.1MA AUTOMANUEL	234.1MA-MAN	DI	A-205-0-304	LOCAL	PAN001.1	17
2	6	5	DI-R256	7	-		232.1MA MOTOR RUNNING	234.1MA-RUN	DI	A-205-0-304	LOCAL	PAN001.1	17
2	6	6	DI-R256	8	-		232.1MA DRIVE FAULT	234.1MA-FAULT	DI	A-205-0-304	LOCAL	PAN001.1	17
2	6	7	DI-R256	10	-		232.1MB AUTOMANUEL	234.1MB-MAN	DI	A-205-0-304	LOCAL	PAN001.1	17
2	6	8	DI-R256	11	-		232.1MB MOTOR RUNNING	234.1MB-RUN	DI	A-205-0-304	LOCAL	PAN001.1	17
2	6	9	DI-R256	12	-		232.1MB DRIVE FAULT	234.1MB-FAULT	DI	A-205-0-304	LOCAL	PAN001.1	17
2	6	10	DI-R256	13	-		P12CM AUTOMANUEL	P12CM-MAN	DI	A-205-0-304	LOCAL	PAN001.1	17
2	6	11	DI-R256	14	-		P12CM MOTOR RUNNING	P12CM-RUN	DI	A-205-0-304	LOCAL	PAN001.1	17
2	6	12	DI-R256	15	-		P12CM DRIVE FAULT	P12CM-FAULT	DI	A-205-0-304	LOCAL	PAN001.1	17
2	6	13	DI-R256	16	-		P12DM AUTOMANUEL	P12DM-MAN	DI	A-205-0-304	LOCAL	PAN001.1	17
2	6	14	DI-R256	17	-		P12DM MOTOR RUNNING	P12DM-RUN	DI	A-205-0-304	LOCAL	PAN001.1	17
2	6	15	DI-R256	18	-		P12DM DRIVE FAULT	P12DM-FAULT	DI	A-205-0-304	LOCAL	PAN001.1	17
2	6	16	DI-R256	19	-			SPARE	DI	A-205-0-304	LOCAL	PAN001.1	17

Tablo A.3: Giriş/Çıkış Listesi (DO)

RACK	SLOT	CHN	KLEMENS GRUP	KLEMENS NO	ROLE NO	LOOP TAG NO	SERVICE	TAG NO	COMPONENT	I/O TYPE	P.O. NO	P & I	LOCATION	DRAWING NO	DRAWING SHEET NO
1	7	1	DO-R157	1	QR17.1	V590A	STEAM TO ELECTORS OF PANDRYER 205-233A	SOV-590A	ELEKTROVALF	DO		A-205-0-304	LOCAL	PAN001.1	11
1	7	2	DO-R157	3	QR17.2	V590B	STEAM TO ELECTORS OF PANDRYER 205-233B	SOV-590B	ELEKTROVALF	DO		A-205-0-304	LOCAL	PAN001.1	11
1	7	3	DO-R157	5	QR17.3	V590C	STEAM TO ELECTORS OF PANDRYER 205-233C	SOV-590C	ELEKTROVALF	DO		A-205-0-304	LOCAL	PAN001.1	11
1	7	4	DO-R157	7	QR17.4	V591A	WASHING WATER TO PANDRYER 205-232A	SOV-591A	ELEKTROVALF	DO		A-205-0-304	LOCAL	PAN001.1	11
1	7	5	DO-R157	9	QR17.5	V591B	WASHING WATER TO PANDRYER 205-232B	SOV-591B	ELEKTROVALF	DO		A-205-0-304	LOCAL	PAN001.1	11
1	7	6	DO-R157	11	QR17.6	V591C	WASHING WATER TO PANDRYER 205-232C	SOV-591C	ELEKTROVALF	DO		A-205-0-304	LOCAL	PAN001.1	11
1	7	7	DO-R157	13	QR17.7	V592A	VENT LINE PANDRYER 205-232A	SOV-592A	ELEKTROVALF	DO		A-205-0-304	LOCAL	PAN001.1	11
1	7	8	DO-R157	15	QR17.8	V592B	VENT LINE PANDRYER 205-232B	SOV-592B	ELEKTROVALF	DO		A-205-0-304	LOCAL	PAN001.1	11
1	7	9	DO-R157	17	QR17.9	V592C	VENT LINE PANDRYER 205-232C	SOV-592C	ELEKTROVALF	DO		A-205-0-304	LOCAL	PAN001.1	11
1	7	10	DO-R157	19	QR17.10	V593A	DISCHARGE LINE PANDRYER 205-232A	SOV-593A	ELEKTROVALF	DO		A-205-0-304	LOCAL	PAN001.1	11
1	7	11	DO-R157	21	QR17.11	V593B	DISCHARGE LINE PANDRYER 205-232B	SOV-593B	ELEKTROVALF	DO		A-205-0-304	LOCAL	PAN001.1	11
1	7	12	DO-R157	23	QR17.12	V593C	DISCHARGE LINE PANDRYER 205-232C	SOV-593C	ELEKTROVALF	DO		A-205-0-304	LOCAL	PAN001.1	11
1	7	13	DO-R157	25	QR17.13	V593.3A	WASHING WATER TO BUFFER TANK 205-232.6	SOV-593.3A	ELEKTROVALF	DO		A-205-0-304	LOCAL	PAN001.1	11
1	7	14	DO-R157	27	QR17.14			SPARE	ELEKTROVALF	DO				PAN001.1	11
1	7	15	DO-R157	29	QR17.15			SPARE	ELEKTROVALF	DO				PAN001.1	11
1	7	16	DO-R157	31	QR17.16			SPARE	ELEKTROVALF	DO				PAN001.1	11
2	7	1	DO-R257	1	QR27.1		232.MA MOTOR STARTSTOP	232.MA	FREE-CONTACT	DO				PAN001.1	18
2	7	2	DO-R257	3	QR27.2		232.MB MOTOR STARTSTOP	232.MB	FREE-CONTACT	DO				PAN001.1	18
2	7	3	DO-R257	5	QR27.3		232.MC MOTOR STARTSTOP	232.MC	FREE-CONTACT	DO				PAN001.1	18
2	7	4	DO-R257	7	QR27.4		232.4MA MOTOR STARTSTOP	232.4MA	FREE-CONTACT	DO				PAN001.1	18
2	7	5	DO-R257	9	QR27.5		232.4MB MOTOR STARTSTOP	232.4MB	FREE-CONTACT	DO				PAN001.1	18
2	7	6	DO-R257	11	QR27.6		232.5MA MOTOR STARTSTOP	232.5MA	FREE-CONTACT	DO				PAN001.1	18
2	7	7	DO-R257	13	QR27.7		232.5MB MOTOR STARTSTOP	232.5MB	FREE-CONTACT	DO				PAN001.1	18
2	7	8	DO-R257	15	QR27.8		232.3M MOTOR STARTSTOP	232.3M	FREE-CONTACT	DO				PAN001.1	18
2	7	9	DO-R257	17	QR27.9		232.1MA MOTOR STARTSTOP	234.1MA	FREE-CONTACT	DO				PAN001.1	18
2	7	10	DO-R257	19	QR27.10		232.1MB MOTOR STARTSTOP	234.1MB	FREE-CONTACT	DO				PAN001.1	18
2	7	11	DO-R257	21	QR27.11	P12CM	P12CM MOTOR STARTSTOP	P12CM	FREE-CONTACT	DO				PAN001.1	18
2	7	12	DO-R257	23	QR27.12	P12DM	P12DM MOTOR STARTSTOP	P13CM	FREE-CONTACT	DO				PAN001.1	18
2	7	13	DO-R257	25	QR27.13			SPARE	FREE-CONTACT	DO				PAN001.1	18
2	7	14	DO-R257	27	QR27.14			SPARE	FREE-CONTACT	DO				PAN001.1	18
2	7	15	DO-R257	29	QR27.15			SPARE	FREE-CONTACT	DO				PAN001.1	18
2	7	16	DO-R257	31	QR27.16			SPARE	FREE-CONTACT	DO				PAN001.1	18

Tablo A.4: Giriş/Çıkış Listesi (Aİ)

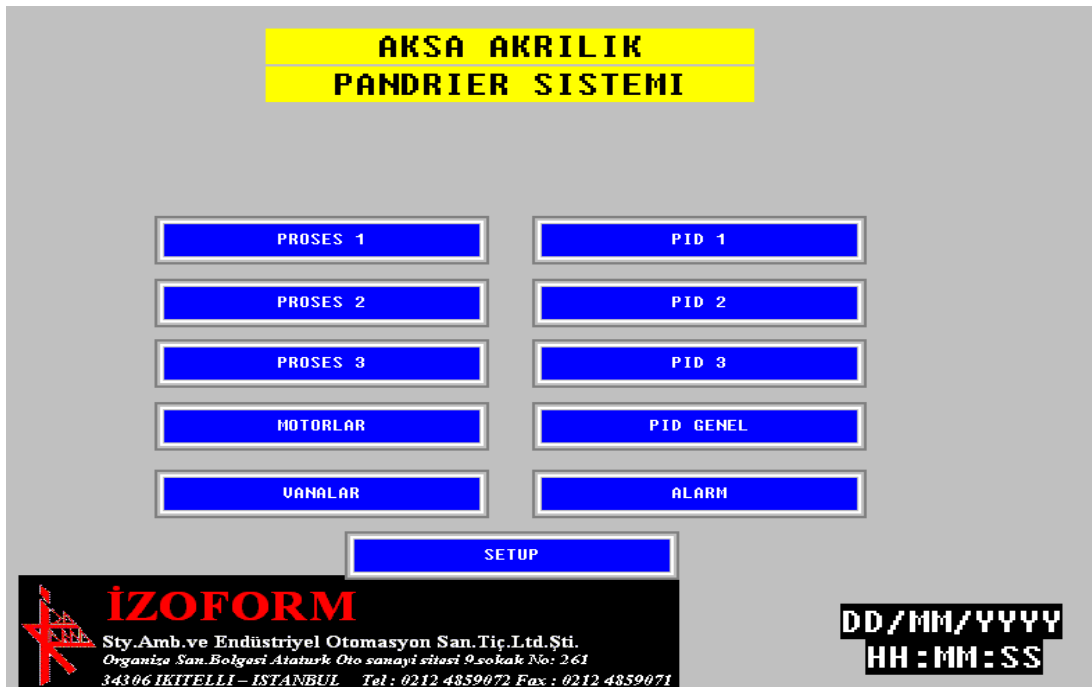
RACK	SLOT	CHN	KLEMENS GRUP	KLEMENS NO	ROLE NO	TAG_NAME	TYPE	SUPPLY	CALIBRATION RANGE			INDICATION RANGE			FİRMA	DRAWING NO	DRAWING SHEET NO
									MİN	MAX	BİRİM	MİN	MAX	BİRİM			
1	1	1	AI-R1S1	2	-	TT-S05-27A	TEMP TRANSMITTER	N/A	0	100	°C	0	100	°C	HONEYWELL	PAN001.1	5
1	1	2	AI-R1S1	4	-	TT-S05-27B	TEMP TRANSMITTER	N/A	0	100	°C	0	100	°C	HONEYWELL	PAN001.1	5
1	1	3	AI-R1S1	6	-	TT-S05-27C	TEMP TRANSMITTER	N/A	0	100	°C	0	100	°C	HONEYWELL	PAN001.1	5
1	1	4	AI-R1S1	8	-	TT-S67A	TEMP TRANSMITTER	N/A	0	120	°C	0	120	°C	HONEYWELL	PAN001.1	5
1	1	5	AI-R1S1	10	-	TT-S67B	TEMP TRANSMITTER	N/A	0	120	°C	0	120	°C	HONEYWELL	PAN001.1	5
1	1	6	AI-R1S1	12	-	TT-S67C	TEMP TRANSMITTER	N/A	0	120	°C	0	120	°C	HONEYWELL	PAN001.1	5
1	1	7	AI-R1S1	14	-	TT-S68A	TEMP TRANSMITTER	N/A	0	100	°C	0	100	°C	HONEYWELL	PAN001.1	5
1	1	8	AI-R1S1	16	-	TT-S68B	TEMP TRANSMITTER	N/A	0	100	°C	0	100	°C	HONEYWELL	PAN001.1	5
1	2	1	AI-R1S2	2	-	TT-S68C	TEMP TRANSMITTER	N/A	0	100	°C	0	100	°C	HONEYWELL	PAN001.1	6
1	2	2	AI-R1S2	4	-	FT-S91A	Dp TRANSMITTER	N/A	0	5000	mmH2O	0	1250	Kg/h	HONEYWELL	PAN001.1	6
1	2	3	AI-R1S2	6	-	FT-S91B	Dp TRANSMITTER	N/A	0	5000	mmH2O	0	1250	Kg/h	HONEYWELL	PAN001.1	6
1	2	4	AI-R1S2	8	-	FT-S91C	Dp TRANSMITTER	N/A	0	5000	mmH2O	0	1250	Kg/h	HONEYWELL	PAN001.1	6
1	2	5	AI-R1S2	10	-	LT-S93 1A	FL L LEVEL TENS.	N/A	HOLD		mmH2O	0	100	%	HONEYWELL	PAN001.1	6
1	2	6	AI-R1S2	12	-	LT-S93 2A	FL L LEVEL TENS.	N/A	HOLD		mmH2O	0	100	%	HONEYWELL	PAN001.1	6
1	2	7	AI-R1S2	14	-	PT-S74A	G PRES. TRANS.	N/A	-1	1	bar	-1	1	bar	F ROSEMOUNT	PAN001.1	6
1	2	8	AI-R1S2	16	-	PT-S74B	G PRES. TRANS.	N/A	-1	1	bar	-1	1	bar	F ROSEMOUNT	PAN001.1	6
2	1	1	AI-P2S1	2	-	PT-S74C	G PRES. TRANS.	N/A	-1	1	bar	-1	1	bar	F ROSEMOUNT	PAN001.1	12
2	1	2	AI-P2S1	4	-	FT-S94	VORTEX FLOWMETER	N/A	0	58000	Kg/h	0	58000	Kg/h	F ROSEMOUNT	PAN001.1	12
2	1	3	AI-P2S1	6	-	LT-S93 3A	FL L LEVEL TENS.	N/A	HOLD		mmH2O	0	100	%	HONEYWELL	PAN001.1	12
2	1	4	AI-P2S1	8	-	SPARE									PAN001.1	12	
2	1	5	AI-P2S1	10	-	FT-S92	MASS FLOWMETER	220V AC	0	3500	Kg/h	0	3500	Kg/h	F ROSEMOUNT	PAN001.1	12
2	1	6	AI-P2S1	12	-	FT-S93	MASS FLOWMETER	220V AC	0	70000	Kg/h	0	70000	Kg/h	F ROSEMOUNT	PAN001.1	12
2	1	7	AI-P2S1	14	-	SI-S92A	AC DRIVE SPEED	FREE	0	3000	RPM	0	3000	PRM	ABB	PAN001.1	12
2	1	8	AI-P2S1	16	-	CI-S92A	AC DRIVE CURRENT	FREE	0		A	0		A	ABB	PAN001.1	12
2	2	1	AI-P2S2	2	-	SI-S92B	AC DRIVE SPEED	FREE	0	3000	RPM	0	3000	RPM	ABB	PAN001.1	13
2	2	2	AI-P2S2	4	-	CI-S92B	AC DRIVE CURRENT	FREE	0		A	0		A	ABB	PAN001.1	13
2	2	3	AI-P2S2	6	-	SI-S93 2A	AC DRIVE SPEED	FREE	0	3000	RPM	0	3000	PRM	ABB	PAN001.1	13
2	2	4	AI-P2S2	8	-	CI-S93 2A	AC DRIVE CURRENT	FREE	0		A	0		A	ABB	PAN001.1	13
2	2	5	AI-P2S2	10	-	SI-S93 2B	AC DRIVE SPEED	FREE	0	3000	RPM	0	3000	RPM	ABB	PAN001.1	13
2	2	6	AI-P2S2	12	-	CI-S93 2B	AC DRIVE CURRENT	FREE	0		A	0		A	ABB	PAN001.1	13
2	2	7	AI-P2S2	14	-	SPARE									PAN001.1	13	
2	2	8	AI-P2S2	16	-	SPARE									PAN001.1	13	

Tablo A.5: Giriş/Çıkış Listesi (AO)

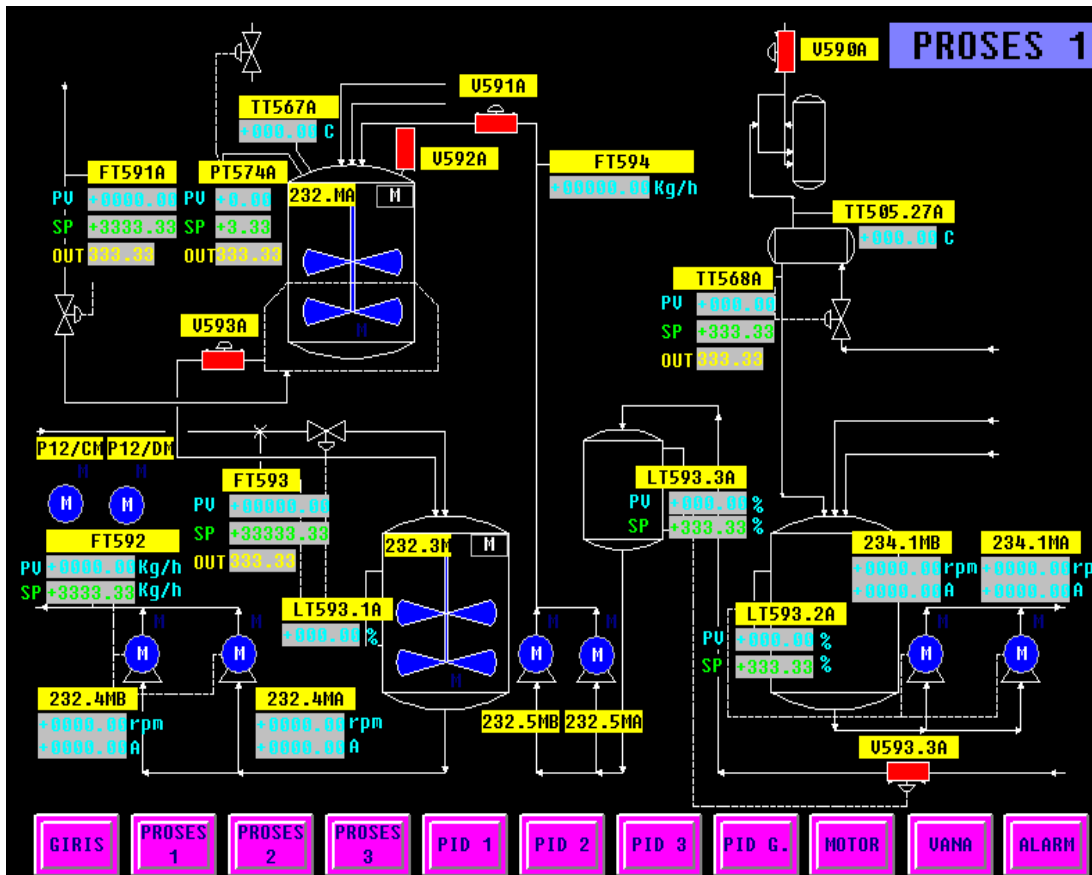
CALIBRATION RANGE															
RACK	SLOT	CHN	KLEMENS GRUP	KLEMENS NO	ROLE NO	TAG_NAME	TYPE	SUPPLY	MIN	MAX	BİRİM	FİRMA	DRAWING NO	DRAWING SHEET NO	
1	3	1	AO-R1S3	1-2	-	PCV-591A	CONTROL VALVE	TWO WIRE	4-20 mA	0	100	%	FISHER_ROSEMOUNT	PAN001.1	7
1	3	2	AO-R1S3	3-4	-	PCV-591B	CONTROL VALVE	TWO WIRE	4-20 mA	0	100	%	FISHER_ROSEMOUNT	PAN001.1	7
1	3	3	AO-R1S3	5-6	-	PCV-591C	CONTROL VALVE	TWO WIRE	4-20 mA	0	100	%	FISHER_ROSEMOUNT	PAN001.1	7
1	3	4	AO-R1S3	7-8	-	PCV-593	CONTROL VALVE	TWO WIRE	4-20 mA	0	120	%	FISHER_ROSEMOUNT	PAN001.1	7
1	4	1	AO-R1S4	1-2	-	PCV-574A	CONTROL VALVE	TWO WIRE	4-20 mA	0	120	%	FISHER_ROSEMOUNT	PAN001.1	8
1	4	2	AO-R1S4	3-4	-	PCV-574B	CONTROL VALVE	TWO WIRE	4-20 mA	0	120	%	FISHER_ROSEMOUNT	PAN001.1	8
1	4	3	AO-R1S4	5-6	-	PCV-574C	CONTROL VALVE	TWO WIRE	4-20 mA	0	100	%	FISHER_ROSEMOUNT	PAN001.1	8
1	4	4	AO-R1S4	7-8	-	TCV-568A	CONTROL VALVE	TWO WIRE	4-20 mA	0	100	%	FISHER_ROSEMOUNT	PAN001.1	8
2	3	1	AO-R2S3	1-2	-	TCV-568B	CONTROL VALVE	TWO WIRE	4-20 mA	0	100	%	FISHER_ROSEMOUNT	PAN001.1	14
2	3	2	AO-R2S3	3-4	-	TCV-568C	CONTROL VALVE	TWO WIRE	4-20 mA	0	100	%	FISHER_ROSEMOUNT	PAN001.1	14
2	3	3	AO-R2S3	5-6	-	SZ-592A	AC_DRIVE	TWO WIRE	4-20 mA	0	3000	RPM	ABB	PAN001.1	14
2	3	4	AO-R2S3	7-8	-	SZ-592B	AC_DRIVE	TWO WIRE	4-20 mA	0	3000	RPM	ABB	PAN001.1	14
2	4	1	AO-R2S4	1-2	-	SZ-593.2A	AC_DRIVE	TWO WIRE	4-20 mA	0	3000	RPM	ABB	PAN001.1	15
2	4	2	AO-R2S4	3-4	-	SZ-593.2B	AC_DRIVE	TWO WIRE	4-20 mA	0	3000	RPM	ABB	PAN001.1	15
2	4	3	AO-R2S4	5-6	-	SPARE		TWO WIRE	4-20 mA				PAN001.1	15	
2	4	4	AO-R2S4	7-8	-	SPARE		TWO WIRE	4-20 mA				PAN001.1	15	

EK 3

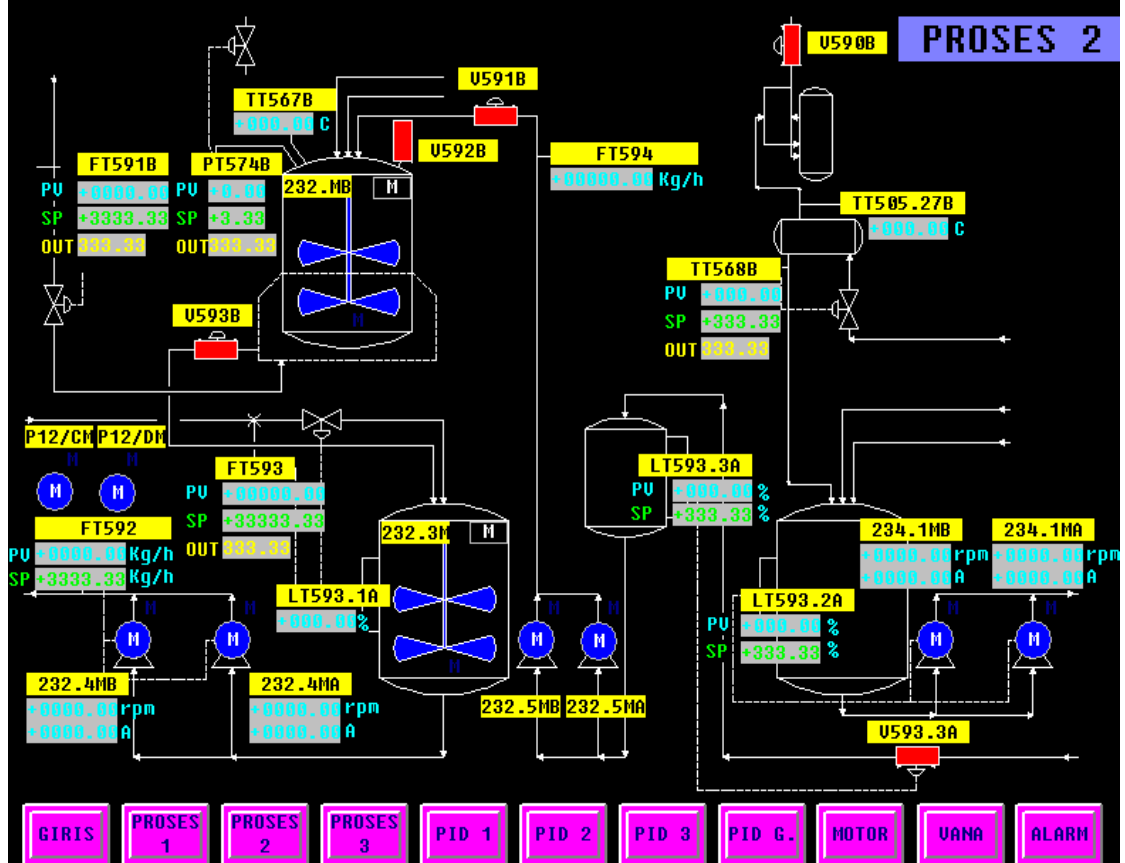
Şekil A.1: Operatör Panel Ekranları-1



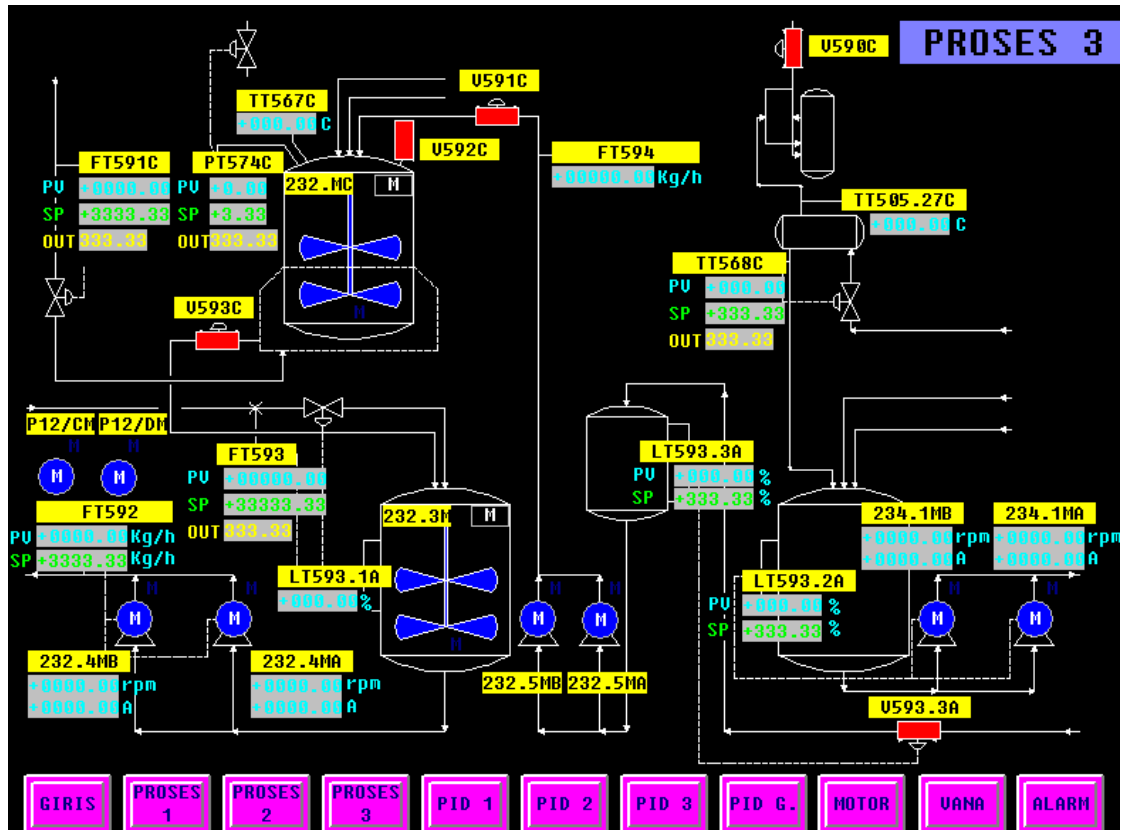
Şekil A.2: Operatör Panel Ekranları-2



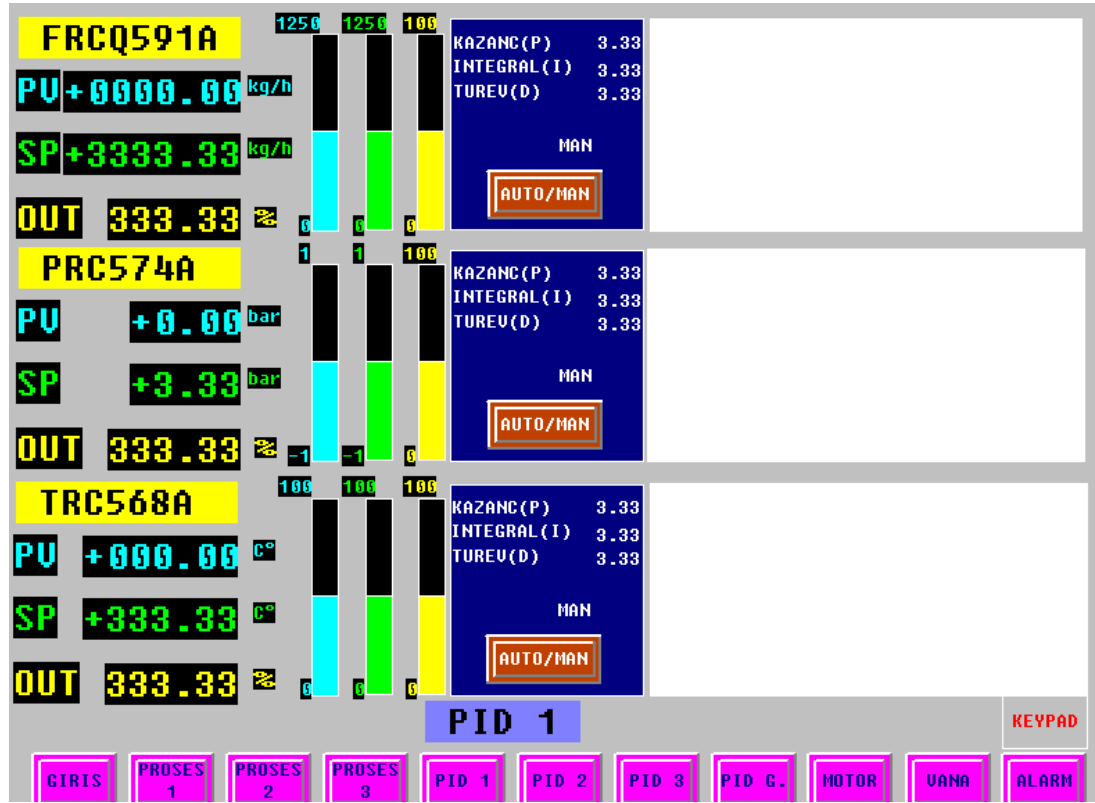
Şekil A.3: Operatör Panel Ekranları-3



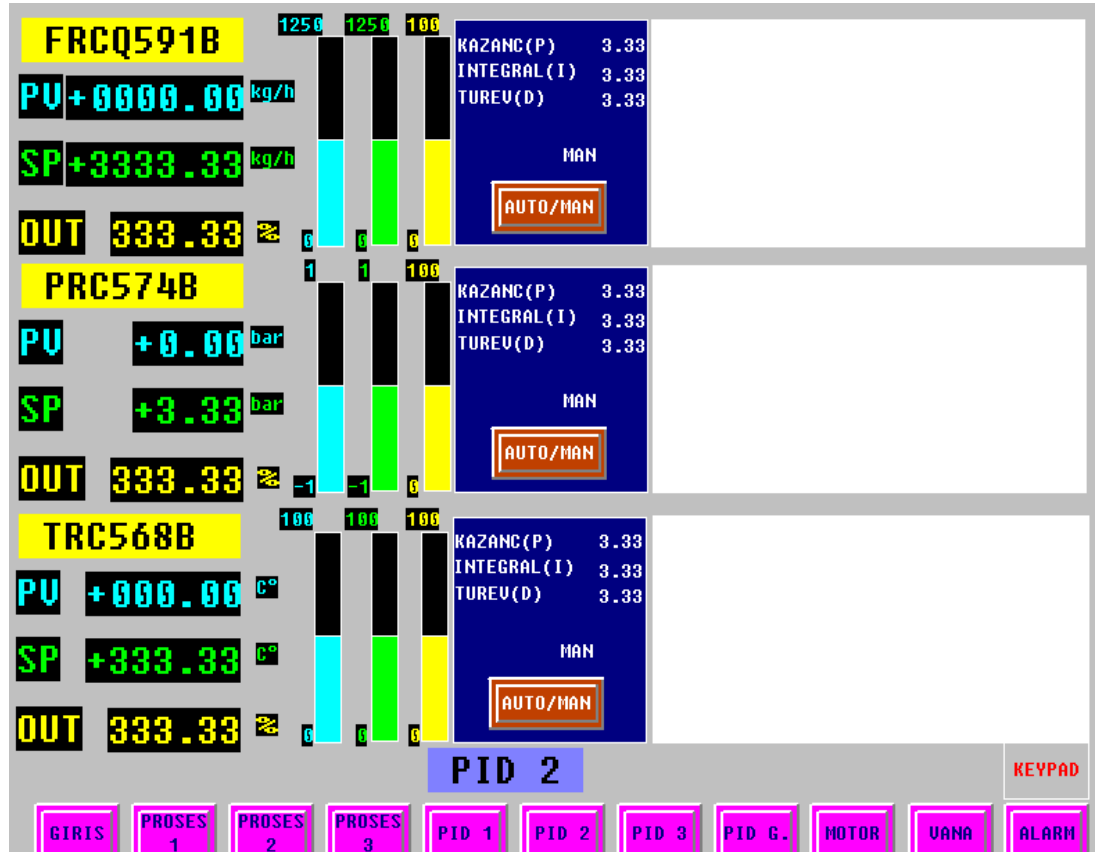
Şekil A.4: Operatör Panel Ekranları-4



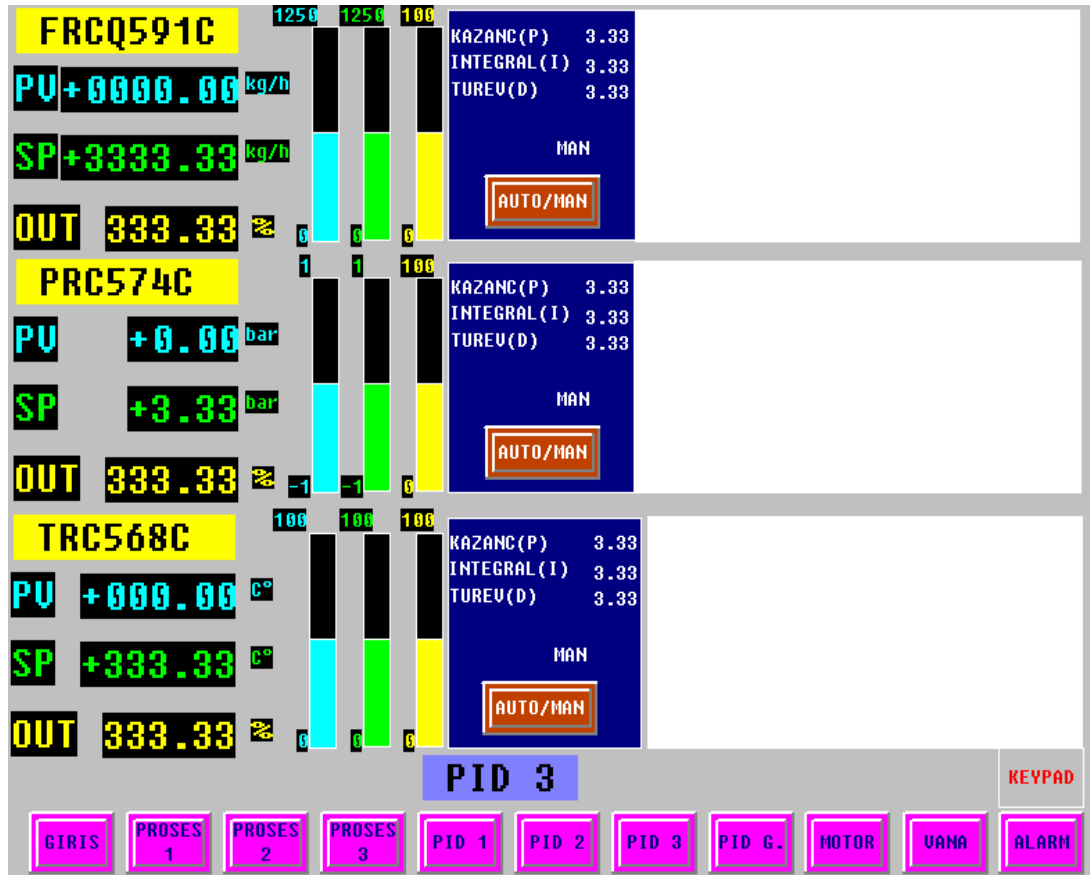
Şekil A.5: Operatör Panel Ekranları-5



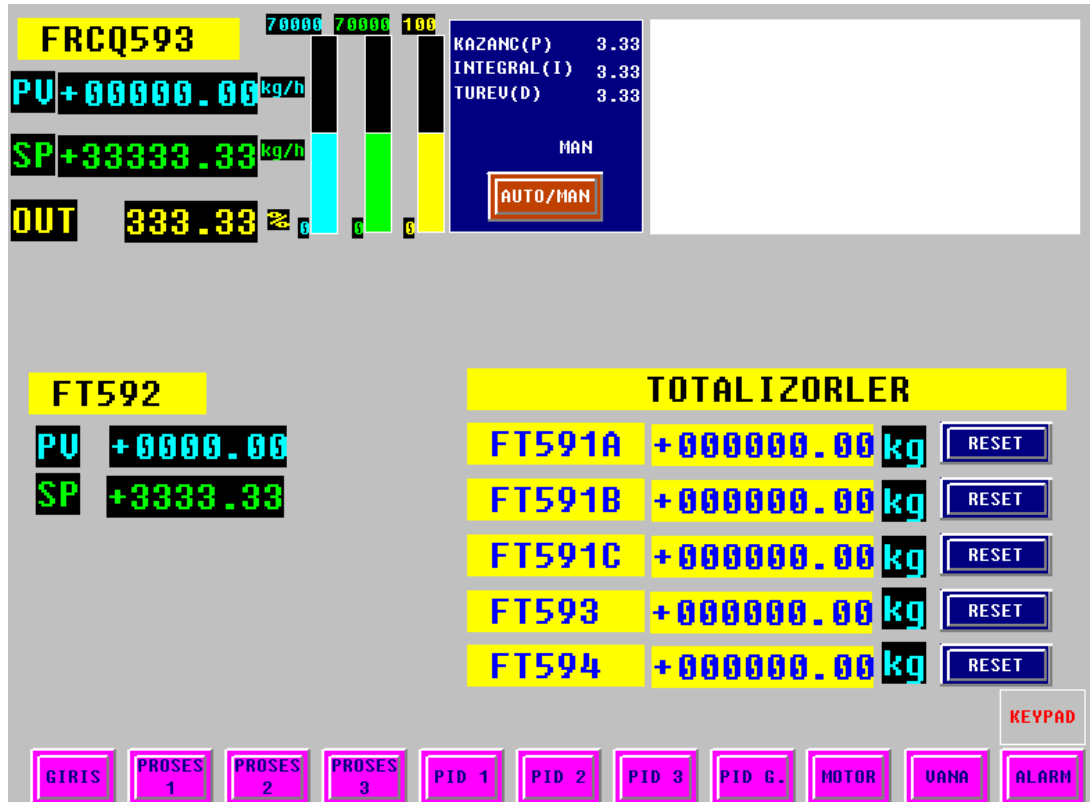
Şekil A.6: Operatör Panel Ekranları-6



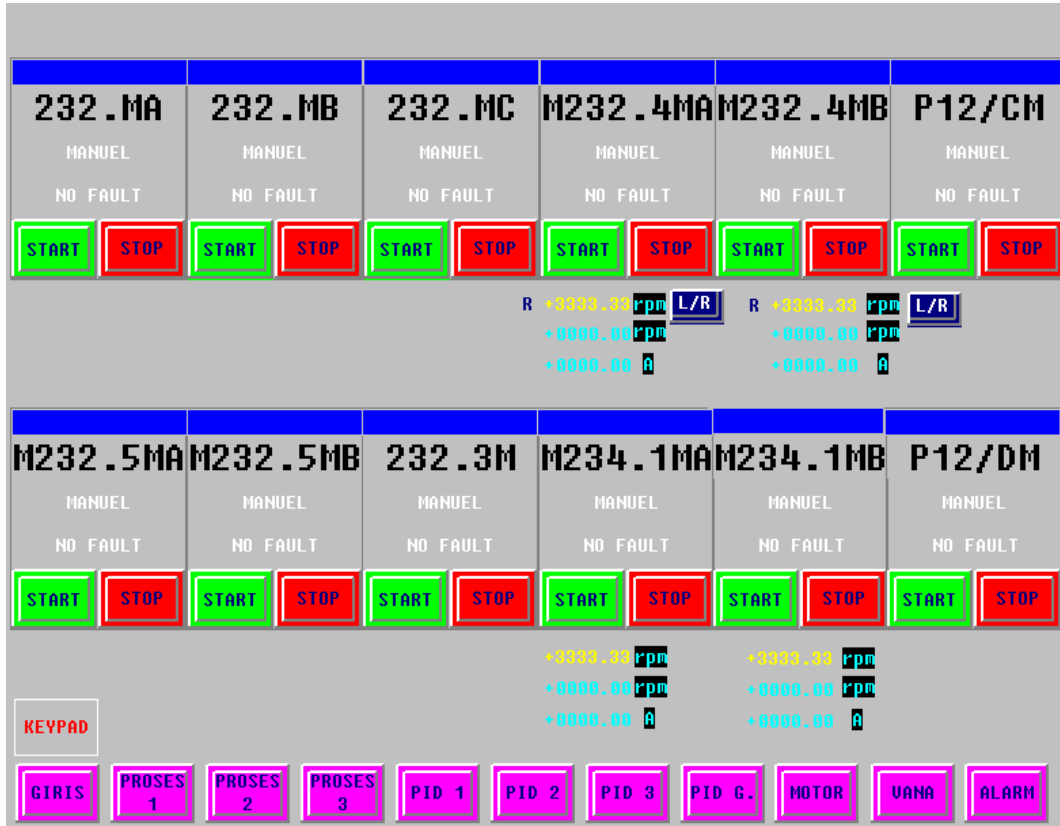
Şekil A.7: Operatör Panel Ekranları-7



Şekil A.8: Operatör Panel Ekranları-8



Şekil A.9: Operatör Panel Ekranları-9



Şekil A.10: Operatör Panel Ekranları-10



Şekil A.11: Operatör Panel Ekranları-11

[illegible]

ÖZGEÇMİŞ

1980 Gaziantep doğumlu olan İlker Özzorlu, ilk, orta ve lise eğitimini Gaziantep'te tamamlamıştır. Gaziantep Anadolu Lisesi'nden 1998 yılında mezun olduktan sonra aynı yıl içerisinde İstanbul Teknik Üniversitesi Elektrik – Elektronik Fakültesi Elektrik Mühendisliği bölümünde lisans öğrenimine başlamıştır. 2002 senesinde lisans eğitimini başarıyla tamamlayarak mühendis ünvanı almıştır. Yine aynı yıl içerisinde İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İşletme Mühendisliği yüksek lisans programına başlayan Özzorlu, halen yüksek lisans eğitimine devam etmektedir.

Lisans eğitiminden bu yana ilgi duyduğu kontrol sektöründe çeşitli firmalarda çalışan Özzorlu, halen sistem mühendisi ünvanıyla İzofarm Endüstriyel Otomasyon Tic. Ltd. Şti.'nde proses kontrol ve endüstriyel otomasyon projelerini yürütmektedir.