

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**GALVANİZ HATTI
TAHRİK VE KONTROL SİSTEMİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Müh. Duhan SÖNMEZ
(504970318011)**

100988

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 05 Haziran 2000
Tezin Savunulduğu Tarih : 23 Haziran 2000**

Tez Danışmanı : Prof.Dr. Tamer KUTMAN

Diğer Jüri Üyeleri : Prof.Dr. Leyla GÖREN

Prof.Dr. Ahmet KUZUCU

HAZİRAN 2000

ÖNSÖZ

Tez çalışmasının yürütülmesinde yardımcı olan, her zaman çalışmalarına yön veren değerli insan Prof. Dr. Tamer KUTMAN'a içten teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca tez çalışmam ile beraber yürüttüğüm projede, bana destek olan Y.Müh. Erkan ŞELE'e, çalışma arkadaşlarım Müh. Akif SARIİBRAHİM ve Müh. Önder AĞCA'ya, bana karşı anlayışlı ve sabırlı tutumlarından dolayı önce ailem olmak üzere tüm yakın arkadaşlarıma teşekkürü bir borç bilirim.

Yaptığım bu çalışmayı babam Atilla SÖNMEZ'e ithaf ediyorum.

Haziran 2000

Müh.Duhan SÖNMEZ

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	vi
TABLO LİSTESİ	vii
ŞEKİL LİSTESİ	viii
SEMBOL LİSTESİ	ix
ÖZET	x
SUMMARY	xii
1. GİRİŞ	1
2. GALVANİZ HATTININ GENEL YAPISI VE ÇALIŞMA İLKESİ	5
2.1. Giriş Bölümü	5
2.1.1. Mekanik Yapı	6
2.1.2. Çalışma İlkesi	7
2.2. Üretim Bölümü	9
2.2.1. Mekanik Yapı	9
2.2.2. Çalışma İlkesi	10
2.3. Çıkış Bölümü	15
2.3.1. Mekanik Yapı	15
2.3.2. Çalışma İlkesi	15
3. TEMEL HAREKET DÜZENEKLERİNİN TASARIMI VE KONTROL İLKELERİ	19
3.1. Açıcı	19
3.2. Merdaneler	22
3.2.1. Sıkıştırma Merdanesi	22
3.2.2. Düzeltme Merdanesi	24
3.2.3. Gerdirme Merdanesi	26

3.2.4. Saptırma Merdanesi	31
3.2.5. Sızdırmazlık Merdanesi	33
3.3. Akümülatör	35
3.4. Sarıcı	39
4. DAĞITILMIŞ KONTROL SİSTEMLERİ	43
4.1. Genel Özellikler	43
4.2. Sahayolları	45
4.3. Sistemin Yapısı	48
4.3.1. Bilgi İletim Yöntemi	50
4.3.2. SCADA	52
4.4. CTNet Sahayolu	52
4.4.1. CTNet Ağ Bileşenleri	59
4.4.2. Yazılım	63
4.5. SCADA Yazılımı	68
5. İŞLETME VE BAKIM	70
5.1. Güç Sistemi	70
5.1.1. Giriş Besleme Panoları	70
5.1.2. Üretim Besleme Panoları	71
5.1.3. Çıkış Besleme Panoları	74
5.2. Kontrol Fonksiyonları	74
5.2.1. Hat Hızının Kontrolü	75
5.2.2. Gerginlik Kontrolü	75
5.2.3. Moment Kontrolü	76
5.3. Kumanda Fonksiyonları	77
5.3.1. Hatta Yol Verme	78
5.3.2. Girişte Bobin Değiştirme	79
5.3.3. Çıkışta Bobin Değiştirme	81

5.3.4. Hattı Normal Durdurma	82
5.3.5. Hattı Acil Durdurma	83
5.4. Standart Bakım	84
5.4.1. Panolar	84
5.4.2. Motorlar	85
5.5. Arıza Bulma	86
5.5.1. Ekran Mesajları	86
5.5.2. Sürücü Mesajları	88
5.5.3. Kodlayıcıların Kontrolu	94
5.6. Donanımın Değiştirilmesi	96
5.6.1. Sürücüler	96
5.6.2. I/O Üniteleri	98
5.6.3. Ekranlar	98
6. SONUÇLAR	100
KAYNAKLAR	102
EKLER	104
ÖZGEÇMİŞ	128

KISALTMALAR

KÇHK	: Kapalı Çevrim Hız Kontrolu
AÇHK	: Açık Çevrim Hız Kontrolu
HSMK	: Hız Sınırlamalı Moment Kontrolu
KSÇHR	: Kısa Süreli Çalışma Hız Referansı
BUR	: Boy Uzatma Referansı
SD	: Hat Ana Kontrol Sürücüsü
GMD	: Gerdirme Merdanesi
SGMD	: Sıcak Gerdirme Merdanesi
SMD	: Sıkıştırma Merdanesi
DMD	: Düzeltme Merdanesi
AÇ	: Açıcı
SR	: Sarıcı
AKM	: Akümülatör
SPM	: Saptırma Merdanesi
PSSM	: Pota Sonrası Saptırma Merdanesi
SZM	: Sızdırmazlık Merdanesi
GJCF	: Gaz/Jet Soğutma Fanı
PSM	: Pasivasyon Merdanesi
PKM	: Primer Kaplama Merdanesi
SP	:Yüzey Düzeltme
TL	: Gerginlik Düzenleme
SCADA	: Supervisory Control And Data Acquisition
AA	: Alternatif Akım
DA	: Doğru Akım

TABLO LİSTESİ

	<u>SayfaNo</u>
Tablo 3.1. Gerdirme Merdanesi 2 Çiftine Ait İşletme Değerleri.....	30
Tablo 3.2. Giriş ve Çıkış Akümülatörü İşletme Değerleri.....	36
Tablo 3.3. Sarıcı İşletme Değerleri.....	41
Tablo 4.1. CTNet Çevrim İçi Mesaj İletim Süresi.....	56
Tablo 4.2. CTNet Çevrim Dışı Mesaj İletim Süresi.....	57
Tablo 5.1. CTNet Kurulumunda Öncelikli Kullanılan Sürücü Parametreleri....	97
Tablo A.1. Motor Tanım Tablosu.....	124



ŞEKİL LİSTESİ

	<u>SayfaNo</u>
Şekil 3.1.	Gerdirme Merdane Çifti Mekanik Yapısı..... 28
Şekil 4.1.	CTNet Kontrol Modeli..... 53
Şekil 4.2.	Çevrim İçi Veri İletiminde Eş zamanlılık Sinyali..... 54
Şekil 4.3.	AA ve DA Dijital Motor Sürücüsü, Programlama ve Haberleşme Modülü..... 60
Şekil 4.4.	Tekrarlayıcı İle Kurulan Ağ Yapısı..... 62
Şekil 4.5.	Aktif HUB İle Kurulan Ağ Yapısı..... 63
Şekil 4.6.	SYPT Merdiven Diyagramı ve Fonsiyon Bloklarının Bulunduğu SYPT Penceresi..... 67
Şekil 5.1.	Kodlayıcı Sinyalleri..... 96
Şekil A.1.	Galvaniz Hattı Projesi – Ayrıtlar ve Kontrol Şeması 1..... 104
Şekil A.2.	Galvaniz Hattı Projesi – Ayrıtlar ve Kontrol Şeması 2..... 105
Şekil A.3.	Galvaniz Hattı Projesi – Ayrıtlar ve Kontrol Şeması 3..... 106
Şekil A.4.	Galvaniz Hattı Projesi – Haberleşme Ağ Yapısı..... 107
Şekil B.1.	CTNet Ağ Yapısı..... 108
Şekil B.2.	Galvaniz Hattı Giriş Bölümü – SCADA Ekranı..... 109
Şekil B.3.	Galvaniz Hattı Üretim Bölümü 1 – SCADA Ekranı..... 110
Şekil B.4.	Galvaniz Hattı Üretim Bölümü 2 – SCADA Ekranı..... 111
Şekil B.5.	Galvaniz Hattı Çıkış Bölümü – SCADA Ekranı..... 112
Şekil C.1.	Galvaniz Hattı – SCADA Ekranı (Genel) 113
Şekil D.1.	Giriş Bölümü – Açma Hattı..... 114
Şekil D.2.	Giriş Bölümü – Açıcı 1..... 114
Şekil D.3.	Giriş Bölümü – Operatör Masası..... 115
Şekil D.4.	Giriş Bölümü Elektrik Odası-Motor Sürücü Panoları..... 115
Şekil D.5.	Üretim Bölümü – Fırın Sonrasında Galvaniz Potası ve Hava Bıçağı..... 116
Şekil D.6.	Üretim Bölümü – Yüzey Düzeltme ve Gerginlik Düzenleme Merdane Grubu..... 117
Şekil D.7.	Üretim Bölümü Kontrol Odası – Operatör Masası..... 118
Şekil D.8.	Üretim Bölümü Elektrik Odası – Motor Sürücü Panoları..... 118
Şekil D.9.	Çıkış Bölümü–Akümülatör Motoru, Dişli Kutusu ve Halat Tamburu..... 119
Şekil D.10.	Çıkış Bölümü –Sarma Hattı ve Sarıcı 1..... 119
Şekil D.11.	Çıkış Bölümü – Operatör Masası..... 120
Şekil D.12.	Çıkış Bölümü Elektrik Odası – Motor Sürücü Panoları..... 120
Şekil E.1.	Giriş Bölümü – Güç Dağıtım Panosu (PGM)Yerleşim Planı..... 121
Şekil E.2.	Üretim Bölümü – Güç Dağıtım Panoları (PUM&SPTL) Yerleşim Planı..... 122
Şekil E.3.	Çıkış Bölümü – Güç Dağıtım Panosu (PCM) Yerleşim Planı..... 123

SEMBOL LİSTESİ

$\ddot{u}$	: Dişli kutusu çevirme oranı
μ	: Sürtünme katsayısı
α	: Merdane sarma açısı
γ	: Yardımcı sarma açısı
β	: Yardımcı sarma açısı
P	: Güç
F	: Gerginlik kuvveti
M_m	: Motor momenti
M_y	: Yük momenti
ω	: Açısal hız
v	: Çizgisel hız
n	: Devir hızı
n_m	: Motor devir hızı
ω_m	: Motor açısal hızı
ω_y	: Yük açısal hızı
r	: Yarıçap
T_p	: Veri iletim gecikme süresi
X	: Hat uzunluğu
S_p	: Veri iletim hızı
T_c	: Çevrim periyodu
T_{cd}	: Çevrim içi veri
T_{nc}	: Çevrim dışı veri
T_{st}	: Eş zamanlılık sinyali
BB	: Veri blok boyutu

ÖZET

Galvaniz hattı tahrik ve kontrol sistemlerinin incelendiği bu çalışmada, öncelikli olarak örnek bir galvaniz hattı üzerinden sistemin genel yapısı ve işletme koşulları ortaya konulmuştur. Sistemdeki temel hareket düzeneklerinden yola çıkılarak tahrik uygulamalarındaki çalışma ve kontrol türleri araştırılmış, kullanılan motor kontrol ünitelerinin temel oluşturduğu dağıtılmış kontrol sistemi ve sahayolu uygulaması incelenmiştir.

Metal endüstrisinde önemli bir tesis olan galvaniz hatlarında, hammadde olarak getirilen işlenmemiş sac malzeme, kaplanarak kullanıcıya sunulmaktadır. Galvaniz ile kaplama işleminin amacı soğuk haddelenmiş sac malzemenin kısa sürede paslanarak bozulmasını önlemektir. Buna göre kurulu olan tesiste bulunan işlem bölümlerine (giriş, üretim, çıkış) uygun olarak sac malzeme hattan geçirilmektedir. Bu endüstriyel yapının her işlem bölümünde bulunan hareket düzenekleri elektrik motorları ile tahrik edilmekte ve kullanılan motor kontrol sürücülerinin yardımıyla amaçlanan çalışma ve kontrol biçimi sağlanmaktadır.

Tüm sistemdeki ana hat motorları sayısal motor kontrol üniteleri ile çalıştırılmakta ve dolayısıyla hattın ilgili bölümlerindeki kontrol türleri sayısal bir ortamda gerçekleştirilmektedir. Galvaniz hattında başlıca amaçlanan kontrol türleri; hız kontrolü, moment kontrolü ve gerginlik kontrolüdür.

Kapsamlı bir endüstriyel tesis olan galvaniz hattında oluşturulan sayısal kontrol yapısı, dağıtılmış kontrol modeli üzerine kurulmuştur. Zira sistemde kullanılan tüm motor kontrol ünitelerinin kendi sayısal işlemcileri ile programlanabilmesi, sisteme ait kontrol fonksiyon parçalarının bu ayırık birimlere dağıtılmasına imkan vermektedir. Bunun yanında sistemde kurulu olan CTNet isimli sahayolu sayesinde tüm akıllı motor kontrol birimleri arasında veri iletişimi ve ayırık yapıda yürütülen kontrol fonksiyonlarının eş zamanlı (senkron) olması sağlanmaktadır. Dinamiği yüksek olan tahrik uygulamalarının bulunduğu sistemlerde dağıtılmış kontrol

modelinin kullanılması sistem performansı ve donanım esnekliği açısından incelenmiştir.

Ayrıca temel olarak üretim planlama ve sistem denetiminin sağlanabilmesi için SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) sistemi kullanılmaktadır. Bir bilgisayar ağı üzerinde (ethernet) kurulan SCADA, sistem durum bilgilerinin beş ayrı noktadan gözlenebilmesini, sistem kontrol parametrelerinin değıştirilebilmesi sağlanmaktadır. SCADA sistemini yürüten kontrol programı CTNet sahayoluna bağı bir bilgisayara yüklenmiştir. Dolayısıyla SCADA ile tüm ağı bileşenlerinin (motor kontrol birimleri) sisteme ilişkin gerçek zamanda kontrol parametrelerine ulaşılabilir.

Bu çalışmanın sonunda örnek galvaniz hattına ait tahrik ve kontrol sistemleri incelenerek, kullanıcıya yönelik işletme ve bakım notları çıkarılmıştır.



SUMMARY

Motor control systems and control architecture of a Galvanizing Line, which is researched in an current example, is examined in this study. First of all, general structure and operational conditions of galvanizing line is exposed by observing the current line. Making use of mechanical dimensions and operational values which belong to the basic motion mechanisms, the control types of motor drive applications are investigated. Also the distributed control system that the basic units are digital motor drives, and fieldbus application is researched in this study.

In the galvanizing lines which are important part of metal industry, iron strip coils are supplied as raw material and the strip is being coated by galvanizing process. So it is aimed to prevent rusting of iron strip in a short time which is passed through rolling mill before galvanizing lines. Therefore the iron strip is being passed through the main sections of line which are known as Entry, Process and Exit sections.

The main line motors of the system are being driven by digital motor control units, therefore the control functions of different parts on the system are being executed in a digital environment. In this way, there are three types of control on galvanizing line which are;

- Speed Control
- Torque Control
- Tension Control

The digital control architecture of this comprehensive industrial system is based on a distributed control model. The basic control unit of the control system is a digital motor drive which is able to be programmed by its own digital microprocessor. This utility allows the control functions of the system to be distributed to the separate motor controllers. Also the fieldbus which is named as CTNet, is used to perform a network between the motor drives. That makes the data transfer between intelligent

motor drives possible. During real time controls, all control loops of the system which are being executed in separate digital controllers (motor drives), are synchronized by the way of fieldbus. The control architecture of distributed control system, which are used for high dynamic drive applications, has fundamental benefits of high system performance and flexibility of system expansion.

Furthermore, SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) system is being used in galvanizing line to obtain healthy planning of manufacturing and supervisory control of the system. SCADA program is installed in a computer which is connected to an network (ethernet) on the system. There are five nodes on ethernet, four of them are user and one of them is server. It is possible to observe system status and data logging on this SCADA screens . The server of SCADA is also connected to CTNet fieldbus, therefore all critical system parameters and other motor drive parameters can be reached by this way if it is required.

At the end of this study some application notes according to the operations and maintenance are prepared for the galvanizing line system.

1. GİRİŞ

Galvaniz hattı, ham sacın üzerine çinko kaplayan bir metal işleme tesisidir. Sac bant bu amaçla hat boyunca bir çok işlem dizisinden geçirilir ve belirli bir yüzey kalitesinde işlem tamamlanır. Hammadde galvaniz hattına bobin olarak gelir. Hat girişine yüklenen bobinler, bu noktadan sonra düz bir bant halinde yaklaşık üç yüz metre uzunluğunda bir hattan geçer. Hattın sonunda, kaplanmış ve yüzey kalitesi arttırılmış sac bant sarılarak başlangıçta olduğu gibi bobinler halinde kullanıcıya sunulur. Günümüzde galvanizli sacın kullanımı oldukça yaygındır ve başlıca inşaat, otomotiv ve beyaz eşya sektörlerinde tüketilir.

Ülkemizde bulunan hatlarının en büyüklerinden biri TEZCAN GALVA 2 adıyla İzmit/Arslanbey mevkiinde kurulmuş olan galvaniz hattı tesisidir. Yıllık sac işleme kapasitesi ortalama 200.000 ton olan tesiste, üç farklı kalitede galvaniz kaplı sac üretimi yapılmaktadır. Bu kalite sınıfları şunlardır:

- Ticari Kalite (CQ)
- Çekme Kalite (DQ)
- Derin Çekme Kalite (DDQ)

Hattın işleyebileceği malzemenin kalınlığı 0,3 mm ile 2,00 mm ve genişliği 600 mm ile 1500 mm arasındadır. Tasarlanan sistemdeki hat hızı ise dakikada 150 m dir.

Bu galvaniz hattını diğer hatlardan ayıran en önemli özellik, sacın kaplanmadan önce fırınlama işleminden geçirilmesidir. Galvaniz hatlarında genellikle daha önceden fırınlanmış malzeme kullanılır. Bu tesiste soğuk hadde sonrasında fırınlanmamış sac kullanılabilir. Hattın belirli bir yerinde yer alan fırın, sacın kaplanma öncesinde fırınlanmasını sağlamaktadır. Fırın içinden geçirilen sac, ilk bölümde 600°C sıcaklıkta yüzeyindeki toz, yağ v.b. yabancı maddelerden arındırılır. Daha sonra H (hidrojen) ve N (azot) gazlarının bulunduğu ortamda 750-800°C sıcaklıktaki

ikinci bölümden geçirilerek sac yüzeyindeki O₂ (oksijen) molekülleri uzaklaştırılır. Bu işlem, hava ile teması halinde sacın paslanmasını önlemek için yapılır. Fırınlama işleminin doğrudan hat üzerinde yapılması, yeni bir teknolojidir.

Galvaniz hattı tesisi bir çok tahrik mekanizmasının bir arada kullanıldığı kapsamlı bir endüstriyel yapıdır. Çeşitli bölümlerde kullanılan mekanik düzenekler çoğunlukla elektrik motorları ile tahrik edilmektedir. Tahrik mekanizmalarının bağımlı ve bağımsız kontrolleri, amaçlanan üretim performansının sağlanması için zorunludur. Konu edilen galvaniz hattında temel olarak kullanılan kontrol üniteleri sayısal motor kontrol birimleridir. Hat boyunca değişik amaçlarla kullanılan AA ve DA motorları, sayısal motor sürücüleri ile çalıştırılmaktadır. Elektrik motorları, kullanıldıkları mekanik düzene bağlı olarak, hız, moment ve gerginlik kontrollu çalıştırılır.

Tezin 2. bölümü, galvaniz hattının tanıtımına ayrılmıştır. Hattın giriş, üretim ve çıkış bölümleri ayrıntılı olarak ele alınıp mekanik yapılar ve çalışma ilkeleri anlatılmıştır.

3. bölümde, sistemin yapısında bulunan temel hareket düzenekleri ele alınmıştır. Her bir temel hareket düzeneğinin mekanik yapısı incelenerek, tahrikinde kullanılan elektrik motorları, kullanılan motor sürücülerinin çalışma koşulları ve kontrol türleri değerlendirilmiştir. Sisteme ait mekanik verilerden ve işletme koşullarının belirlediği değerlerden yola çıkarak örnek hesaplamalar yapılmıştır.

Tezin 4. bölümü, hat üzerinde uygulanan kontrol sistemine ayrılmıştır. Bu tip endüstriyel sistemlerin kontrol ve otomasyonu günümüzde merkezi ve dağıtılmış biçimde olmak üzere iki türlü yapılmaktadır. Merkezi kontrol sistemlerinde merkezi bir işlemci bulunur ve sisteme ait tüm kontrol fonksiyonlarını bu işlemcide yürütülür. Sayısal seri haberleşme teknolojisi sayesinde merkezden uzak giriş/çıkış birimlerinden gelen durum bilgileri merkezi işlemciye taşınır ve merkezi işlemcinin ilettiği bilgilerle uç birimler gerekli kontrol fonksiyonlarını yerine getirirler. Dağıtılmış kontrolde ise, sistemin kontrol fonksiyonları merkezi bir kontrol birimi yerine, birbirinden ayrık ve programlanabilir uç birimlere dağıtılır. Buna göre her bir akıllı uç birim, bölgesel kontrol fonksiyonlarını kendi bünyesinde bulunan işlemcide yürütür. Her iki kontrol modelinde de birimler arası sayısal veri iletişimi, endüstriyel sahayolları üzerinde sağlanır.

Çok sayıda tahrik uygulamasının yer aldığı bir endüstriyel tesiste bulunan motor kontrol üniteleri, kurulacak kontrol modelinin birim elemanlarını oluşturmaktadır. Sistemin farklı noktalarında görev alan motor sürücüleri ortak bir kontrol fonksiyonunu yürütebilmelidir. Bu amaca uygun olarak sürücü birimleri arasında veri iletişiminin sağlanabilmesi, kullanılacak kontrol modeline ve bu modele uygun seçilecek sahayolunun varlığına bağlıdır. Bir merkezi kontrol sisteminde uç birim olarak kullanılan motor kontrol üniteleri, uygun bir sahayolu ile merkezi birime bağlanır ve sürücü kendi kontrol parametrelerini merkez birime sahayolu üzerinden aktararak gerekli fonksiyonları yerine getirir. Ancak sahayolu üzerindeki sürücü birimlerin aralarında doğrudan iletişim kurması mümkün değildir. Bu nedenle sahayolu üzerindeki veri iletim yoğunluğu oldukça fazladır. Interbus-S ya da Profibus haberleşme ağları bu yapıda sahayollarıdır. Buna karşın çok kullanıcı motor kontrol uygulamalarında dağıtılmış kontrol modelinin kullanılması, belirli özelliklerde sahayolları gerektirir. Özellikle dinamiği yüksek olan motor kontrol uygulamalarında veri iletişiminin sağlıklı olması için sahayolunda iletişim hızının yüksek, iletişim protokolünün da uygun olması gerekir. Konu edilen galvaniz hattında Control Techniques firmasına ait motor kontrol üniteleri ve bu birimler arasında iletişimin sağlandığı CTNet (Control Techniques Network) sahayolu kullanılmıştır. CTNet sahayolu motor kontrol ünitelerinin haberleşebilmesi için özel olarak tasarlanmış bir ağ yapısıdır ve dağıtılmış kontrol modeline uygundur. Gerekli zaman, CTNet ağına bağlanacak bir ya da daha fazla sayıda bilgisayar yardımı ile tüm motor sürücülerindeki kontrol parametrelerine ulaşılabilir ve sürücülerde bulunan sayısal işlemciler programlanabilir.

Galvaniz hattında çok sayıda motor kontrol uygulamasının bulunması ve sistem dinamiğinin yüksek olması, dağıtılmış kontrol modelinin tercih edilmesine neden olmuştur. Programlanabilir motor kontrol üniteleri ve uzak nokta giriş/çıkış (I/O) modülleri, dağıtılmış kontrol sistemini oluşturan temel ağ bileşenleridir. Hattın hız, moment ve gerginlik kontrolü gibi başlıca kontrol fonksiyonları, CTNet ağının sağladığı sağlıklı veri iletişimi ile gerçekleştirilmektedir. Galvaniz hattında 57 adet motor sürücü birimi, yaklaşık olarak 550 adet verinin iletişimini sağlayan beş adet uzak nokta giriş/çıkış (I/O) modülü ve sürücü kontrol parametrelerine ulaşabilen bir adet bilgisayar kullanılmıştır. Toplam 63 adet bağlantı noktasının bulunduğu ağ yapısındaki veri iletim hızı 2,5 Mbit/s dir.

4. bölümde hattın kontrol ve otomasyonunu tamamlayan diğer bir bileşen, SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) sistemi ele alınmıştır. Tesiste uygulanan SCADA programı sayesinde hattın çalışma durumu görüntülenmekte, denetim amaçlı kontrol sağlanmakta, hattın işletme bilgileri istatistik amacıyla saklanmakta ve sisteme ilişkin işletme parametreleri değiştirilebilmektedir. SCADA programı CTNet haberleşme ağına bağlı olan bilgisayarda yürütülmektedir. Dolayısıyla CTNet ağına bağlı diğer kullanıcı bilgileri sahayolundan SCADA programına aktarılmaktadır. Bunun yanısıra SCADA programının sağladığı gözlenebilirlik ve denetim imkanları, bir Ethernet ağı ile beş farklı noktada bulunan bilgisayarlara taşınmıştır.

Tezin 5. bölümünde hattın işletilmesi ve bakımına yönelik temel bilgiler verilmiştir. Güç sistemi, kontrol ve kumanda fonksiyonları, arıza bulma ve donanımın değiştirilmesi gibi bilgiler burada yer almaktadır.

Son bölümde ise elde edilen sonuçlar ve örnek galvaniz hattı için bundan sonra yapılabilecek düzenlemeler bildirilmiştir.

2. GALVANİZ HATTININ GENEL YAPISI VE ÇALIŞMA İLKESİ

Üretim sürecinin süreklilik gösterdiği hatlardan biri olan galvaniz hatlarında, hammadde olarak temin edilen sac bobinler, düz bir bant haline getirilerek hat boyunca işlenmekte ve daha sonra tekrar bobinler halinde kullanıcıya sunulmaktadır. Bir galvaniz hattında en önemli işlem sac bandın kaplanması işlemidir ki, sistemin diğer parçaları bu amaca hizmet eden yardımcı birimlerdir. Bir çok işlem dizisinin sıralı gerçekleştiği galvaniz hatları, üretim kapasitelerine uygun olarak, sürekli çalışma zorunluluğunun bulunduğu üretim hatlarıdır.

Temel olarak bir galvaniz hattı, ürün akış sırasına göre üç bölümden meydana gelir. Bunlar,

- a. Giriş Bölümü
- b. Üretim Bölümü
- c. Çıkış Bölümü

olarak tanımlanmıştır.

2.1. Giriş Bölümü

Sarılı bobinler halinde temin edilen ham (işlenmemiş) sac bobinleri, ilk olarak giriş bölümünde karşılanır. Bu bölüme getirilen sac bobinler açma hattına yüklenerek, diğer bölümlerde kolayca işlenebilmesi için hat boyunca açılır ve üretim bölümüne aktarılır.

Farklı boyutlardaki sac bantlar bu bölümde ucuca birleştirilerek geri kalan bölümlerde tek bir sac bant halinde hareket eder. Kaynak makinesi ile gerçekleştirilen birleşme işlemi, tüm hattaki sürekli hareketin sürdürülebilmesi için bir zorunluluktur.

2.1.1. Mekanik Yapı

Giriş bölümünde bulunan mekanik düzeneklerin, hattın akış sırasına uygun dizilişi aşağıda verilmiştir. (bak. EK 1-Şekil A.1.)

1. Üst Kol Açma Hattı

1.1. Açıcı 1 (AÇ#1)

1.2. Sıkıştırma merdanesi 1 (SMD#1)

1.3. Düzeltme merdanesi 1 (DMD#1)

1.4. Sıkıştırma merdanesi 3 (SMD#3)

1.5. Hidrolik Makas

1.6. Sıkıştırma merdanesi 5 (SMD#5)

2. Alt Kol Açma hattı

2.1. Açıcı 2 (AÇ#2)

2.2. Sıkıştırma merdanesi 2 (SMD#2)

2.3. Düzeltme merdanesi 2 (DMD#2)

2.4. Hidrolik Makas

2.5. Sıkıştırma merdanesi 4 (SMD#4)

2.6. Sıkıştırma merdanesi 6 (SMD#6)

3. Kaynak Makinesi

4. Gerdirme Merdanesi 1 (GMD#1)

5. Giriş Akümülatörü (AKM#1)

Yukarıdaki listede belirtilen alt ve üst açıcı hatları, iki adet birbirine paralel ve üst üste kurulmuş düzeneklerdir. Bu hatlar üzerinde sac bandı tahrik eden merdaneler ve boş yardımcı merdaneler bulunmaktadır. Tahrik merdaneleri sac bandın ötelenmesinde kullanılırken, boş yardımcı merdaneler ise sac banda hareket kolaylığı kazandırmaktadır. Giriş açıcı hatlarında bulunan basit hareket düzenekleri hidrolik ve pnömatik sistemler ile tahrik edilmektedir. Buna göre her iki açma hattında da bulunan hidrolik makas düzenleri mevcut hidrolik sistemden beslenmektedir.

2.1.2. Çalışma İlkesi

Bu bölüme getirilen sac bobinleri öncelikli olarak açıcı düzeneklerine yüklenir. Hat boyunca sac bandın işlenebilmesi için, Açıcı 1 veya 2 e takılan sac bobinleri bu noktalarda açılmaya başlanır. Giriş bölümündeki çalışma durumları üretim bölümünde kesintisiz çalışma sürecini etkilediğinden giriş bölümünde büyük arızaların neden olacağı uzun süreli durma riskine karşı önlemler alınmıştır. Bunlardan en önemlisi, giriş bölümünde birbirine paralel ve üst üste kurulmuş iki adet açma hattının bulunmasıdır. Bu yapının diğer bir amacı ise, hammadde yükleme kapasitesini arttırmaktır. Açma hattının ilk düzeneği olan açıcılar sabit gerginlik referansı ile çalıştırılmaktadır.

İlk sac bobini açıcıya takıldıktan sonra sacın ucu sıkıştırma merdane çiftine kadar iletilir. Sıkıştırma merdaneleri fiziksel yapıları itibariyle sacı sıkıştırarak ilerletme görevinde kullanılan kauçuk yüzeyli merdanelerdir. Sıkıştırma merdane çiftinden sonra hattın akış sırasında düzeltme merdaneleri bulunmaktadır. Bir grup düzeltme merdanesi yardımıyla düzgün olmayan sac bant yüzeyi merdaneler arasında ezilerek bir miktar düzeltilir. Bu şekilde açıcı ile başlayan açma hattı boyunca sac bant, birbiri arkasına mesafeli olarak konumlandırılmış üç çift sıkıştırma merdanesi ve bir adet düzeltme merdane grubu yardımı ile ötelenir. Bu şekilde hareket ettirilen sac bant, giriş bölümünün önemli bir yapısı olan kaynak makinasına kadar ilerletilir.

Bu iki ayrı açma hattından yüklenen sac bantların, hattın ilerleyen bölümlerinde aynı hatta harekete devam edebilmeleri gerekmektedir. Bu amaçla giriş bölümünde bir kaynak makinesi kullanılır ve kaynak makinesi yardımıyla her iki açma hattından yüklenen sac bantlar arka arkaya kaynatılmak sureti ile birleştirilir.

Kaynak makinesi sonrasında sac bant hattın ilk gerdirme merdane çiftinden geçmektedir. Gerdirme Merdanesi 1 (GMD#1) olarak isimlendirilen bu merdane çifti kauçuk yüzeylidir. Gerdirme merdane çiftinden geçirilen sac bant akümülatör isimli yapıda depolanır. Gerdirme merdaneleri sac bandı tahrik etmekle beraber akümülatörün gerginlik kontrolü esaslı konum kontrolünde de görev almaktadır. GMD#1A merdane sürücüsünde hız referans bilgisi olarak kullanılan değer, üretim bölümündeki GMD#2A merdane sürücüsünden iletilen hat hızı bilgisi ile akümülatör konum hata değerinin oluşturduğu hız bilgisi değeridir (bak: EK1-ŞekilA.1). Zira

akümülatör konum hatası, iletilen konum referansı ile gerçek konum geribesleme değerinin arasındaki farktır. Akümülatör konum bilgisi, akümülatör ile beraber kullanılan bir halat tamburu üzerine yerleştirilmiş sayısal kodlayıcıdan temin edilmektedir. Akümülatör sürücüsü ise, sabit moment referansı uygulanarak sac bant gerginliğinin sabit tutulmasını sağlamaktadır. Moment kontrolünün hız sınırlamalı olabilmesi için GMD#2A ve GMD#1A merdanelerinin hız geribesleme değerleri kontrol edilir; büyük olan değer, akümülatörün hız sınır değerini oluşturacaktır.

Üretim bölümü devrede iken giriş bölümünün durması halinde sac bandın kaydırılmadan tutulabilmesi önemlidir ve bu görev GMD#1 merdane çiftine aittir. Bunun yanında hattın genelinde bulunan tüm gerdirme merdane çiftlerinde bastırma merdanesi isimli bir merdane bulunmaktadır. Tahriksiz olan bu merdane görevi, hareketsiz halde olan sac bandın yüzeyine baskı yaparak bandın kaymasını önlemektir. Galvaniz hattında, sıcak gerdirme merdane çifti haricinde tüm gerdirme merdane çiftlerinde bastırma merdanesi bulunmaktadır. Bu merdane hidrolik pistonlar ile hareket ettirilmektedir.

Akümlatörün en önemli kullanım amacı, giriş bölümündeki çalışma koşullarını üretim bölümünden yalıtmaktır. Galvaniz hattındaki üretim kalitesi bakımından hareket sürekliliğinin zorunlu olduğu belirtilen üretim bölümünde, giriş bölümündeki hareketin belirlenen süre zarfında kesilmesi çalışmayı etkilememelidir. Dolayısıyla açma hattından sürekli beslenen giriş akümülatöründe, akümülatör kapasitesi dahilinde sac bant biriktirmektedir. Açma hattında istemli veya istemsiz olarak hareketin kesilmesi durumunda, akümülatörde depo edilen sac bant üretim bölümüne aktarılacaktır. Giriş bölümünün tekrar çalıştırılması durumunda, akümülatör anma doluluk oranına ulaşınca kadar yükselecek ve sac bandı bünyesinde biriktirecektir. Depo edilen sac bant miktarı akümülatörün boyutları ile orantılıdır. Giriş bölümü duruşta iken akümülatörün üretim bölümünü besleme süresi ise, akümülatörün doluluk miktarına ve üretim bölümündeki çizgisel hat hızına bağlı olacaktır.

2.2. Üretim Bölümü

Üretim bölümü, hammadde olarak temin edilen sac bandın kaplama işlemi için ön hazırlık aşamalarından geçirildiği ve kaplama işleminin gerçekleştirildiği bölümdür. Sac bandın kaplama işlemi için galvaniz potasından geçirilmesi sonrasında, soğutulması ve yüzey kalitesinin iyileştirilmesi ile ilgili bir dizi işlem de bu bölümde tamamlanmaktadır.

2.2.1. Mekanik Yapı

Üretim bölümündeki mekanik düzeneklerin hattın akış sırasına uygun dizilişi aşağıda verilmiştir. (bak: EK1- Şekil A.2)

1. Gerdirme Merdanesi 2 (GMD#2)
2. Gerginlik Ölçü Cihazı 1 (TNS1)
3. Fırın Bölgesi
 - 3.1.Fırın İçi Sızdırmazlık Merdaneleri 1-4 (SZM#1-4)
 - 3.2.Fırın İçi Saptırma Merdaneleri 1-8 (SPM#1-8)
 - 3.3.Fırın İçi Sıcak Gerdirme Merdaneleri (SGMD#1-2)
 - 3.4.Fırın İçi Gaz/Jet Soğutma Fanları (GJCF#1-3)
4. Pota Sonrası Saptırma Merdaneleri 1-2 (PSSM#1-2)
5. Gerginlik Ölçü Cihazı 2 (TNS2)
6. Yüzey Düzetme ve Gerginlik Ayarlama Merdane Çiftleri
 - 6.1.Gerdirme Merdanesi 3 (GMD#3)
 - 6.2.Yüzey Düzeltme Elemanı (SP)
 - 6.3.Gerdirme Merdanesi 4 (GMD#4)
 - 6.4.Gerginlik Düzenleme Elemanı (TL)
 - 6.5.Gerdirme Merdanesi 5 (GMD#5)
7. Yüzey Kaplama Merdaneleri
 - 7.1.Pasivasyon (Kromat Kaplama) Merdaneleri (PSM#1-4)
 - 7.2.Primer Kaplama Merdaneleri (PKM#1-4)

2.2.2. Çalışma İlkesi

Üretim bölümündeki ilk hareket düzeneği, Gerdirme Merdanesi 2 (GMD#2) olarak bilinen hattın ikinci gerdirme merdane çiftidir. Giriş bölümündeki akümülatörden çıkan sac bant, üretim bölümünde ilk olarak ikinci gerdirme merdane çiftinden geçerek fırın bölümüne girecektir. Bu anlamda fırın öncesinde sac bandın tahrik edildiği, gerginliğinin ayarlandığı nokta GMD#2 merdaneleridir.

Sac bant GMD#2 merdanelerinden çıktıktan sonra üç adet tahriksiz merdaneden geçmektedir. Bu merdanelerden birinde gerginlik ölçme cihazı kullanılmaktadır. TNS1 olarak isimlendirilen gerginlik ölçme cihazı yardımıyla, bu noktadaki sac bandın gerginlik değeri ölçülmektedir. Elde edilen ölçüm değeri, gerginlik kontrolünü sağlayan GMD#2A merdane sürücüsüne iletilerek gerginlik kontrol çevriminde değerlendirilir. GMD#2A merdane sürücüsü, GMD#2 merdane çifti ile fırın içindeki SGMD merdane çifti arasında kalan bölgenin gerginlik kontrol çevrimini yürüten birim olarak kullanılmaktadır.

Fırının giriş bölümünde ve fırın dışında bulunan, sac bandın tahrik edilmesi (ötelenmesi) amacıyla bir adet çelik yüzeyli merdane kullanılmaktadır. Bu merdane Saptırma Merdanesi 1 (SPM#1) olarak adlandırılır. TNS1 ölçü cihazının bulunduğu merdaneden geçen sac bant SPM#1 merdanesine ulaşmaktadır. Bu merdane sonrasında ise sac bant fırın bloğu içine girmektedir.

Üretim bölümünün en önemli birimi olan fırın, galvaniz kaplama işlemi öncesinde, sac bandın kaplanma işlemine hazırlanması için gerekli ön aşamalardan geçirildiği bölümdür. Bu bölüme kadar hammadde halinde getirilen malzeme (soğuk haddelenmiş sac bant) ilk olarak fırın içerisinde işlenmeye başlanır. Fırınlama işlemi iki temel süreçten oluşur. Bunlar,

- Doğrudan Ateşleme Fırını (DFF)
- Radyan Tüplü Isıtma & Gaz/Jet Soğutma (RTH/S & GJC)

olarak ayrılmıştır. Fırının ilk bölümü Doğrudan Ateşleme Fırını (DFF) olarak isimlendirilir ve doğrudan ateşleme yöntemi ile sıcaklık 600°C e çıkarılır. Bu işlemin amacı yüksek ısı yardımıyla sac bandın yüzeyindeki demir-oksit ve yabancı maddelerin (toz, yağ...vs.) arındırılmasıdır. Fırının ikinci bölümü ise Radyan

Tüplerin ve Gaz/Jet Soğutma Fanlarının bulunduğu (RTH/S & GJC) bölümüdür. Radyan Tüpler ile sac bant tekrar ısıtılarak, sıcaklık 750-800°C e çıkarılır. Bu aşamada ortamda bulunan “H (Hidrojen)” ve “N (Azot)” karışımı gaz ile sac yüzeyinden oksijen molekülleri uzaklaştırılacaktır, böylece sac bandın yüzeyindeki oksijen moleküllerinin sonradan hava ile reaksiyona girerek yüzeyde demir-oksit (paslanma) oluşturması önlenmiş olacaktır. Sac bandın tavlama işlemlerinin ardından; sacın soğutulması amacıyla kullanılan üç adet Gaz/Jet Soğutma Fanı (GJCF#1-3) bulunmaktadır ve fırın PLC’den alınan hız referansı kullanılarak çalıştırılmaktadır.

Fırının birinci bölümü olan DFF bölgesinde, sacın tahrik edilmesi (ötelenmesi) amacıyla iki adet çelik yüzeyli merdane kullanılmaktadır. Bu merdaneler, Saptırma Merdanesi 2 (SPM#2) ve Saptırma Merdanesi 3 (SPM#3) olarak isimlendirilir ve fırının ikinci bölümünde bulunan diğer saptırma merdaneleri ile aynı özelliklere sahiptir. Ayrıca DFF bölümünde bulunan yanıcı ve patlayıcı gazların bölümün dışına sızması için sızdırmazlık merdaneleri kullanılmakta ve bu anlamda bir yalıtım sağlanmaktadır. Sızdırmazlık Merdaneleri 1-2 (SZM#1-2) DFF bölümünün hemen girişinde, Sızdırmazlık Merdaneleri 3-4 (SZM#3-4) ise DFF bölümünden fırının ikinci bölümüne geçiş noktasında bulunmaktadır. Bu merdaneler birer çift olarak kullanılır ve sac bant önce SZM#1-2 merdanelerinin, daha sonra da SZM#3-4 merdanelerinin arasında geçmektedir. Sızdırmazlık merdaneleri, üretim hattı normal çalışma durumunda iken hat hızından %2 daha hızlı hareket etmekte ve bunun yanında sac bandı tahrik etmemektedir. Dolayısıyla bu merdaneler hareket halinde iken sac bant yüzeyine dokunmazlar. Hattın durması halinde ise sızdırmazlık merdaneleri çok düşük bir sabit hız referansı ile dönmeye devam edecektir. Zira merdanelerin hareketinin kesilmesi sistem güvenliği açısından tehlike arz etmektedir. Bu amaçla, enerjinin kesilme durumuna karşı dizel bir generatörden merdane motor ve sürücülerinin beslenmesi düşünülmüş ve tesis edilmiştir.

Fırının ikinci bölümünde (RTH/S&GJC) toplam beş adet saptırma merdanesi bulunmaktadır. Bu merdaneler Saptırma Merdanesi 3-8 (SPM#3-8) olarak isimlendirilir ve DFF bölümündeki saptırma merdaneleri ile aynı fiziksel özelliklere sahiptirler. Tüm saptırma merdaneleri gibi bu merdaneler de, sac malzemenin belirlenen gerginlik değerinde ötelenmesine yardımcı olmaktadır. Hız sınırlamalı

sabit moment referansı ile çalıştırılan merdane sürücülerinde moment kontrolünün amacı, fırın içi sac bant gerginliğini bağıl olarak kontrol edebilmektir. Bu sayede saptırma merdaneleri, fırın içinde farklı bölgelerdeki sac bandın gerginliğini çok küçük bir oran ile değiştirmektedir. Dolayısıyla her saptırma merdanesi için temin edilen akım/moment referansı, gerekli moment değerini elde edebilmek için farklı katsayılar ile çarpılmaktadır.

Fırının ıkış bölümünde son olarak kullanılan merdane çifti sıcak gerdirme merdaneleridir ve bunlar Sıcak Gerdirme Merdanesi 1-2 (SGMD#1-2) olarak isimlendirilir. Sıcak gerdirme merdane çifti, işlevsellik açısından hattın diğer bölümlerindeki gerdirme merdane çiftlerine benzemektedir, ancak fiziksel olarak bu merdaneler kauçuk yüzeyli değil, fırın içindeki diğer merdaneler gibi elik yüzeylidir. Fırın çıkışında galvaniz potası sonrasındaki sac bant gerginliğinin kontrolü SGMD merdaneleri tarafından sağlamaktadır. Ayrıca SGMD#1 merdane sürücüsü, fırın içindeki sac bant gerginliğinin kontrolü için tüm fırın saptırma merdanelerine akım/moment referansı ve GMD#2A merdanesine hız referansı göndermektedir. GMD#2A merdane sürücüsü bu bölgeye ait gerginlik kontrolörü olarak kullanılır.

Sac bant, fırın içindeki işlemler sonrasında son olarak sıcak gerdirme merdanelerinden geçmektedir. Kaplama işlemine hazır hale gelen sac bant kapalı bir bölmeden geçirilerek galvaniz (inko) potasına daldırılır. Sac bandın kapalı bölmeden geçirilmesinin amacı hava ile temasını önlemektir.

Kaplama işleminin gerçekleştiği galvaniz potasında, eriyik halde çinko, alüminyum ve demir karışımı bulunmaktadır. Ancak bu karışımın içinde alüminyum (yaklaşık %0,3) ve demir oranı oldukça düşüktür. Galvaniz potasındaki karışımın sürekli ergimiş halde bulunması için pota içinde iki adet ısıtıcı (endüktör) kullanılmaktadır ve bu ısıtıcılar pota içindeki eriyik sıcaklığının her noktada eşit olmasını sağlamaktadır. Ergimiş inko karışımının bulunduğu galvaniz potasında tahriksiz bir merdane bulunur ve sac bant bu merdaneden geçirilir. Sac bandın galvaniz potasına girip çıkma süresi dahilinde kaplama işlemi gerçekleşmektedir. Potadan çıkan sac bandın yüzeyindeki kaplama kalınlığı, pota sonrasındaki hava bıçağı yardımı ile ayarlanmaktadır. Hava bıçağı olarak adlandırılan bölümde, sac bandın yüzeyine basınçlı hava uygulanır.

Galvaniz potasından ve hava bıçağından geçirilen sac bant, mevcut sıcaklığının düşürülmesi amacıyla Pota Sonrası Soğutma Kulesinde bulunan soğutma fanlarından geçirilmektedir. Soğutma kulesi üzerinde, fırın içinde kullanılan saptırma merdaneleri ile aynı fiziksel özelliklerde saptırma merdaneleri kullanılmaktadır. Pota Sonrası Saptırma Merdanesi 1-2 (PSSM#1-2) olarak isimlendirilen merdanelere; bu bölümdeki sac bandın gerginliğinin ayarlanabilmesi için, SGMD#1 merdane sürücüsünden aldığı akım/moment referansı ve hız bilgisi yardımıyla hız sınırlamalı moment kontrolü uygulanmaktadır. Böylece pota sonrasındaki bölgede gerginlik kontrolünde sıcak gerdirme merdanelerine yardımcı olmakta, ayrıca sac bandın soğutma kulesinde ötelenmesini sağlamaktadır.

Sac bant soğutma kulesinden geçtikten sonra, ilk gerginlik ölçme cihazı ile aynı yapıda olan ikinci gerginlik ölçme cihazının bulunduğu üçlü merdane grubundan geçirilir. TNS2 olarak isimlendirilen gerginlik ölçme cihazı yardımıyla, soğutma kulesi sonrasındaki sac bandın gerginlik değeri ölçülmektedir. Elde edilen ölçüm değeri, gerginlik kontrolünü sağlayan SGMD#1 merdane sürücüsüne iletilerek gerginlik kontrol çevriminde değerlendirilir. SGMD#1 merdane sürücüsü, fırının çıkış noktası ile GMD#3 merdane grubu arasındaki bölgenin gerginlik kontrol çevrimini yürüten birim olarak kullanılmaktadır.

Üretim bölümünde, kaplama işleminin ardından sac bandın yüzey kalitesinin artırılması için Yüzey Düzeltme ve Gerginlik Düzenleme (SP&TL) olarak isimlendirilen bölümünde bir dizi işlem gerçekleştirilir. bu bölümde toplam dört çift gerdirme merdanesi bulunmaktadır. Bu çiftlerden birincisi aynı zamanda hattaki üçüncü gerdirme merdane çiftidir ve Gerdirme Merdanesi 3 (GMD#3) olarak adlandırılır. Hattın akış sırasına göre bir sonraki gerdirme merdane çifti Gerdirme Merdanesi 4 (GMD#4) olarak isimlendirilir. Bu iki gerdirme merdane çifti arasında bulunan Yüzey Düzeltme Elemanı (SP); yüzeyi galvaniz kaplı sac bandı, yapısında mevcut olan çelik merdaneler ile sıkıştırmak suretiyle ezmektedir. Galvaniz kaplı bir sac bandın kesiti alındığı zaman, yüzey pürüzlülüğünün yüksek olduğu görülmektedir. Buna istinaden kullanılan Yüzey Düzeltme Elemanı (SP), sac bant yüzeyindeki pürüzlülüğü azaltmaktadır.

GMD#4 merdane çiftinden sonra hattın beşinci gerdirme merdane grubu gelmektedir ve Gerdirme Merdanesi 5 (GMD#5) olarak isimlendirilen bu grupta iki çift gerdirme

merdane bulunmaktadır. GMD#4 ile GMD#5 merdane grupları arasında Gerginlik Düzenleme Elemanı (TL) yerleştirilmiştir. Üretim hattında ilerleyen, kaplanmış sac banda uygulanan dengesiz gerginlik kuvvetlerinden dolayı, sac bandın yüzeyinde dalgalılık oluşmaktadır. Yüzeydeki dalgalılığın giderilebilmesi ve gerginlik değerinin her noktada eşit olması için; sac bandın boyunun, esneme sınırları içinde uzatılması gerekmektedir. Bu amaçla kullanılan gerginlik düzenleme elemanı; yapısında mevcut olan küçük çaplı çelik merdaneler ile sac bandın yüzeyine uygun açıda kuvvet uygulayarak gerekli boy uzatma işlemini gerçekleştirmektedir.

Bu bölümde kullanılan gerdirmeye merdane çiftleri hattın geri kalan bölümlerinde kullanılan gerdirmeye merdaneleri ile aynı fiziksel özelliklere sahiptir. Uygun gerginlik kuvvetlerinin elde edilebilmesi için oluşturulan çalışma biçimine göre, hattın ana hız referansının iletildiği GMD#3A merdane sürücüsü, aynı zamanda bu bölümün de ana referans sürücüsüdür. GMD#3A'ya iletilen hız referansı sabit bir ön referans değer ile toplanarak GMD#4B sürücüsüne hız referansı olarak aktarılır ki, GMD#4B sürücüsü GMD#4 merdane çiftinin ana sürücüsüdür. GMD#4B merdanesinden alınan gerçek hız geribesleme değeri boy uzatma miktarını belirleyen katsayı ile çarpılarak GMD#5A merdane sürücüsüne hız bilgisi olarak aktarılır. GMD#5A merdanesinden alınan hız geribesleme değeri, GMD#4B sürücüsünün aktardığı hız bilgisi ile karşılaştırılır ve elde edilen sonuç GMD#5A merdane sürücüsünün hız referansını oluşturmaktadır. Bu uygulamada “boy uzatma” miktarı kullanıcı tarafından operatör masasında bulunan bir anahtar yardımıyla değiştirilebilmektedir. GMD#5A merdane sürücüsünden alınan gerçek akım değeri ise GMD#5 grubunda bulunan diğer merdane sürücülerine akım/moment referansı olarak RS485 haberleşmesi ile aktarılmaktadır. Aynı zamanda hız sınırlamalı moment kontrolü için hız bilgisi de CTNet haberleşme ağından iletilir.

Sac bant yüzey kalitesinin artırılması için Gerginlik Düzenleme bölümünden sonra Pasivasyon ve Primer Kaplama bölümleri bulunmaktadır. Pasivasyon bölümünde kromat kaplama olarak tanımlanan bir işlem gerçekleştirilir ve bu işlem galvaniz kaplı sac bandın yüzeyinde beyaz lekeler ile gözlenebilen çinko-oksit oluşumunu önlemektedir. Primer kaplama bölümü ise boyanmak amacıyla üretilen galvaniz kaplı sacın yüzey pürüzlülüğünü en düşük seviyeye getirmek amacıyla kullanılmaktadır. Zira sağlıklı bir boyama işlemi için sac bandın yüzeyi yeterince

düzgün olmalıdır. Hem Pasivasyon hem de Primer Kaplama bölümlerinde dört adet merdane bulunmaktadır. Bu merdaneler hız kontrolü ile çalıştırılır ve otomatik çalışma konumunda iken GMD#5A merdane sürücüsünden hat hızı referansı alarak, hat ile aynı çizgisel hızda hareket etmektedir. Ayrıca bu merdanelerin düşük bir hız referansında elle kumanda edilmeleri de mümkündür.

2.3. Çıkış Bölümü

Üretim sürecinde uygulanması gereken tüm işlemlerin tamamlanması sonrasında çıkış bölümüne ulaşan sac bant, bu bölümde temel olarak sarılı bobinler haline getirilip depolanmaktadır.

2.3.1. Mekanik Yapı

Çıkış bölümündeki mekanik düzeneklerin hattın akış sırasına uygun dizilişi aşağıda verilmiştir. (bak. EK1- Şekil A.3)

1. Çıkış Akümülatörü (AKM#2)
2. Gerdirme Merdanesi 6 (GMD#6)
3. Kalite Kontrol Odası (QCR)
4. Sıkıştırma Merdanesi 7 (SMD#7)
5. Hidrolik Makas
6. Sarıcı 1 (SR#1)
7. Sarıcı 2 (SR#2) (Yedek)

Çıkış açma hattında bulunan basit hareket düzenekleri, giriş açıcı hatlarında olduğu gibi, hidrolik ve pnömatik sistemler ile tahrik edilmektedir. Buna göre sarma hattında da bulunan hidrolik makas düzeneği ve daha bir çok hidrolik hareket mekanizması mevcut hidrolik sistemden beslenmektedir.

2.3.2. Çalışma İlkesi

Çıkış bölümünün asıl görevi; çeşitli işlemler sonrasında üretim sürecini tamamlamış galvaniz kaplı sac bandın tekrar çıkış sarma hattı yardımı ile sarılı bobinler haline

dönüştürülmesidir. Bundan dolayı talep edilen ebatlarda sac bobinler sarıcı düzeneği yardımıyla sarılmaktadır. Normal işletme koşullarında, sarma işleminin ardından yürütülen bobin değiştirme işleminin üretim bölümündeki sürekli çalışmayı etkilememesi amaçlanmaktadır.

Sac bant çıkış bölümünde ilk olarak Çıkış Akümülatörü (AKM#2) ile karşılaşılır ki; bu akümülatörün görevi de, giriş bölümünde olduğu gibi, çıkış bölümündeki çalışma koşullarını üretim bölümünden yalıtmaktır. Buna göre bir bobin sarma işleminin tamamlanması sonrasında, yeni sarım işlemi için çıkış bölümündeki hareket durdurulması halinde; çıkış akümülatörü, hareketin yeniden başlatılacağı ana kadar üretim bölümünün ilettiği malzemeyi biriktirecektir. Bu işlem akümülatörün biriktirme kapasitesi yeterli olduğu sürece geçerlidir, buna göre çıkış bölümündeki uzun süreli duruşlar üretim bölümündeki hareketin de aksamasına neden olacaktır.

Akümlatör hız sınırlamalı moment kontrolü ile çalıştırılmaktadır. Bunun için gerekli olan moment referansı kullanıcı tarafından belirlenmekte ve ilgili noktadan akümülatör motor sürücüsüne ulaştırılmaktadır. GMD#5A ve GMD#6A merdanelerinin gerçek hız değerlerinin karşılaştırılıp, büyük olan değer akümülatör sürücüsüne hız sınır bilgisi olarak iletilmesi hız sınırlamalı moment kontrolünün gereğidir. Buna göre akümülatör sabit bir moment referansına göre, sac banda gerginlik kuvveti uygulamaktadır.

Sac bant akümülatörden çıktıktan sonra, sarma hattının başında bulunan gerdirme merdane çiftinden geçmektedir. Hattın altıncı gerdirme merdane çifti olan bu merdaneler Gerdirme Merdanesi 6 (GMD#6) olarak isimlendirilir ve fiziksel yapı olarak hattaki diğer gerdirme merdaneleri ile aynı özelliklere sahiptir.

GMD#6 çiftinin asıl görevi; akümülatörün gerginlik kontrolü esaslı konum kontrolüne sağlamak, bunun yanında sarma hattının başında bulunarak sac bandın sarma hattında hareket etmesine yardımcı olmaktır. Ayrıca GMD#6 merdane çifti; sarma hattı bobin değiştirme işlemi için hareketsiz olduğu zaman, sac bandın çıkış akümülatörü tarafından çekilmesini engellemektedir. GMD#6A merdane sürücüsünde hız referans bilgisi olarak kullanılan değer, üretim bölümündeki GMD#5A merdane sürücüsünden iletilen hat hızı bilgisi ile akümülatör konum hata değerinin oluşturduğu hız bilgisi değeridir. Zira akümülatör konum hatası ise; iletilen

konum referansı ile gerçek konum geribesleme değerin arasındaki farktır. Akümülatör konum bilgisi, akümülatör ile beraber kullanılan bir halat tamburu üzerine yerleştirilmiş sayısal kodlayıcıdan temin edilmektedir.

Buna göre çıkış akümülatörü her zaman en alt işletme seviyesinde bulunmaktadır. Çıkış sarma hattının durması halinde; üretim bölümü çalışmaya devam ettiği için, üretim bölümünden iletilen sac bandın biriktirilebilmesi amacıyla akümülatör seviyesi yükselecektir. Sarma hattının durma süresi akümülatör kapasitesi ile sınırlıdır, akümülatör en üst seviyeye ulaştığı zaman üretim bölümündeki hareket de kesilecektir. Sarma hattı tekrar çalıştırıldığı anda, GMD#6 merdanelerine ulaşan hız referansı, hat hızı ile akümülatör konum hatasının toplamına eşittir. Akümülatör konum hatasının sıfıra indirebilmek için sarma hattı üretim hattından %20 daha hızlı çalışacaktır.

Gerdirme merdane çifti sonrasında sac bant kalite kontrol odasından geçmektedir. Bu odada sac bandın etiketlenmesi işlemi ve yüzey kalitesinin gözle kontrolü yapılmaktadır. Yüzey kalitesinde sorun olduğu gözlenirse, odada bulunan operatörün sarma hattını durdurma yetkisi bulunmaktadır. Bu durumda bozuk yüzeyli sac parçası kesilmek suretiyle aradan alınacaktır.

Kalite kontrol odası sonrasında sarma hattı üzerinde hattın yedinci sıkıştırma merdane çifti olan Sıkıştırma Merdanesi 7 (SMD#7) bulunmaktadır. Bu merdane çifti giriş bölümündeki sıkıştırma merdane çiftleri ile aynı özelliklere sahiptir ve elle kumandalı çalışma sürecinde sacın sıkıştırılarak her iki yönde hareket ettirilmesini sağlamaktadır.

Sarma hattında bobin değiştirme işlemi sırasında öncelikle sac bandın kesilmesi gerekmektedir, bu amaçla bir hidrolik makas kullanılmaktadır. Sarma hattında sac bandın kesilmesi için üç farklı şekilde sarma hattı durdurulabilmektedir. Bunlar; sırasıyla SCADA, Çıkış Kaynak Dedektörü ve Kalite Kontrol Odasındaki operatör masasıdır.

Sarma hattının son hareket düzeneği Sarıcı'dır. Tasarlanan sistemde SR#1 ve SR#2 olarak tanımlanan iki sarıcı bulunmaktadır. Sarıcı normal işletme biçimi olan otomatik çalışmada iken sabit moment referansı ile moment kontrollü

alıştırılmaktadır. Bunun yanında bobin değiştirme işlemleri sırasında elle kumanda edilen sarıcı, aıcıda olduğu gibi dūřuk bir hız referansı yardımıyla çalıştırılmaktadır.

Sarılan sac bobinin ucu hidrolik makas ile kesildikten sonra, sac bandın ucu sarıcı yardımıyla toplanmaktadır. Yeni bobin sarma işlemine geçebilmek için hidrolik makas önünde bulunan sac badın ucu sarıcıya kadar ilerletilir ve bu aşamada sarma hattında bulunan GMD#6 ve SMD#7 merdane çiftleri elle kumanda edilerek dūřuk bir hız referansı ile çalıştırılmaktadır. Sac bandın ucu sarıcı kıskacına kaptırıldıktan sonra otomatik konumda sarma işlemi başlatılır.



3. TEMEL HAREKET DÜZENEKLERİNİN TASARIMI VE KONTROL İLKELERİ

3.1. Açıcı

Hattın giriş bölümünde iki adet açıcı bulunmaktadır. Bu açıcılar mekanik olarak üst üste inşa edilmiş iki paralel açma hattının başlangıç elemanlarıdır. Bu merdaneler; Üst Kol Açıcı 1 (AÇ#1) ve Alt Kol Açıcı 2 (AÇ#2) olarak isimlendirilirler. (bak: EK1-Şekil A.1 ve EK4. Şekil D.1)

Her iki açıcı da doğru akım motorları ile tahrik edilmekte ve bu motorlar ise dijital kontrollü DA motor sürücüleri yardımıyla sürülmektedir.

Giriş bölümünde sac bobinlerinin açılarak giriş akümülatörünün kesintisiz beslendiği çalışma şekli, basit anlamda bu bölüme ait sürekli çalışma biçimini tanımlar. Giriş bölümündeki sürekli çalışma durumu bir kaç koşula bağlıdır. Bunlar

- Üretim bölümünün devrede olması ve buna bağlı olarak giriş akümülatörünün doluluk oranı
- Devrede olan açıcıdaki sac bobinin tükenene kadar sürdürdüğü devamlılık süreci

şeklinde tanımlanabilir.

Sürekli çalışma halinde iken açıcı düzeneklerinden sadece birinden yararlanılır. Bunun anlamı giriş bölümü açma hatlarından biri kesintisiz bir şekilde akümülatörü beslerken diğer açma hattı çalışan hattın işlevini tamamlanmasını bekler. Hareketsiz bekleyen hattın açıcısı, çalışan hatta olduğu gibi, ayarlanan sabit moment referansı ile ayarlanan gerginlik değerinde sac bandı germektedir.

Giriş bölümünün aşağıdaki sebeplerden dolayı durması ve bir sonraki sürekli hal çalışma sürecine kadar geçen süre içindeki çalışma biçimi, geçici çalışma durumu olarak tanımlanır.

Giriş bölümünün durmasına neden olabilecek sebepler,

- Açıcıdaki sac bobinin tükenmesi ve buna bağlı olarak diğer açma hattındaki sac bobininin devreye alınması
- Giriş bölümünün çalışmaya devam ederken üretim bölümünün hareketini kesmesi ve buna bağlı olarak akümülatörün dolması

şeklinde tanımlanabilir.

Her iki açıcının mekanik yapısında,

- 600 mm çapında bobin açıcı mandren
- $\dot{u}_1=1/15,55$ (AÇ#1) ve $\dot{u}_2=1/30,33$ (AÇ#2) çevirme oranlarına sahip dişli kutusu
- DA tahrik motoru

mevcuttur. Açıcıya takılan sac bobinlerin boyutları,

- kalınlık : 0,3 mm-2 mm
- genişlik : 1000 mm - 15000 m
- bobin dış çapı : 1000 mm – 2000 mm

şeklinde çeşitlilik göstermektedir.

Açıcı, sürekli hal çalışmada moment kontrollü çalışmaktadır. İşlenen malzemenin boyutlarına bağlı olarak istenen gerginlik değeri değişmektedir. Giriş hattının sürekli çalışmada hız aralığı 20 m/dak ila 150 m/dak arasında değişir. Ürünün boyutlarına göre birim gerginlik değerleri ise 150 kg/mm² ile 350 kg/mm² arasında değişkenlik gösterir. Uygulanan moment değerinin sabit olduğundan yarıçap azaldıkça gerginlik kuvveti artacaktır.

Açıcıya takılan yeni sac bobinin ucu ilk sıkıştırma merdanesine kadar ilerletilir ki bu çalışma biçimi hız kontrolü esastır. Bu geçici süreçte açılan sac bandın çizgisel hızı için 20 m/dak öngörölmüştür. Giriş açma hattında yeni bobin ucunun eski bobin ile birleştirilmesi işleminden sonra açma hattı tekrar çalışmaya başlar. Giriş bölümünün hareketsiz kaldığı süre boyunca akümülatör seviyesinde azalma olacaktır. Buna göre giriş hattının tekrar çalışmaya başlamasından sonra, akümülatör seviyesinin anma işletme seviyesine kadar yükselecektir. Bu süre zarfında açma hattında oluşan çalışma biçimi, bu bölüme ait geçici hal çalışma şartlarını yansıtır.

Giriş akümülatörü anma doluluk oranına ulaşınca kadar geçen sürede; açma hattı üretim bölümündeki hat hızının %20 i oranında daha hızlı çalışmak durumundadır. Buna göre giriş açma hattı geçici hal hız aralığı 20 m/dak. ile 180 m/dak. olacaktır. Giriş akümülatörü anma konumuna ulaşınca giriş açma hattı da işletme hızında çalışmaya başlar ki bu hız üretim bölümünün hızı ile senkron olacaktır.

Tüm sistemde olduğu gibi açıcı da iki farklı biçimde kontrol edilir:

a. Otomatik Çalışma

Giriş bölümü sürekli çalışma halini korurken, sac bobinin açıcı ile açılması işlemi sırasında; sabit moment/akım referansı ile negatif moment üretilerek gerginlik kontrolü sağlanmaktadır. Bir doğru akım motoru ile tahrik edilen açıcının bu işlevleri yerine getirebilmesi için bir dijital kontrollü doğru akım motor sürücüsü kullanılmaktadır.

Buna göre sürücünün akım çevrimine katılan sabit değerdeki akım/moment referansı yardımıyla, DA motorun sabit moment üretmesi sağlanacaktır. Sabit moment referans değeri SCADA ekranından girilmektedir. (bak. Bölüm 5.2.3)

b. Manuel Çalışma

Çalışmakta olan açma hattındaki sac bobinin tükenmesi sonrasında giriş bölümü duracaktır. Boşalan açıcıya takılan yeni sac bobinin kaynak makinesine kadar elle kumanda edilerek (manuel) ilerletilmesi işleminin ilk adımı olarak, açıcı motoru düşük hız referansında kapalı çevrim hız kontrollü çalıştırılır, bu şekilde sacın ucu birinci sıkıştırma merdanesine kadar ilerletilir. Bu çalışma biçiminde, ilgili açıcıyı

tahrik eden DA motor, dijital motor sürücüsü yardımıyla düşük bir hız referansı kullanılarak, moment kontrolü yapılmadan, kapalı çevrim hız kontrolü esas alınarak sürülür.

Kapalı çevrim hız kontrolünün esası; motor gerçek hızının bir geribesleme elemanı (kodlayıcı) ile algılanması ve bu bilginin motor sürücüsünün hız kontrol çevriminde kullanılmasıdır. Manuel çalışmada motor sürücüsü ile sürülen DA motor için, öngörülen manuel çalışma hız referans değeri atanır. Kodlayıcı geribesleme bilgisinin hız (referans) istemi ile karşılaştırılması sonrasında çıkan hata hız kontrol çevrimine tekrar katılır ve bu şekilde hız hatasının azaltılarak hatasız hız kontrolü sağlanmış olur.

3.2. Merdaneler

Hattın tüm bölümlerinde farklı boyutlarda ve yüzey özelliklerinde merdaneler bulunmaktadır. Bu merdanelerin tahrik edilmesi için kullanılan elektrik motorları, merdanelerin çalışma ilkesine uygun olarak seçilmişlerdir. Esas itibariyle tüm gerdirme merdaneleri DA motorlar ile tahrik edilip geri kalan diğer merdane türleri standart sincap kafesli asenkron motorlar ile tahrik edilmektedir.

3.2.1. Sıkıştırma Merdanesi

Sıkıştırma merdaneleri, bir alt bir de üst olmak üzere bir çift merdaneden meydana gelir ve bunlar 200 mm çaplı, kauçuk yüzeyli merdanelerdir. Alt merdane sabit olup, üst merdane hidrolik pistonlar yardımıyla aşağı ve yukarı hareket ettirilir. Bir sıkıştırma merdane çifti tek bir dişli grubuna bağlanarak bir adet standart sincap kafesli asenkron motor yardımıyla tahrik edilmektedir. Bu merdane çiftinin görevi, üst merdanenin hidrolik piston kuvveti kullanılarak aşağıya indirilmesi ve sac bandın sıkıştırılması kaydıyla ilerletilmesidir (bak. EK4-Şekil D.1).

Giriş bölümündeki iki adet açma hattı boyunca toplam altı adet ve çıkış bölümündeki sarma hattında bir adet sıkıştırma merdane çifti bulunmaktadır. Giriş bölümündeki sıkıştırma merdaneleri, üst açma hattında üç adet ve alt açma hattında üç adet olacak şekilde yerleştirilmişlerdir. (bak. EK1-Şekil A.1)

Bu merdanelerin tahrik görevini üstlenen standart sincap kafesli asenkron motorlar dijital kontrollü AA motor sürücüleri yardımıyla sürülmektedir.

Üst açma hattı sıkıştırma merdaneleri: Sıkıştırma merdanesi 1 (SMD#1)

Sıkıştırma merdanesi 3 (SMD#3)

Sıkıştırma merdanesi 5 (SMD#5)

Alt açma hattı sıkıştırma merdaneleri: Sıkıştırma merdanesi 2 (SMD#2)

Sıkıştırma merdanesi 4 (SMD#4)

Sıkıştırma merdanesi 6 (SMD#6)

Sarma hattı sıkıştırma merdanesi: Sıkıştırma merdanesi 7 (SMD#7)

Tüm sıkıştırma merdane çiftlerinin bulunduğu mekanik yapılarda,

- İki adet 200 mm çapında kauçuk yüzeyli merdane
- $\ddot{u}_1=1/63,05$ çevirme oranına sahip dişli kutusu
- Sincap kafesli asenkron tahrik motoru

mevcuttur. Giriş ve çıkış bölümlerinde bulunan bütün sıkıştırma merdanelerinde sürekli halde, açık çevrim hız kontrolü uygulanır. Tüm sıkıştırma merdaneleri için hız kontrolü sabit bir hız referansı ile uygulanır ve uygulanan hız referansı doğrultusunda bu merdane çiftlerine ait çizgisel hız, hat hızına eşit olup 20 m/dak dır. Aynı grup içinde çalışan sıkıştırma merdane çiftleri aynı çizgisel hızda hareket etmek durumundadır.

a. Otomatik Çalışma

Giriş bölümü otomatik çalışma sürecinde iken tüm sıkıştırma merdane çiftleri açık konumda ve hareketsizdir. Sıkıştırma merdanelerinin açık olduğu durum; üst merdanelerin hidrolik piston ile sıkıştırma konumunda olmadığı çalışma halidir. Buna göre sıkıştırma merdaneleri otomatik çalışma sürecinde etkin değildir.

b. Manuel Çalışma

Giriş bölümünde yeni bir sac bobini devreye girdiğinde, bandın ucunun kaynak noktasına kadar ilerletilebilmesi için, açma hattı boyunca kullanılan sıkıştırma

merdaneleri kapatılarak sabit bir hız referansı ile merdaneler tahrik edilir. Aynı şekilde çıkış bölümünde de sarma hattında kullanılan sıkıştırma merdaneleri, kesilen sac bandın ucunun yeni sarma işleminin başlatılabilmesi için sarıcıya kadar iletildiği sırasında kullanılır.

Tüm sıkıştırma merdanelerini tahrik eden sincap kafesli asenkron motorlar, AA motor sürücüleri yardımıyla sürülürken açık çevrim hız kontrol modeli kullanılır. Açık çevrim hız kontrolü; hız geribesleme bilgisi olmaksızın, motor hızının verilen hız referansı doğrultusunda motora uygulanan gerilim/frekans değerlerinin ayarlanması ile sağlanır.

3.2.2. Düzeltme Merdanesi

Bir düzeltme merdane grubu beş adet 100 mm çaplı çelik yüzeyli merdaneden oluşur. Yapı itibarıyla, bir düzeltme merdane grubundaki merdanelerden üç tanesi altta ve iki tanesi de üstte olacak şekilde yerleştirilmiştir (bak. EK1-ŞekilA.1). Alt grup merdaneleri sabit bir düzenekte bulunurken üst grup merdaneleri, aşağı ve yukarı hareket edebilen bir düzenek üzerine yerleştirilmiştir. Üst merdane grubunun üzerinde bulunduğu düzenek hidrolik pistonlar kullanılarak hareket ettirilebilir. Sac bant alt ve üst merdane grupları arasından geçirilerek bandın ucu düzeltilir.

Alt ve üst açma hatlarında birer adet düzeltme merdane grubu mevcuttur. Bunlar;

Üst kol düzeltme merdanesi : Düzeltme Merdanesi 1 (DMD#1)

Alt kol düzeltme merdanesi : Düzeltme Merdanesi 2 (DMD#2)

Giriş bölümü sürekli çalışma sürecinde iken düzeltme merdanelerinin üst grubu mekanik olarak açık, yani sac banda baskı yapmayacak konumdadır. Düzeltme merdaneleri de, sıkıştırma merdanelerinde olduğu gibi giriş bölümünün sürekli çalışma sürecinde olması durumunda devreye girmezler. Bu merdaneler çalışma ve işletme biçimi bakımından sıkıştırma merdanelerine benzerler. Bu merdane grubu; giriş bölümündeki sac bobinin açılma işlemi bitirilip, yeni sac bant ucunun kaynak makinesine doğru iletilmesi işlemi sırasında, sac bandın çelik merdaneler arasında sıkıştırılarak düzeltilmesi amacıyla kullanılır.

Düzeltilme merdanelerinin bulunduğu mekanik yapılarda,

- Beş adet 100 mm çapında çelik yüzeyli merdane
- $ü_1=1/26,31$ çevirme oranına sahip dişli kutusu
- Sincap kafesli asenkron tahrik motoru

mevcuttur. Bir merdane grubunda kullanılan tüm merdaneler tek bir dişli kutusuna bağlanarak bir standart sincap kafesli asenkron motor yardımıyla tahrik edilir. Sıkıştırma merdanelerinde olduğu gibi bu merdanelerin tahrikinde kullanılan AA motorlar da açık çevrim hız kontrol modeli esas alınarak çalıştırılır. Sabit bir hız referansı uygulanarak tahrik edilen düzeltme merdaneleri, sıkıştırma merdaneleri ile eşit çizgisel hat hızında dönerler ve uygulanan çizgisel hız 20 m/dak dır.

a. Otomatik Çalışma

Giriş bölümü devrede olan açma hattı otomatik çalışma sürecinde iken bu hattaki düzeltme merdane grubu açık konumda ve hareketsizdir. Düzeltme merdanelerinin açık olduğu durum; üst merdanelerin bulunduğu düzeneğin hidrolik piston ile baskı konumunda olmadığı çalışma halidir. Buna göre düzeltme merdaneleri otomatik çalışma sürecinde etkin değildir.

b. Manuel Çalışma

Giriş bölümü açma hattında yeni bir sac bandın kaynak noktasına kadar ilerletilmesi sırasında sıkıştırma merdanelerinde olduğu gibi düzeltme merdane grubu da devreye girecektir. Bu aşamada sac bandın düzeltilebilmesi için merdane düzeneği hidrolik pistonlar yardımıyla baskı konumuna alınır ve açma hattındaki tüm tahrik motorlar ile birlikte düzeltme merdaneleri de 20 m/dak çizgisel hızda sac bandı ilerletir.

Düzeltilme merdaneleri tahrik eden sincap kafesli asenkron motorlar, AA motor sürücülerini yardımıyla sürülürken sıkıştırma merdanelerinde olduğu gibi açık çevrim hız kontrol modeli kullanılır. Açık çevrim hız kontrolü; hız geribesleme bilgisi olmaksızın, motor hızının verilen hız referansı doğrultusunda motora uygulanan gerilim/frekans değerlerinin ayarlanması ile sağlanır.

3.2.3. Gerdirme Merdanesi

Gerdirme merdane grubu, sıcak gerdirme merdaneleri hariç, bir çift kauçuk yüzeyli merdaneden meydana gelir. Sıcak gerdirme merdaneleri ise fırın içerisinde kullanıldıkları için çelik yüzeyli merdanelerdir. Hattın bütün bölümlerinde, ağırlıklı olarak üretim bölümünde, kullanılan bu merdane çiftleri sac bant için öngörülen gerginlik değerlerini sağlamak amacıyla kullanılır. Tüm hatta kullanılan gerdirme merdane çiftleri,

- Giriş Bölümü : Gerdirme Merdanesi 1 (GMD#1A-B)
- Üretim Bölümü : Gerdirme Merdanesi 2 (GMD#2A-B)
- Sıcak Gerdirme Merdanesi 1 (SGDM#1)
- Sıcak Gerdirme Merdanesi 2 (SGDM#2)
- Gerdirme Merdanesi 3 (GMD#3A-B)
- Gerdirme Merdanesi 4 (GMD#4A-B)
- Gerdirme Merdanesi 5 (GMD#5A-B-C-D)
- Çıkış Bölümü : Gerdirme Merdanesi 6 (GMD#6A-B)

Bütün gerdirme merdaneleri doğru akım motorları ile tahrik edilmektedir. DA motorlar elektromekanik fren tertibatı ile donatılmış ve bu sayede sac bandın gerekli zamanlarda sabit tutulabilmesi sağlanmıştır. Sac bandın, hattın duruşta olduğu anlarda sabit tutulabilmesi; gerdirme merdaneleri ile birlikte kullanılan bastırma merdanelerinin konumuna da bağlıdır. Bastırma merdaneleri (snubber rolls), herhangi bir elektrikli motor tahriki olmaksızın, hidrolik pistonlar yardımıyla gerdirme merdanelerine basarak sac bandın kaymasını önler. Bastırma merdaneleri sadece gerdirme merdaneleri ile birlikte kullanılır ve sürekli çalışma koşullarında bastırma merdaneleri açık konumdadır. Sadece sıcak gerdirme merdanelerinde bastırma merdaneleri bulunmaz.

Gerdirme merdane çiftlerinin mekanik yapısında,

- İki adet 1000 mm çapında kauçuk yüzeyli merdane
(Sıcak gerdirme merdaneleri - 800 mm çapında çelik yüzeyli)
- $\dot{u}_1=1/25$ çevirme oranına sahip dişli kutusu

- Elektromekanik frenli DA tahrik motoru
- Bir adet 200 mm çapında tahriksiz kauçuk yüzeyli bastırma merdanesi

mevcuttur. Giriş, üretim ve çıkış bölümlerinde bulunan tüm gerdirme merdaneleri genel anlamda hat hızını ve hattaki sac bandın gerginliğini ayarlamak ve öngörülen üretim (işletme) değerlerine getirmekle görevlidir. Bunun sağlanabilmesi için farklı noktalardan hat hızı ve hat gerginlik değerleri referans olarak ilgili kontrol noktalarına atanmaktadır.

Bir ift gerdirme merdanesi sürekli hal çalışmada 20-150 m/dak hat hızında çalıştırılır. Bir gerginlik merdane çiftinin asıl görevi sac bandın öngörülen gerginlik değerinde tahrik edilmesidir. Buna göre gerginlik merdane çiftlerinin giriş ve çıkış bölümlerinde sac banda uygulayacağı gerginlik kuvveti 650-1200 kg/mm² iken, üretim bölümünde ise bu değer 1000-3950 kg/mm² olarak öngörlmştr. Bu gerginlik değeri, sacın boyutlarına ve gerginliğin uygulandığı noktaya göre değişmektedir. (100 kg/mm² = 1000 N = 1 kN)

Giriş ve çıkış bölümlerindeki gerdirme merdane çiftleri, bulundukları bölümün aşağıda belirtilen geçici hal çalışma şartlarına bağlı olarak 20-180 m/dak hat hızı aralığında çalışırlar ki, bu şartlarda sac bandın hızını belirleyen üretim bölümünün hat hızıdır. Giriş ve çıkış bölümündeki merdaneler, geçici hal çalışmada üretim bölümündeki hat hızından %20 daha hızlı çalışmalıdır. Belirtilen geçici hal çalışma koşulları,

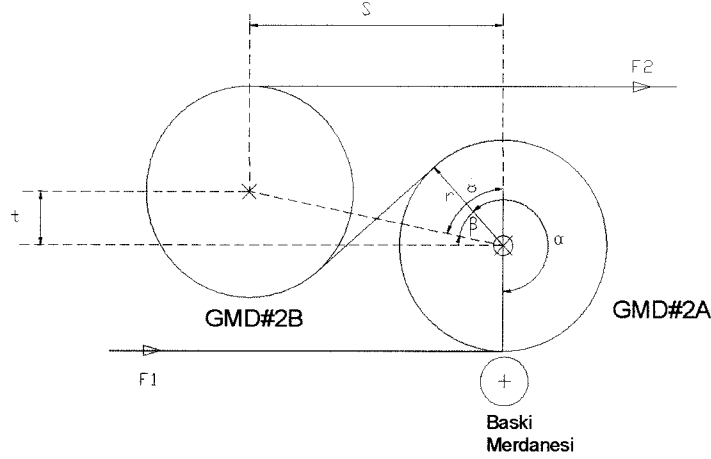
- Giriş bölümünün daha önce ifade edilen sebeplerden dolayı durması ve sonrasında giriş akümülatöründe kaybedilen doluluk seviyesinin tekrar tamamlanması (anma işletme noktasına dönmesi)
- ıkış bölümünün daha önce ifade edilen sebeplerden dolayı durması ve sonrasında çıkış akümülatöründe yükselen doluluk miktarının tekrar boşaltılması (anma işletme noktasına dönmesi)

olarak tanımlanabilir.

Üretim bölümündeki gerdirme merdaneleri için geçici hal çalışma şartları ise,

- Farklı boyutlarda bir sac bant için fırın içinde veya dışındaki gerginlik değerinin üretim planına göre değiştirilmesi
- Hat hızının farklı boyutlarda bir sac bant için değiştirilmesi

şeklinde tanımlanan nedenlerin sonucudur.



Şekil 3.1. Gerdirme Mordane Çifti Mekanik Yapısı

Bir gerdirme mordane çiftini tahrik eden elektrik motorlarının uygun değerlerde boyutlandırılması, çalışma koşullarının belirlediği veriler ve mekanik yapıya ait boyut değerlerinin kullanılması ile gerçekleştirilir.

Gerdirme mordane çiftinin ürettiği toplam moment, sac bandın giriş gerginlik kuvvetinin F_1 [N] çıkış gerginlik kuvvetine F_2 [N] farkı ile orantılıdır. [1,2]

Dönme hareketinde moment M [Nm]; kuvvet F [N] ile yarıçap r [m] çarpımına eşit olduğundan üretilecek en büyük moment değeri aşağıdaki şekilde hesaplanacaktır.[1]

$$M_1 = (e^{\mu\alpha} - 1) \cdot F_1 \cdot r \quad (3.1)$$

Bu denklemde μ sürtünme katsayısı, α ise yüzey sarılma açısıdır. γ ve β açıları ise; α açısının bulunmasında kullanılan yardımcı açılardır. (Kauçuk yüzey için $\mu=0,2$ seçilmiştir.)

$$\alpha = \pi + \gamma - \beta \quad (3.2)$$

$$\gamma = \arctan \frac{s}{t} \quad (3.3)$$

$$\beta = \arccos \frac{2r}{\sqrt{s^2 + t^2}} \quad (3.4)$$

Çıkış gerdirme kuvvetinin giriş gerdirme kuvvetine bağlı olan denklemi aynı zamanda ikinci merdanelenin ürettiği moment bağıntısını da ortaya çıkarır.

$$F_2 = F_1 \cdot e^{\mu\alpha} \Rightarrow M_2 = e^{\mu\alpha} (e^{\mu\alpha} - 1) \cdot F_1 \cdot r \quad (3.5)$$

F_1 ile F_2 kuvvetlerinin farkı, (3.6) denkleminde de anlaşılacağı üzere toplam momenti oluşturan kuvvettir.

$$F_2 - F_1 = F_1 \cdot (e^{2\mu\alpha} - 1) \quad (3.6)$$

$$M_T = M_1 + M_2 = (e^{2\mu\alpha} - 1) \cdot F_1 \cdot r \quad (3.7)$$

Buna göre; sistemde mevcut olan gerdirme merdanelerinin boyutları $s=1100$ mm, $t=120$ mm, $r=480$ mm olduğundan; $\gamma=83,77^\circ$, $\beta=32,5^\circ$ ve $\alpha=231,27^\circ$ olacaktır.

$$P = M \cdot \omega \quad (3.8)$$

Aynı zamanda dönme hareketinde güç P [kW], moment [Nm] ile açısal hızın ω [rad/s] çarpımına eşittir.

Motor yük tarafında yapılan hesaplamaların motor miline göre indirgenmesi dişli kutusunun dönüştürme oranı ile olacaktır. Buna göre dişli kutusu dönüştürme oranı $\ddot{u}$ olacak olursa;

$$P = M_m \cdot \omega_m = M_y \cdot \omega_y \Rightarrow \ddot{u} = \frac{\omega_m}{\omega_y} = \frac{M_y}{M_m} \quad (3.9)$$

aynı zamanda dişli kutusunun verimi η nin göz önüne alınması halinde;

$$M_m = \frac{M_y}{\ddot{u} \cdot \eta} \quad (3.10)$$

şeklinde bir dönüşüm gerçekleşir.

Hattın çizgisel hızı v [m/dak.], açısal hıza dönüştürülürken

$$v = \omega \cdot r \quad (3.11)$$

$$\omega = \frac{2\pi \cdot n}{60} \quad (3.12)$$

bağıntılarından yararlanılır. Burada motor devir hızı n [d/d] bulunurken dişli kutusu dönüştürme oranı da ele alınır. (3.9)

Üretim bölümünde bulunan Gerdirme Merdanesi 2'nin çalışma koşullarına bağlı verileri ve mekanik boyut değerleri uyarınca yapılan hesaplamalarda elde edilen sonuçlar aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Çevirme oranları ; $\dot{u}_1 = \dot{u}_2 = 25,54$

Dişli kutusu verimi ; $\eta = 0,95$

Tablo 3.1. Gerdirme Merdanesi 2 Çiftine Ait İşletme Değerleri

Malzeme Kalınlığı &Eni	Bant Hızı	Giriş Merdane Gerginliği	Çıkış Merdane Gerginliği	Toplam Mot. Mil Momenti	Giriş Merdn. M_1	Çıkış Merdn. M_2	Motor Hızı
(mm. & m.)	(m/dak.)	(N)	(N)	(Nm)	(Nm)	(Nm)	(rpm)
0,3-0,45 & 1-1,2	100	6.480	2.850	11.173	3.463	7.709	846
0,5-0,6 & 1-1,3	85	9.360	4.650	16.138	5.002	11.135	720
0,7-0,8 & 1-1,5	60	14.400	6.650	24.829	7.696	17.132	508
0,9-1 & 1-1,5	42	18.000	8.550	31.036	9.621	21.414	356
1,2-1,5 & 1-1,5	26	27.000	13.350	46.554	14.431	32.122	220
1,75-2 & 1-2	20	36.000	17.800	62.073	19.242	42830	169

Toplam mil momenti olarak elde edilen moment her iki motorun ürettiği mil momentlerinin toplamıdır, ancak yukarıdaki tabloda görülen değerler bu millerin sac bandı kaydırmadan uygulanabilecek en yüksek moment değerleridir.

En büyük hız değeri ile moment değerinin çarpımı, seçilecek uygun elektrik motorunun gücünü belirleyecektir. (3.9)

a. Otomatik Çalışma

Bu çalışma sürecinde, gerdirme merdane çiftini oluşturan merdanelerden bir tanesi kapalı çevrim hız kontrolü, diğeri ise moment kontrolü ile çalıştırılır. Sac bandın akış yönü düşünüldüğünde; genellikle sac bandı ilk tahrik eden merdane motoru (GMD#1A) kapalı çevrim hız kontrolü ile sürülürken, diğer merdane motorunda (GMD#1B) ise moment kontrolü uygulanır.

Kapalı çevrim hız kontrolü ile sürülen bir motorun (GMD#1A) sürücüsüne sabit veya değişken bir hız referansı atanır ve motora bağlı kodlayıcı yardımıyla alınan hız geribesleme bilgisi motor sürücüsünün hız çevriminde değerlendirilerek motorun verilen hız referansında kararlı ve hatasız dönmesini sağlar. Burada esas olan hız referansı ile hız geribesleme bilgisinin farkından oluşan hız hatasının en küçük değere indirgenmesi ve sıfırlanmasıdır.

Merdane çiftindeki ikinci merdane motoru (GMD#1B) ise moment kontrolü ile sürülür ve birinci merdane motoruna (GMD#1A) ait akım bilgisi bu motor sürücüsüne aktarılarak, ikinci motor için akım referansı elde edilir. Bu anlamda ikinci merdane motoru her zaman birinci merdane motorunun akımını paylaşacaktır. Bu şekilde akım referansı ile moment değeri kontrol edilen motorun sürücüsüne aynı zamanda bir aşırı hız sınırı atanır. Ana sürücüye ait gerçek hız değeri moment kontrollü sürücünün hız sınırını oluşturmaktadır. Akım referansına bağlı olarak, hız isteminden bağımsız bir şekilde gerçek hız değerinin artması ve son hız istemini aşması durumunda sürücünün moment/akım referansı sıfırlanır ve bu şekilde motorun aşırı hız limitini aşması engellenir. Bu nedenle ilgili çalışma şekline “Hız Sınırlamalı Moment Kontrolü” adı verilir.

b. Manuel Çalışma

Hattaki tüm gerdirme merdane çiftleri otomatik çalışma biçiminde olduğu gibi manuel olarak da kumanda edilebilirler. Her çiftin merdane motorlarına ait kontrol türleri bu çalışma biçiminde de aynı olacaktır. Manuel çalışmada birinci merdane motoruna (GMD#1A) uygulanan hız referansı 20 m/dak gibi düşük bir hız referansı olacaktır. Bu çalışma biçiminde merdane motorları ileri ve geri hareket ettirilebilir ve aynı zamanda sac bandın durma halinde kaymasını engelleyen bastırıcı merdaneler de kapanır. Bastırıcı merdaneler hidrolik pistonlar yardımı ile hareket ettirilir ve manuel çalışmada iken gerekli hallerde manuel olarak açılabilir.

3.2.4. Saptırma Merdanesi

Üretim bölümünde, fırın bölgesinde ve çinko potası sonrasındaki soğutma kulesinde bulunan saptırma merdaneleri, 800 mm çapında çelik yüzeyli merdanelerdir. Fırın bölgesinde sekiz adet, soğutma kulesinde de iki adet saptırma merdanesi

bulunmaktadır. Her bir saptırma merdanesi fırın iç ve dış bölgesine sac gerginliklerinin düzenlenmesinde kullanılır.

Bu bölümde bulunan saptırma merdaneleri,

Fırın Dışı Saptırma Merdanesi;	Saptırma Merdanesi 1 (SPM#1)
Fırın İçi Saptırma Merdaneleri;	Saptırma Merdanesi 2 (SPM#2)
	Saptırma Merdanesi 3 (SPM#3)
	Saptırma Merdanesi 4 (SPM#4)
	Saptırma Merdanesi 5 (SPM#5)
	Saptırma Merdanesi 6 (SPM#6)
	Saptırma Merdanesi 7 (SPM#7)
	Saptırma Merdanesi 8 (SPM#8)
PS Soğutma Kulesi Saptırma Mrd;	PSSK Saptırma Merdanesi 1 (PSSM#1)
	PSSK Saptırma Merdanesi 1 (PSSM#2)

olarak isimlendirilir. Bütün saptırma merdaneleri standart sincap kafesli asenkron motor ile tahrik edilmektedir. Sadece pota sonrası soğutma kulesi ilk saptırma merdanesinin elektromekanik fren tertibatı mevcuttur. Çinko potası sonrası sac bandın kopması halinde, sac bandın aşağı düşmesini ve durma hallerinde sac bandın ağırlığından ötürü aşağı doğru ters yönde hareket etmesini engellemek amacıyla, bu noktadaki motora bağlı bir elektromekanik fren ve bir bastırma merdanesi konulmuştur.

Saptırma merdanesi mekanik yapı bakımından

- Bir adet 800 mm çapında çelik yüzeyli merdane
- $\dot{u}_1=1/23,20$ çevirme oranına sahip dişli kutusu
- Sincap kafesli asenkron tahrik motorundan

oluşur. Üretim bölümünde bulunan bu merdaneler hat üzerinde gerginlik kontrolü amacıyla kullanılan diğer merdaneler gibi fırın bölgesinde (fırın içi ve dışı) sac bandın gerginliğini düzenlerler. Bu bölümdeki gerginlik değerleri $900 \text{ kg/mm}^2 - 3000 \text{ kg/mm}^2$ ($100 \text{ kg/mm}^2 = 1 \text{ kN}$) arasındadır ve bu bölgedeki tüm merdaneler sac

bandın boyutlarına bağı olarak gerekli gerginlik referansında toplam sac bant gerginliğini düzenler.

Tüm saptırma merdaneleri üretim bölümündeki diğer hat merdaneleri gibi 20-150 m/dak. çizgisel hat hızında çalışmaktadır.

a. Otomatik Çalışma

Fırın bölgesinde bulunan tüm saptırma merdaneleri AA motor sürücüleri ile sürülen sincap kafesli asenkrom motorlar yardımı ile tahrik edilir. Bu bölgedeki sac bandın gerginlik düzenlemesinde kullanılan bu motorlar otomatik çalışma sürecinde gerdirme merdanelerinde olduğu gibi; hız sınırlamalı moment kontrolü esas alınarak çalıştırılır.

Bu bölümde bulunan ve moment kontrollü çalıştırılan saptırma merdaneleri de, gerdirme merdane motorlarında olduğu gibi gerginliğe ilişkin akım referanslarını sıcak gerdirme merdane çiftinin ana motor (SGMD#1) sürücüsünden alır. SGMD#1 motorunun gerçek akım değeri, bu bölümdeki moment kontrollü motorlar için akım referansını teşkil eder.

b. Manuel Çalışma

Saptırma merdanelerine ait motorlar manuel çalışma sürecinde kapalı çevrim hız kontrolü esasına bağı olarak çalıştırılır. Öngörülen hız referansı yardımıyla, kullanılan tüm AA motorlarda olduğu gibi gerilim/frekans ayarı hız geribesleme elemanından alınan hız bilgisinin değerlendirilmesi eşliğinde yapılır.

3.2.5. Sızdırmazlık Merdanesi

Fırın içinde kullanılan sızdırmazlık merdaneleri birer çift olarak kullanılır ve fırın içinde toplam iki çift bulunan, 250 mm çapında çelik yüzeyli merdanelerdir. Fırının giriş bölümü olan ve yüksek sıcaklıklara çıkabilmek için yanıcı gaz yoğunluğunun da yüksek olduğu Doğrudan Ateşleme Bölümünden (DFF-Direct Fire Furnace) dışarıya doğru oluşabilecek gaz sızıntılarını önlemek için kullanılan bu merdaneler, gerçekte birer sızdırmazlık elemanıdır. Zira sac bandın DFF bölümünden hat hızında geçtiği düşünülürse bu merdanelere ihtiyaç olduğu anlaşılabacaktır.

Fırın İçi Sızdırmazlık Merdaneleri; Sızdırmazlık Merdanesi 1 (SZM#1)

Sızdırmazlık Merdanesi 2 (SZM#2)

Sızdırmazlık Merdanesi 3 (SZM#3)

Sızdırmazlık Merdanesi 4 (SZM#4)

Sızdırmazlık merdanesi mekanik yapı bakımından,

- Bir adet 250 mm çapında elik yüzeyli merdane
- $ü_1=1/7,25$ çevirme oranına sahip dişli kutusu
- Sincap kafesli asenkron tahrik motoru

dan oluşur. Üretim bölümü sürekli çalışma sürecinde iken sızdırmazlık merdanelerine ait motorlar açık çevrim hız kontrolü esasına göre çalıştırılır. Ancak gaz sızdırmazlığı amacı ile kullanılan bu merdanelerin çizgisel hızının hat hızından %2 daha fazla olması gerekmektedir. Buna göre bu merdanelerin çalıştıkları çizgisel hız aralığı 20-153m/dak olacaktır.

Bu merdanelerin enerji kesintisi halinde de çalışma zorunluluğu bulunduğundan; bu anlarda devreye giren bir dizel generatör bulundurulmaktadır. Enerji kesintisi durumunda, dizel generatörün devreye girme süresi 10 ila 15 s olacağından, geçen süre zarfında sızdırmazlık merdaneleri mevcut atalet nedeniyle yavaşlayarak dönmeye devam edecektir.

a. Otomatik alışma

Fırın bölgesinde bulunan tüm saptırma merdaneleri gibi sızdırmazlık merdaneleri de AA motor sürücüleri ile sürülen sincap kafesli asenkron motorlar yardımı ile tahrik edilir. Otomatik alışma sürecinde açık çevrim hız kontrolü esas alınarak çalıştırılır. Bu alışma sırasında gerekli hız referansı fırın bölümünün ana motor sürücüsü olan Sıcak Gerdirme Merdanesi 1 (SGMD#1) den alınır. Ayrıca SGMD#1 motorunun durması halinde sızdırmazlık merdanesinin çalışmaya devam edilebilmesi için bu motor sürücülerinin hız çevrimine sabit bir hız referansı da atanmaktadır

b. Manuel Çalışma

Sızdırmazlık merdaneleri sürekli çalışma koşuluna sahip olduğundan bu merdanelerin manuel kumandası öngörülmemiştir.

3.3. Akümülatör

Giriş ve çıkış bölümlerinde oluşabilecek işletme koşullarının, üretim bölümündeki sürekli hareketi etkilememesi gerekmektedir. Giriş ve çıkış bölümlerindeki hareketin kesilmesi durumunda üretim bölümündeki hareketin devam edebilmesi için “Akümülatör” isimli düzenekler kullanılır. Sistemde bulunan iki adet akümülatör Giriş Akümülatörü (AKM#1) ve Çıkış Akümülatörü (AKM#2) olarak adlandırılır. Buna göre sistemde mevcut olan akümülatörler giriş ve çıkış bölümleri ile üretim bölümünün işletme koşullarını, akümülatör kapasitesinin sağlayacağı süre zarfında birbirinden yalıtılmaktadır. (bak. EK4. Şekil D.9 ve D.6)

Giriş akümülatörü, giriş ve üretim bölümleri sürekli hareket halinde iken en üst seviye konumunda bulunur. Ancak herhangi bir neden ile giriş bölümünün hareketinin belirli bir süre kesilmesi durumunda; üretim bölümünün harekete devam edebilmesi, giriş akümülatöründe depolanan sac bandın hat hızında üretim bölümüne aktarılması ile sağlanır. Bu sürecin devamlılığı, hat hızına da bağlı olan akümülatörün doluluk oranı ile orantılıdır.

Giriş bölümüne benzer şekilde, çıkış bölümünde akümülatör kullanılma amacı aynıdır. Çıkış ve üretim bölümü sürekli hareket halinde iken çıkış akümülatörü en alt seviye konumunda bulunur. Gerekli bir sebepten dolayı çıkış bölümünün hareketinin belirli bir süre kesilmesi durumunda; üretim bölümünün harekete devam edebilmesi, çıkış bölümüne aktarılan sac bandın akümülatörde depolanması ile sağlanır. Bu çalışma süreci, hat hızına da bağlı olan çıkış akümülatör kapasitesi ile orantılıdır.

Akümlatör, mekanik yapı itibariyle çok merdaneli bir kaldırma düzeneğidir. Giriş akümülatör yapı yüksekliği 32 m iken, çıkış akümülatör yapı yüksekliği 25 m dir. Hareketli bir kaldırıcının platformunun mevcut olduğu yapıda, toplam on dokuz (19) adet tahriksiz merdane bulunmaktadır. Bu merdanelerden sekiz (8) tanesi kaldırma platformu üzerinde, geri kalan on bir (11) adet merdane ise zemin seviyesinde sabit

olarak bulunur. Akümülatördeki kaldıraç platformu toplam 52 ton ağırlıkta olup, 40 ton ağırlığındaki karşıt ağırlıklar ile dengelenmiştir.

Bu yapıdaki akümülatörden sac bandın geçirilmesi halinde, akümülatörde on altı (16) adet paralel kol elde edilir. Kaldıraç düzeneği, bir doğru akım motorunun tahrik ettiği tambura bağlı halat sistemi ile hareket ettirilmektedir. (bak. EK1-Şekil A.1)

Aküümülatör düzeneğinin mekanik yapısında,

- 950 mm çapında çelik yüzeyli 19 adet merdane
- DA tahrik motoru
- $\ddot{u}_1=550/3,84$ (= 143,3) çevirme oranına sahip dişli kutusu
- Halat tamburu ($\varnothing=1652$ mm)

mevcuttur. Sürekli çalışma durumunda akümülatör platformunu tahrik eden doğru akım motoru sabit gerginlik değerinde ve durağan haldedir. Akümülatörün harekete geçmesi, giriş/çıkış bölümünün sürekli hal işletme koşullarının dışına çıkması ile gerçekleşecektir. Geçici hal davranışını yansıtan bu koşullarda, farklı malzeme boyutlarına göre akümülatöre ilişkin işletme değerleri Tablo 3.22de verilmiştir.

Tablo 3.2. Giriş ve Çıkış Akümülatörü İşletme Değerleri

Malzeme Kalınlığı&Eni (mm. & m.)	Bant Hızı (m/dak.)	Birim Gerginlik (N)	Bant Adedi	Platform Hızı (m/dak.)	Halat Hızı (m/dak.)	Gerek. Güç (kW)	Mot. Mil Momenti (Nm)	Halat Yüğü (kN)
0,3-0,45 & 1-1,2	100	6480	16	6,25	12,5	14	385	105
0,5-0,6 & 1-1,3	85	9360	16	5,31	10,625	18	580	150
0,7-0,8 & 1-1,5	60	14400	16	3,75	7,5	18	818	230
0,9-1 & 1-1,5	42	18000	16	2,625	5,25	15,5	1007	288
1,2-1,5 & 1-1,5	26	27000	16	1,625	3,25	13,5	1312	482
1,75-2 & 1-2	20	36000	16	1,125	2,25	12,5	1895	640

a. Otomatik Çalışma

Aküümülatör platformunu tahrik eden doğru akım motoru, otomatik çalışma sürecinde öngörülen hesaplamalar yardımıyla sabit moment referansı ile çalıştırılır. Sürekli çalışma sürecinde iken; akümülatör anma işletme seviyesinde sabit moment üreterek, sac bandın gerginliğini sabit bir değerde tutmaktadır.

Sürekli çalışma sürecinin kesilmesi durumunda giriş bölümünde ve çıkış bölümünde oluşan çalışma durumları:

- ◆ Giriş bölümünde, akümülatörün girişinde ve çıkışında birer çift gerdirme merdanesi (GMD#1 ve GMD#2) bulunmaktadır. Akümülatörün kontrolunda gerdirme merdanelerinin çalışma durumları etkilidir. Aynı zamanda akümülatör seviyesini takip edebilmek amacıyla kullanılan yaklaşım sensörleri ve tambur üzerine monte edilmiş sayısal kodlayıcı kullanılmaktadır. Bu algılayıcı elemanlar akümülatörün seviyesi ile ilgili bilgiyi GMD#1A motor sürücüsüne aktarmaktadır. Bunun amacı akümülatörün nominal işletme seviyesinden uzaklaşması halinde, akümülatör konumunu algılayarak tekrar aynı noktaya dönebilmesini sağlamak ve bu şekilde akümülatör konum kontrolünü gerçekleştirmektir.
- Giriş ve üretim bölümleri çalışıyor iken GMD#1 ile GMD#2 motorlarının sağladığı gerginlik değerleri birbirine senkronudur. Bu şekilde akümülatör verilen sabit gerginlik referansı ile çalışmaktadır.
- Şayet giriş bölümü hareketini durdurur ise GMD#1 sıfır hızda sac bandı tutacaktır. Buna göre GMD#2 ile GMD#1 in sac banda uyguladığı moment farkının yarattığı gerginlik kuvveti, akümülatörün uyguladığı gerginlik kuvvetinin üzerinde olacaktır. Buna göre akümülatör sabit gerginlik değerini korumak şartı ile aşağıya doğru hareket edecektir.
- Aynı şekilde giriş bölümünün tekrar harekete başlaması durumunda; GMD#1 sürücüsü ile algılanan akümülatör konumu değerlendirilerek konum hatasını giderebilmek üzere; GMD#1 motorları GMD#2 motorlarının hızının %20 üzerinde çalıştırılır. Bu hız farkının doğurduğu gerginlik değerinin, akümülatörün uyguladığı gerginlik kuvvetinden düşük olması; akümülatörün yukarıya doğru hareket etmesini sağlayacaktır. Akümülatör nominal işletme seviyesine geldiği zaman, konum hatası sıfırlandığından GMD#1 ve GMD#2 motorlarının hızları tekrar birbirine senkron olacaktır. Dolayısıyla akümülatör anma işletme seviyesinde kalacaktır.
- Buna göre, akümülatörün işletilmesi sırasında gerginlik kontrolü esaslı konum kontrolü uygulanmaktadır.

- ◆ Çıkış bölümünde akümülatörün kontrolünde ise GMD#5 ve GMD#6 etkilidir. Giriş bölümünde olduğu gibi bu akümülatörde de konum algılayıcı sensörler ve sayısal kodlayıcı kullanılmaktadır.
- Üretim ve çıkış bölümleri çalışıyor iken GMD#5 ile GMD#6 motorlarının sağladığı gerginlik değerleri senkron olduğu için akümülatör atanan sabit gerginlik değeri ile çalışmaktadır.
- Şayet çıkış bölümü hareketini durdurur ise GMD#6 sıfır hızda sac bandı tutacaktır. Buna göre GMD#5 ile GMD#6 in sac banda uyguladığı moment farkından doğan gerginlik kuvveti değeri, akümülatörün sağladığı gerginlik kuvvetinden düşük olacaktır. Buna göre akümülatör motoru sabit gerginlik değerini sağlayabilmek için akümülatörün yukarıya doğru hareket etmesine neden olacaktır.
- Çıkış bölümünün tekrar harekete başlaması halinde; GMD#6A sürücüsü ile algılanan akümülatör konumu değerlendirilerek konum hatasını giderebilmek üzere, GMD#6 motorları GMD#5 motorlarından %20 daha hızlı çalıştırılır. Bu hız farkının doğurduğu gerginlik değerinin, akümülatörün sağladığı gerginlik kuvvetinden büyük olması; akümülatörün aşağıya doğru hareket etmesini sağlayacaktır. Akümülatör nominal işletme seviyesine geldiği zaman, konum hatası sıfırlanacağı için GMD#6 ve GMD#5 motorlarının hızları tekrar senkron olacaktır. Dolayısıyla akümülatör anma işletme seviyesinde sabit moment üreterek sac bant gerginliğini korumaya devam edecektir.

b. Manuel Çalışma

Akümülatör elle kumanda edildiği çalışmada, bağımsız çalıştırıldığı için kapalı çevrim hız kontrolü kullanılır. Konum ve gerginlik kontrolü etkin değildir. Ancak akümülatörün en alt ve en üst sınır seviyeleri aşmaması gerektiğinden; bu konumlardaki sensörler etkindir.

3.4. Sarıcı

Galvaniz ile kaplanmış sac bandı, çıkış bölümünde tekrar bobin haline getirebilmek için iki adet sarıcı kullanılır. Sarma hattının sonunda bulunan bu elemanlar Sarıcı1 (SR#1) ve Sarıcı2 (SR#2) olarak adlandırılır. Her iki sarıcı da doğru akım motorları ile tahrik edilmekte ve bu motorlar ise dijital kontrollü DA motor sürücülerini yardımıyla sürülmektedir. (bak. EK4. Şekil D.10.)

Temel olarak giriş bölümündeki sürekli ve geçici çalışma şartları çıkış bölümünde de geçerlidir. Çıkış bölümü sürekli çalışma sürecini tanımlayan koşullar,

- Üretim bölümünün devrede olması ve buna bağlı olarak giriş akümülatörünün en alt seviyede, düşük doluluk oranında çalışması
- Sarıcının öngörülen gerginlik değerinde talep edilen boyutlara göre sarma işlemini gerçekleştirmesi

şeklinde açıklanabilir. Çıkış bölümü,

- Sarıcıda sarılan sac bobinin talep edilen boyutlara erişmesi
- Kaplanmış sac bandın kalite dışı olması durumunda, bozuk bölgenin kesilmesi

koşullarından dolayı durması ve bir sonraki sürekli hal çalışma sürecine kadar geçen süre içindeki çalışma biçimi, bu bölümdeki geçici çalışma durumu olarak tanımlar.

Her iki sarıcının mekanik yapısında,

- 600 mm çapında bobin sarıcı mandren
- $ü_1=1/20,33$ çevirme oranına sahip dişli kutusu
- Elektromekanik fren tertibatlı DA tahrik motoru

mevcuttur. Sarıcı, sürekli hal çalışmada, sabit moment kontrollü çalışmaktadır. Sac bobinin (malzemenin) boyutlarına bağlı olarak kontrol edilmek istenen gerginlik değeri de $2500-3000\text{kg/mm}^2$ ($100\text{kg/mm}^2 = 1\text{kN}$) aralığında değişmektedir. (bak. Tablo3.3) Ayrıca bu çalışma sürecinde sarıcının çalıştığı hız aralığı 20 m/dak ila 150 m/dak dır.

Sarma hattının ilgili sebepten ötürü durdurulup, sac bant kesildikten sonra tekrar yeni sac bobinin sarılması işlemleri, sarma hattındaki geçici hal çalışma koşullarını tanımlar. Biriken sacın çıkış ak m lat r n  boşaltmak suretiyle sarıcıya aktarılabilmesi için sarıcı hat hızının üretim hat hızından %20 daha fazla olması gerekmektedir. Buna göre sarıcının biriken sacı toplaması ve çıkış akümülatörünün öngörülen işletme seviyesine getirilmesi sonrasında, sarma hattının hızı normal hat hızına düşecektir. Bu geçici hal çalışma sürecinde sarıcının  alı abilece i hız aralığı 20 m/dak ila 180m/dak olacaktır.

Bir sarıcının işletme koşullarını belirleyen verilerden ve mekanik yapı değerlerinden yararlanarak, sarıcıyı tahrik eden uygun elektrik motoru ve bu motoru süren dijital motor sürücüsünün seçimini gerçekleştirilir.

Sarıcının, en küçük ve en büyük yarıçap değerlerindeki motor mil momenti ve motor hız değeri, sarılan malzeme boyutlarına da bağlı olarak hesaplanmıştır. (bak. Tablo3.3) Bu hesaplamalar temel dönme hareketini tanımlayan bağıntılardan yola çıkılarak yürütülmüştür. (3.8-3.12)

Buna göre bir dönme hareketinde uygulanan moment M [Nm] değerinin hesabı,

$$M_y = F \cdot r \quad (3.13)$$

bağıntısı ile yürütülmektedir.

 rnek Hesaplama:

Sarılan Bobin yarıçapı (en büyük)	: $r=1$ m
Sarılan Bobin yarıçapı (en küçük)	: $r=0,3$ m
Gerginlik Kuvveti (0,3x1000mm için)	: $F=25$ kN
Hattın �izgisel Hızı	: $v=100$ m/dak.
Di�li Kutusu �evirme oranı	: $\ddot{u}=n_m/n_y = 20,33$
Di�li Kutusu verimi	: $\eta= 0,95$

Yukarıda verilen tanım ve değerler yardımıyla, aşağıdaki hesaplamalar yapılmaktadır.

$$r=1m \text{ iken; } M_y = F \cdot r \Rightarrow M_y = 25kN \cdot 1m = 25kNm$$

$$M_m = \frac{M_y}{\ddot{u} \cdot \eta} \Rightarrow M_m = \frac{25kN}{20,33 \cdot 0,95} = 1294,5Nm$$

$$v = \omega \cdot r \Rightarrow \frac{100m / dak}{60} = \frac{2\pi m}{60} \cdot 1m \Rightarrow n = 15,91d / d$$

$$\ddot{u} = \frac{n_m}{n_y} \Rightarrow n_m = \ddot{u} \cdot n_y = 20,33 \cdot 15,91 \cong 323d / d$$

Yukarıdaki hesap örneği kullanılarak, farklı malzeme boyutlarında gerekli moment ve motor hız değerleri bulunmaktadır. Sarıcıdaki işletme durumlarını yansıtan, farklı malzeme boyutlarına göre hesaplanmış bu değerler Tablo3.3 de verilmiştir.

Tablo 3.3. Sarıcı İşletme Değerleri

Malzeme Kalınlığı& Eni A & b (mm. & m.)	Bant Hızı V (m/dak.)	Bant Gerginliği T (N)	r _{max} =1m		r _{max} =0,3m	
			Mil Momenti M _{mak} (Nm)	Motor Hızı n _{min} (rpm)	Mil Momenti M _{min} (Nm)	Motor Hızı n _{mak} (rpm)
0,3-0,45 & 1-1,2	100	25000	1294,5	323	388,3	1079
0,5-0,6 & 1-1,3	85	26000	1346,2	275	404	917
0,7-0,8 & 1-1,5	60	27000	1398	194	419	647
0,9-1 & 1-1,5	42	28000	1450	136	435	453
1,2-1,5 & 1-1,5	26	29000	1502	84	450	281
1,75-2 & 1-2	20	30000	1553	68	466	216

a. Otomatik Çalışma

Çıkış bölümü sürekli çalışma sürecinde iken; sarıcıyı tahrik eden motor, moment kontrollü çalıştırılmaktadır. Sabit moment referansı kullanılarak, sarıcı motoru sarma yönünde pozitif moment üretmekte ve bu şekilde sac bandın gerginliği kontrol edilmektedir. Ayrıca hızın sıfır olması durumunda da, ek pozitif referans kullanıldığından sacın öngörülen gerginlik değeri korunacaktır.

Bir doğru akım motoru ile tahrik edilen sarıcının bu işlevleri yerine getirebilmesi için dijital kontrollü bir doğru akım motor sürücüsü kullanılmaktadır. Sürücünün akım çevrimine katılan sabit değerdeki akım/moment referansı yardımıyla DA motorun moment kontrolü sağlanmaktadır.

b. Manuel Çalışma

Sarıcıyı tahrik eden motorun manuel çalıştırılması sırasında kapalı çevrim hız kontrolü kullanılmaktadır. Kesilen sac bandın ucunun sarıcıya kadar ilerletilebilmesi için kullanılan bu çalışma türünde düşük değerli ve sabit bir hız referansı DA motor sürücüsünün hız çevrimine atanmaktadır. Hız geribesleme elemanından (sayısal kodlayıcı) alınan hız bilgisi hatasız hız kontrolü için bu çevrimde değerlendirilir.



4. DAĞITILMIŞ KONTROL SİSTEMLERİ

4.1. Genel Özellikler

Kontrol sistemlerinin yapısı göz önüne alındığında iki farklı türle karşılaşılır:

- **Merkezi Kontrol Sistemi**

Geleneksel olarak bir merkezi kontrol sistemi, merkezi tabanlı bir işlemcili yapı (PLC gibi) etrafında kurulur. PLC yapısında bir merkezi işlemci (CPU), güç ünitesi (PSU) ve bir seri giriş/çıkış (I/O) kartı bulunmaktadır. Bu yapı kapsamında bulundurulmuş mantıksal devreler PLC üzerinden değiştirilebilmekte ve gözlenebilmektedir. Sayısal seri haberleşme ağ teknolojisinin gelişmesi ile merkezden uzak giriş/çıkış birimleri kullanılmaya başlanmıştır. Bu sayede sahada bulunan kontrol elemanlarına (sensör, selenoid,...v.s.) daha yakın noktalara yerleştirilen giriş/çıkış birimleri haberleşme ağı kullanılarak PLC tarafından kontrol edilmektedir. Interbus-S haberleşme ağı; merkezden uzak giriş/çıkış birimlerinin bir PLC sistemine bağlanabilmesi için düzenlenen ilk açık tip haberleşme ağıdır. Bu şekilde, değişken hızlı motor sürücüler de PLC ve merkezden uzak giriş/çıkış birimlerinin bulunduğu kontrol sistemlerine uyumlaştırılmıştır. Sürücü dahili kontrol parametrelerinin (hız ve moment parametreleri...v.s.) PLC programına aktarılması ve bu sürücü parametrelerinin PLC üzerinden kontrol edilmesi mümkün kılınmıştır. Genellikle kullanılan PLC nin program tarama periyodu sahayolunun periyoduna senkron yapılmaktadır.

Son zamanlarda motor sürücü uygulamaları endüstriyel kontrol sistemlerinde oldukça sık kullanılmakta ve sürücünün kontrol algoritmasına ait örnekleme zamanının 0,5ms ila 5ms arasında olması gerekmektedir. Bu bant genişliğindeki kontrolü gerçekleyebilmek için hızlı bir PLC tarama işlemine ve sahayoluna ihtiyaç duyulur. Kullanılan sahayolu, kayıtlı kontrol büyüklerini (referans, geribesleme bilgisi, ...vs.) periyodik olarak güncelleştirmek durumundadır. Bir

PLC tabanlı kontrol sisteminde, kullanıcı birim sayısı arttıkça kullanım kolaylığı ve yetenekleri azalmakta, maliyet ise artmaktadır. Aynı zamanda kapsamlı bir PLC sisteminde yazılım esnekliği ve değişkenliği azalmaktadır. Buna karşın küçük sistemlerde kullanılabilecek küçük boyutlu bir PLC nin maliyeti sahayolu sistemi ile eşdeğerdir.

- **Dağıtılmış Kontrol Sistemi**

Dağıtılmış kontrol sistemlerinde, sistem kontrolünü sağlayan program parçaları tek bir merkezi işlemcide değil, yapıdaki uç birimlerin (düğümünün) sayısal işlemcilerinde yürütülmektedir. Bu anlamda her bir akıllı birim eleman (düğüm) kendi kontrol çevrimi ile ilgili çalışmaları, mevcut olan bölgesel geribesleme bilgilerini doğrudan kullanarak yerine getirebilecektir. Dolayısıyla bu kontrol çevrimi için sahayolunu kullanmayacaktır. (Örneğin; kodlayıcı geribesleme bilgisi ile konum kontrolü) Bu kontrol yapısı sahayolunun fazla yüklenmesini engelleyecek; dolayısıyla belirleyici sistem cevaplarındaki değişimlerin en az hissedildiği harici çevrim referans bilgileri, haberleşme ağından daha düşük bir hızla gönderilebilecektir. Bunun yanında yüksek performans gerektiren kontrol sistemlerinde, belirleyici davranışın ortaya çıkardığı önemli bir etken; dağıtılmış kontrol çevrimlerinin aynı haberleşme ağı üzerinde senkron olmasıdır.

Bir kontrol sisteminde, düğüm olarak kullanılacak bir motor sürücüsüne akıllı bir işlemcinin (kontrol elemanının) eklenmesi daha ekonomik ve esnek bir donanım yapısı oluşturmaktadır. Basit anlamda eklenecek programlanabilir işlemci modülü fazladan bir güç kaynağı ve koruma kutusuna ihtiyaç duymadan mevcut sürücünün donanımını kullanacaktır. Bu sayede kazanılan donanım esnekliği, gerektiğinde kontrol ağının genişletilmesi için yeni kontrol birimleri eklenmesine imkan verecektir. Küçük boyutlu otomasyon uygulamalarında (kağıt ve metal sektöründe sarıcı-çözücü uygulamaları, taşıyıcı bant uygulamaları,...vs.) birbirleri ile iletişimli çalışan çok sayıda ayrık kontrol düzeneği bu ağ yapısında birleştirilir. Merkezi yapıda bulunan bir PLC sistemine göre çok daha esnek ve ekonomik bir yöntemdir. [11]

4.2. Sahayolları

Günümüz endüstriyel tesislerinde daha verimli ve düşük maliyetli üretim yapılabilmesi, tüm kontrol fonksiyonlarının sağlıklı bir veri iletişim ağı ile sayısal bir ortamda yürütüldüğü sahayollarının kullanımına bağlıdır. Bir otomasyon sistemi kurulurken, yüksek hızlı gelişmiş bir sahayolu kullanmak, günümüzde doğruluğu kabul edilmiş bir yöntemdir. Buna göre kapsamlı kontrol sistemlerinde kurulum kolaylığı, ekonomiklik, basitlik ve güvenilirlik arttırılabilir. Üretime ilişkin ayrıntılı bilgiler elde edilebilir. Konu edilen üstünlükler nedeni ile son yıllarda farklı firmalar tarafından çeşitli sahayolu yapıları ortaya atılmıştır.

Çalışmada ele alınan galvaniz hattının kontrolü da, böyle bir sahayolu üzerine oturtulmuştur. Kullanılan sahayolunun seçiminde başlıca iki kriter dikkate alınmıştır:

- **Dinamik Performans**

Gerçek zamanda kontrolün gerçekleştirileceği bir sahayolu, sistemde yer alan fiziksel bileşenlerin zaman sabitlerine uyumlu olmalıdır. Örneğin, sahayolunda kapalı çevrim bir kontrol (motor hız kontrolü) mevcut ise, geribesleme veya referans bilgisinin güncelleştirilme süresi, kontrol çevrimindeki zaman sabitine yakın ve hatta senkron olmalıdır. Bu özellik, aktarılacak istenen bilginin tanımlanan zaman diliminde iletilebilmesi ve davranışın kararlı olması için gereklidir.

- **Kontrol Mimarisi**

Değişik fonksiyon bloklarının yer aldığı bir sistemde tüm kontrol yazılımını merkezi bir kontrolöre yerleştirmek yerine farklı noktalardaki akıllı kontrol birimleri arasında paylaşmak, esneklik ve güvenilirliği arttıracaktır. Kısaca dağıtılmış kontrol sistemi olarak anılan bu tip yapılarda kontrol yazılımının bulunduğu nokta, bilginin akış yönü ve kapsamını belirler. Farklı noktalar arasındaki bilgi akışları birbirinden ayrı olarak gerçekleşecektir.

Sahayollarının tipik özellikleri, ortama erişim ve veri modeli gibi düşük seviye protokolleridir. Bütün endüstriyel sahayollarında elemanlar, bağlandıkları bir ortamı paylaşırlar ve veri bu ortamda seri yapıda çoğaltılır. Veri modeli, mesaj ya da

verilerin ağda izledikleri yolu ve kimliklerini tanımlar. Ortama erişim protokolu ise, güvenilir veri iletişiminin sağlandığı ve tüm kullanıcıların paylaştığı ortama erişim biçimini tanımlar.

- **Veri Modeli**

- **Kaynak / Hedef Modeli (Source / Destination)**

Mesajların kimliği, hedef düğümün adresi ile belirlenir. Birçok kaynak / hedef protokolunda global adresleme olanağı olduğundan aynı mesaj bütün düğümlere de yollanabilir. Ancak aynı mesajı alacak bir düğüm grubu seçilemez.

- **Üretici / Tüketici Modeli (Producer / Consumer)**

Bu modelde, bir düğüm tarafından üretilen mesaj, hedef düğüme göre değil, bilginin içeriğine göre tanımlanır. Bu bilgiye gereksinimi olan herhangi bir düğüm, tanımlanan bu mesajı kabul ederek kullanabilir. Aslında bu mesaj modelinin kullanımı çok etkindir ve mevcut olan sahayolu bant genişliğinin en verimli kullanıldığı türdür. Ancak bu modelin sakıncası, tanımlanan bilgi paylaşımının karmaşık olmasıdır. CAN, FIP ve ControlNet bu modelin başarıyla uygulandığı haberleşme yapılarıdır.

- **Ortama Erişim**

- **Taşıyıcı Duyarlı Çoklu Erişim ve Çakışma Algılama (CSMA/CD)**

Sahayolunda bulunan bir düğüm saha boşalana kadar bekler ve daha sonra mesajını gönderir. Mesaj gönderme işlemi boyunca düğüm, başka bir düğümün göndermiş olduğu mesajın kendi mesajı ile çakışma durumunu takip eder. Buna göre çakışma durumunda değişik yöntemlerle ne yapılacağına karar verilebilir. “Ethernet” sistemi böyle bir durumda, birim elemanın ağdan çıkmasının ve tekrar denemeden önce bir süre beklemesini tanımlamaktadır. Şayet ağdaki haberleşme yükü artarsa buna bağlı olarak mesaj çakışması olasılığı da artacaktır ve bu gibi durumlarda ağ haberleşmesi verimli

çalışılabilmek için kesilecektir. Bu çalışma biçimi çoğu otomasyon uygulaması için uygun olmayan bir yöntemdir. Başka bir yöntem ise çakışmanın algılanması sonrasında mesajın önceliğinin çözülmesi ve karar verilmesidir ve mesajı oluşturan bit'lerin yorumlanması ile sağlanır.

- **Sıralı İzin Çevrimi (Token-Ring)**

Bu yöntemde düğümlere sıra ile izin verilir. Her bir düğüm izin hakkı geldiğinde ürettiği mesajı gönderir. Mesajını gönderdikten sonra sıralı izin hakkını bir sonraki düğüme devreder. Bu şekilde izin hakkının düzenli devredilmesi oldukça esnek bir protokol sağlar ve bu yöntemle bir düğümden diğerine (eşten eşe) haberleşme işlemi, herhangi bir ana ya da yönetici birime ihtiyaç duyulmadan gerçekleştirilir. Bu yöntemin sakıncası, iletimdeki mesajın uzun olması durumunda tanımlanan zaman aralığının yeterli olmaması ve mesajın tamamının gönderilememesidir. Zaman aşımı halinde sıralı izin hakkı bir sonraki düğüme geçer ve parçalanmış mesajın geri kalan kısmı ise bir sonraki çevrimde iletilir. Yöntemin en önemli üstünlüğü ise, aynı anda birden fazla düğümün sahayolunda veri iletememesi ve sadece bir düğümün baskın olarak sahayolu kullanımını engellemesidir. Bu yöntemin uygulandığı en iyi sahayolu örneği ARCNET haberleşme ağıdır. [11,12]

- **Ana / Uydu Modeli (Master / Slave)**

Merkezi kontrol sistemlerinde kullanılan bu modelde, bir düğüm ana düğüm olarak tanımlanır. Bu ana düğüm ağdaki tüm haberleşmeyi kontrol eder ve uydu düğüm olarak isimlendirilen tüm yardımcı düğümler, ana düğümün komutlarını cevaplandırır. Uydu düğümler kendi aralarında haberleşemezler. Bu modelin kullanıldığı yapıların çoğunda merkezi bir işlemci (PC ya da PLC) bulunur. Bu yapıyı kullanan iki tipik haberleşme ağı, Profibus-DP ve Interbus-S dir.

- **Zaman Aralıklı Bilgi Dağıtımı (Time Division Multiplexing)**

Her bir düğümün eşine mesaj yollayacağı zaman aralığı tanımlanmıştır. Bunun için ağda, örneğin WorldFIP sisteminde olduğu gibi, zaman aralıklarını kontrol

eden ve “Ağ Düzenleyici” olarak tanımlanan bir düğüm mevcuttur. Ağ düzenleyici, diğer düğümlerin üreteceği ve önceden tanımlanan bilgilerin listesini barındırır. Çevrim içi bir sırayla mevcut listeden ilerleyerek her bir bilgi tanımını haberleşme ağında duyurur. Bilgiyi üretecek düğüm haberleşme ağındaki duyuruyu algılar. Üretilen bilgi başka bir düğüm tarafından kabul edilmek üzere ağı aktarılır. Bunun yanı sıra çevrim dışı zaman aralık istemlerinin ayarlanması, tüm çevrim içi bilgi iletimlerinin tamamlanmasının ardından ağ düzenleyici tarafından gerçekleştirilir. ControlNet isimli haberleşme ağında bu model kullanılmaktadır.

Tüm bu yapıların karşılaştırılması durumunda şu sonuçlar elde edilir:

- Birden fazla düğümün aynı bilgi yığınını ihtiyacı olması durumunda Üretici/Tüketici modeli en verimli yöntemdir. Buna rağmen birçok otomasyon uygulamasında tek bir mesajın genel adresleme ile tüm birimlere aktarıldığı Kaynak/Hedef modeli de uygun bulunmaktadır.
- Ana/Uydu modeli genellikle merkezi kontrol sistemlerinin desteklediği bir yapıdır. Buna rağmen eşten eşe haberleşmenin, gerçek olmayan zaman bilgileri için uygulandığı başka ağ yapıları da mevcuttur.
- Sıralı izin çevrimi ise, eşten eşe haberleşmenin en esnek yapıda olduğu modeldir. Fakat haberleşme yoğunluğunda kullanılan karar verme mekanizması çok kontrollü değildir.

4.3. Sistemin Yapısı

Galvaniz hattı otomasyon sisteminde kullanılan haberleşme ağ yapısı, gelişmiş bir dağıtılmış kontrol sistemi oluşturan CTNet haberleşme ağıdır. Motor sürücülerinin çoğunlukta olduğu bu sistemde, herbir sürücü birimine eklenen opsiyon (programlama ve haberleşme) modülü ile birbirinden ayrık çalışan birer kontrolör yapısı elde edilir. Bu anlamda herbir sürücü, mevcut sistemde kullanıldığı bölüme ait kontrol parçalarını bünyesinde bulundurmakta ve bu kontrol programları birbirinden ayrık olarak yürütülmektedir. CTNet haberleşme ağı ise, ayrık kontrolör yapısında çalıştırılan dijital motor sürücülerini aynı haberleşme ağı üzerinde birleştiren ve bu

anlamda sistemin kontrol mantığı gereği eşzamanlı (senkron) çalışmalarını sağlayan özel tasarlanmış bir ağ yapısıdır. Yüksek performansın önemli olduğu motor kontrol uygulamalı bu sistemde, merkezi işlemcili kontrol modelinin kullanılması halinde kapsamlı bir merkezi işlemciye ihtiyaç duyulacaktır ki bu da maliyeti yüksek bir çözüm olacaktır. Bunu yanında, sistemin kontrol bloğunun ayrık yapıdaki kontrolörlere dağıtılması; uygulama ve bakım kolaylığı, düşük sayıda saha bağlantısı, donanım esnekliği ve yüksek sistem performansı sağlamaktadır.

Galvaniz hattı CTNet sahayolunda toplam 63 adet kullanıcı uç birim (düğüm) bulunmaktadır. Uç birimlerin türlerine ve sayılarına göre dağılımı aşağıda gibidir ve haberleşme ağının yapısını EK.3-Şekil C.1. de görmek mümkündür.

- AA motor sürücüsü - (35 adet)
- DA motor sürücüsü - (22 adet)
- Uzak nokta I/O (giriş ve çıkış) birimi - (5 adet)
- Bilgisayar (SCADA) - (1 adet)

AA ve DA motor sürücüleri UD75 ve MD29AN isimli opsiyon (programlama ve haberleşme) modülleri ile haberleşme ağına bağlanmakta ve her bir sürücü içerisinde ilgili bölüme ait kontrol fonksiyonunu yürüten program blokları işletilmektedir. Buna göre hattın her bölümünde bulunan AA ve DA motor sürücüleri birbirleri ile CTNet ağı üzerinden haberleşerek eşzamanlı bir şekilde tek bir düzeneğin kontrol işlemini yürütmektedirler. CTNet ağındaki tüm kullanıcıların kontrol programlarına ve/veya parametrelerine SYPT isimli yazılım aracılığıyla ulaşabilmektedir.

Uzak nokta giriş-çıkış (I/O) birimleri ise sahadaki analog ve dijital sinyallerin CTNet üzerinden iletimini sağlayan I/O terminalleridir. Bu I/O grupları CT Net ağı üzerinde birer uç birim olarak (düğüm) tanımlanır. Bunların haricinde mevcut SCADA sisteminin CTNet ağına adapte edilebilmesi, bir bilgisayar ve CTNet adaptör kartı ile gerçekleştirilmektedir. (bak. Bölüm 4.4.1)

Buna göre galvaniz hattında bulunan CTNet ağ kullanıcı birimlerinin hattın bölümlerine göre dağılımı şöyledir:

- a. Giriş Bölümü; AA motor sürücüsü (8 adet)
DA motor sürücüsü (5 adet)
Uzak nokta I/O birimi (2 adet)
- b. Üretim Bölümü; AA motor sürücüsü (26 adet)*
DA motor sürücüsü (12 adet)
Uzak nokta I/O birimi (2 adet)
Bilgisayar (SCADA) bağlantısı (1 adet)
- c. Çıkış Bölümü; AA motor sürücüsü (1 adet)
DA motor sürücüsü (5 adet)
Uzak nokta I/O birimi (1 adet)

Galvaniz hattı uygulamasında olduğu gibi uzak mesafeli ve çok kullanıcıli bir CTNet ağ yapısının kurulabilmesi için, belirlenmiş donanım sınırlamaları göz önünde bulundurulmalıdır. Dolayısıyla uygun kuvvetlendirici birimlerin ve bağlantıların kullanımı ile sağlıklı bir ağ yapısı kurulacak ve haberleşme ağının yeteri kadar genişletilebilmesi sağlanacaktır. Bu amaçla gerekli noktalar arasında, tekrarlayıcı (repeater) ve HUB isimli sinyal kuvvetlendiriciler bağlanmaktadır. [12,13] Galvaniz hattı uygulamasında 7 adet sinyal kuvvetlendirici (HUB) kullanılmıştır.

4.3.1. Bilgi İletim Yöntemi

CTNet haberleşme ağı kurulurken öncelikli olarak ağ üzerindeki erişim hızı belirlenmelidir. Bunun için dikkat edilecek noktalar,

- Kullanıcı birim sayısı
- Kullanıcı birimler arası uzaklık

olmalıdır. Galvaniz hattında kurulan CTNet haberleşme ağı için tercih edilen ağ erişim hızı 2,5 Mbit/s dir. Her uç kullanıcı birim (düğüm) üzerinden aynı erişim hızının ayarlanması gerekmektedir. Motor sürücü birimleri için erişim hızının ayarlanması sürücü içi yazılıma ait bir parametre yardımıyla gerçekleştirilirken, uzak nokta giriş/çıkış modüllerinin erişim hızı ayarı “bus coupler” üzerinde bulunan ve “DIP switch” olarak adlandırılan bir grup anahtar ile yapılır. Ağ üzerinde kullanılan

sinyal kuvvetlendirici birimlerin erişim hızı da birim üzerinde bulunan bir seçici anahtar ile ayarlanır.

Sıralı zincir metodunu kullanan CTNet haberleşme ağında, çevrim içi bilginin iletim periyodunu belirleyen ve ağ üzerinde eşzamanlılık sinyalini üreten bir kullanıcının uç birimin (düğümün) bulunması gerekir. CTNet haberleşme ağında bu görevleri yerine getirmek üzere, herhangi bir motor kontrolünde kullanılmayan boş bir sürücü seçilir ki; bu görev galvaniz hattının üretim bölümünde bulunan SD isimli AA motor sürücüsüne verilmiştir. Ana düğüm olarak tanımlanan bu birim bir motor sürücü birimi olmak durumundadır, zira uzak nokta I/O birimleri eşzamanlılık sinyalini üretemez.

CTNet haberleşme ağında çevrim içi bilgi iletim periyodu erişim hızına uygun olarak seçilmelidir. Buna göre çevrim içi bilginin iki ayrı kanaldan yürütüldüğü sistemde; çevrim içi bilgi süresi, hızlı çevrim içi bilgi kanalı için 10 ms ve yavaş çevrim içi bilgi kanalı için ise 100 ms olarak seçilmiştir. (bak Tablo 4.1)

4.3.2. SCADA

Galvaniz hattında kurulu SCADA sistemi bir bilgisayar ağı üzerinden yürütülmektedir. WindowsNT aracılığıyla ethernet hattına bağlı 5 adet bilgisayar hattın değişik bölümlerinde kurulmuştur. Bu bilgisayarların dağılımı,

- Giriş operatör masası - SCADA kullanıcı birim
- Üretim operatör masası - SCADA kullanıcı birim
- Üretim kontrol odası - SCADA merkez birim
- Çıkış operatör masası - SCADA kullanıcı ekranı
- Yönetici odası - SCADA kullanıcı birim

şeklinde yapılmıştır. SCADA merkez birimi (Server) CTNet haberleşme ağına bağlı olan bilgisayardır. SCADA kullanıcı birimler ise merkez birime ethernet ağı üzerinden bağlıdır. Giriş, üretim ve çıkış bölümlerinde operatör masalarında ilgili bölümlere ilişkin sürücü hata bilgileri, hattın işletme bilgileri (hat hızı, ilgili bölüm gerginlik değerleri,...vs) ve alarm sinyalleri gözlenebilmekte, ayrıca hattın işletme bilgileri değiştirilebilmektedir. (bak. EK2-Şekil B.2,B.3.)

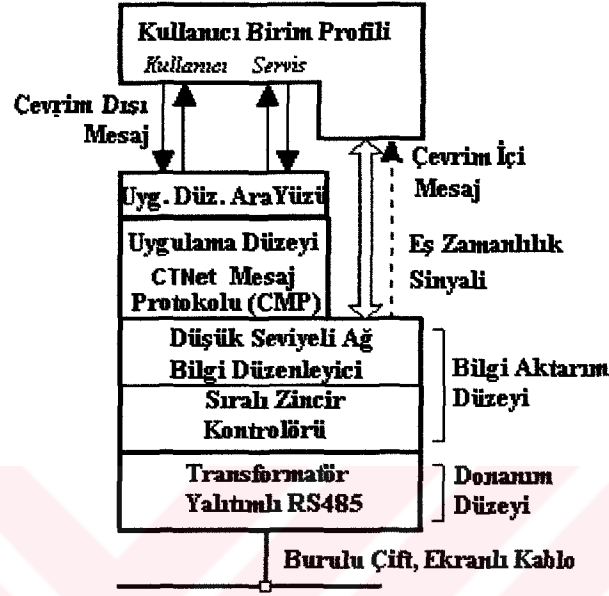
4.4. CTNet Sahayolu

Endüstriyel tesislerde yüksek dinamiği olan uygulamalar için (örneğin, hız kontrolü) 100 m mesafeyi aşan uzak noktalardaki düğümler arasında hızlı bilgi erişiminin sağlıklı sağlanabildiği haberleşme ağlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Eşten eşe veri iletişiminde erişim hızı ve iletim mesafesi bu anlamda önem kazanmıştır. Mevcut olan sahayolları arasında, CAN ağ yapısı bu özellikleri en çok destekleyen sahayoludur. Ancak bir çok uygulamada bu yapının mevcut erişim hızı ve iletim mesafesi sınırlı kalmıştır. [11]

Sıralı izin çevrimi modelinin sahayolunda uygulanabilirliğinin kanıtlanması ile, CTNet (Control Techniques Network) sahayolu belirtilen haberleşme özelliklerini sağlayacak biçimde geliştirilmiştir. Gerçek zaman kontrol bilgilerinin bir düğümden diğerine verimli ve eşzamanlı aktarımı için, CTNet sahayolunda çevrim içi iki bilgi kanalı bulunmaktadır. Bunlara ek olarak genel amaçlı çevrim dışı bir bilgi kanalı da

mevcuttur. Bu kanaldan belirli aralıklarda veya bir olaya bağımlı olan veri iletişimi sağlanmıştır. Genellikle çevrim dışı bilgi kanalı, bir kullanıcı düğümüne bilgi yüklemek, kaydetmek veya durum bilgisi tespit etmek için kullanılır. [12]

CTNet kontrol modelini Şekil 4.1 de görmek mümkündür.



Şekil 4.1. CTNet Kontrol Modeli

Veri İletimi

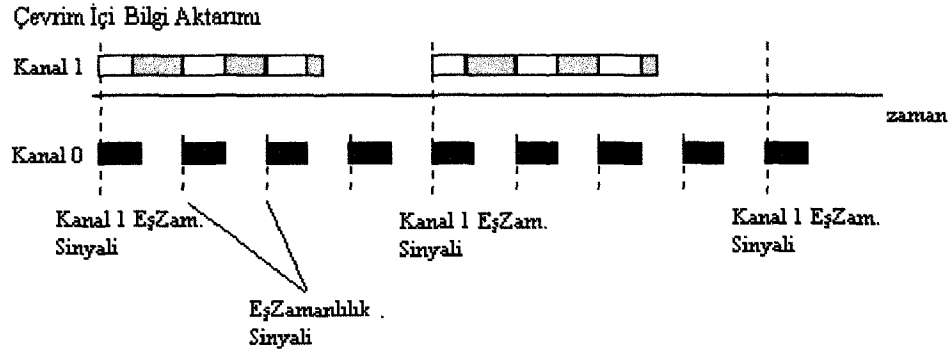
• Çevrim İçi Veri İletimi

Zamanında ve hızlı iletilmesi gereken bilgiler iletiminde çevrim içi bilgi modeli kullanılmaktadır. Bu yolla özellikle hız, moment veya durum bilgisi gibi sisteme ait gerçek zaman bilgilerinin iletimi uygun olmaktadır.

CTNet ağ yapısında, farklı öncelik derecesinde olan iki ayrı çevrim içi bilgi yolu (kanalı) bulunmakta ve bu yollar hızlı ve yavaş çevrim içi bilgi kanalı şeklinde isimlendirilmektedir. Çevrim içi mesajlar önceden oluşturulmuş, onaylanmamış ve CTNet birimleri tarafından kendiliğinden yürütülen mesajlardır.

Haberleşme ağındaki düğümlerden bir tanesi, ağ üzerinde belirli sıklıkta bir eşzamanlılık sinyali oluşturur. Sahayolunda dolaşan bu genel sinyal önceden

oluşturulmuş bilgilerin haberleşme ağına aktarılması iznini belirleyen tetikleme sinyalidir. Eşzamanlılık işareti mesajların öncelik derecesini algılayabilecek bilgi ile donatılmış olduğundan, önceliği daha düşük olan bir mesajın daha uzun bir periyotta iletilmesini sağlayacaktır.



Şekil 4.2'de Kanal 0 her eş zamanlılık sinyalinde tetiklenirken, Kanal 1 ise her n. Kanal 1 sinyalini takip etmektedir.

• Çevrim Dışı Veri İletimi

Bu yöntem haberleşme ağındaki seyrek bilgilerin iletiminde kullanılır. Çevrim dışı bilgi iletimi ağ üzerindeki herhangi iki birim arasında gerçekleşir. Bir birim başka bir birimin herhangi bir parametresine bu şekilde ulaşabilecek, gerekli bir parametre değerini okuyabilecek veya bu parametreye ilgili bir değeri atayabilecektir.

Çevrim dışı veri iletimi ağ üzerinde bir düğüm tarafından 8 ms de bir kontrol edilir. Buna göre ilgili düğümün ele aldığı çevrim dışı mesaj iletim sayısı saniyede 125 mesaj ile sınırlandırılmıştır. Bilginin iletimini yapacak düğüm, ancak sıralı izin sinyalini aldıktan sonra iletimi gerçekleştirebilir, bu davranış haberleşme ağına iletim için uygunluk sağlar.

Bu tür bilgi iletimine örnek olarak, ağ üzerinde bulunan bir motor kontrol ünitesinin dijital bir girişi aktif olduğu zaman, başka bir dijital çıkışın aktif edilmesi ile hidrolik bir düzeneği hareket ettirmesi verilebilir.

Uygulama Düzeyi

Uygulama düzeyi, kullanıcı uç birime (düğüme) girilen bilgiler için esnek çalışma imkanı sağlayan yüksek seviyeli bir protokoldür. Zamanı belli olmayan ani bilgi girişleri, genellikle kullanıcı arayüzünden birime yapılan bilgi kayıtları (PID kazançları, rampa zamanları,...vs.), program yükleme ve genel hata tespitleri gibi servisler için kullanılır.

Uygulama düzeyinin esnekliği genel olarak aşımara ve işlemlerin yavaş yürütülmesine neden olur. Bundan dolayı CTNet çevrim içi bilgi kanalı iletişimde yüksek verim sağlamak için bu uygulama düzeyini atlar. CTNet bu kullanıcı-servis modelini kullanır. (bak. Şekil 4.1)

Donanım Düzeyi

Bu kat iletim ortamını ve sayısal bilginin nasıl kodlandığını tanımlar. Sistemdeki güç anahtarlama elemanları (güç kontaktörü v.s.) sürücü uygulamalarında yüksek seviyede elektromagnetik gürültü oluşumuna neden olur. CTNet haberleşme ağında bulunan tüm birimlerin birbirlerine bağlantısında, burulu çift damarlı, ekranlı bir kablo kullanılır. Bu bağlantı noktalarında özel geliştirilmiş transformatör yalıtımlı bir çift arabirim terminali bulunmaktadır. Haberleşme ağının genişletilebilmesi için sinyal güçlendirici ve çoğaltıcı elemanlar (repeater, hub,...vs) kullanılmaktadır. CTNet haberleşme ağına eklenen yeni bir birim (düğüm) eleman, kullanıcı numarası (node number) ve erişim hız bilgisi (baud rate) kendi üzerine kaydedilerek ağ yapısına tanıtılır. Bu işlem bir defa gerçekleştirilir ve daha sonra sistemin yeni eklenen birimi tanıması kendiliğinden (auto-configuration) olacaktır.

Sistem Performansı

CTNet haberleşme ağında iletişim performansı, gönderilen bilginin yapısına ve ağ yapının kapsamına bağlı olarak hesaplanmaktadır. Haberleşme ağında iletişim süresi kısmi olarak hattın iletim hızındaki gecikmeye bağlıdır. Veri iletimindeki gecikme süresi aşağıdaki şekilde hesaplanabilir. [12]

$$T_p = \frac{X \cdot 10^6}{S_p} \quad (4.1)$$

Burada T_P (μs) veri ulaşım gecikme süresi, X (m) hat uzunluğu, S_P (m/s) veri ulaşım hızı olarak tanımlanır. Control Techniques ürünü CTNet kablosu için S_P (m/s) veri ulaşım hızı $1,9 \cdot 10^8$ m/s'dir. Buna göre 200m uzunluğundaki bir kablo ile oluşturulan ağ yapısı için T_P (μs) veri ulaşım gecikme süresi $1 \mu s$ olacaktır.

CTNet haberleşme ağında yayılma süresindeki gecikmeye neden olan birkaç etken vardır. Bunlar,

- Sistemde kullanılan I/O giriş/çıkış terminal kutularının güncelleme süresi
 - CTNet ağ yapısından çıkarılan çevrim periyodu
 - CTNet haberleşme modüllerinin bilgi güncelleme süresi
- olarak tanımlanabilir.

a. Çevrim İçi Veri

CTNet haberleşme ağındaki bir çevrim içi bilgi mesajı yan yana 20 adet 32bitlik (80 byte) bilgi kelimesini taşıyabilir. Çevrim içi bir mesajın iletim zamanı mesajın yapısına göre değişmektedir.

Buna göre yapılan sınıflandırmada aşağıdaki tabloda verilmiştir:

Tablo 4.1. CTNet Çevrim İçi Mesaj İletim Süresi

Çevrim İçi Bilgi Mesaj Yapısı	Erişim Hızı=2,5Mbit/s iken İletim Süresi (μs)	Erişim Hızı=5Mbit/s iken İletim Süresi (μs)
Genel Duyuru Mesajı	$T_{cd} = 103,4 + 17,6 \cdot BB + 5 \cdot T_P$	$T_{cd} = 65,3 + 8,8 \cdot BB + 5 \cdot T_P$
Eşten Eşe Mesaj	$T_{cd} = 167,4 + 17,6 \cdot BB + 5 \cdot T_P$	$T_{cd} = 83,7 + 8,8 \cdot BB + 5 \cdot T_P$
Eşzamanlılık Sinyali	$T_{st} = 92$	$T_{st} = 59,2$

Yukarıdaki tablodaki hesaplamalarda kullanılan BB (Blok Boyutu) bir mesaj katarındaki 32bit'lik kelime sayısını ifade eder. Ayrıca her çevrim periyodunun başında gönderilen eşzamanlılık sinyalinin iletim süresi belirli bir zaman diliminde gerçekleşir ve sabittir.

b. Çevrim Dışı Veri

Çevrim dışı verinin eşten eşe gönderilme süresi (T_{nc}) ise aşağıdaki tabloda verildiği biçimde hesaplanabilir.

Tablo 4.2. CTNet Çevrim Dışı Mesaj İletim Süresi

Erişim Hızı=2,5Mbit/s iken İletim Süresi (μs)	Erişim Hızı=5Mbit/s iken İletim Süresi (μs)
$T_{nc} = 345,6 + 10 \cdot T_p$	$T_{nc} = 174 + 10 \cdot T_p$

Genel olarak çevrim dışı mesajların iletişimdeki öncelik derecesi çevrim içi mesajlardan sonra gelmektedir ve bu düşük öncelikli mesajın servise sunulması her 8 ms de bir gerçekleşmektedir.

CTNet haberleşme ağındaki tüm hızlı çevrim içi verilerin iletildiği bir çevrim periyodu T_c [μs], eşzamanlılık sinyal süresi T_{st} [μs], kullanıcı birim sayısı N ve çevrim içi mesaj iletim süresi T_{cd} [μs] e bağlı (4.2) bağıntısı ile hesaplanabilir.

$$T_c = T_{st} + N \cdot T_{cd} \quad (4.2)$$

c. Belirleyici Haberleşme Cevabı

Sıralı izin geçiş işlemi ağ üzerinde her zaman devrededir. Aynı zamanda eşzamanlılık sinyali üreten birim de diğer birimler gibi sıralı izin sinyalinin kendisine gelmesini beklemek durumundadır. Şayet haberleşme ağı yoğun değil ise; sıralı izin sinyalinin beklenme süresi, ağdaki birim eleman sayısı ile sıralı izin geçiş zamanının çarpımına eşit olacaktır. Buna göre 5Mbit/s erişim hızında sıralı izin geçiş bekleme süresi yaklaşık 16 μs dir.

Basit bir örnek olarak 50 adet sürücünün bulunduğu, erişim hızının 5Mbit/s. ve gönderilen kontrol mesaj kapsamının 4 adet 32bit'lik kelimedenden oluştuğu bir CTNet haberleşme ağı alınırsa; çevrim periyodunu bulmak için yapılacak hesaplamalar Tablo 4.1 ve (4.2) doğrultusunda olacaktır. Buna göre;

$$T_{cd} = 83,7 + (8,8 \times 4) + (5 \times 1) = 123,9 \mu s$$

$$T_c = 59,2 \mu s + 50 \times 123,9 = 6254 \mu s = 6,254 ms$$

olarak bulunabilir.

Genellikle bir haberleşme ağındaki çevrim içi veri yükü toplam kapasitenin %80'i olarak planlanmakta ve geri kalan %20'lik bölüm ise çevrim dışı veri iletişimine ayrılmaktadır. Bundan dolayı yukarıdaki örnekte eşzamanlılık sinyali 8 ms'den daha hızlı bir sürede gönderilmelidir.

CTNet Haberleşme Ağındaki Sınırlamalar

Haberleşme ağındaki veri iletişim yoğunluğunun belli bir sınırın üstüne çıkması, haberleşmede aksaklıklara ve veri kaybına neden olacaktır. Dolayısıyla sistemin getirdiği, haberleşmeye etkiyen donanım kısıtlamaları şunlardır:

- CTNet haberleşme ağı; 5 Mbit/s erişim hızında, 100 m uzunluğundaki haberleşme ağı kablosu ile en fazla 15 adet kullanıcı birimi (düğümü) desteklemektedir. Şayet erişim hızı 2,5 Mbit/s ye düşürülürse kullanılan kablonun uzunluğu 200 m ye çıkartılabilir, ancak kullanıcı birim (düğüm) sayısı değişmeyecektir.
- Haberleşme ağında kullanılacak birimlerin (düğüm) ve bu birimler arası mesafelerin artması halinde, ağ yapısını genişletebilmek için sinyal kuvvetlendirici olarak tekrarlayıcı veya çoğaltıcı üniteler (repeater veya hub) kullanılır. Bir kollu ağ bağlantı hattı üzerine eklenen bu üniteler sayesinde, kendi bağlantısı ile beraber 10 adet kullanıcı (düğümü) haberleşme ağına ilave edilebilmektedir. Daha geniş bir ağ yapısı ise 2 adet sinyal çoğaltıcı ünite ve 8 adet birim kullanıcı (düğüm) nın eklenmesi ile sağlanabilecektir. Ağ yapısındaki her bağlantı koluna ait kablonun her iki ucunda da kablo direncine eşdeğer bir direncin (78 Ohm) kullanımı gereklidir. Sonlandırma direnci olarak isimlendirilen bu direnç tüm yüksek hızlı haberleşme ağlarında kullanılır ve veri haberleşmesinde sinyal yansımalarını engelleyerek veri iletiminin bozulmamasını sağlar.
- Ağ üzerinde PC bağlantısının bulunduğu haberleşme kolunda ise , PC ile birlikte en fazla 6 adet kullanıcı (düğüm) bulunabilir. Eğer bir haberleşme kolunda 1 adet PC ve 1 adet kuvvetlendirici ünite bulunuyorsa aynı kola en fazla 4 adet kullanıcı birim (düğüm) bağlanabilmektedir.

4.4.1. CTNet Ağ Bileşenleri

CTNet haberleşme ağı Control Techniques tarafından geliştirilmiş, genel olarak motor sürücülerinin yönlendirdiği bir ağ yapısıdır. Temel kullanıcı olan motor sürücülerini haricinde bu ağ yapıda genişletilmiş giriş/çıkış (I/O) modülleri, programlama işleminin yürütülebileceği bilgisayar sistemi, başka ağ yapıları ile iletişim kurmaya yardımcı olacak dönüştürücü modüller, sinyal kuvvetlendiriciler bulunmaktadır.

- **Aktif Bileşenler**

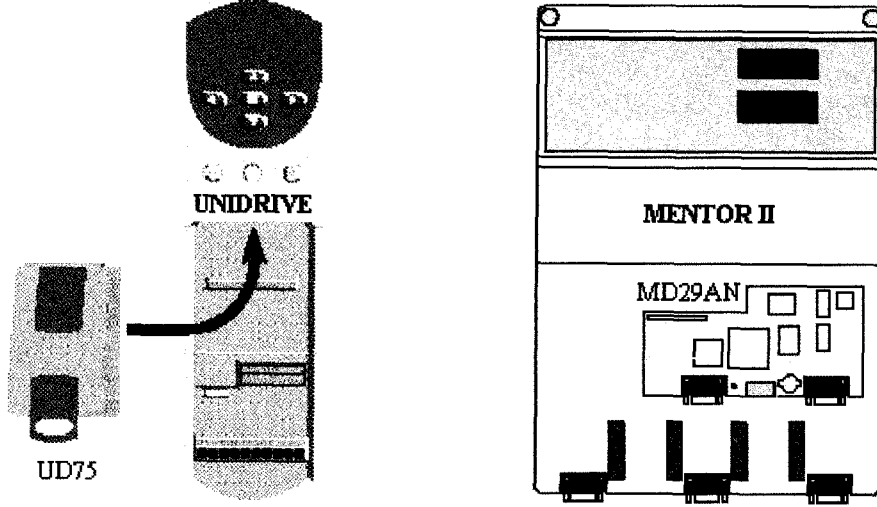
CTNet ağ yapısında bulunan ve programlanma özelliği olan kontrol birimleri sistemin aktif bileşenleridir. Bu yapıda kullanılan aktif bileşenlerin başında dijital motor kontrol üniteleri (sürücüler) gelmektedir.

- **Dijital Motor Sürücüler**

CTNet haberleşme modeli ile; bir otomasyon sisteminde tesis edilen alternatif / doğru akım motor sürücülerini ve beraberinde kullanılan programlama modülleri yardımıyla dağıtılmış bir kontrol sistemi oluşturulmaktadır. Control Techniques tarafından geliştirilen ve CTNet haberleşme ağının destekleyen sürücü programlama ve haberleşme modülü; doğru akım motor sürücülerini (Mentor) için MD29AN, alternatif akım motor sürücülerini (Unidrive) için UD75 olarak isimlendirilir. Kontrol işlemlerinin gerçekleştirildiği işlemci modülleri, aynı zamanda ait oldukları sürücü ünitesinin, haberleşme ağı üzerinden diğer sürücü üniteleri ile iletişimini kurmaktadır. [14,15]

Merkezi kontrol sistemlerinde kontrol birimi olarak tek bir PLC ünitesi kullanılırken; dağıtılmış kontrol sistemi olan CTNet haberleşme ağında ise kontrol yapısı, birer akıllı kontrol birimine dönüştürülen dijital motor sürücülerine dağıtılmıştır. Buna göre her iki programlama modülü de; yerleşmiş bir gerçek zaman işletim sisteminin, 16MHz Intel 960S 32-bit RISC tabanlı bir mikroişlemci de yürütülmesine ve 96kbyet'lık bir flash hafızada programın saklanmasına imkan tanır. (bak. Şekil.4.3.) Programlama sırasında

BASIC program tabanlı bir dil olan DPL (Drive Programming Language) programı kullanılır.



Şekil 4.3. AA ve DA Dijital Motor Sürücüsü, Programlama ve Haberleşme Modülü

- Bilgisayar

CTNet haberleşme ağındaki birimlerin programlanması, yüklenen programların izlenebilmesi, Control Techniques ürünü olan SYPT isimli Windows tabanlı bir yazılımla sağlanmaktadır. Bu işlemlerinin gerçekleştirilmesi için CTNet haberleşme ağına bir bilgisayar (PC) aracılığıyla bağlanılmaktadır. Bir bilgisayarın CTNet haberleşme ağına eklenebilmesi için bir adet ağ arabirim kartı (NIM-Network Interface Card) kullanılmaktadır.

• Pasif Bileşenler

Herhangi bir programlama yeteneği olmayan, sadece ana kontrol birimlerine haberleşme ve kontrol uygulamalarında yardımcı olacak birimlerdir.

- Dijital ve Analog Uzak Giriş/Çıkış Birimleri

Dijital motor sürücüleri ile uzak noktalarda bulunan farklı kontrol elemanları arasında analog ve dijital durum bilgilerinin CTNet haberleşme ağı üzerinden

aktarılması için uzak nokta giriş/çıkış birimleri kullanılır. Tüm uzak nokta giriş/çıkış modülleri bir birleştirici ünite yardımıyla CTNet ağına dahil edilir. Bu uzak nokta giriş-çıkış modül gurupları CTNet haberleşme ağı gibi tüm diğer sahayolu türlerinde kullanılmaktadır. Sistemde kullanılan giriş-çıkış modüllerinin birleştirildiği ana ünite (bus coupler) CTNet ağına doğrudan ağ kablosu ile bağlanmaktadır.

Buna göre; bir PLC ünitesi ile motor sürücülerinin ilgili bir kontrol sistemi için CTNet ağı üzerinden her türlü analog ve dijital bilgiyi birbirlerine aktarabilmesi mümkündür. Aynı zamanda kapsamlı bir sistemde daha fazla sayıda analog ve dijital giriş-çıkış terminaline ihtiyaç duyulması halinde, oluşturulacak giriş/çıkış modül grubu CTNet ağına dahil edilebilir.

Uzak nokta giriş-çıkış modül grubu diğer aktif ağ birleşenleri gibi bir kullanıcı ismi ve erişim hız bilgisi ile sahayoluna tanıtılır. Bu ayarlama modüllerin birleştirildiği ünite üzerindeki DIP switch yardımıyla yapılmaktadır. Sürücüler üzerinde ise bu ayarlama parametreler vasıtasıyla sağlanmaktadır. Kurulan haberleşmede periyodik ve periyodik olmayan bilgiler iletilebilmektedir. Bu modül gurubu ağ yapısını gösteren SYPT programının ekranında gözlenebilmekte ve diğer tüm CTNet ağ birleşenleri gibi yapılandırılabilir.

Analog veya dijital birim modüllerden oluşan giriş-çıkış modül gurubu en fazla 64 tane birim modülü kapsayabilir. Bu da 256 adet dijital veya analog giriş-çıkış noktasına tekabül etmektedir. Bunun yanında bir birleştirici modül en fazla 128 adet analog çıkış noktası sürebilir.

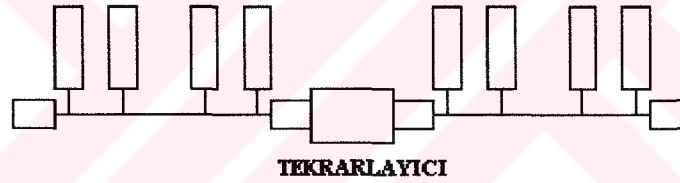
Modül grubundaki her bir giriş-çıkış noktasının adreslenmesi sürücülerde kullanılan parametre formatında yapılır. Giriş-çıkış modülünün ana ünitesi CTNet ağı ile bağlantılıdır. Ancak pasif bir eleman olan bu birim, ağ üzerinde bir eş zamanlılık sinyali üretemez. Dolayısıyla bu birimin CTNet ağında kullanılabilmesi için ağ üzerinde en az bir aktif bir birleşenin (sürücü ünite) bulunması gerekmektedir.

- **Dijital Sinyal Kuvvetlendirici (Tekrarlayıcı) ve Çoğaltıcı Birimler**

CTNet haberleşme ağında kullanılan maksimum kablo uzunluğunu, kullanılan birimler (düğümler) arasındaki mesafe ve bu birimlerin sayısı sınırlandırır. Bu anlamda daha kapsamlı bir ağ yapısı kurabilmek için sinyal kuvvetlendirici elemanlara ihtiyaç vardır. Kullanılan bu üniteler 5 Mbit/s hızına kadar iletişimi desteklemektedir. Haberleşme ağında sağlıklı veri iletişimin kurulabilmesi ve geniş ağ yapılarında veri kaybını önlemek amacıyla bu birimlerin kullanımı öngörülmektedir. CTNet ağının destekleyen mevcut kuvvetlendirici türleri aşağıda verilmiştir. [13]

- **RS485 / RS485 Tekrarlayıcısı**

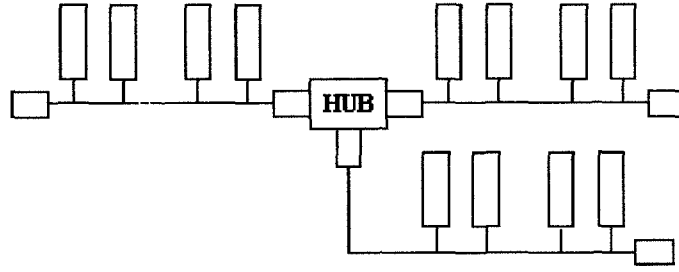
Ekranlı burgulu çift (twisted pair) kablo ile farklı kollarda yapılandırılmış ağın birleştirilmesi ve genişletilmesi için kullanılır ve iki bağlantı terminali bulunur. Bu birimin kullanılması ile oluşacak ağ yapısı Şekil 4.4 de gösterilmiştir.



Şekil 4.4. Tekrarlayıcı İle Kurulan Ağ Yapısı

- **Aktif HUB**

Üç bağlantı terminali bulunan ve farklı kollarda yapılandırılmış üç bölümün birleştirilmesi için kullanılan bir ağ birleştirici ünedir. Bu birim sayesinde yıldız yapıda bir haberleşme ağı kurulabilir. Oluşturulan ağ yapısını şematik gösterimi Şekil 4.5’de verilmiştir.



Şekil 4.5. Aktif HUB İle Kurulan Ağ Yapısı

4.4.2. Yazılım

Bir sistem tasarımında kontrol yazılımının oluşturulması tasarım aşamasının en zor ve kilit noktasıdır. Dijital motor sürücülerine programlama yeteneği kazandıran modüller (UD75 ve MD29AN) sayesinde, PLC kullanımına ihtiyaç olmadan gerçek zamanda uygulamalara hitap eden programlar yazılabilmektedir. Düşük maliyetli oluşturulabilen bu yapı dağıtılmış kontrol sisteminin temelini oluşturmaktadır.

Endüstriyel otomasyon projeleri için kullanılan etkin programlama yöntemleri arasında halen merdiven diyagram yöntemi daha fazla kullanılmaktadır. Bu yöntemin kullanılmasının nedenlerinden biri; son kullanıcıya sistemin işletme ve bakımında kolay müdahale edebilme imkanı vermesidir. Çoğu PLC üretici firma farklı yapılarda kullanılan merdiven diyagram metodu tasarlanmış ve farklı programlama araçları (komut...vs.) kullanılmıştır. Buna rağmen son dönemlerde IEC 1113-3 standardı ve PLCOpen tarafından korunan bir ortak kontrol programlama diline yönelik başlamıştır. Tüm dünyaca kabul edilen IEC bildirisi standartlaşmış 5 ayrı kontrol programlama metodu sunmaktadır. Bunlar

- Komut listesi,
- Yapılandırılmış metin (örn; Pascal),
- Merdiven diyagram ,
- Fonksiyon blok diyagram
- Sıralı fonksiyon çizelge

olarak bilinmektedir.

Programlama Araçları

Sürücü Programlama Dili (DPL-Drive Programming Language)

Dijital motor sürücüleri beraberinde bulunan programlama modülleri, Windows işletim sistemi tabanlı, gerçek zamanda kontrol sağlayan ileri derece bir Basic uygulaması olan DPL isimli programlama dili ile programlanır. DPL programlama dili, birbirinden bağımsız farklı zaman dilimlerinde işletilen yedi programlama bölümünden oluşur. Bu programlama bölümleri işletim önceliği açısından şöyle sıralanırlar;

- **Başlangıç Bölümü (Initial Task):**

Sürücünün (UD75/MD29AN programlama modülü) enerjilendirilmesi ile çalışacak ilk bölümdür ve bu bölüm sürücü programı tekrar Reset işlemi ile başlatılana kadar yalnızca bir defa yürütülür. Çalıştığı sürece diğer programlama bölümlerine (tasklara) göre en öncelikli konumdadır.

- **Öncelikli Olay Bölümü (Event Task):**

UD75/MD29AN programlama modülü içerisinde bulunan zamanlayıcı/sayıcı birim tarafından veya bir dijital giriş sinyali yardımıyla bir olaya bağlı olarak çalışmaya başlatılabilen programlama bölümüdür. Başlangıç programlama bölümü haricindeki bölümler arasında en öncelikli programlama bölümüdür. Şayet bu bölüm yürütüldüğü süre zarfında başka bir olay gerçekleşirse yeni olay göz ardı edilecektir.

- **Hız Bölümü (Speed Task):**

Sürücü içerisindeki hız çevrimi ile senkronize (eş zamanlı) çalışan programlama bölümüdür. Bu bölümün döngü (çevrim) zamanı sürücü anahtarlama frekansına göre değişmektedir; buna göre 3-6-12 kHz için 1,38 ms ve 4,5-9 kHz için 1,84 ms olarak ayarlanır.

- **Kodlayıcı Bölümü (Encoder Task):**

Sürücü içerisindeki kodlayıcı çevrimi ile eşzamanlı çalışan programlama bölümüdür. Bu bölümün çevrim zamanı sürücü anahtarlama frekansına göre değişmektedir; buna göre 3-6-12 kHz için 5,52 ms ve 4,5-9 kHz için 7,84 ms olarak ayarlanır.

- **Zaman Bölümü (Clock Task):**

Sürücü içerisinde ayarlanabilen zaman dilimlerinde yürütülen programlama bölümüdür ve öncelik derecesi düşüktür. Belirlenen zaman dilimleri 5 ms ila 100 ms arasındadır bu programlama bölümü hiçbir sürücü çalışma tipine senkron değildir.

- **Arka Plan Bölümü (Background Task):**

Diğer programlama bölümlerinin işletilmediği zaman dilimlerinde devrede olan ve sürekli bir çevrimde yürütülen programlama bölümüdür ve çevrim içinde olan programlama bölümleri arasında en düşük önceliğe sahiptir.

- **Hata Bölümü (Error Task):**

Sistemde herhangi bir hata oluştuğu zaman çalışan ve bu hataların değerlendirildiği programlama bölümüdür.

- **Kullanıcı Tanımlı Bölüm (User Task)**

Bu bölüm DPL programlama dili ile kullanıcılara, ihtiyaçlarına yönelik alt çevrim programları yazabilme imkanı tanır ve bu alt program bölümüne her hangi bir isim verilebilir.

- **Not Bölümü (Notes Task)**

Bu bölüm aktif bir programlama alanı değildir, sadece program yazan kişinin ihtiyaç duyduğu yorum notlarını yazabilme imkanı tanır.

DPL dili ile yazılacak program bölümleri içerisinde kullanılan parametreler aşağıdaki yapılarda sınıflandırılır.

1. Kullanım Yapısı Bakımından;

- a. Sürücü Parametreleri: Dijital motor sürücü kullanımı sırasında yer alan parametrelerdir ve ait oldukları sürücünün işletimi için etkin durumdadır. Bu parametrelere sürücü üzerindeki kumanda birimi yardımıyla olduğu gibi sürücüye dahil edilen programlama modülü (UD75/MD29AN) aracılığıyla da erişilebilir. Sürücü parametreler arasında değişik uygulamalar için ayrılmış kullanılmayan parametreler de vardır ve bunlara *uygulama parametreleri* adı verilir. Tüm sürücü parametrelerine sürücü kumanda birimi üzerinden ulaşmak ve değiştirmek mümkündür.
- b. Gerçek Parametreler: Gerçek tip parametreler sadece programlama modülü (UD75/MD29AN) içinde bulunan parametrelerdir. Programlama modülünün takıldığı sürücü bu parametrelerden habersizdir, bundan dolayı bu parametreleri sürücü üzerindeki kumanda biriminden veya seri haberleşme üzerinden değiştirmek mümkün değildir. Sadece bu parametreler aracılığıyla bazı sürücü parametrelerine ulaşılabilir.

2. Sayısal Yapı Bakımından;

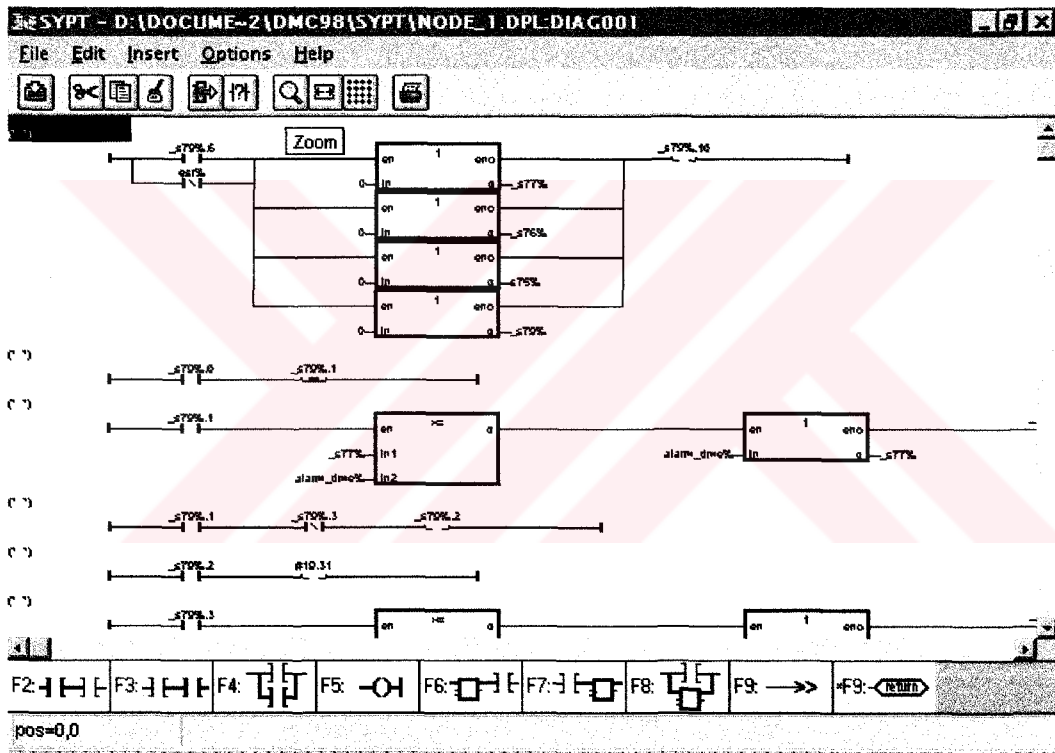
- a. Sayısal Değerli Parametreler: Kullanılan parametrenin değer aralığına bağlı olan sayısal bir ifadedir.
- b. Bit Parametreleri: Sayısal değer olarak 1 veya 0 ile ifade edilen parametrelerdir.

Program yazılımı sırasında CT sürücülerinde kullanılan özel bir parametre grubu da PLC parametreleridir. PLC parametreleri 32-bit'lik kayıt bilgilerini içeren özel amaçlı kullanılan bir bölümdür ve _P%, _Q%, _R%, _S% başlıkları ile isimlendirilir. Bunlar arasından _P%, _Q% parametreleri pozisyon kontrolünün gerçekleştirildiği özel çevrimlerde kullanılırken; _R%, _S% başlıklı parametreler ise haberleşme kayıtlarında görev alır. Tüm PLC parametreleri gerekirse programlama modülü içindeki değişmeyen flash hafızada saklanabilir.

Tüm program yapısında kullanılan sayısal değerli parametreler ve yeni oluşturulabilen değişkenler tam sayı veya kesirli sayı olarak kullanılabilir. Ancak program içindeki işleme hızı açısından tam sayı değişkenler veya parametreler daha hızlı değerlendirilirler.

SYPT (System Programming Tools)

CTNet modelinin sunduğu araçlardan biri olarak kullanılan SYPT yeni bir ileri derece programlama ve tasarım yazılımıdır Aynı zamanda IEC 1131-3 merdiven diyagram ve fonksiyon blok diyagramı ile programlama özelliklerini kapsamaktadır (bak. Şekil4.6).



Şekil 4.6 SYPT Merdiven Diyagramı ve Fonsiyon Bloklarının Bulunduğu SYPT Penceresi

Programlama aracı olarak kullanılan SYPT, merdiven ve fonksiyon blok programlarının girilmesi için gerekli grafik editörü bulunan bir Microsoft Windows uygulamasıdır. Bunun yanında bu yazılım ControlTechniques ürünü, ileri derece gerçek zamanlı bir Basic programlama dili olan sürücü programlama diline (DPL - Driver Programming Language) dönüşüm uyumludur. SYPT aracılığıyla sistemin devreye alınması ve geliştirilmesi sırasında CTNet haberleşme ağına doğrudan bağlanılmaktadır. Bu avantajından dolayı son kullanıcı tüm akıllı ağ bileşenlerini

programlayabilir. Çevrim içi bilgi yapısı yeniden yapılandırabilir. Aynı zamanda SYPT ile tek bir ağ birleşenine RS232 yardımıyla da ulaşılabilir.

Yüksek seviyeli uygulama alanı, çevrim içi bilgi dağılım yapısının ağ üzerinde grafik şekillerle şematik olarak gösterildiği bir çalışma alanı sunmaktadır. Dağıtılmış kontrollü bir uygulama, SYPT'in sunduğu bir grafik editör yardımıyla kolayca tasarlanabilir. Bu anlamda CTNet arabirim modüllerinin programlanması ve yapılandırılması sırasında SYPT yazılımının kapsadığı geniş çerçeveli bir fonksiyon blok kütüphanesi [PID, filtre, sayıcı, zamanlayıcı, kilit fonksiyonu, yüksek seviyede makro fonksiyonlar, (gerginlik kontrolü, CAM, kaldırma kontrolü...)] kullanılmaktadır.

4.5. SCADA Yazılımı

Akıllı (programlanabilir) CTNet sürücülerinin bulunduğu üretim tesisinde yüksek performans ve tekrarlanabilir sonuçlar elde edilecektir. Konu edilen üretim sistemi için son kullanıcı üretime ilişkin sürekli ve periyodik bilgi temin etmek ister ki, bu tesisin uygun bir şekilde işletilebilmesi için gerekli bir çalışmadır.

Bu amaçla kurulan SCADA (Supervisory Control System) sistem sayesinde durum görüntüleme, denetimsel kontrol, sisteme ilişkin bilgi toplama ve bu bilgileri periyodik olarak raporlama imkanı bulunmuştur. SCADA sistemi olarak Control Techniques tarafından 'İntellution' firmasının FIX adlı ürünü kullanılmaktadır. FIX ürününün kullanıldığı sistemde CTNet bileşenlerine CTNet DDE Server yardımıyla ulaşılabilir. CTNet DDE Server, FIX içinde bulunan veritabanı etiketleri ile CTNet bileşenlerine (sürücü ve I/O grupları) ait parametreler arasında bağlantı kuran ara yüzeydir. (bak. EK1-A.3)

Dinamik bilgi değişimi olarak tanımlanan DDE (Dynamic Data Exchange) yapısı Microsoft Windows uygulamaları arasında bilgi paylaşımı için kullanılan bir Microsoft standardıdır. Bu yapı içerisinde bilgi talebinde bulunan birim **kullanıcı** (client), bilgi talebini karşılayan birim ise **bilgi servisi** (server) olarak tanımlanır.

FIX programı çalıştığı sürece, herhangi bir DDE yönlendirmeli bilgi (I/O) talebi DDE I/O sürücüsü tarafından ele alınır ve DDE kullanıcı bölümü ile bağlantı kurulur. Bunun üzerine DDE kullanıcı bölümü ile DDE bilgi servis bölümü arasında bilgi

geçiş başlayacaktır. DDE bilgi servis bölümü aslında talep edilen bilgi istemini CTNet ağ mesajı yapısına uygun bir yapıya dönüştürmekte, istem cevabını beklemekte ve gelen cevabı DDE kullanıcı bölümüne iletmektedir. Gelen bilgi istem cevabı DDE kullanıcı bölümü yardımıyla FIX içindeki veritabanına yazılmaktadır.

Buna göre; bir CTNet kullanıcılarından bir parametreyi okuyabilmek veya o parametreye bir değ er yazabilmek için bir değ er bloğ u kullanılır. Ancak bu DDE iş lemin gerçekleşebilmesi için analog bloğ un I/O adresinin tanımlanması gereklidir. Kullanılacak DDE adresinde uygulama, konu ve bölüm ismi tanımlanmaktadır.



5. İŞLETME VE BAKIM

Galvaniz hattı tahrik ve otomasyon sistemi,

- alçak gerilim enerji dağıtım panoları,
- tahrik motorları,
- dijital motor sürücüler ve yardımcı bileşenlerin yer aldığı motor kontrol panoları,
- motor sürücüler ve diğer altyapı birimlerinin iletişim kurduğu haberleşme ağı,
- kumanda elemanları ile çalışma koşullarının gözlenebildiği SCADA ekranlarının yer aldığı operatör konsol ve kutularından

oluşmaktadır. Bu bölümde, sistemin temel işletme ve bakım bilgileri açıklanmıştır.

5.1. Güç Sistemi

Motor sürücü panolarının tümü, 1600 kVA gücünde 34,5 / 0,4 kV luk ortak bir güç transformatöründen beslenmektedir. Galvaniz hattının çalışma yapısına bağlı olarak motor kontrol panoları, giriş, üretim ve çıkış olmak üzere, üç gruba ayrılmıştır. Her grup kendi alçak gerilim dağıtım panoları ile birlikte ilgili bölümün elektrik odasına yerleştirilmiştir. Her bölümde elektrik odalarında kurulmuş olan alçak gerilim dağıtım panoları, ortak güç transformatöründen gelen farklı enerji hatları üzerinden beslenmektedir.

5.1.1. Giriş Besleme Panoları

Giriş bölümü enerji dağıtım panosu PGM, AA ve DA motor kontrol panolarının arasına yerleştirilmiştir. Bu panonun iç yerleşim planı EK5.Şekil E.1. de verilmiştir.

Panonun alt kısmında iki ayrı termik-manyetik (TM) devre kesici (kompakt şalter) bulunmaktadır. 1000 A ve 40 A değerlerinde olan bu kesicilerden büyük olanı DA motor kontrol panolarının, küçüğü ise AA motor kontrol panolarının ortak enerji

barasını beslemektedir. Pano gruplarının arka bölümüne yerleştirilen bu baralara, panoların ön kapağından ulaşılamamaktadır. AA devre kesicisi ile enerji dağıtım barası arasında 200 A lik 100 mH değerinde bir giriş endüktans bobini yer almaktadır. Bu endüktans bobini pano taban tepsisinde sağ üst bölüme yerleştirilmiştir.

Güç besleme kablosu, dağıtım panosunun altından girer ve 1000 A lik devre kesiciye bakır baralarla bağlanır. TM devre kesici öncesinde her faz için bir akım transformatörü kullanılmaktadır. Pano kapağında bulunan amperetreler, bu akım transformatörleri yardımıyla dağıtım panosundan geçen toplam akım değerini göstermektedir. Pano kapağındaki voltmetre ise aynı noktaya bağlıdır ve kullanılan seçme anahtarı yardımıyla faz arası gerilimleri göstermektedir. Pano girişinde enerji olması durumunda pano kapağı üzerinde bulunan yeşil “Power On” sinyal lambası gerilim olduğunu bildirmektedir. (bak. EK4. ŞekilD.4.)

Dağıtım panosunda kullanılan 1 kVA gücünde, 380 / 220 V luk transformatör, pano içi besleme gerilimini sağlamakta, aydınlatmalar, dahili kullanım prizleri ve pano havalandırma fanlarını beslemektedir. Bunun yanısıra 1 kVA gücünde, 380 / 110 V luk diğer bir transformatörden pano içi kumanda gerilimi elde edilmekte, bu ve diğer panolarda bulunan acil durdurma devreleri de bu trafodan beslenmektedir. Pano kapağında bulunan acil durdurma anahtarının sistem devrede iken kullanılması halinde sadece giriş bölümüne ait motorlar acil duruşa geçer.

Bu panodaki her iki devre kesici pano kapağından kumanda edilmektedir. Kumanda kollarının üzerinde kesicilerin açma ve kapama yönlerini bildiren işaretler bulunmaktadır. TM şalterlerin kapalı (enerjili) konuma getirilmesi halinde tüm sürücü panelleri enerjilenmiş olacaktır.

5.1.2. Üretim Besleme Panoları

Yerleşim planları EK5.Şekil E.2. de verilen üretim bölümündeki motor kontrol ve bunların enerji dağıtım panoları aşağıdaki gruplara ayrılmıştır.

- **Fırın bölgesi besleme panosu (PUM)**

Fırın bölgesi motor ve sürücülerini besleyen dağıtım panosu, tüm fırın içi AA ve DA motor kontrol panolarını beslemektedir. (bak. EK4 Şekil D.8.) AA sürücülerini fırındaki saptırma ve sızdırmazlık merdanelerine ait motorları, DA sürücülerini ise sıcak gerdirme merdanelerine ait motorları kontrol etmektedir.

AA ve DA motor kontrol panoları ayrı ayrı, ancak kendi içlerinde ortak enerji baralarından beslenmektedir. AA motor kontrol panoları için 100 A lik, DA motor kontrol panoları için 400 A lik birer TM devre kesici kullanılmıştır. Pano içi yerleşimde DA sürücülerini besleyen şalter sağ tarafta, AA sürücülerini besleyen şalter ise solda kullanılmıştır ve merkezden gelen güç kablosu panonun alt tarafından getirilerek TM şalterlerin alt terminallerine bağlanmıştır. Giriş bölümünde olduğu gibi AA sürücülerinin beslendiği hat ortak baraya bağlanmadan önce panonun alt bölümüne yerleştirilen 100 mH, 250 A değerindeki endüktans bobininden geçirilir. Pano üstündeki ampermetreler, panel girişine bağlanan akım trafoları yardımı ile her üç faz akımını göstermektedir. Voltmetre ise pano girişindeki faz arası gerilimleri seçici anahtar yardımıyla göstermektedir.

Pano içinde kumanda devreleri üst bölümde bulunmaktadır. Pano içi besleme kaynağı olarak 1 kVA gücünde 380 / 220 V luk bir transformatör kullanılmıştır. Buradan pano içi aydınlatmalar, dahili kullanım prizleri ve panoların havalandırma fanları beslemektedir. Bunun yanısıra 1 kVA gücünde, 380 / 110 V luk diğer bir transformatörden pano içi kumanda gerilimi elde edilmektedir. Bu trafodan aynı zamanda bu ve diğer panolarda bulunan acil durdurma devreleri beslenmektedir. Ayrıca pano kapağında bir adet acil durdurma anahtarı bulunmaktadır. Tüm sistem devrede iken bu anahtarın kullanılması halinde hattın tamamı acil duruşa geçecektir. Bu panodaki besleme şalterlerinin ikisine de pano kapağından kumanda edilmektedir. Kumanda kollarının üzerinde şalterin açma ve kapama yönlerini bildiren işaretler bulunmaktadır.

- **Yüzey düzeltme ve gerginlik düzenleme bölümü besleme panosu (SP&TL)**

Üretim bölümünde bulunan diğer bir pano grubu, yüzey düzeltme ve gerginlik düzenleme motor kontrol panolarından oluşmaktadır. Bu gruba ait enerji dağıtım panosunun tasarımı daha önce açıklanan dağıtım panolarına benzemektedir. Bu dağıtım panosu sadece DA motor kontrol panolarını beslemektedir. Ancak buradaki ana kesici bir kompakt şalter değil, 1600 A lik bir alçak gerilim güç şalteridir. Bu şalterin kumandası doğrudan kendi üzerindendir. Şalter üzerinde bulunan kol yardımı ile mekanik olarak kurulur. Daha sonra üzerindeki “ON” ve “OFF” butonları kullanılarak şalter istenilen konuma alınır. Bunun haricinde standart bir üretim olan bu panoda, şu an sistemde mevcut olmayan AA motor kontrol panoları için yedek olarak 80 A lik bir kompakt şalter daha bulunmaktadır.

Bu panoda kullanılan kumanda devresi daha önce anlatılan dağıtım panolarına benzemektedir. Pano kapağında bulunan acil durdurma anahtarı tüm sistem devre iken kullanılırsa sadece üretim bölümü acil duruşa geçecektir.

- **Pasivasyon ve primer kaplama bölümü besleme panosu (PPT)**

Pasivasyon ve primer kaplama bölümüne ait iki adet AA motor kontrol panosu bulunmaktadır. Bu panoların beslendiği ayrı bir enerji dağıtım panosu mevcut değildir. Ancak bu pano grubu, pasivasyon sürücülerinin bulunduğu panoya yerleştirilen 200 A lik bir TM devre kesici yardımıyla beslenmektedir. TM şalterden sonra enerji hattında 100 mH, 200 A lik bir giriş endüktans bobini mevcuttur. Tasarım bakımından diğer dağıtım panolarında bulunan ayrıntılar bu panoda da aynen uygulanmıştır.

Pano kapağında faz akımlarını gösteren üç adet ampermetre, faz arası gerilim değerini gösteren bir voltmetre ve seçme anahtarı, acil durdurma anahtarı ve enerji durumunu gösteren yeşil “Power On” sinyal lambası bulunmaktadır. Pano kapağındaki acil durdurma anahtarının kullanımı halinde sadece bu gruptaki motorlar acil duruşa geçecektir.

5.1.3. Çıkış Besleme Panoları (PCM)

Çıkış bölümünde kullanılan enerji dağıtım panosu, bu bölümde bulunan DA motorlarını ve sıkıştırma merdanesine ait bir adet AA motorunu beslemektedir. Panonun iç yerleşim planı, EK5. Şekil E.3. de verilmiştir.

AA motor sürücüsünü besleyen TM şalter 40 A lik olup panonun sağ alt köşesine yerleştirilmiştir. AA sürücüsü ise panonun sağ orta bölümünde yer almaktadır. DA motor sürücülerini besleyen TM şalter ise 1250 A lik olup panonun sol alt köşesine yerleştirilmiştir. Her iki şalterin kumanda kolları pano kapağında bulunmaktadır.

Güç kablosu dağıtım panosunun alt bölümünden giriş yapar ve 1250 A lik şaltire bakır baralarla bağlanır. TM şalter öncesinde her faz için bir akım transformatörü kullanılmaktadır. Pano kapağında bulunan ampermetreler, bu akım transformatörleri yardımıyla dağıtım panosundan geçen toplam akım değerini göstermektedir. Pano kapağındaki voltmetre ise kullanılan seçme anahtarı yardımıyla faz arası gerilimleri göstermektedir. Pano girişinde enerji olması durumunda pano kapağı üzerinde bulunan yeşil “Power On” sinyal lambası gerilim olduğunu bildirmektedir.

Dağıtım panosunda kullanılan 1 kVA gücünde, 380/220 V luk transformatör, pano içi aydınlatmaları, dahili kullanım prizleri ve panoların havalandırma fanlarını beslemektedir. Bunun yanı sıra 1 kVA gücünde, 380/110 V luk başka bir transformatörden pano içi kumanda gerilimi elde edilmekte, ayrıca bu ve diğer panolarda bulunan acil durdurma devreleri beslenmektedir. Pano kapağında bulunan acil durdurma anahtarının sistem devrede iken kullanılması halinde sadece çıkış bölümüne ait motorlar acil duruşa geçecektir.

5.2. Kontrol Fonksiyonları

Galvaniz hattında yer alan ve sürücüden beslenen tüm motorların listesi ve kontrol fonksiyonları Tablo A.1 de verilmiştir. Bu ayrıtta özellikle işletme için gerekli fonksiyonların ayrıntıları ele alınmıştır.

5.2.1. Hat Hızının Kontrolü

Galvaniz hattının ana hız referansı, operatör tarafından üretim kontrol odasındaki SCADA ekranından verilir. SCADA ekranına yazılan hat hızı referansı CTNet üzerinden SD ana kontrol sürücüsüne aktarılır. Standart bir AA motor sürücüsü olan SD modülü, herhangi bir motoru sürme amacı ile kullanılmamıştır. Görevi, üzerinde bulunan UD75 opsiyon modülü ile sistemin kontrolünde gerekli olan tüm referans bilgilerini ilgili motor sürücülerine aktarmak ve aynı zamanda CTNet haberleşme ağında gerekli olan eşzamanlılık sinyalini oluşturmaktır.

SD hız referansını, CTNet haberleşme ağı üzerinden üretim bölümünde bulunan GMD#3A sürücüsüne bildirir. Gönderilen hız bilgisi, hattın doğrusal hızı ile orantılı bir değerdir. Ancak motor sürücüsüne aktarılan doğrusal hat hızı referans değeri, tahrik edilen merdanenin çapı ve dişli kutusunun dönüştürme oranına bağlı olarak, ilgili motor hız referans değerine sürücü içerisinde dönüştürülür. Ana hat hızı referansına ihtiyacı olan diğer tüm sürücüler bu bilgiyi GMD#3A dan yine CTNet aracılığı ile alırlar. “Yüzey Düzeltme ve Gerginlik Düzenleme” grubunun ana sürücüsü olan GMD#3A merdane sürücüsü, hat hızı referansını SD den aldıktan sonra bu grupta bulunan diğer motor sürücülerine de hız referansını bildirmektedir. Bu sürücüler aşağıda verilmiştir.

- Sıcak Gerdirme Merdanesi 1 (SGMD#1)
- Gerdirme Merdanesi 3B (GMD#3B)
- Gerdirme Merdanesi 4A (GMD#4A)
- Gerdirme Merdanesi 4B (GMD#4B)

5.2.2. Gerginlik Kontrolü

Gerginlik kontrolü, referans değerle ölçülen geribesleme değerinin karşılaştırılması ve aradaki hatanın bir kontrolörden geçirildikten sonra ilgili sürücünün hız referans değerine eklenmesi ile gerçekleştirilir. Galvaniz hattında sac bandın gerginliğinin kontrol edildiği başlıca iki bölge vardır:

- Fırın içi bölgesi
- Fırın sonrası galvaniz potası ile soğutma kulesi arasındaki bölge

Fırın içinde gerginlik kontrolu için kullanılan gerginlik ölçme cihazı TNS1, GMD#2 ile fırın girişi arasına yerleştirilmiştir. Bu bölgede gerginlik kontrolunu sağlayan program GMD#2A sürücüsünde yürütülmektedir. Ölçme cihazından alınan gerçek gerginlik değeri doğrudan bu sürücünün analog girişine aktarılmakta, ayrıca SCADA ekranından gözlenebilmektedir. Gerginlik referansı ise, işlenmekte olan sac bandın genişlik ve kalınlık bilgileri olarak SCADA ekranından verilir. CTNet sahayolundan SD sürücüsüne ulaşan bu veriler yine CTNet üzerinden GMD#2A sürücüsüne iletilir. Bu sürücü sac bandın boyut bilgilerinden uygulanacak gerginlik değerini hesaplar ve elde ettiği gerginlik hatasını hız referansına ekleyerek gerginlik kontrolunu yapar.

Galvaniz potası çıkışında gerginlik kontrolu için kullanılan gerginlik ölçme cihazı TNS2, soğutma kulesi ile GMD#3 arasında bulunmaktadır. Bu bölgede gerginlik kontrolunu sağlayan program ise, SGMD#1 sürücüsünde yürütülmektedir. İşlemler fırın içi gerginlik kontrolunda olduğu gibi sürdürülür.

Bunun yanında fırın bölgesindeki saptırma merdaneleri, SGMD#1 sürücüsünden aldıkları akım referansı ile moment kontrollu çalışmaktadır. Fırın bölgesinde farklı noktalarda bağıl olarak gerginlik değerinin ayarlanabilmesi için, bu sürücülere bildirilen akım referans değerleri farklı çarpanlar ile katsayılandırılır. Ayrıca SGMD#1 nin ilettiği hız değeri bu sürücülerin hız sınırını oluşturur.

5.2.3. Moment Kontrolu

Moment kontrolunun amacı, tahrik edilen motor yükünün ani artması veya azalması durumlarında yüke uygulanan momentin sabit kalmasını sağlamaktır. Ancak yükün aniden azalması durumunda motor hızındaki artış belirlenecek bir hız değeri ile sınırlandırılır. Bu hız sınırı mekanik yapının zarar görmemesi için önemlidir. Galvaniz hattında moment kontrolu yapılan başlıca noktalar şunlardır:

- Giriş ve çıkış akümülatörleri
- Açıcı merdane
- Sarıcı merdane

Bu noktalarda sabit uyarmalı DA motorları kullanıldığından sürücüler akım kontrollu çalıştırmak yeterli olur. SCADA ekranından girilen sac bandın boyutları

SD ana kontrol sürücüsü üzerinden ilgili sürücülere aktarılmaktadır. Bu sürücüler boyut bilgilerinden hesapladıkları moment referansı ile motorlarını kontrol ederler.

Akümülatörlerde hız üst sınırı, girişinde ve çıkışında bulunan gerdirme merdanelerinden alınır. Bunun için merdanelerin gerçek hız değerleri akümülatör sürücüsüne iletilerek burada karşılaştırılır. Bu değerlerden büyük olan akümülatör olan değerin akümülatör sürücüsüne hız sınır bilgisi olarak iletilmesi hız sınırlamalı moment kontrolünün gereğidir.

Akümülatörlerin hareketi girişinde ve çıkışında bulunan gerdirme merdanelerinin çalışma koşullarına bağlıdır. Akümülatörün hız sınırlamalı moment kontrollü çalışabilmesi için girişinde ve çıkışında bulunan merdanelerinin gerçek hız değerleri akümülatör sürücüsüne iletilir ve yapılan karşılaştırma sonucunda büyük olan hız değeri akümülatör hız sınırını olarak seçilir.

Açıcı ve sarıcı merdane sürücülerinde moment kontrolü sadece otomatik çalışma süresince uygulanır. Elle kumandalı çalışma türünde ise kısa süreli, düşük ve sabit hız referansı kullanılarak hız kontrolü uygulanmaktadır ve hız referansı herhangi bir noktadan değiştirilemez.

5.3. Kumanda Fonksiyonları

Galvaniz hattının kumanda fonksiyonlarının gerçekleştirildiği kumanda noktaları, ilgili bölüm başlıkları altında aşağıda verilmiştir:

- **Giriş Bölümü**

1. Operatör kumanda masası (ENOP)
2. Kaynak makinası kumanda kutusu (WMCB)
3. Gerdirme merdanesi #1 kumanda kutusu (BR1_MCB)
4. Giriş akümülatörü kumanda kutusu (LP1_MCB)

- **Üretim Bölümü**

1. Gerdirme merdanesi #2 kumanda kutusu (BR2_MCB)
2. Kontrol odası operatör kumanda masası (POP)

3. Düzeltme & Gerdirme bölümü operatör kumanda masası (SP&TL)
4. Pasivasyon & Primer Kap. bölümü operatör kumanda masası (PS&PR)
5. Soğutma kulesi saptırma merdaneleri kumanda kutusu (APC_MCB)
6. Fırın DFF bölümü kumanda kutusu (DFF_MCB)
7. Fırın RTH bölümü kumanda kutusu (RTH_MCB)
8. Fırın GJC fanları kumanda kutusu (GJC_MCB)
9. Fırın SGMD kumanda kutusu (HBR_MCB)

• **Çıkış Bölümü**

1. Çıkış akümülatörü kumanda kutusu (LP2_MCB)
2. Gerdirme merdanesi #6 kumanda kutusu (BR6_MCB)
3. Operatör kumanda masası (EXOP)

Her bölüme ait kumanda fonksiyonları operatör kumanda masaları aracılığıyla sağlanmaktadır. Kontrol masalarındaki SCADA ekranları yardımıyla bölümlere ilişkin referans bilgi (gerginlik, hız bilgileri) değişiklikleri yapılabilmekte, hat üzerindeki çalışma koşulları ve hat durum bilgileri aynı ekrandan gözlemlenmektedir. (bak EK5 Şekil D.3., D.7., D.11.)

5.3.1. Hatta Yol Verme

Galvaniz hattı çalışma yapısı açısından üç bölüme ayrılmıştır ve bu bölümler giriş, üretim ve çıkış olarak tanımlanmıştır. Bu bölümlere yol verme işlemi her bölümde bulunan operatör masaları aracılığı ile birbirinden bağımsız olarak gerçekleştirilmektedir.

Her üç bölüm de durağan halde iken, bu bölümlere yol verebilmek için bazı ön koşul anahtarlarının uygun konuma alınması gerekmektedir. Bu ön koşul anahtarları her üç bölümde bulunan ve hattın çalışmasında önem teşkil edecek hareket düzeneklerinin otomatik/manuel kumanda seçimini sağlayan anahtarlardır. Bu anahtarlar bulundukları bölüme göre aşağıda sıralanmıştır:

- | | |
|-------------------|-------------------------|
| a. Giriş Bölümü: | 1. Gerdirme Merdanesi 1 |
| b. Üretim Bölümü: | 2. Gerdirme Merdanesi 2 |

3. Sıcak Gerdirme Merdanesi

4. Pota Sonrası Saptırma Merdanesi

5. Düzeltme ve Gerdirme Grup Merdaneleri

6. Pasivasyon ve Primer Kaplama Merdaneleri

c. Çıkış Bölümü: 7. Gerdirme Merdanesi 6

Yukarıda bildirilen anahtarların tümünün otomatik çalışma konumunda olması halinde, üretim bölümü kontrol masasında bulunan “BAŞLAT” anahtarı kullanılarak hattın sadece üretim bölümüne yol verilebilir. Üretim bölümündeki çalışmanın kesintisiz devam etmesi gerektiğinden giriş ve çıkış bölümleri üretim bölümünden bağımsız olarak kumanda edilmektedir. Üretim bölümü çalışmaya başladıktan sonra, giriş ve çıkış bölümleri de ilgili operatör masalarında bulunan “BAŞLAT” anahtarı kullanılarak çalıştırılabilir.

Aynı zamanda tüm bölümlere yol verebilmenin diğer bir ön koşulu ise, ilgili noktalardaki “ACİL DURDURMA” anahtarlarının normal işletme konumunda olmasıdır. Zira her bölüme ait operatör masasında kullanılan “ACİL DURDURMA” anahtarları, motor sürücü sistemlerinin çalışma iznini kesmektedir. Özellikle üretim bölümüne ait kontrol masasında bulunan “ACİL DURDURMA” anahtarı tüm sisteme etkidiğinden bu anahtara dikkat edilmelidir. (bak. Bölüm 5.3.5)

5.3.2. Girişte Bobin Değiştirme

Giriş bölümünde bobin değiştirme işlemi, açıcı hattında tükenen eski sac bobinin yerine yeni sac bobinin yüklenmesi ve sac bandın ucunun çalışan hatta aktarılması anlamına gelmektedir. Bu aşamadaki tüm işlemler giriş operatör masasında bulunan kumanda anahtarları kullanılarak gerçekleştirilir. Bu işlem adımları aşağıda verilmiştir:

- Tükenen sac bandın son ucu, birinci sıkıştırma merdanesi sonrasındaki fotosensörün önünden geçtikten sonra giriş açıcı hattı kendiliğinden duracaktır.
- Kumanda masasından açıcı sistemi için elle kumanda çalışma tipi, ilgili anahtar ile seçilir, açıcı merdane kanatları kapatılır ve baskı merdanesinin açık konumda olduğu kontrol edilir.

- Yeni sac bobini besleme arabasının üzerine yerleştirildikten sonra, bobin taşıma arabası operatör masasından aşağı-yukarı ve ileri-geri yönlerinde kumanda edilir ve sac bobin açıcı merdanesine yerleştirilir.
- Sac bobini açıcı merdanesine sabitleştirmek üzere mandren kanatları açılır ve açıcıya ait baskı merdanesi sac bobine basmak üzere kapatılır. Sac ucunu ilk karşılayacak olan hareketli uç verme masası ileri-geri ve aşağı-yukarı anahtarları ile uygun konuma ayarlanır.
- Açıcı düzeneği elle kumanda çalışma biçiminde iken açıcıya ait ileri-geri anahtarları kullanılarak sac bandın ucu açıcı hattının ilk sıkıştırma merdanesine doğru ilerletilir ve sac bandın ucu sıkıştırma merdanesi sonrasındaki fotosensörü gördüğü zaman sac bandın hareketi duracak ve sıkıştırma merdanesi baskı konumuna gelecektir.
- Bu aşamadan sonra açıcı düzeneği otomatik çalışma biçimi ilgili anahtar ile seçilir ve açıcı motoru gerginlik kontrolünde çalışmaya başlar.
- Bu noktadan sonra sac bandın ucunun ilerletilebilmesi için tüm açıcı hattına kumanda eden ileri-geri çalışma anahtarı kullanılır. Hattın ileri yönde çalıştırılması durumunda tüm sıkıştırma ve düzeltme merdaneleri sabit çizgisel hızda sırayla sac banda basarak çalışacaktır.
- Sac bandın ucu tüm sıkıştırma ve düzeltme merdanelerinden sonraki fotosensörleri gördüğü zaman ilgili merdane baskı konumuna geçecektir.
- Sac bandın ucu hidrolik makas sonrasındaki fotosensörü gördüğü zaman duracaktır ve ihtiyaç duyulması halinde bandın ucu, operatör masasındaki “makas kes” anahtarı kullanılarak hidrolik makas ile kesilecektir. Kesilen sac bandın artık ucu bir hidrolik masanın aşağı-yukarı hareket ettirilmesi ile hattan uzaklaştırılacaktır.
- Sac bandın ucu üst üste olan iki açıcı hattının akış olarak birleştiği noktaya kadar ilerletilir. Şayet diğer hatta sac bant var ise yeni yüklenen sac bant bu noktada duracaktır ve sadece geri hareket ettirilmesine izin verilecektir. Diğer hattaki sac

bandın ucu kaynak makinesinde uygun bir noktada konumlandırıldıktan sonra yeni sac bandın ucu kaynak makinesine doğru ilerletilir.

- Sac bandın ucu kaynak makinesinden önceki fotosensörün altından geçtikten belli bir süre sonra hat duracaktır. Kaynak makinesinin kumandası için, eski ve yeni sac bant uçlarının kaynak için uygun konumda olduğunu bildiren hazır sinyali verilerek kaynak işlemi gerçekleştirilir.
- Kaynak işlemi ardından kaynak kalitesi gözle kontrol edilir, problem olmaması halinde giriş hattı operatör masasından otomatik konumda iken “BAŞLAT” anahtarı kullanılarak sürekli harekete başlatılır.

Yukarıda tanımlanan, elle kumanda edilen sistem çalışmalarını (hidrolik sistemlerin çalıştırılması...vs.) düzenlemek üzere motor sürücü sistemleri ile uyumlu çalışabilecek bir PLC modülü kullanılmıştır.

5.3.3. Çıkışta Bobin Değiştirme

Çıkış bölümünde bobin değiştirme işlemi, sarıcı düzeneğinde sarılan sac bandın oluşturduğu bobinlerin talep edilen boyuta ulaştığı zaman kesilmesi ve yeni bobin sarma işlemine başlanması anlamına gelmektedir. Bu işlemlerin yürütülebilmesi için, çıkış operatör masasında bulunan kumanda anahtarları kullanılmaktadır. Bu işlem adımları aşağıda verilmiştir:

- Sac bandın kesilmesi için gerekli komut bilgisi üç farklı noktadan gelmektedir. Bunlar sırasıyla SCADA, Çıkış Kaynak Dedektörü ve Kalite Kontrol Odasındaki operatör masasıdır.
- SCADA’dan gelecek kesme bilgisi sarılan sac bandın uzunluğu göz önünde bulundurularak tayin edilir. Çıkış bölümündeki kaynak dedektörü ise sac banttaki kaynak noktasını takip ederek çıkış hattına kumanda eder. Kalite kontrol odasında ise kontrol operatörünün müdahalesine imkan tanınmıştır.
- Bu üç sebepten ötürü sac bandın kesilmesi söz konusu olursa çıkış hattı (gerdirme merdanesi ile sarıcı düzeneği arası) duracaktır.

- Çıkış hattının durmasının ardından gerdirme merdane çiftinden birinde bulunan baskı merdanesi ve 7 no'lu sıkıştırma merdanesi baskı konumuna geçecektir.
- Sarıcı düzeneğinde bulunan baskı merdanesi ise operatör masasında bulunan kumanda anahtarları yardımı ile sarılı bobin üzerine bastırılır.
- Sac bandın hidrolik makas ile kesilebilmesi için operatör masasındaki “makas kes” anahtarı kullanılır.
- Operatör masasından, sarıcı sistemi için elle kumanda çalışma tipi, ilgili anahtar ile seçilir ve sarıcıya elle kumanda edilerek kesilen sac bandın ucu sarılır.
- Sarılan bobinin sarıcı merdanesinden çıkarılabilmesi için mandren kanatları kapatılır, bobin taşıma arabasına elle kumanda edilerek sarılı bobin arabaya yüklenir. Daha sonra bu bobin stok alanına harici bir vinç yardımıyla iletilir.
- Kesilmiş sacın diğer ucu, sarıcı hattının elle kumanda edilerek ileri doğru çalıştırılması ile sarıcı merdanesine kadar getirilir. Sacın ucu, merdane kanatlarının açılması ile sarıcı merdanesine kaptırılır.
- Bu aşamadan sonra sarıcı merdane için otomatik çalışma biçimi ilgili anahtar yardımı ile seçilebilir ve çıkış sarıcı hattı, otomatik çalışma konumunda iken “BAŞLAT” anahtarı kullanılarak sürekli çalışmaya başlatılır.

Giriş bölümünde olduğu gibi çıkış bölümünde de elle kumanda edilen sistem çalışmalarını düzenlenmek üzere bir PLC modülü kullanılmıştır.

5.3.4. Hattı Normal Durdurma

Hatta yol verme işleminde olduğu gibi hattın normal durdurulması işlemi de her bölümde ayrı gerçekleştirilmektedir. Giriş, üretim ve çıkış bölümlerindeki kumanda masaları üzerinde bulunan “DURDURMA” anahtarları kullanılarak hattın ilgili bölümleri durdurulabilir.

Giriş bölümünde her iki açıcı hattına ait ayrı “BAŞLATMA” ve “DURDURMA” anahtarları bulunmaktadır. Çıkış bölümünde de her iki sarıcı hattı için ayrı “BAŞLATMA” ve “DURDURMA” anahtarı bulunmaktadır. Giriş ve çıkış

bölümündeki normal durdurma işlemleri, üretim bölümünü etkilememektedir. Ancak her iki bölümde bulunan akümülatörler, anma işletme seviyesinin aşılması halinde üretim bölümünün durmasına neden olacaktır.

Üretim bölümünün durdurulması da operatör masasındaki “DURDURMA” anahtarı yardımıyla, normal şartlarda duruş talebi olduğu zaman gerçekleşecektir. Ancak genellikle üretim bölümünün kesintisiz çalışması planlanmaktadır.

5.3.5. Hattı Acil Durdurma

Hattın acil bir durum halinde durdurulması için bir çok noktada “ACİL DURDURMA” anahtarları kullanılmaktadır. İlgili bölümün anahtarının kullanılması halinde, o bölümde bulunan motor sürücülerinin “çalışma izni” devresi kesilecektir ve o bölüme ait motorlar belirlenen kısa bir yavaşlama ivmesi değerinde (30 m/s^2) durdurulacaktır.

Sistemde kullanılan “ACİL DURDURMA” anahtarlarının bölümlere göre dağılışı şöyledir:

- | | |
|-------------------|---|
| a. Giriş Bölümü: | 1. Giriş Bölümü Operatör Masası |
| | 2. Giriş Bölümü Sürücü Elek. Panosu |
| b. Üretim Bölümü: | 3. Kontrol Odası Operatör Masası |
| | 4. Düzeltme & Gerdirme Grubu Operatör Masası |
| | 5. Pasivasyon&Primer Kaplama Operatör Masası |
| | 6. Fırın Sürücüleri Elek. Panosu |
| | 7. Sızdırmazlık Merdaneleri Sürücü Elek. Panosu |
| | 8. Sabit Devirli Motorlar Panosu |
| | 9. Gerdirme & Düzeltme Grubu Sürücü Elek. Panosu |
| | 10. Pasivasyon&Primer Kaplama Sürücü Elek. Panosu |
| c. Çıkış Bölümü: | 11. Çıkış Bölümü Operatör Masası |
| | 12. Çıkış Bölümü Sürücü Elek. Panosu |

Yukarıda sıralanan on iki farklı noktadaki “ACİL DURDURMA” anahtarları belirli bir mantığa uygun olarak kullanılır. Buna göre giriş ve çıkış bölümünde kullanılan

anahtarlar sadece ilgili bölümler için geçerlidir ve üretim bölümündeki çalışmaya bir etkisi olmayacaktır. Üretim bölümündeki (3) ve (4) numaralı anahtarlar tüm sistemi acil olarak durdurabilirken, geri kalan anahtarlar sadece ilgili bölümlerde geçerli olacaktır.

Bu anahtarlar haricinde, hattın acil olarak durmasına neden olacak anahtarlar ise akümülatörler üzerinde bulunan alt ve üst seviye sınır anahtarlarıdır. Buna göre üretim bölümü; giriş akümülatörü en alt seviyeye indiği ve çıkış akümülatörü en üst seviyeye çıktığı zaman seviye sınır anahtarlarını açılması ile acil olarak duracaktır. Giriş akümülatörü en üst seviyeye ulaştığı zaman giriş bölümü ve çıkış akümülatörü en üst seviyeye ulaştığı zaman da çıkış bölümü acil olarak duracaktır.

5.4. Standart Bakım

Sistemin tüm bölümlerinde güvenli ve kesintisiz çalışmanın sağlanabilmesi için periyodik bakım işlemleri gerçekleştirilmelidir. Bakım ve kontrol gerektiren ayrıtların başında sistemde kullanılan elektrik motorları ve motor sürücü panoları gelmektedir.

5.4.1. Panolar

Sistemde güvenli ve kesintisiz çalışmanın sağlanabilmesi için bir çok mekanik düzenekte olduğu gibi elektrik-elektronik sistemlerin de belirli bir aralıkla bakım ve kontrolünün yapılması gerekmektedir. Bu anlamda bünyesinde elektronik malzemeler bulunan motor sürücüleri için aşağıda belirtilen noktalara özellikle dikkat edilmelidir:

- Tüm sürücü panolarında, pano içi temizliğin vakum temizleyici ile periyodik olarak yapılması gerekmektedir. Bu işlem, tozlu ortamdan etkilenecek dijital motor sürücüleri için gereklidir.
- Tüm sürücü pano kapaklarında bulunan havalandırma kanalları temiz tutulmalı ve bu kanallara yerleştirilen havalandırma fanlarının sağlıklı çalışıp çalışmadığı kontrol edilmelidir.

- Pano içi sağlıklı hava akışının ve havalandırma şartlarının sağlanabilmesi için tüm sürücü pano kapakları kapalı tutulmalıdır.
- Motor sürücülerinin güç ve kontrol bağlantılarını muhafaza eden kapaklarının, kullanım için açıldıktan sonra tekrar kapatılması gerekmektedir. Bu işlem, motor sürücü içerisinde açık noktalara istemsiz müdahaleleri engelleyecektir.
- Gerek motor sürücü panolarında gerekse diğer elektrik panolarında yapılan arıza tespit ve onarım çalışmaları sırasında, mevcut proje çizimlerine aykırı düşecek müdahalelerden kaçınılmalı; onarım amacıyla çıkarılan tüm kablo bağlantıları işlem sonrasında proje çizimlerine uygun olarak bağlanmalıdır.

5.4.2. Motorlar

Galvaniz hattının diğer en önemli malzemeleri, hattın her noktasında tahrik elemanı olarak amaçlı kullanılan elektrik motorlarıdır. Elektrik motorlarının periyodik bakımları sırasında aşağıdaki noktalara dikkat edilmelidir:

- Harici soğutma fanı kullanılan elektrik motorlarında fan filtrelerinin periyodik olarak temizlenmesi veya değiştirilmesi gerekmektedir. Zira fanların bu nedenle işlev görmemesinden dolayı elektrik motorları aşırı ısınacak ve hattın durmasına neden olabilecektir.
- Elektromekanik fren tertibatı bulunan elektrik motorlarının; özellikle D.A. motorlarının fren mekanizmalarının periyodik olarak kontrol edilmesi, aşınan fren balatalarının zamanında değiştirilmesi gerekmektedir. Fren mekanizmasının sağlıklı çalışmaması, galvaniz hattının bir çok bölümünde sac bandın sıfır hızda tutulamamasına ve kaymasına neden olacaktır.
- Sistemde kullanılan D.A. motorlarında, üretici firmanın da tavsiyesi ile fırça-kollektör düzeninin periyodik olarak kontrol edilmesi gerekmektedir.

5.5. Arıza Bulma

5.5.1. Ekran Mesajları

Mevcut haberleşme ağı üzerinden sisteme ait durum bilgilerinin toplanabildiği ve bazı referans bilgilerinin yazılabildiği SCADA ekranları, sistemin her bölümünde birer bilgisayar ekranından kullanıcıya aktarılmaktadır. Sistem üzerinde bulunan SCADA ekranları toplam 5 adettir. Bunlar

1. Giriş operatör masası- SCADA kullanıcı birim
2. Üretim operatör masası- SCADA kullanıcı birim
3. Üretim kontrol odası- SCADA merkez birim
4. Çıkış operatör masası- SCADA kullanıcı ekranı
5. Yönetici odası- SCADA kullanıcı birim

olarak sisteme dağılmıştır. (bak EK2. Şekil B2-B5) SCADA merkez birimi CTNet haberleşme ağına bağlı olan bilgisayardır. SCADA kullanıcı birimler ise merkez birime ethernet ağı üzerinden bağlıdır. Buna göre kullanıcı birimlerin herhangi birinden girilen bilgi değeri ethernet ağından merkez birime, merkez birim üzerinden de CTNet haberleşme ağına aktarılmaktadır.

Galvaniz hattına ait SCADA ekranında bir adet ana pencere, bir adet giriş bölümü penceresi, iki adet üretim bölümü penceresi ve bir adet çıkış bölümü penceresi bulunmaktadır. (bak. Şekil B.2 - SCADA resimleri)

SCADA ekranlarından gözlenebilen hatta ilişkin durum bilgileri aşağıda verilmiştir:

- **Hat Çalışıyor (Line Running)**
- **Hat Duruyor (Line Stop)**
- **Sürücü Hatası (Drive Fault)**
- **Acil Duruş (Emergency Stop)**

Galvaniz hattının genel durum bilgilerinin haricinde her bölüme ait gerçek hat hızı değeri ve hat gerginlik değeri gözlenebilmektedir. SCADA ekranından farklı malzeme boyutuna göre farklı hat hızı ve gerginlik referans değerleri ayarlanabilmektedir. Buna göre her farklı boyuttaki malzeme türü için bir bilgi reçetesi oluşturulur ve bu reçete genellikle üretim planını elinde bulunduran üretim bölümü operatörleri tarafından girilmektedir. Bir malzemeye ait reçete bilgileri

- Sac bandın genişliği
- Sac bandın kalınlığı
- Hat hızı referansı
- Açıcı gerginlik referansı
- Giriş akümülatörü gerginlik referansı
- Fırın giriş gerginlik referansı
- Fırın çıkış gerginlik referansı
- Çıkış akümülatörü gerginlik referansı
- Sarıcı gerginlik referansı

değerlerinden oluşmaktadır. Yeni bir malzeme hatta verildiği zaman, yukarıda bildirilen değerler ekrana girilecek ancak SCADA tarafından hemen sisteme yüklenmeyecektir. Zira yeni referans değerleri ile eski malzemenin fırın içinde bozulabileceği ihtimali yüksek olduğundan, yeni malzeme fırın sonrasındaki kaynak dedektöründen geçinceye kadar, yeni değerlerin sisteme yüklenmesi işlemi bekletilir. Yeni sac bant ile eski sac bandın birleştiği nokta olan kaynak noktası, fırın çıkışındaki kaynak dedektöründen geçtiği zaman hazırlanan reçete bilgileri sisteme yüklenmiş olacaktır. Bu andan itibaren sistemde yeni sac banda uygun referans bilgileri yürütülecektir.

Aynı zamanda, SCADA ekranında her motor sürücüsüne ait bir durum penceresi bulunmaktadır.

Durum pencereleri her motor sürücüsü için

- **Çalışıyor (Running)**
- **Duruyor (Stop)**
- **Arızalı (Tripped)**

olarak tanımlanan durum bilgilerini, akım ve hız bilgilerinin ayarlanan anma değerleri ile gerçek ölçüm değerlerinin hem sayısal hem de grafik olarak gösterimini ekrana aktarmaktadır.

SCADA ekranları dışında sistemde kullanılan diğer bir ekran türü ise CTIU (Control Techniques Interface Unit) isimli modüldür. Bu ekran sürücü ile kullanıcı arasında iletişim ara yüzeyi oluşturan bir saha elemanıdır. CTIU modülü, motor sürücüleri ile RS485 haberleşmesi kurabilen, programlandığı şekli ile kullanıcıya sürücü işlemleri hakkında bilgi toplama ve bilgi girme imkanı veren bir ünedir. Bu birimin, galvaniz hattında kullanıldığı noktalar ve kullanım amacı

- Üretim operatör masasında, giriş ve çıkış akümülatörlerinin seviyesinin gözlenmesi
- Gerdirme ve düzeltme merdaneleri operatör masasında, bu bölüme giren ve çıkan sac bant boyutlarının gözlenmesi
- Çıkış bölümü kalite kontrol odasında, sarılan sac bandın boy miktarının gözlenmesi

olarak belirlenmiştir. Buna göre bu birimler sadece gözlem yapmak için kullanılmaktadır, sahadan herhangi bir bilginin ilgili sürücülere aktarılması söz konusu değildir.

5.5.2. Sürücü Mesajları

SCADA ekranından gözlenebilecek sürücü durum bilgilerinin tümü, sürücü üzerindeki ekrandan da kolayca gözlenebilir. Özellikle hata durumunun gözlenebilmesi ve hata koşulunun tespit edilebilmesi sürücü üzerinden gerçekleşecektir. Bunun yanında sürücü pano kapağında bulunan arıza sinyal lambası da hata durumunu ihbar edecektir. Sürücü ekranından hata türünü tanımlayan hata kodu tespit edilebilir ve

hata koşulu bu şekilde tanımlanabilir. Hata durumu kavrandıktan hata mesajının sürücü üzerinden silinmesi gerekmektedir. Bunun için sürücü üzerinde veya sürücü pano kapağında bulunan “RESET” anahtarı kullanılarak hata durumu kaldırılır. Ayrıca sürücünün enerjisi kapatılıp açıldığı zaman da hata durumu kalkacaktır. Ancak bu yöntem çok tercih edilmez, zira hatayı oluşturan koşul araştırılmalıdır. Daha önce oluşan son on adet hata kodunu tespit edebilmek için ilgili sürücü parametreleri kullanılır ki bu bilgiler sürücü hafızasında saklanmaktadır. Alternatif akım (AA) ve doğru akım (DA) sürücülerinin ekranlarında karşılaşılabilecek hata mesajları aşağıda bildirilmiştir: [9,10]

- **AA motor sürücülerinde karşılaşılan hata kodları**

- UU - Düşük DA bara gerilimi

DA bara geriliminin belirlenen sınır değer altına düştüğünü bildirir. Hata sebebi; sürücü giriş enerjisinin kesilmesidir ve bu hata kodu DA barasındaki enerji boşalana kadar geçen süre içinde sürücü ekranında gözlenecektir. Hata enerjisinin tamamen kesilmesi ile sürücü tarafından silinecektir.

- OU – Yüksek DA bara gerilimi

DA bara geriliminin belirlenen sınır değer üstüne (yaklaşık 830VDC) çıktığını bildirir. Hata sebebi; sürücü besleme geriliminin nominal değerinin üzerine (yaklaşık %40) çıkması veya ani yavaşlama hareketinden dolayı oluşan regeneratif enerjinin DA barasına aktarılması olabilir. Buna karşın yapılabilecek işlem sürücü yavaşlama rampa süresini uzatmak olacaktır.

- Et – Harici hata sinyali

Sürücünün kontrol terminallerinden özel bir girişe bağlanan dijital sinyalin eksikliği durumunda bu hata ile karşılaşılır. İlgili terminal bağlantısı kontrol edilmelidir.

- ENC.xxx – Kodlayıcı Hatası

Geribesleme elemanı olarak kullanılan kodlayıcı sinyallerinin hatalı olduğunu bildirir. Hata sebebi; kodlayıcı kanallarının hatalı bağlanmış olması, çalışan

kodlayıcı elemanın fiziksel zarar görmüş olması veya kodlayıcı besleme geriliminin hatalı olmasıdır.

- It.AC – Motor aşırı yük hatası

Motor akımının, aşırı akım koruma karakteristiğine bağlı olarak belirlenen sınır seviyeyi aştığını bildirir. Hata sebebi; motor milinin tahrik edilen yüke bağlı olarak zorlanması veya tahrik edilen yükün anma değerinin üzerine çıkmasıdır. Mevcut sistemde, sıkıştırma merdanelerinden birinin, ilgili bölümdeki sac bandı tek başına tahrik etmeye çalışması bu hataya neden olabilir.

- OI.AC – Sürücü çıkışında aşırı akım

Sürücü çıkış akımının ani olarak belirlenen sınır değerinin üzerine çıktığını bildirir. Hata sebebi; sürücü çıkışındaki motor devresinde veya kablolarında kısadevre durumu, sürücü içindeki anahtarlama elemanlarının arızalanması, ani yük artımları, hızlanma-yavaşlama sürelerinin çok kısa olması veya akım çevrim ayarlarının uygun olmaması gibi şartlara bağlıdır. Bu hata sebeplerinden ilk ikisi kalıcı hata olduğundan, “RESET” işleminin sürücüye uygulanması ile giderilemez.

- Oh1 / Oh2 – Yüksek sürücü sıcaklığı

Sürücü içi yarıiletken soğutucu yüzeyinin belirlenen sıcaklık seviyesinin üzerine çıktığını bildirir. Hata sebebi; sürücü için temin edilen havalandırma şartlarının yetersiz olması, sürücü panel havalandırma fanlarının veya sürücü içi soğutucu panel fanlarının arızalı olmasıdır.

- OA – Yüksek ortam sıcaklığı

Sürücünün bulunduğu ortam sıcaklığının yüksek olduğunu bildirir. Hata sebebi sürücü panel havalandırma şartlarının yetersiz olmasıdır. Panel havalandırma fanları kontrol edilmelidir.

- th – Motor termistör arızası

Sürücü kontrol terminallerine bağlanan motor termistör devresinde bir arıza olduğunu bildirir. Hata sebebi; motor termistör devresinin aşırı motor ısısından dolayı açılması veya sürücü terminalindeki termistör bağlantısının kopması ile ilişkilidir.

- OP.OVLd – Sürücü içi 24VDC kaynak arızası

Sürücü içinde bulunan ve sürücü çıkışındaki kontrol elemanlarının beslenmesi için de kullanılan 24VDC kaynağın aşırı yüklendiğini veya kısadevre olduğunu bildirir. Hata sebebi; sürücü kontrol çıkışlarında kullanılan besleme bağlantısının hatalı yapılmış olmasıdır.

- EEF – Eeprom hatası

Sürücü içinde bulunan Eeprom da bir hata olduğunu ve sürücü parametrelerinin okunamadığını bildirir. Hatanın devamlılığı halinde sürücü düzeneğinin değiştirilmesi gerekmektedir.

- HF.xx – Sürücü donanım hatası

Bu hata kodu sürücü donanımında bir arıza olduğunu bildirir. Sürücünün besleme enerjisi kesilip tekrar verilerek hata giderilebilir. Hatanın devam etmesi halinde sürücü modülünün değiştirilmesi gerekebilir.

Yukarıda bildirilen sürücü hata kodları, sürücüde hataya neden olan koşulların tespit edilip giderilmesinden sonra silinmeli, yani “RESET” işlemi yapılmalıdır.

- **DA motor sürücülerinde karşılaşılan hata kodları**

- SL – Besleme gerilimi hatası (120)

Sürücü besleme geriliminin kesildiğini bildirir. Hata sebebi, sürücünün güç devresini besleyen fazlardan bir veya birden fazlasının kesilmesidir. Buna göre sürücü güç devresini koruyan yarıiletken sigortaların kontrol edilmesi gerekir.

- AOC – Motor armatür devresi aşırı akım (121)

Motor armatür devresindeki akımın sınırlanan değerin üzerine çıktığını bildirir. Hata sebebi; sürücü çıkışındaki motor devresinde veya kablolarında oluşabilecek kısadevre durumu, sürülen motor yükünün ani artmasıdır.

- AOP – Motor armatür devresi açık devre (126)

Motor armatür devresinin açık devre olduğunu bildirir. Hata sebebi; motoru besleyen motor kablo bağlantılarının zarar görmesi ve kablo bağlantısının açılmış olmasıdır. Motor armatür devresine ait kablo bağlantısı kontrol edilmelidir.

- It – Motor aşırı yük hatası

Motor akımının, aşırı akım koruma karakteristiğine bağlı olarak belirlenen sınır seviyeyi aştığını bildirir. Hata sebebi; motor milinin tahrik edilen yüke bağlı olarak zorlanması veya tahrik edilen yükün anma değerinin üzerine çıkmasıdır.

Mevcut sistemde, gerdirme merdanelerinden birinin, ilgili referansa bağlı olarak diğer merdanelerden daha fazla ve sınır dışı yük üstlenmesi bu hataya neden olabilir.

- FOC – Motor uyarma devresi aşırı akım (106)

Motor uyarma devresindeki akımın sınırlanan değerin üzerine çıktığını bildirir. Bu hata durumu; motor uyarma devresinin ilk enerjilenmesi sırasında, uyarma devresinin aşırı akım çekmesinden dolayı gözlenebilir. Normal işletme sırasında bu hatanın oluşması ise uyarma devresinde bir kısadevre olayını tanımlar.

- FdL – Motor uyarma devresi açık devre (118)

Motor uyarma devresinin açık devre olduğunu, uyarma akımının akmadığını bildirir. Hata sebebi; motor uyarma devresini besleyen kablo bağlantılarının zarar görmüş olması ve kablo bağlantısının açılmış olmasıdır. Motor uyarma devresine ait kablo bağlantısı kontrol edilmelidir.

▪ FbL – Geribesleme arızası (119)

Motor geribesleme elemanı olan kodlayıcı sinyallerinin hatalı olduğunu bildirir. Hata sebebi; kodlayıcı kanallarının hatalı bağlanmış olması, çalışan kodlayıcı elemanın fiziksel zarar görmüş olması veya kodlayıcı besleme geriliminin hatalı olmasıdır. Kodlayıcı bağlantısı kontrol edilmelidir.

▪ Fbr – Geribesleme bilgisi ters (109)

Motor geribesleme elemanı olan kodlayıcı sinyallerinin ters yönlü olduğunu bildirir. Hata sebebi; kodlayıcı değişikliği sonrasında kanallarının hatalı bağlanmış olmasıdır. Kodlayıcı kanallarının (A+, A-, B+, B-) yer değiştirilmesi ile bu sürücü hatası giderilebilir. Kodlayıcı bağlantısı kontrol edilmelidir.

▪ Et – Harici hata sinyali (102)

Sürücünün kontrol terminallerinden özel bir girişe bağlanan dijital sinyalin eksikliği durumunda bu hata ile karşılaşılır. Mevcut uygulamada bu hata sinyali “ACİL DURDURMA” devresine bağlanmıştır. Dolayısıyla “ACİL DURDURMA” anahtarları kontrol edilmelidir.

▪ hF – Sürücü donanım hatası (100)

Bu hata kodu sürücü donanımında bir arıza olduğunu bildirir. Sürücünün besleme enerjisi kesilip tekrar verilerek hata giderilebilir. Hatanın devam etmesi halinde sürücü modülünün değiştirilmesi gerekebilir.

▪ th – Motor termistör arızası (123)

Sürücü kontrol terminallerine bağlanan motor termistör devresinde bir arıza olduğunu bildirir. Hata sebebi; motor termistör devresinin aşırı motor ısısından dolayı açılması veya sürücü terminalindeki termistör bağlantısının kopması ile ilişkilidir.

- Oh – Yüksek sürücü sıcaklığı (107)

Sürücü içi yarıiletken soğutucu yüzeyinin belirlenen sıcaklık seviyesinin üzerine çıktığını bildirir. Hata sebebi; sürücü için temin edilen havalandırma şartlarının yetersiz olması, sürücü panel havalandırma fanlarının veya sürücü içi soğutucu panel fanlarının arızalı olmasıdır.

- PS – Sürücü içi 24VDC kaynak arızası (125)

Sürücü içinde bulunan ve sürücü çıkışındaki kontrol elemanlarının beslenmesi için de kullanılan 24VDC kaynağın aşırı yüklendiğini veya kısadevre olduğunu bildirir. Hata sebebi; sürücü kontrol çıkışlarında kullanılan besleme bağlantısının hatalı yapılmış olmasıdır.

- A29 – MD29AN programlama modül arızası (41-59)

Sürücü ile beraber kullanılan programlama modülünden kaynaklanan bir arıza olduğunu bildirir. Hata nedeni programlama modülünün içerdiği program ile ilgilidir ve programın incelenmesi halinde hata bulunabilir.

- EEF – Eeprom hatası (132)

Sürücü içinde bulunan Eeprom da bir hata olduğunu ve sürücü parametrelerinin okunamadığını bildirir. Hatanın devamlılığı halinde sürücü düzeneğinin değiştirilmesi gerekmektedir.

5.5.3. Kodlayıcıların Kontrolü

Hat üzerinde bulunan elektrik motorlarından; açıcı motorları, gerdirmе merdane motorları, fırın saptırma merdane motorları ve sarıcı motorları kapalı çevrim kontrol prensibi ile çalışmaktadır ve bu amaçla bu motorlarda geri besleme elemanı olarak sayısal kodlayıcı elemanları kullanılmaktadır. Sayısal kodlayıcının sağlıklı çalışması, beraberinde kullanıldığı motorun kapalı çevrim kararlı kontrolü için gerekli bir şarttır. [4]

Sistemde kullanılan motor sayısal kodlayıcı elemanları haricinde konum ve hız referans bilgilerinin temin edildiği farklı sayısal kodlayıcılar da bulunmaktadır. Bunlar hat üzerinde; giriş ve çıkış akümülatörlerine ait halat tamburlarına, giriş

bölümü 6 numaralı sıkıştırma merdanesine ve çıkış bölümü 6 numaralı gerdirme merdane grubuna bağlanmıştır.

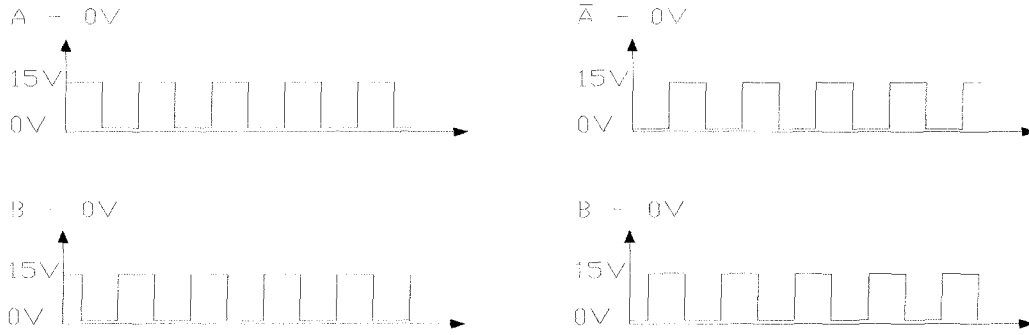
Bir sayısal kodlayıcının kullanıldığı noktaya bağlantısı; dönme hareketi yapan cismin miline, mekanik titreşimlerin ve burulmaların giderileceği yaylı bir kaplin kullanılarak yapılmaktadır. Sistemdeki sayısal kodlayıcının kablo bağlantısı; motor tarafında bir harici terminal kutusunda, sürücü panosunda ise 9-pin konnektör dönüştürücülü bir terminal üzerine ekranlı bir kablo ile yapılmıştır. Sürücü ile 9-pin konnektör dönüştürücü arasında ise aynı tipte bir kablo kullanılmıştır.

Motor sürücüsünün sayısal kodlayıcıdan aldığı sinyallerin eksik veya hatalı olması durumunda; sürücüsünün yük olmadığı halde aşırı akım sınırına ulaştığı, motorun kararsız çalışarak düşük bir moment ürettiği, motor sürücüsünün buna bağlı bir hata verdiği gözlenecektir. AA motor sürücüsünde “ENC.xxx”, DA motor sürücüsünde ise “FbL” veya “FbL” gözlenmesi durumunda aşağıdaki noktalara dikkat edilmelidir.

- Kodlayıcı besleme gerilimi bildirilen sınır değerler arasında olması gerekir. Bunun için besleme uçları hem motor hem de sürücü tarafında kontrol edilmelidir.
- Kodlayıcı kanal sinyalleri, osiloskop ile hem motor hem de sürücü tarafında kontrol edilmelidir. Gözlenen kanal sinyallerinin eksik veya doğru sırada olmaması halinde sürücü geribesleme hatası verecektir. Buna göre kanallardan birinin eksik olması halinde kodlayıcının arızalı olma ihtimali yüksektir ve değiştirilmelidir. Ancak kanalların sıralaması doğru değil ise yerleri değiştirilerek uygun bağlantı şekli bulunabilir.
- Osiloskop ile gözlenen kanal sinyalleri uygun fazda ancak düzgün değil ise kodlayıcının mekanik bağlantısında kullanılan yaylı kaplin kontrol edilmelidir.
- Kodlayıcı sinyallerinin ölçülmesi

Kodlayıcı kablosunun ekran bağlantısının sağlıklı ve tek noktadan yapılması, kodlayıcı kanal sinyallerinin manyetik etkilerden korunmasını sağlayacaktır. Bu işlemin yapılmaması halinde kodlayıcı sinyallerinin temel bileşenleri ile

beraber parazitik bileşenler de gözlenecektir. Buna göre mevcut sistemde kullanılan kodlayıcıların sağlıklı kanal sinyalleri aşağıdaki gibi tespit edilmelidir.



Şekil 5.1. Kodlayıcı Sinyalleri

5.6. Donanımın Değiştirilmesi

Hattın genelinde kontrol sistemini oluşturan; motor sürücüsü, uzak nokta I/O (giriş-çıkış) üniteleri ve kumanda ekranları arıza halinde değiştirilmesi gerekebilecek başlıca birimlerdir. Bu tür birimlerin yedekleri ile değiştirilmeleri sırasında dikkat edilecek en önemli konular; ilgili bölüme ait besleme enerjisinin kesilmesi, çıkarılan tüm bağlantıların ve birimlerin proje çizimlerine uygun olarak tekrar bağlanmasıdır.

5.6.1. Sürücüler

Motor sürücülerinde oluşabilecek arıza durumlarında sürücünün değiştirilmesi gerekebilir. Bunun için öncelikli olarak, sürücü için gerekli çalışma parametreleri temin edilmelidir. Sürücüde yüklü olan parametreler bir bilgisayar kullanılarak, sürücüye ait özel yazılım ile (UniSoft & MentorSoft) veya CTNet haberleşme ağı üzerinden elde edilebilir.

Arızalı sürücü modülünün değiştirilebilmesi için öncelikle sürücü panel besleme enerjisinin kesilmesi gerekir. Kontrol ve güç terminal bağlantıları zarar görmeyecek

ve bozulmayacak şekilde sökülmesi, bağlantı terminalleri soketli ise sadece terminal soketi çıkarılmalıdır. Kontrol bağlantılarının yanında AA sürücülerinde UD75, DA sürücülerinde ise MD29AN isimli programlama modülleri sürücü üzerinden çıkarılmalıdır. Aynı zamanda bu modüller, ilgili sürücülerin CTNet haberleşme ağına bağlantılarının yapıldığı noktalardır.

Elektriksel bağlantılar uygun biçimde çıkarıldıktan sonra sürücü fiziksel olarak panodan sökülür ve yedek bulundurulmuş sürücü modülünün fiziksel bağlantısı tamamlanır. Kontrol ve güç terminal bağlantıları proje çizimlerine uygun olarak yapıldıktan sonra, sürücünün kontrol yazılımını taşıyan programlama modülü (UD75 veya MD29AN) sürücü üzerindeki yerine takılır.

Sürücü ile beraber kontrol kartı da değiştirilirse, değişen sürücünün besleme kaynağı açıldıktan sonra ilk olarak sürücünün CTNet ağına tanımlanabilmesi için kullanılan üç parametre kaydedilir. Tablo 5.1’de bu parametrelerin sürücü türlerine uygun değerleri verilmiştir.

Tablo 5.1. CTNet Kurulumunda Öncelikli Kullanılan Sürücü Parametreleri

Parametre No	AA Sürücüsü (UniDrive)	DA Sürücüsü (Mentor)
CTNet Kullanıcı Numarası	#20.01=xx	#14.05=xx
CTNet Erişim Hızı	#20.02=1	#11.01=1
CTNet Çevrim İçi Bilgi Periyodu	#20.03=0	#11.02=0

Bu parametrelerden CTNET erişim hızı 2,5 Mbit/s seçildiğinden, ilgili parametre değeri bir (1) olarak ayarlanır. CTNET çevrim içi bilgi periyodunu yansıtan parametre ise, sadece CTNet ağının ana sürücüsünde yani eşzamanlılık sinyalini üreten sürücüde sıfırdan farklıdır ve diğerlerinde sıfır (0) olmalıdır.

Sürücüye ait diğer çalışma parametreleri ise programlama modülü içinde yazılan programa kaydedildiğinden, programlama modülü sürücü ile birlikte enerjilendiği zaman tüm işletme parametrelerini yükleyecektir.

5.6.2. I/O Üniteleri

Sistemde sürücülerden uzak noktalara yerleştirilen iki türlü I/O ünitesi bulunmaktadır. Bunlar;

- Birinci tür I/O grubu, giriş/çıkış (I/O) terminal birimlerinin bir birleştirici ünite üzerinden CTNet haberleşme ağına bağlandığı I/O grubudur. Bu üniteler giriş, üretim ve çıkış bölümlerinin operatör masalarında DIN tipi klemens raylarına yerleştirilmiştir. Bir grup içindeki tüm giriş/çıkış (I/O) birimleri bireysel olarak çıkarılıp takılabilmektedir. Bu birimlerden birinin arızalanması durumu tespit edildiği zaman arızalı birimin değiştirilebilmesi için öncelikle birimin bulunduğu panonun besleme enerjisi kesilir, daha sonra arızalı birim çıkarılarak yeni ile değiştirilir. Bunun yanında I/O birimlerinin birleştirilerek CTNet haberleşme ağına aktarıldığı birleştirici ünite (bus coupler) nin arızalanması durumunda yenisi ile değiştirilmesi ve sonrasında CTNet ağ ayarlarının yapılması, aynı zamanda çevrim içi bilgi kayıtlarının aktarılması gerekmektedir. Bu işlem ancak CTNet ağ yapısının kurulduğu SYPT yazılımı ile gerçekleştirilebilir.
- İkinci tür I/O grubu ise, tek bir modül üzerinde çok sayıda giriş/çıkış terminali bulunan ve RS485 haberleşme yapısı ile doğrudan motor sürücüsüne bağlanan ünitelerdir ve I/O kutusu (box) olarak isimlendirilir. Sistemde harici elle kumandanın gerektiği noktalarda kullanılmaktadır. Bu birimin değiştirilebilmesi için birimin besleme enerjisi kapatılır ve uygun bağlantılar korunmak üzere yeni ünite ile değiştirilir.

5.6.3. Ekranlar

Sistemde mevcut olan ekranlar; bilgisayar tabanlı ekranlar ve CTIU isimli sürücü-kullanıcı ara birimi olarak kullanılan ekranlardır.

- Bilgisayar tabanlı ekranlar giriş, üretim ve çıkış operatör masalarında bulunmaktadır. Bu ekranlarda SCADA programı yürütülmekte ve bu birimler bir bilgisayar ağı üzerinden haberleşmektedir. Bu ekranlarda oluşabilecek arıza standart bir bilgisayar arızası ile eşdeğerdir. Ekranın değiştirilmesi için güç besleme kesildikten sonra tüm kablo bağlantıları çıkarılır. Mevcut ekran kasasının içerisinde bir bilgisayara ait tüm bileşenler (HDD, Disket sürücü,

CPU,...vs) bulunduğundan yeni ekran takıldığı zaman SCADA bileşenlerinin tekrar yüklenmesi gerekmektedir.

- CTIU isimli arabirim, motor sürücüsüne RS485 haberleşmesi ile doğrudan bağlanabilen, tasarlandığı şekli ile kullanıcıya sürücü işlemleri hakkında bilgi toplama ve bilgi girme imkanı veren bir ünedir.

Galvaniz hattında bu birimin kullanıldığı noktalar;

- Üretim operatör masası (2 adet)
- Gerdirme ve düzeltme merdaneleri operatör masasında (1 adet)
- Çıkış bölümü, kalite kontrol odası (1 adet)

olarak seçilmiştir.

Arızalı bir birim değiştirilirken, öncelikle besleme ve kontrol sinyal bağlantı soketleri çıkarılır. Yeni ünite bağlandıktan sonra, eski ünite içinde bulunan programın bir bilgisayar aracılığıyla yeni üniteye tekrar yüklenmesi gerekmektedir.

6. SONUÇLAR

Bu tez çalışmasında, metal endüstrisinde önemli bir tesis olan galvaniz hatları ele alınmış olup, örnek bir sistemdeki elektrikle tahrik uygulamaları ve sisteme ait kontrol yapısı incelenmiştir.

Çalışmada uygulanan dağıtılmış kontrol sistemi ve sahayolunun, dinamiği yüksek ve kapsamlı bir sistem olan bu galvaniz hattı tesisinde kullanılmasının sağladığı başlıca üstünlükler şunlar olmuştur:

- Kontrol sisteminin kurulum kolaylığı ve donanım esnekliği
- Düşük tesis maliyeti ve yüksek işletme performansı
- Ayırık kontrolör olarak kullanılan motor sürücülerinin bir bilgisayar yardımıyla bağımsız programlanabilmesi
- Sahayoluna bağlanabilen bilgisayar ile kontrol birimlerindeki program parçalarına kolay erişim
- Sahayoluna bağlı tüm akıllı kullanıcı birimler arasında sağlıklı veri iletimi ve gerçek zamanda kontrol
- Farklı motor kontrol birimlerinin yürüttüğü kontrol fonksiyonlarının eş zamanlı olması

Galvaniz hattının farklı bölümlerinde işletme koşullarına bağlı olarak hız, moment ve gerginlik kontrollerine ilişkin değişkenlerinin sisteme SCADA yardımıyla yüklenebilmesi ve hat çalışırken gerçek değerlerin gözlenebilmesi işletmeciyeye büyük kolaylıklar sağlamıştır.

Sistemde hedeflenen en yüksek hat hızı 150 m/dak olmasına rağmen, üretim bölümündeki fırının sac işleme kapasitesi 100 m/dak hat hızına uygundur. Buna göre yapılan denemelerde, sürekli rejimdeki hız hatası %1 olarak gözlenmiştir. Ayrıca üretim bölümünde en yüksek gerginlik referansı uygulandığı zaman, sac bandın

gerginlik değerindeki hata oranı $\pm\%2$ olarak ölçölmüştür. Dolayısıyla bu galvaniz hattındaki tahrik sistemlerinin kontrolunda amaçlanan iki performans kriteri sağlanmış bulunmaktadır.

Hedeflenen hat hızının 150 m/dak. ya çıkabilmesi için öncelikle üretim bölümünde fırının fiziksel yapısında değişikliklere ihtiyaç vardır. Bu boyutta bir değişiklik fırının bazı bölümlerine yapılacak yeni eklemeler ile gerçekleşebilmektedir. Bunun dışında sistemin tahrik mekanizmaları 150m/dak anma işletme hızına göre boyutlandırıldığı için, motor sürücülerinde ve tahrik mekanizmalarında bir problemle karşılaşılmayacaktır. Ancak hat hızının 150 m/dak. ya çıkması durumunda sistemin dinamik davranışı da hızlanacağı için, kullanılmakta olan veri iletişim hızının yeterli olmaması söz konusudur. Sistemdeki mevcut veri iletişim hızı 2,5 Mbit/s dir ve kullanılan donanımın uygun olması halinde veri iletişim hızı 5 Mbit/s ye çıkarılabilir.

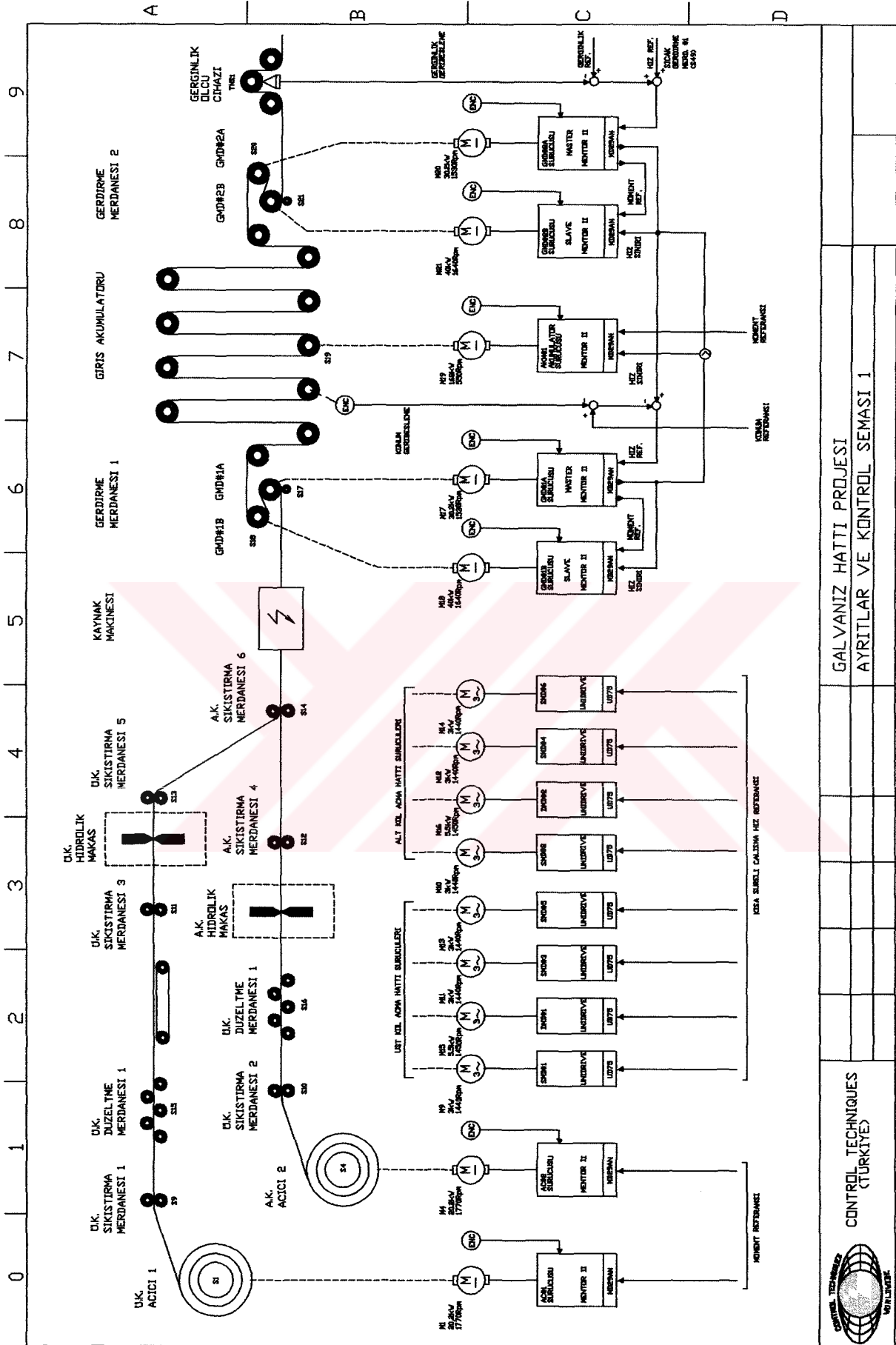


KAYNAKLAR

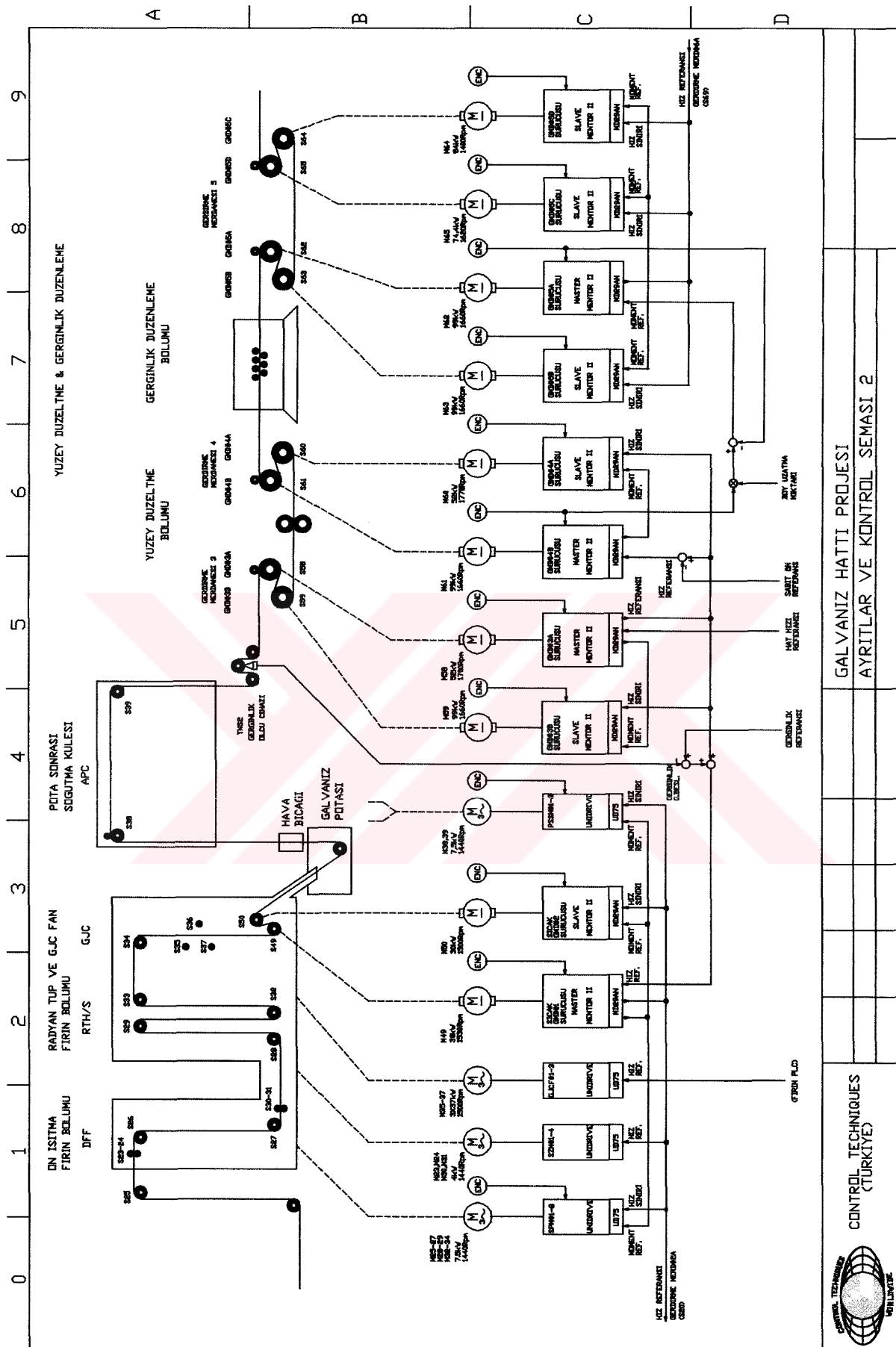
- [1] **Lenze**, 1992, Formelsammlung, FRAGER, Carsten.
- [2] **Beer, F.P. ve Johnston E.R.**, 1995, Mühendisler İçin Mekanik II Dinamik
- [3] **Yıldırım, M. ve Kaynak, O.**, 29,8,1972-18,10,1972 Tarihleri Arasında Mr. Simcock Tarafından Tertip Edilen Kağıt Makinalarında Tristörlü Tahrik Sistemi Konulu Kurs Notları , 1973
- [4] **Control Techniques**, 1990-1, Drives and Servo Yearbook
- [5] **Danfoss**, 1998, Facts Worth Knowing About Frequency Converters
- [6] **Kutman, Tamer.**, 1992-93 Güç Elektroniği Devreleri Ders Notları, İ.T.Ü. Elektrik-Elektronik Fak., Kontrol ve Bilgisayar Sistemleri Anabilim Dalı
- [7] **Kurtulan, Salman.**, Elektrikli Sürücü Düzenleri, İ.T.Ü. Elektrik-Elektronik Fak., Kontrol ve Bilgisayar Sistemleri Anabilim Dalı
- [8] **Flender**, Gear Units, 1998, K20 DE/EN/FR
- [9] **Control Techniques**, February 1999, User's Manuel For Mentor II DC Drives, Part No: 0410-0009, Issue No:9
- [10] **Control Techniques**, September 1996, Getting Started With Unidrive, Part NO: 0447-0008, Issue No:9
- [11] **Rothwell, Alex.**, The Use Of Advanced Fieldbus To Build High Performance Distributed Control Systems, Control Techniques
- [12] **Control Techniques**, October 1996, CTNET User Manuel, Part No.0447-0009, Issue No1
- [13] **Contemporary Control Sys**, January 1997, Active Hubs For ArcNet, User Manuel, TD675100-OMA
- [14] **Control Techniques**, November 1997, User Guide UD70 "Large Option Module and Software for Unidrive", Part No:0447-0017, Issue No:9

- [15] **Control Techniques**, November 1997, User Guide MD29,
“Microprocessor Card and Software for Mentor II”

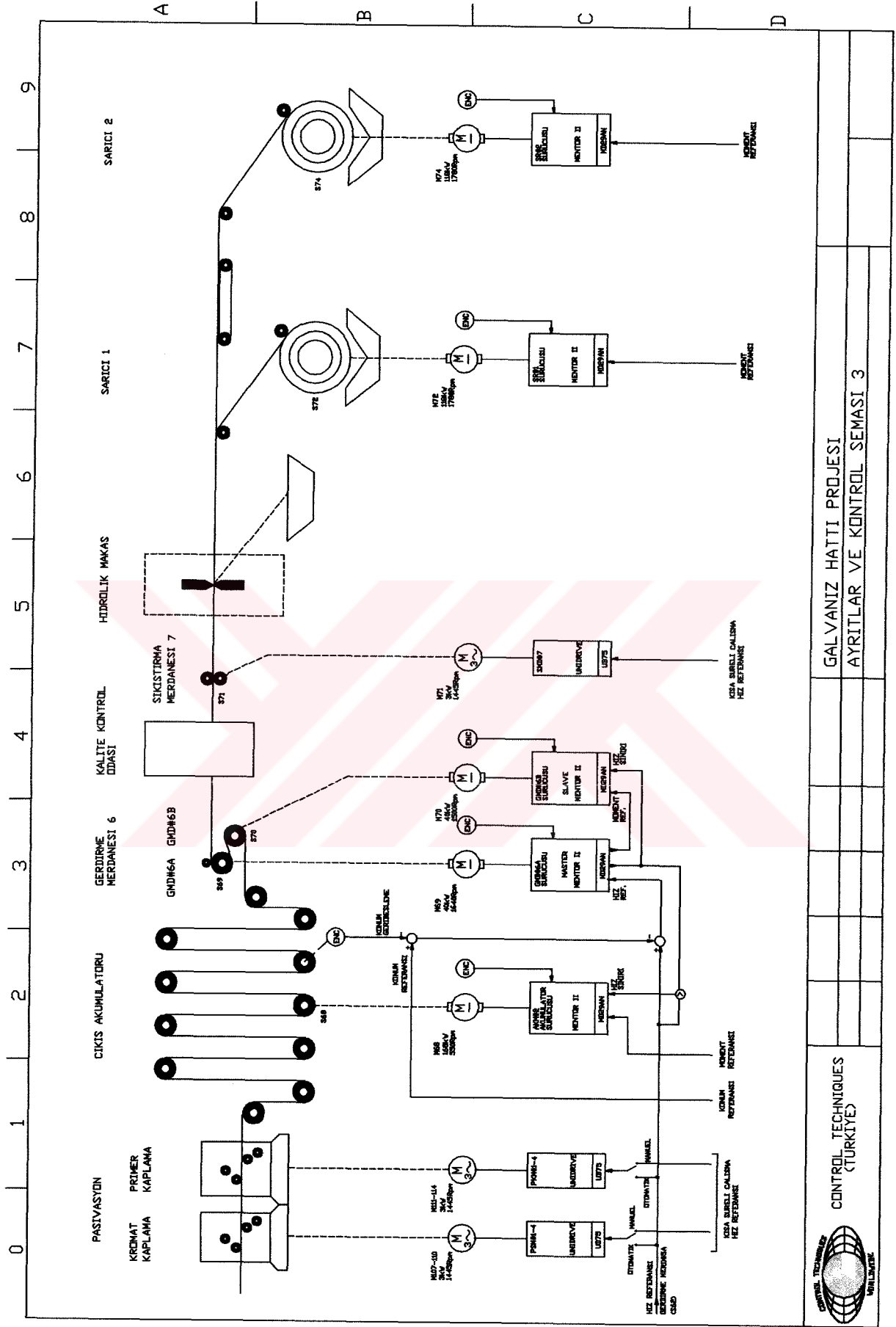




Şekil A.1. Galvaniz Hattı Projesi - Ayrıtlar ve Kontrol Şeması 1

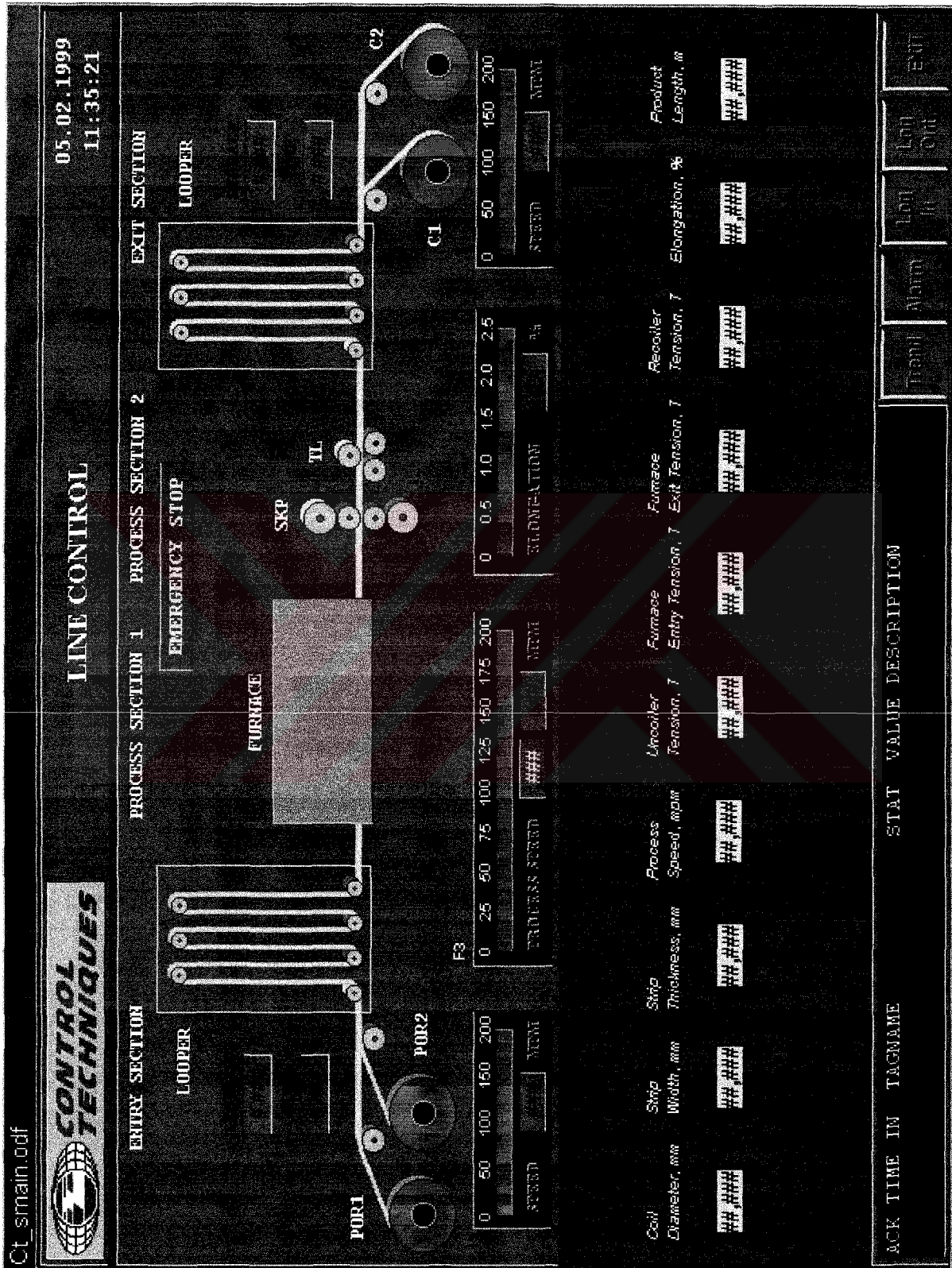


Şekil A.2. Galvaniz Hattı Projesi - Ayrıntılar ve Kontrol Şeması 2



Şekil A.3. Galvaniz Hattı Projesi - Ayrıklar ve Kontrol Şeması 3

Şekil A.4. Galvaniz Hattı Projesi - Haberleşme Ağ Yapısı



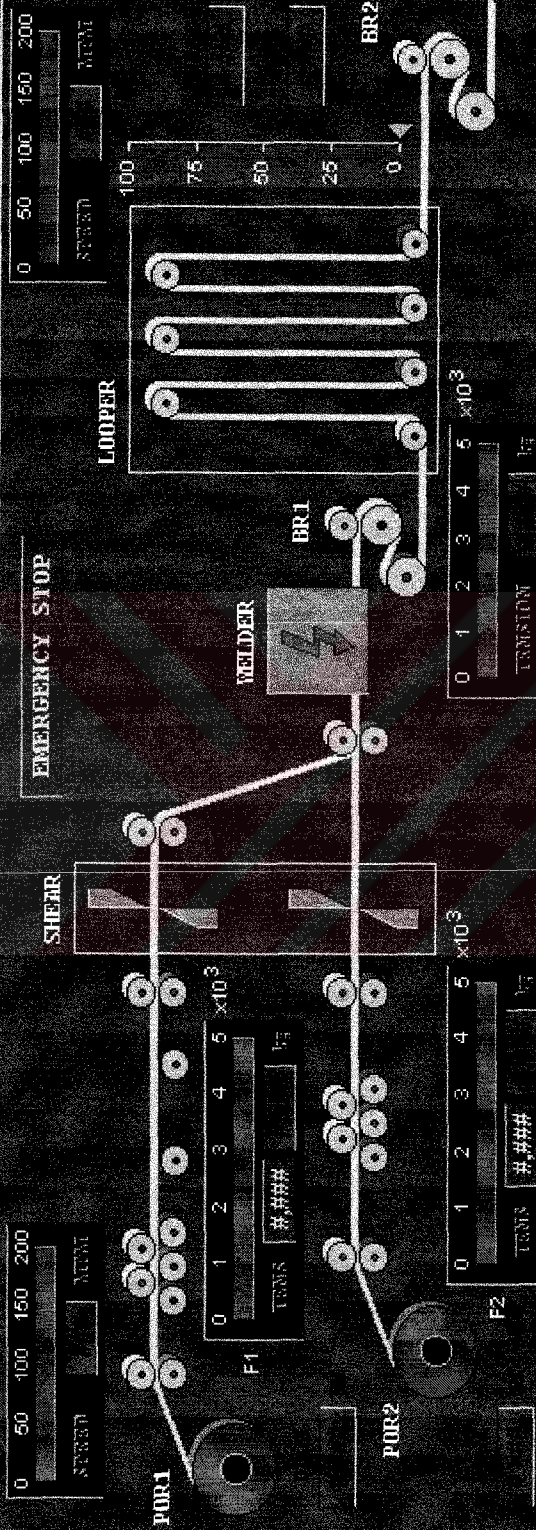
Şekil B.1. Galvaniz Hattı – SCADA Ekranı (Genel)

Ct_slmai.odt*



ENTRY SECTION

05.02.1999
11:35:21

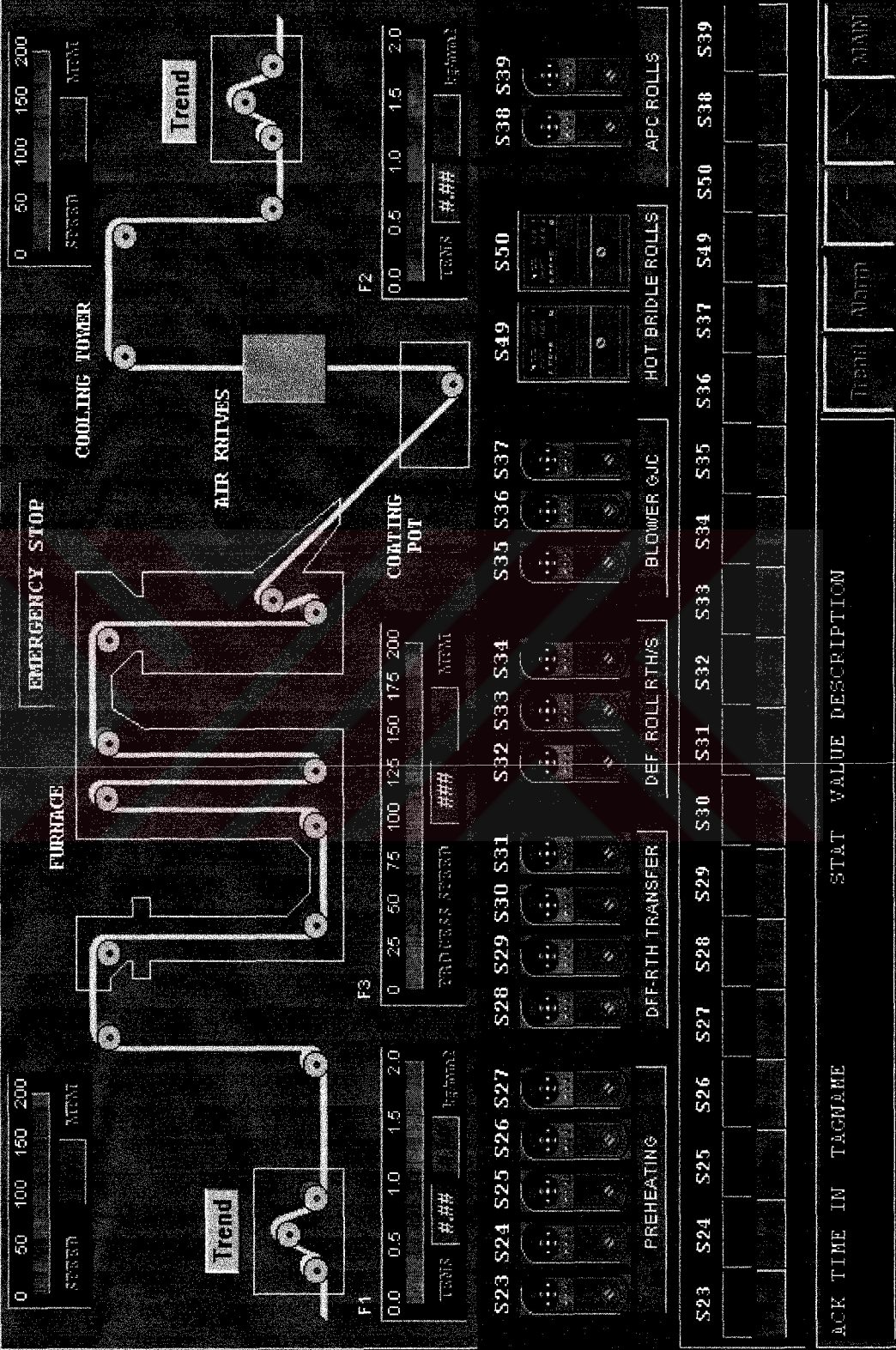


S1	S4	S9	S15	S10	S11	S16	S12	S13	S14	S17	S18	S19	S20	S21	
PAY OFF REELS		PASS LINE No.1			PASS LINE No.2			PINCH ROLL		BRIDLE 1		LOOPER		BRIDLE 2	
Status	S1	S4	S9	S15	S10	S11	S16	S12	S13	S14	S17	S18	S19	S20	S21
Speed															
RPM															

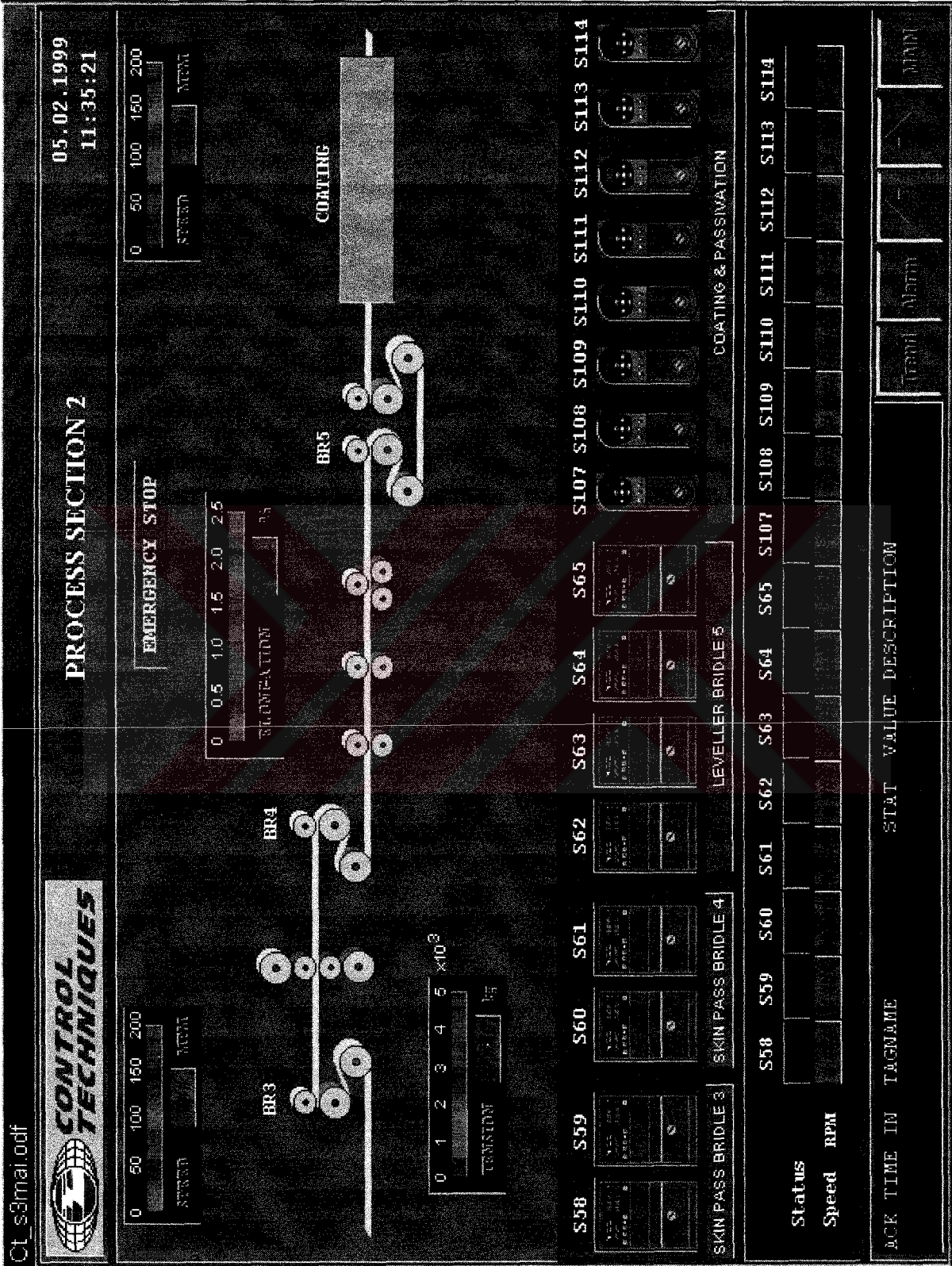
ACK TIME IN TAGNAME	STAT	VALUE	DESCRIPTION
	Trans	Alarm	Alarm

Şekil B.2. Galvaniz Hattı Giriş Bölümü – SCADA Ekranı

PROCESS SECTION 1

05.02.1999
11:35:21

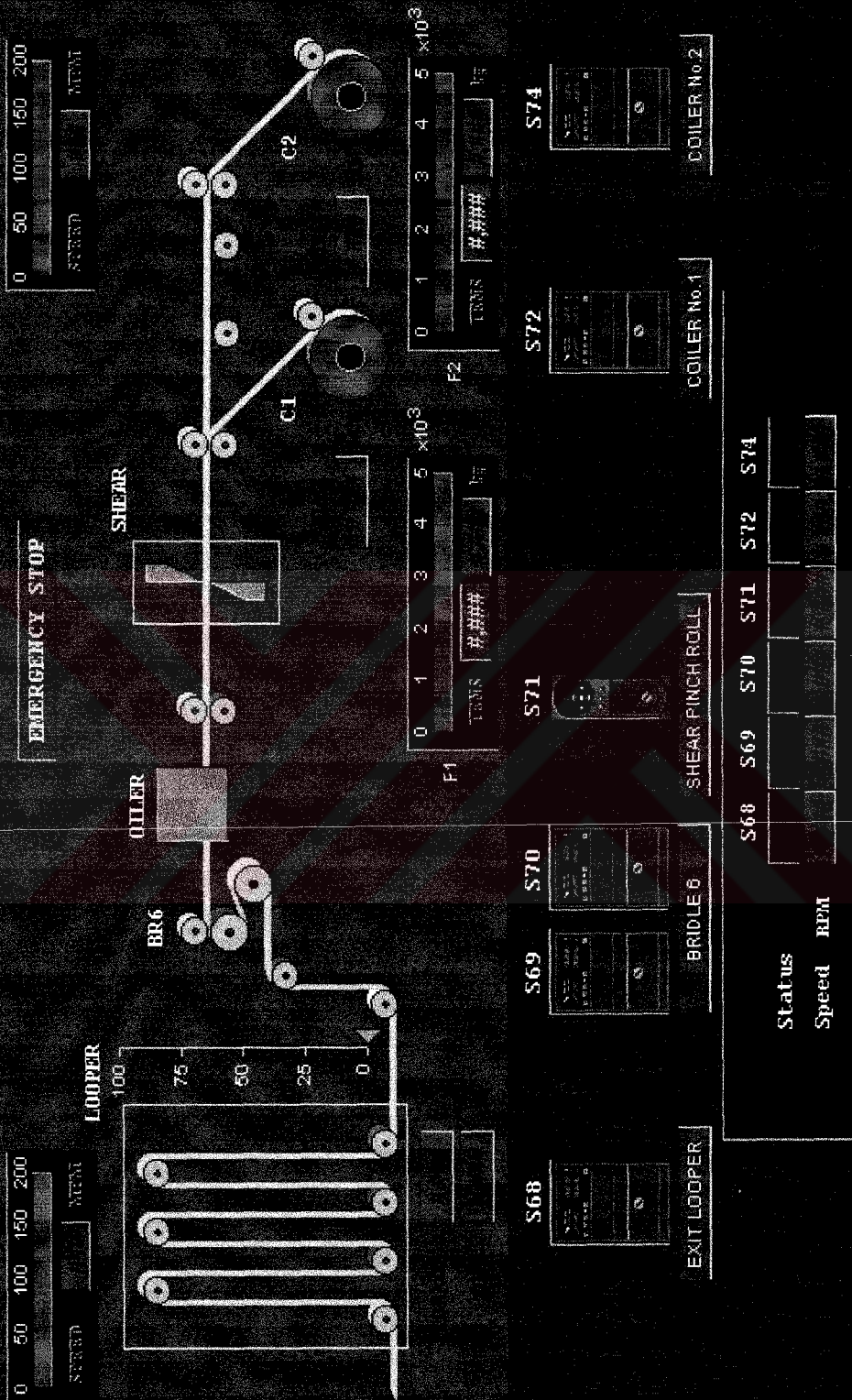
Şekil B.3. Galvaniz Hattı Üretim Bölümü 1 – SCADA Ekranı



Şekil B.4. Galvaniz Hattı Üretim Bölümü 2 – SCADA Ekranı

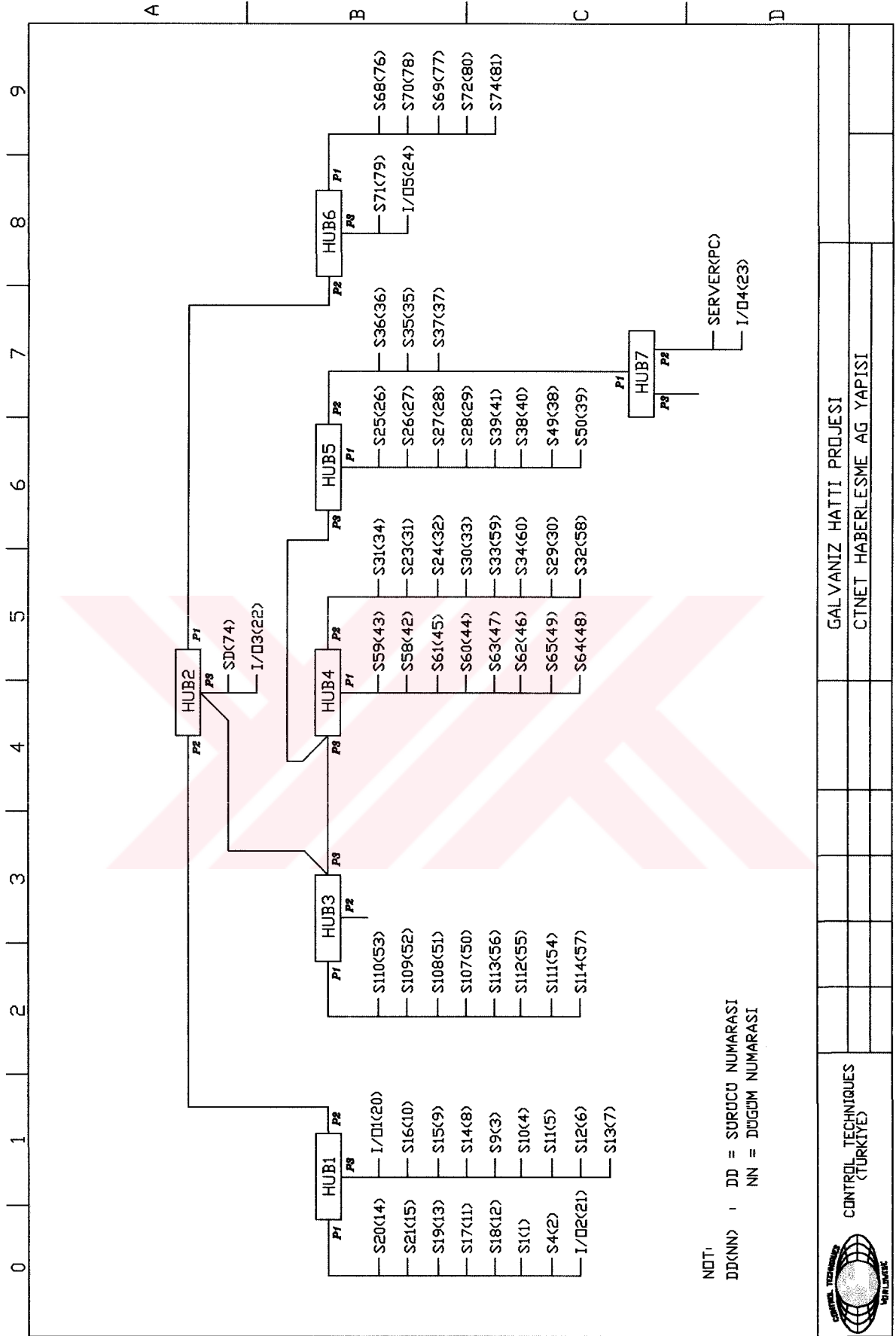
EXIT SECTION

05.02.1999
11:35:21



ACK TIME IN	TAGNAME	STAT	VALUE DESCRIPTION	TRAIL	ALARM	UNIT

Şekil B.5. Galvaniz Hattı Çıkış Bölümü – SCADA Ekranı

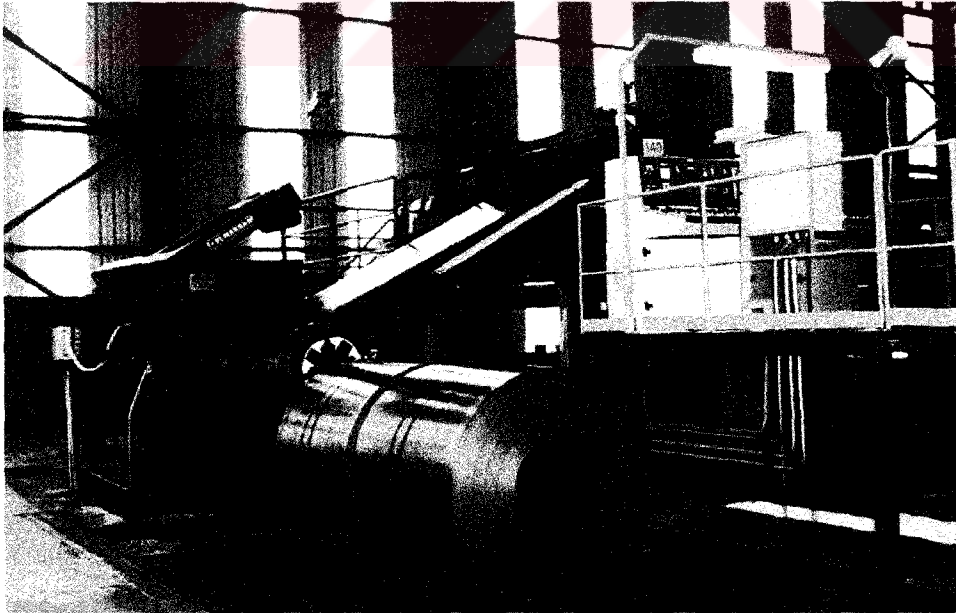


Şekil C.1. CTNet Haberleşme Ağ Yapısı

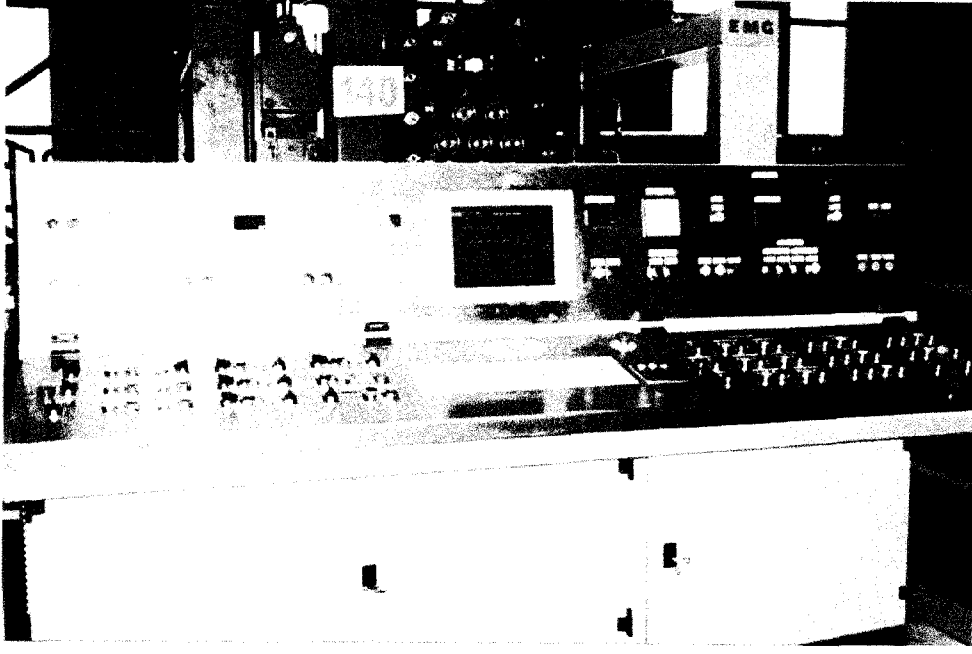
EK 4.



Şekil D.1. Giriş Bölümü - Açma Hattı



Şekil D.2. Giriş Bölümü - Açıcı 1



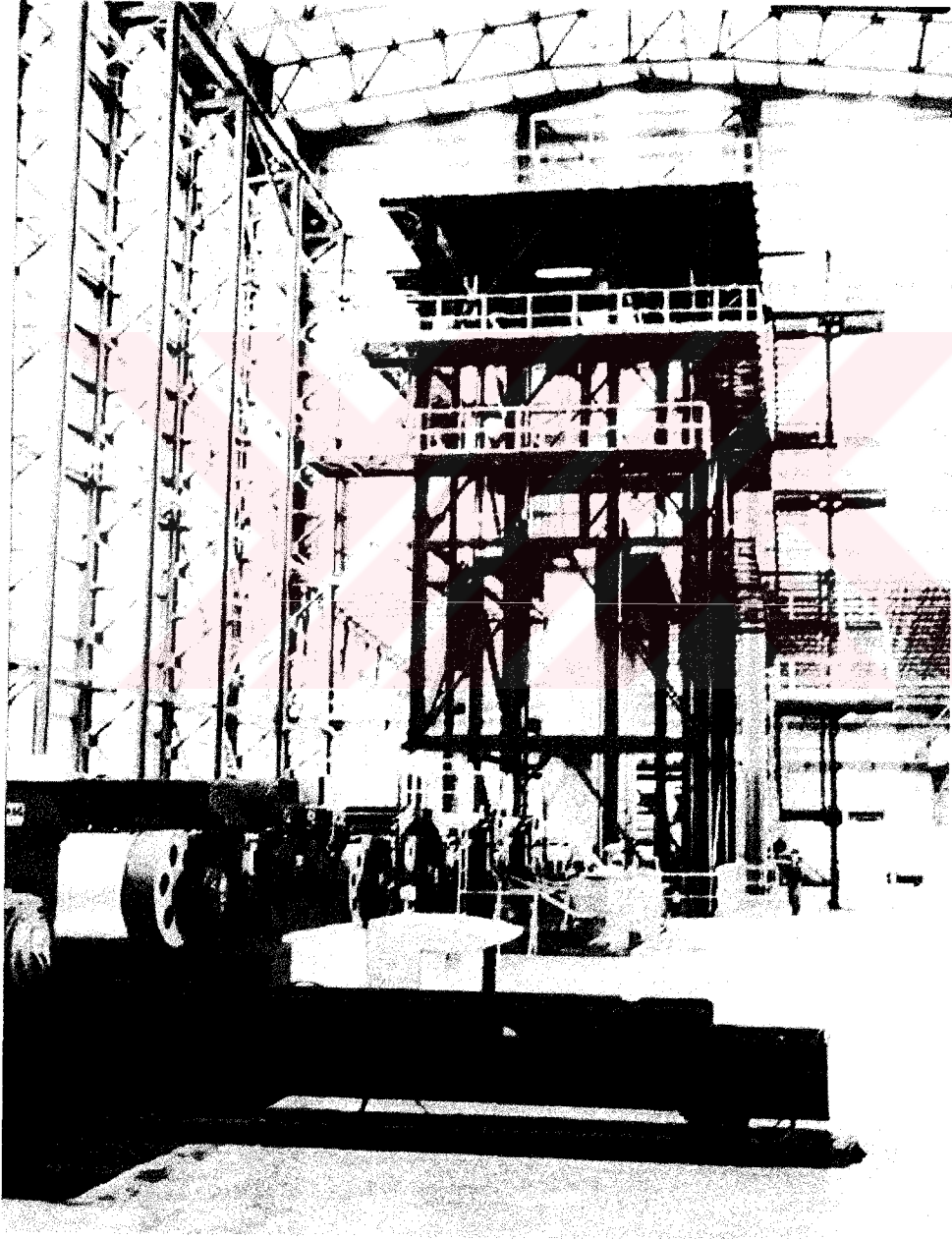
Şekil D.3. Giriş Bölümü - Operatör Masası



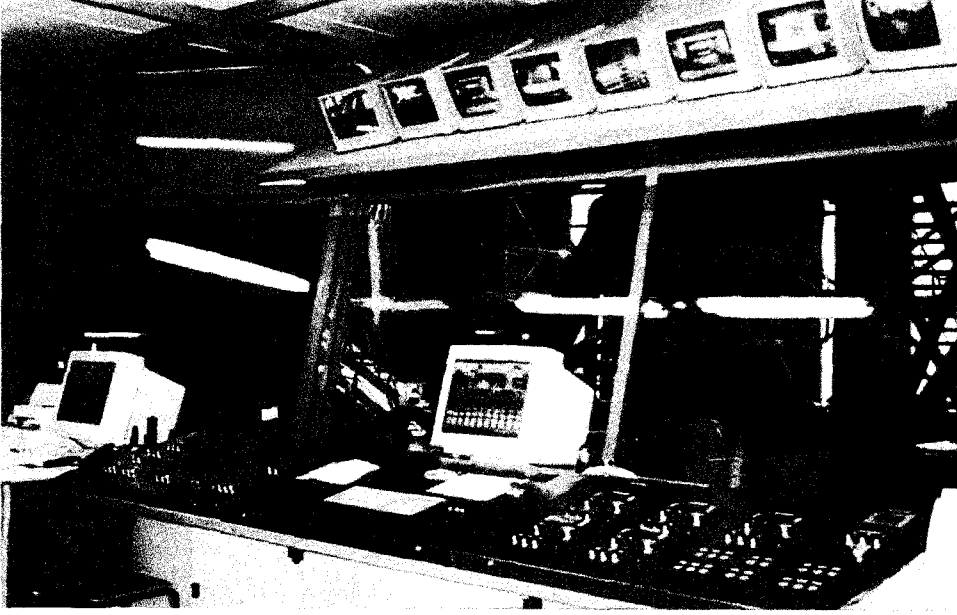
Şekil D.4. Giriş Bölümü Elektrik Odası-Motor Sürücü Panoları



Şekil D.5. Üretim Bölümü - Fırın Sonrasında Galvaniz Potası ve Hava Bıçağı



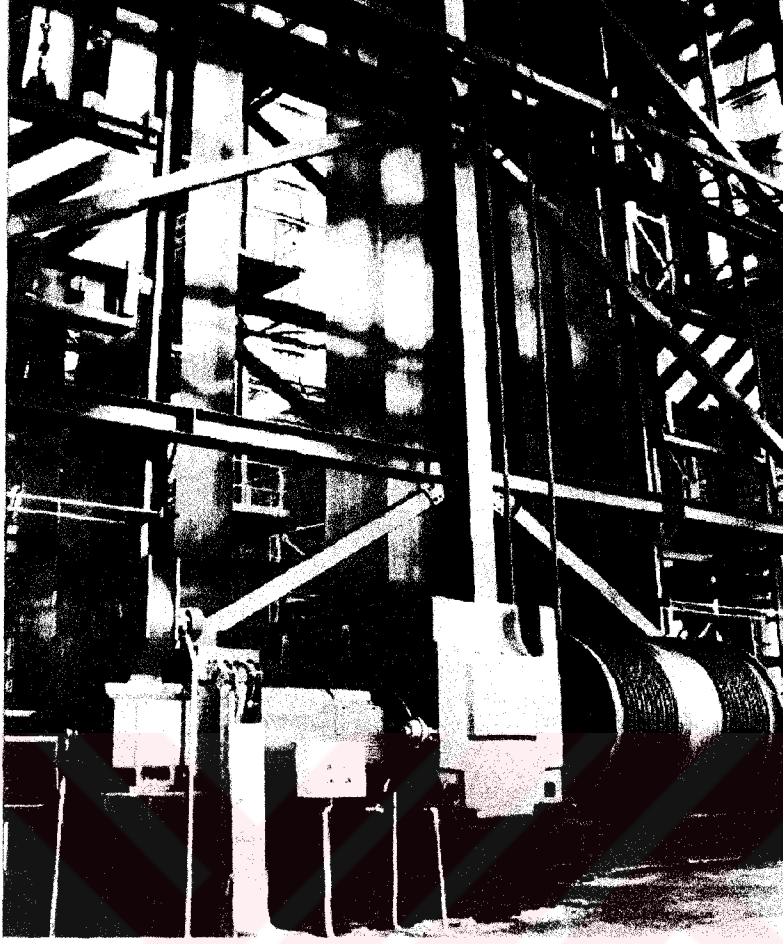
Şekil D.6. Üretim Bölümü – Yüzey Düzeltme ve Gerginlik Düzenleme Merdane Grubu



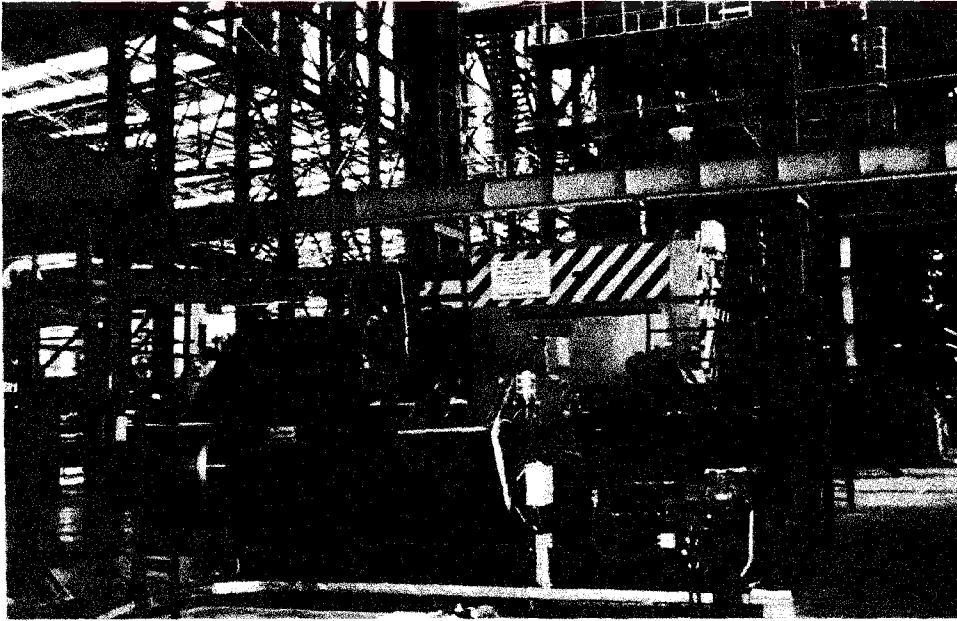
Şekil D.7. Üretim Bölümü Kontrol Odası – Operatör Masası



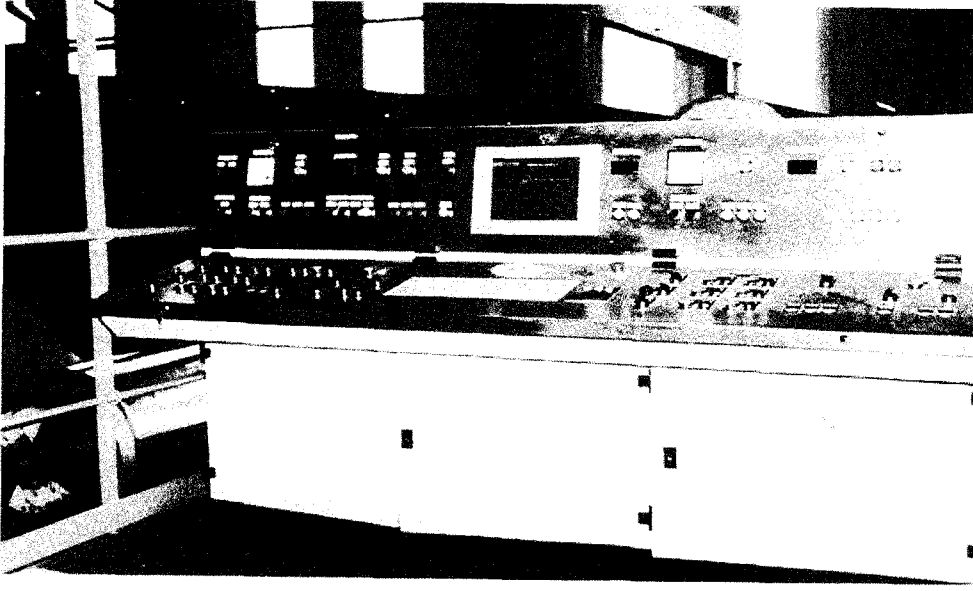
Şekil D.8. Üretim Bölümü Elektrik Odası – Motor Sürücü Panoları



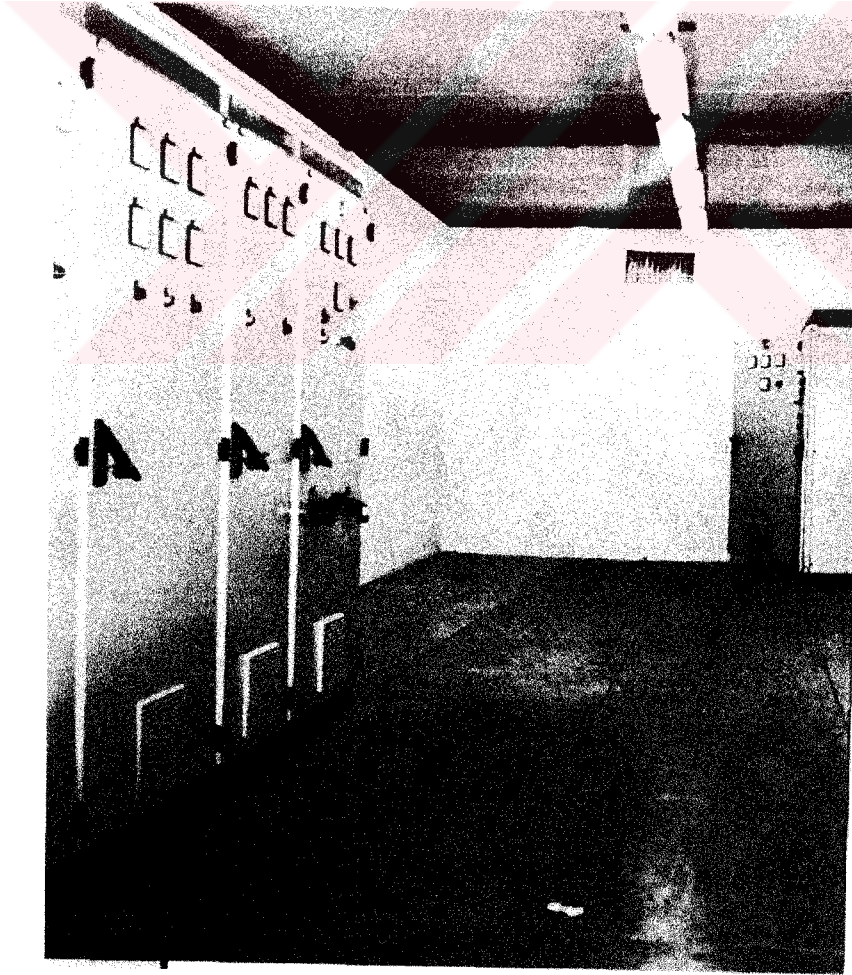
Şekil D.9. Çıkış Bölümü–Akümülatör Motoru, Dişli Kutusu ve Halat Tamburu



Şekil D.10. Çıkış Bölümü –Sarma Hattı ve Sarıcı 1

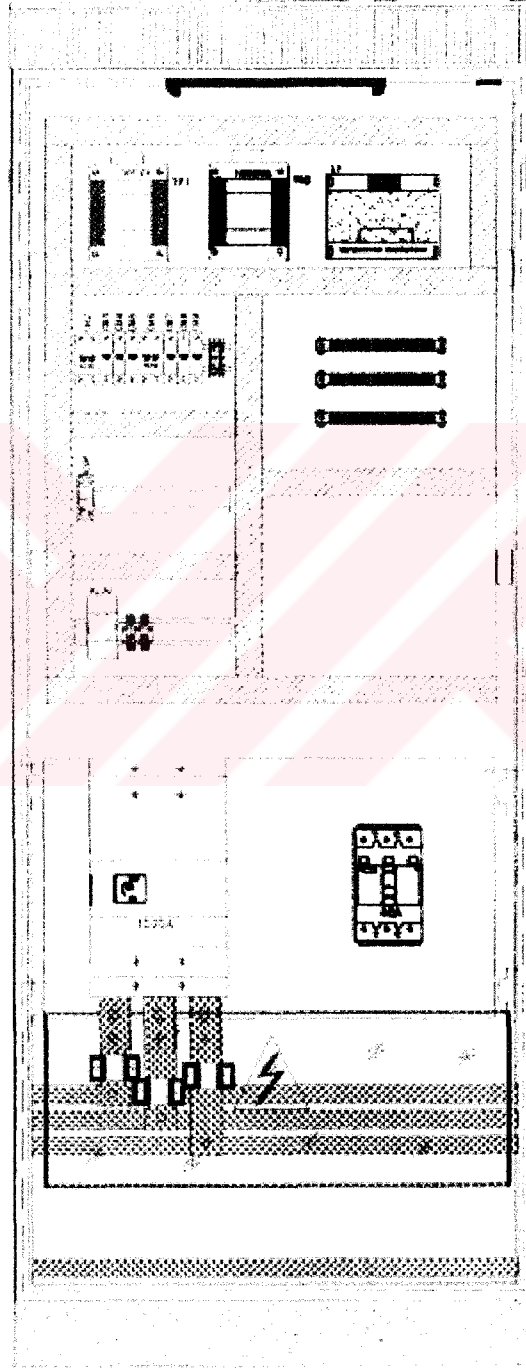


Şekil D.11. Çıkış Bölümü – Operatör Masası

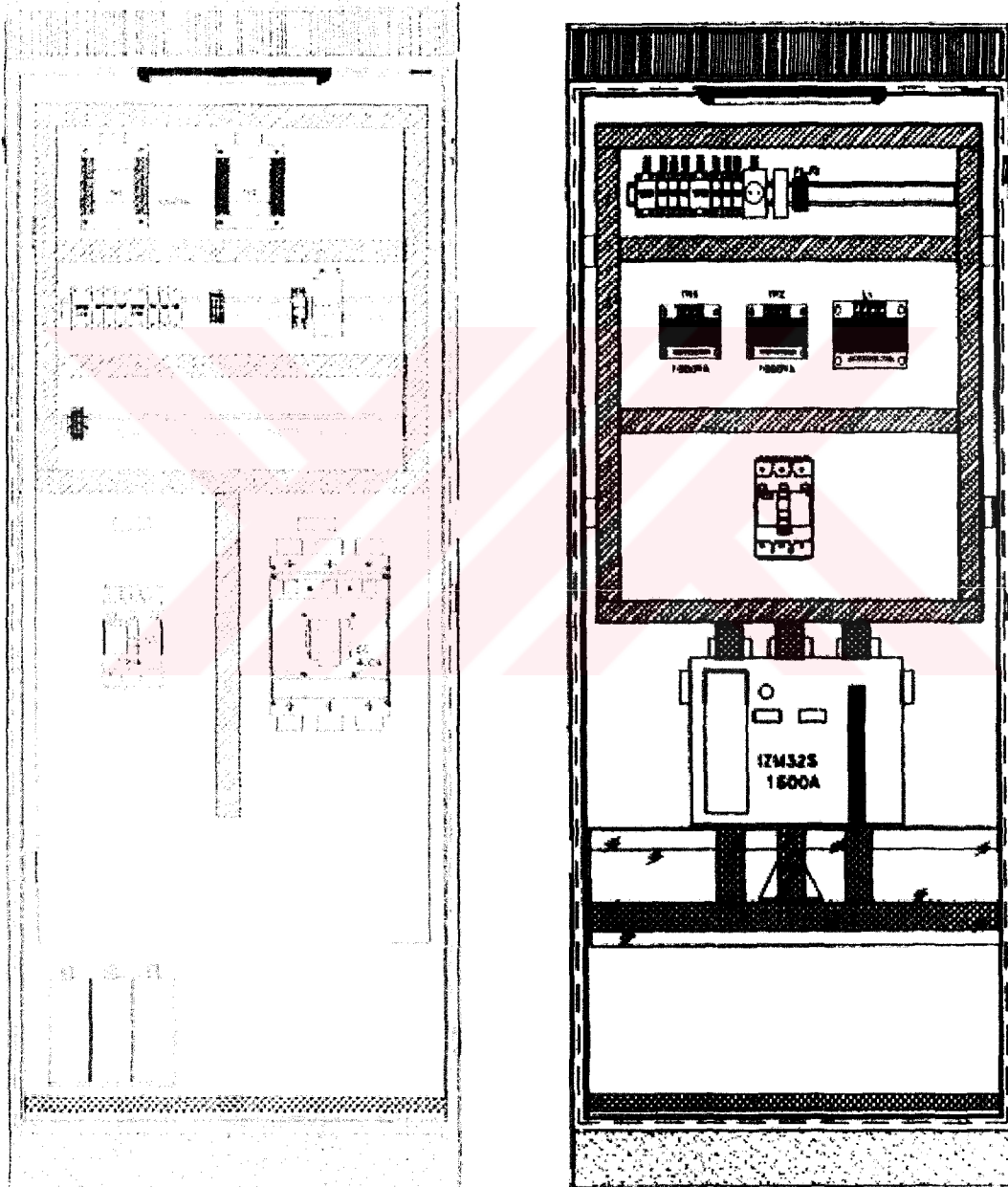


Şekil D.12. Çıkış Bölümü Elektrik Odası – Motor Sürücü Panoları

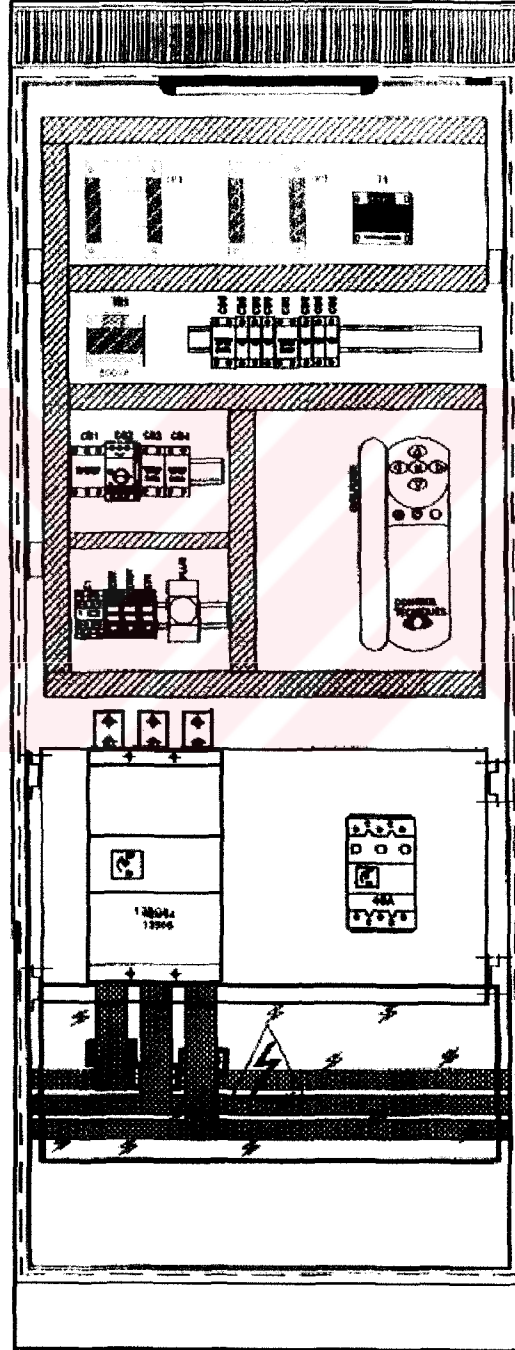
EK 5



Şekil E.1. Giriş Bölümü – Güç Dağıtım Panosu (PGM) Yerleşim Planı



Şekil E.2. Üretim Bölümü –Güç Dağıtım Panoları (PUM & SPTL) Yerleşim Planı



Şekil E.3. Çıkış Bölümü –Güç Dağıtım Panosu (PCM) Yerleşim Planı

Tablo A.1. Motor Tanım Listesi

S.No	Açıklama	Motor Kodu	Motor No	Motor Tipi	Güç (kW)	Akım (A)	Hız (rpm)	Sürücü Tipi	Sürücü No	Kontrol Türü	Referans Kaynağı
GİRİŞ BÖLÜMÜ											
Üst Kol Açma Hattı											
1	Açıcı 1	AÇ#1	M1	DA	20,2	52	1770	M45R	S1	Açıcı/Moment Kontrolü	SCADA
2	Sıkıştırma Merdanesi 1	SMD#1	M9	AA	3	6,5	1440	UNI 1405	S9	AÇHK	KSÇHR
3	Düzeltilme Merdanesi 1	DMD#1	M15	AA	5,5	11,1	1450	UNI 2401	S15	AÇHK	KSÇHR
4	Sıkıştırma Merdanesi 3	SMD#3	M11	AA	3	6,5	1440	UNI 1405	S11	AÇHK	KSÇHR
5	Sıkıştırma Merdanesi 5	SMD#5	M13	AA	3	6,5	1440	UNI 1405	S13	AÇHK	KSÇHR
Alt Kol Açma Hattı											
6	Açıcı 2	AÇ#2	M4	DA	20,2	52	1770	M45R	S4	Açıcı/Moment Kontrolü	SCADA
7	Sıkıştırma Merdanesi 2	SMD#2	M10	AA	3	6,5	1440	UNI 1405	S10	AÇHK	KSÇHR
8	Düzeltilme Merdanesi 2	DMD#2	M16	AA	5,5	11,1	1450	UNI 2401	S16	AÇHK	KSÇHR
9	Sıkıştırma Merdanesi 4	SMD#4	M12	AA	3	6,5	1440	UNI 1405	S12	AÇHK	KSÇHR
Açma Hattı Ortak Sıkıştırma Merdanesi											
10	Sıkıştırma Merdanesi 6	SMD#6	M14	AA	3	6,5	1430	UNI 1405	S14	AÇHK	KSÇHR
Gerdirme Merdanesi 1											
11	Gerdirme Merdanesi 1A	GMD#1A	M17	DA	30,2	79	1530	M75R	S17	KÇHK / Ana Sürücü	GMD#2A+AKM#1
12	Gerdirme Merdanesi 1B	GMD#1B	M18	DA	40	105,5	1640	M155R	S18	HSMK / GMD#1A için Yardımcı Sürücü	GMD#1A
Giriş Akümülatörü											
13	Akümlatör 1	AKM#1	M19	DA	168	430	550	M420R	S19	HSMK	SCADA

Tablo A.1. Motor Tanım Listesi

S.No	Açıklama	Motor Kodu	Motor No	Motor Tipi	Güç (kW)	Akım (A)	Hız (rpm)	Sürücü Tipi	Sürücü No	Kontrol Türü	Referans Kaynağı
ÜRETİM BÖLÜMÜ											
Gerdirmeler											
14	Gerdirmeler 2A	GMD#2A	M20	DA	30,2	79	1550	M75R	S20	KÇHK / Ana Sürücü	SGMD#1-SCADA
15	Gerdirmeler 2B	GMD#2B	M21	DA	40	105,5	1640	M155R	S21	HSMK / GMD#2A için Yardımcı Sürücü	GMD#2A
Fırın Ön Isıtma (DFF) Bölümü											
16	Saptırma Mardanesi 1	SPM#1	M25	AA	7,5	14,3	1450	UNI 2402	S25	HSMK	SGMD#1
17	Sızdırmalık Mardanesi 1	SZM#1	M23	AA	4	9,2	1420	UNI 1405	S23	AÇHK	SGMD#1
18	Sızdırmalık Mardanesi 2	SZM#2	M24	AA	4	9,2	1420	UNI 1405	S24	AÇHK	SGMD#1
19	Saptırma Mardanesi 2	SPM#2	M26	AA	7,5	14,3	1450	UNI 2402	S26	HSMK	SGMD#1
20	Saptırma Mardanesi 3	SPM#3	M27	AA	7,5	14,3	1450	UNI 2402	S27	HSMK	SGMD#1
Fırın Isıtma (RTH/S) Bölümü											
21	Sızdırmalık Mardanesi 3	SZM#3	M30	AA	4	9,2	1420	UNI 1405	S30	AÇHK	SGMD#1
22	Sızdırmalık Mardanesi 4	SZM#4	M31	AA	4	9,2	1420	UNI 1405	S31	AÇHK	SGMD#1
23	Saptırma Mardanesi 4	SPM#4	M28	AA	7,5	14,3	1450	UNI 2402	S28	HSMK	SGMD#1
24	Saptırma Mardanesi 5	SPM#5	M29	AA	7,5	14,3	1450	UNI 2402	S29	HSMK	SGMD#1
25	Saptırma Mardanesi 6	SPM#6	M32	AA	7,5	14,3	1450	UNI 2402	S32	HSMK	SGMD#1
26	Saptırma Mardanesi 7	SPM#7	M33	AA	7,5	14,3	1450	UNI 2402	S33	HSMK	SGMD#1
27	Saptırma Mardanesi 8	SPM#8	M34	AA	7,5	14,3	1450	UNI 2402	S34	HSMK	SGMD#1
Fırın Gaz/Jet Soğutma (GJC) Bölümü											
28	Gaz/Jet Soğutma Fan 1	GJCF#1	M35	AA	37		1500	UNIV 3405	S35	AÇHK	FIRIN PLC
29	Gaz/Jet Soğutma Fan 2	GJCF#2	M36	AA	37		1500	UNIV 3405	S36	AÇHK	FIRIN PLC
30	Gaz/Jet Soğutma Fan 3	GJCF#3	M37	AA	37		1500	UNIV 3405	S37	AÇHK	FIRIN PLC
Sıcak Gerdirmeler Mardaneleri											
31	Sıcak Gerdirmeler Mardanesi 1	SGMD#1	M49	DA	40	105,5	1640	M155R	S49	KÇHK / Ana Sürücü	GMD#3A
32	Sıcak Gerdirmeler Mardanesi 2	SGMD#2	M50	DA	40	105,5	1640	M155R	S50	HSMK / SGMD#1 için Yardımcı Sürücü	SGMD#1

Tablo A.1. Motor Tanım Listesi

EK 6

S.No	Açıklama	Motor Kodu	Motor No	Motor Tipi	Güç (kW)	Akım (A)	Hız (rpm)	Sürücü Tipi	Sürücü No	Kontrol Türü	Referans Kaynağı
Pota Sonrası Soğutma Kulesi											
33	Pota Sonrası Saptırma Merdanesi 1	PSSM#1	M38	AA	7,5	17	1450	UNI 2402	S38	HSMK	SGMD#1
34	Pota Sonrası Saptırma Merdanesi 2	PSSM#2	M39	AA	7,5	17	1450	UNI 2402	S39	HSMK	SGMD#1
Yüzey Düzeltme											
35	Gerdirme Merdanesi 3A	GMD#3A	M58	DA	52	133,5	1700	M155R	S58	KÇHK / Ana Sürücü	SD (HAT HIZI)
36	Gerdirme Merdanesi 3B	GMD#3B	M59	DA	99	254	1660	M350R	S59	HSMK / GMD#3A için Yardımcı Sürücü	GMD#3A
37	Gerdirme Merdanesi 4A	GMD#4A	M60	DA	52	133,5	1700	M155R	S60	HSMK / GMD#4A için Yardımcı Sürücü	GMD#4B
38	Gerdirme Merdanesi 4B	GMD#4B	M61	DA	99	254	1660	M350R	S61	HSMK / Gerginlik Düzeltme için Ana Src.	GMD#4B+BUR
Gerginlik Düzeltme											
39	Gerdirme Merdanesi 5A	GMD#5A	M62	DA	99	254	1660	M350R	S62	HSMK / Gerginlik Düzeltme için Yard.Src.	GMD#4B
40	Gerdirme Merdanesi 5B	GMD#5B	M63	DA	99	254	1660	M350R	S63	HSMK / GMD#5A için Yardımcı Sürücü	GMD#5A
41	Gerdirme Merdanesi 5C	GMD#5C	M64	DA	84,6	219,5	1400	M350R	S64	HSMK / GMD#5A için Yardımcı Sürücü	GMD#5A
42	Gerdirme Merdanesi 5D	GMD#5D	M65	DA	74,4	198	1620	M210R	S65	HSMK / GMD#5A için Yardımcı Sürücü	GMD#5A
Pasivasyon & Primer Kaplama											
43	Pasivasyon Merdanesi 1	PSM#1	M107	AA	9,2	19,2	1440	UNI 2403	S107	AÇHK	SD (HAT HIZI)
44	Pasivasyon Merdanesi 2	PSM#2	M108	AA	9,2	19,2	1440	UNI 2403	S108	AÇHK	SD (HAT HIZI)
45	Pasivasyon Merdanesi 3	PSM#3	M109	AA	9,2	19,2	1440	UNI 2403	S109	AÇHK	SD (HAT HIZI)
46	Pasivasyon Merdanesi 4	PSM#4	M110	AA	9,2	19,2	1440	UNI 2403	S110	AÇHK	SD (HAT HIZI)
47	Primer Kaplama Merdanesi 1	PKM#1	M111	AA	9,2	19,2	1440	UNI 2403	S111	AÇHK	SD (HAT HIZI)
48	Primer Kaplama Merdanesi 2	PKM#2	M112	AA	9,2	19,2	1440	UNI 2403	S112	AÇHK	SD (HAT HIZI)
49	Primer Kaplama Merdanesi 3	PKM#3	M113	AA	9,2	19,2	1440	UNI 2403	S113	AÇHK	SD (HAT HIZI)
50	Primer Kaplama Merdanesi 4	PKM#4	M114	AA	9,2	19,2	1440	UNI 2403	S114	AÇHK	SD (HAT HIZI)

Tablo A.1. Motor Tanım Listesi

S.No	Açıklama	Motor Kodu	Motor No	Motor Tipi	Güç (kW)	Akım (A)	Hız (rpm)	Sürücü Tipi	Sürücü No	Kontrol Türü	Referans Kaynağı
ÇIKIŞ BÖLÜMÜ											
Çıkış Akümülatörü											
51	Akümlatör 2	AKM#2	M68	DA	168	430	550	M420R	S68	HSMK	SCADA
Gerdirme Merdanesi 6											
52	Gerdirme Merdanesi 6A	GMD#6A	M69	DA	40	105,5	1640	M155R	S69	HSMK / Ana Sürücü	GMD#5A + AKM#2
53	Gerdirme Merdanesi 6B	GMD#6B	M70	DA	40	105,5	1640	M155R	S70	HSMK / GMD#6A için Yardımcı Sürücü	GMD#6A
Çıkış Sıkıştırma Merdanesi											
54	Sıkıştırma Merdanesi 7	SMD#7	M71	AA	3	6,5	1440	UNI 1405	S71	AÇHK	KSÇHR
Sarıcı											
55	Sarıcı 1	SR#1	M72	DA	118	295	1780	M350R	S72	Sarıcı/Moment Kontrolü	SCADA
KÇHK:Kapalı Çevrim Hız Kontrolü											
AÇHK: Açık Çevrim Hız Kontrolü											
HSMK: Hız Sınırlama Moment Kontrolü											
KSÇHR: Kısa Süreli Çalışma Hız Referansı											
SD: Hattın Ana Kontrol Sürücüsü											
BUR: Boy Uzatma Referansı											

ÖZGEÇMİŞ

Duhan SÖNMEZ, 09 Mayıs 1975 de Ankara'da doğmuştur. Ortaokul ve lise eğitimini Vangölü Anadolu Lisesi'nde tamamlamıştır.

1993 yılında liseden üçüncülük derecesi ile mezun olmuş ve aynı yıl Yıldız Teknik Üniversitesi'nin Elektrik Müh. Bölümüne katılmıştır. Bir senelik eğitim sonrasında İstanbul Teknik Üniversitesi, Elektrik Müh. bölümüne geçiş yapmış ve 1997 yılında bu bölümden mezun olmuştur.

Lisans eğitimi boyunca Güç Elektroniği ve Elektrik Makinaları konularında çalışma yapmış ve halen, motor kontrol uygulamalarının tasarlandığı bir firmada proje mühendisi olarak çalışmaktadır.