

TC
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

13/169

YÜKSEK GERİLİM ÜRETEN DİZEL JENERATÖRLERDEN OLUŞAN BİR
SİSTEMİN SİNYALİZASYON ANALİZİ

MURAT KÖSEOĞLU

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

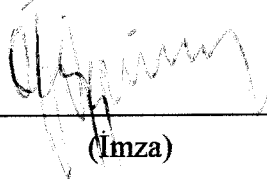
MALATYA

Ağustos 2003

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM
DOKÜMANİZASYON MERKEZİ

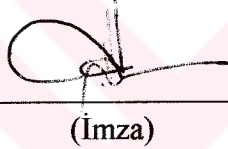
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne,

Bu çalışma Jürimiz tarafından Elektrik-Elektronik Ana Bilim dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.



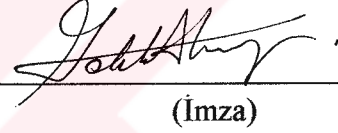
(İmza)

Yrd.Doç.Dr. Ö. Faruk ÖZGÜVEN
Başkan



(İmza)

Yrd.Doç.Dr. M. Emin TAĞLUK
Üye




(İmza)

Yrd.Doç.Dr. İ. Gökhan AKSOY
Üye

Onay

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

26.104.103



Dr. Ali ŞAHİN
Enstitü Müdürü

TA FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

YÜKSEK GERİLİM ÜRETEEN DİZEL JENERATÖRLERDEN OLUŞAN BİR SİSTEMİN SİNYALİZASYON ANALİZİ

Murat KÖSEOĞLU

İnönü Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Elektrik-Elktronik Mühendisliği Anabilim Dalı

136 + ix sayfa

2003

Danışman: Yrd. Doç. Dr. M. Emin TAĞLUK

Dünyada ve ülkemizde enerji kaynaklarının gitgide tükenmesi ve çeşitli problemler nedeniyle (savaş, siyasi kriz, iklim) elde edilmesinde sorun yaşanması, ülkeleri bu konuda çeşitli önlemler almaya itmiştir. Bu önlemlerden biri de sürekli belirli bir kaynağa bağlı kalmadan enerji temini amacıyla farklı yakıtlarla çalışan alternatif enerji santrallerinin sayısını arttırmaktır. Bunlara doğal gaz, dizel, biomas ve rüzgar enerjisi santralleri örnek verilebilir. Bu tür santrallerin yapımı ve işletme maliyetinin yüksek olması nedeniyle ortaya çıkan bu tür dezavantajlar özel teşvikler ve alım garantisi sözleşmeleriyle kompanze edilmiştir.

Enerji santrallerinde işçilik maliyetini azaltmak, santraldeki ünitelerin ömrünü uzatmak ve optimum işletme şartlarını sağlamak ancak santraldeki tüm verilerin düzenli takibiyle mümkündür. Bu da iyi bir sinyalizasyonla sağlanabilir.

Bu çalışmada 52.5 MW Esenboğa Dizel Enerji Santrali'nin sinyalizasyon sistemi projeden analiz edilerek, uygulamaya nasıl geçirildiği ve sinyalizasyonun nasıl gerçekleştiği açıklanmıştır. Yapılan analizler ve işletme mühendisiyle yapılan görüşmeler sonrasında santraldeki sinyalizasyonun başarılı olduğu ve öngörülen amaçları sağladığı sonucuna varılmıştır. Bunun yanında uygulamada karşılaşılan zorluklar esas alınarak, santral kurulurken planlanması gereken önemli hususlara da değinilmiştir.

ANAHTAR KELİMELER: Sinyalizasyon, dizel enerji santrali, veri iletimi, SCADA

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

ABSTRACT

Master Thesis

ANALYSIS OF SIGNALISATION OF A SYSTEM BASED ON HIGH-VOLTAGE DIESEL GENERATORS

Murat KÖSEOĞLU

Inonu University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Electrical-Electronics Engineering

136 + ix pages

2003

Supervisor: Yrd. Doç. Dr. M. Emin TAĞLUK

Gradually exhaustion of energy resources in the world and our country and because of variety reasons (war, political crisis, climate) cause problems in running these resources have enforced countries to take provisions. One of these provisions is to increase the number of alternative power plants using different resources like natural gas, diesel, biomass and wind energy. The disadvantages resulting from high construction and management costs of power plants have usually been compensated by special incitements and guarantee in purchasing settlements.

Reducing labour costs, extending the life of the units of power plant and determining the optimum management conditions are possible only by monitoring and controlling of all the data regularly in power plants. The monitoring and control of the data can be achieved with a perfect signalisation system.

This work covers monitoring of the construction of the Esenboğa Diesel Energy Power Plant and analysing the projects of the plant from the signalisation perspective. The whole plant was analysed and how the signalisation was realized and managed through out the system was investigated. The signalisation process was followed step by step and the important real matters that were faced during the construction of the plant were recorded and discussed in the final chapter.

KEY WORDS: Signalisation, diesel energy power plant, data transmission, SCADA

TEŞEKKÜR

Çalışmam sırasında bilgisinden ve desteğinden yararlandığım değerli tez danışman hocam Yrd.Doç.Dr. M.Emin Tağluk'a;

Bu çalışmayı hazırlamaya başladığım sıralarda birlikte çalışma imkanı bulduğum, tüm bilgilerini benle paylaşan, maddi ve manevi desteğini hiç esirgemeyen değerli insan Elk. Mühendisi İ.Tevfik İşçimen'e (Ankara Enerji Üretim A.Ş.);

Gerek iş hayatımda, gerekse özel hayatımda bana her zaman destek olan ve ilgilerini esirgemeyen aileme ve arkadaşlarıma;

Bu günlere gelmemde katkıda bulunan tüm hocalarıma;

teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ	vi
ÇİZELGELER LİSTESİ	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	ix
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	4
2.1. Petrol Yakıtları.....	4
2.2. Yanma Olayı	5
2.3. Isı Enerjisinin Mekanik Enerjiye Dönüştürülmesi	6
2.4. Yakıtların Karşılaştırılması.....	6
2.5. Enerji Üretiminde Motorlar	7
2.5.1. Dört Zamanlı Dizel Motorlar	7
2.6. Santralde Optimal Gücün Önemi.....	9
2.7. Ölçme Ve Kontrol Sistemleri	13
2.8. Algılayıcılar Ve Sistemler	14
2.9. Veri Toplama (Data Acquisition) Sistemleri.....	17
2.10. Dijital Sistemlerde Sinyal Dönüştürme Ve İşleme	22
2.10.1. Giriş.....	22
2.10.2. Dijital Sinyaller Ve Kodlama	24
2.10.3. Veri Dönüşümü Ve Kuantalama.....	26
2.10.4. Örnekleme Ve Tutma (Sample-And-Hold, S/H)	29
2.10.5. Dijital – Analog Dönüştürme (D/A)	30
2.10.6. Analog- Dijital Dönüştürme (A/D).....	33
2.11. Veri İletimi.....	35
2.11.1. İki – İletkenli İletim.....	36
2.11.2. Dört İletkenli İletim.....	37
2.11.3. Altı İletkenli İletim.....	38
2.12. Ölçme Ve Kontrol Sistemlerinde Gürültü.....	38
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	40
3.1. Santral Binası	40
3.2. Yakıt Depolama Ve Hazırlama Ünitesi.....	42
3.3. Egzoz Gazı Değerlendirme Ve Arıtma Ünitesi	43
3.4. Su Soğutma Ünitesi	45
3.5. Su Besleme Ve Depolama Ünitesi	46
3.6. Jeneratörlerin Spesifikasyonları.....	46
3.7. Jeneratörlere Ait Besleme Modülleri Ve Binayı Oluşturan Teknik Bölümler ..	47
3.8. Jeneratör Çıkış Hücreleri.....	47
4. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	50
4.1. Otomasyonda Kullanılan Modüler Cihazlar Ve Sistemin Yapısı	51
4.1.1. Kuhse İzleme Arayüzü KİA(KMI- Kuhse- Monitoring- İnterface)	52
4.1.2. Kuhse Çalışma Tablosu (KÇT-KABT 9811/72).....	53
4.1.3. Kuhse Gösterge Tablosu (KGT-KABT 9704).....	53
4.1.4. Çoklu Ölçüm Dönüştürücüsü (ÇÖD- KMU).....	53
4.1.5. MST'nin Teknik Özellikleri	54

4.2.	Santraldeki Ana Paneller	54
4.2.1.	CCP Ortak Kontrol Paneli (Common Control Panel)	55
4.2.2.	GCPI Jeneratör Kontrol Paneli (Generator Control Panel)	55
4.2.3.	ECPI Motor Kontrol Paneli (Engine Control Panel).....	55
4.2.4.	EAI Motor Yardımcı Ekipman Paneli (Engine Auxiliaries)	56
4.2.5.	CAI Ortak Yardımcı Ekipman Paneli 1(Common Auxiliaries 1).....	56
4.2.6.	CA2 Ortak Yardımcı Ekipman Paneli2 (Common Auxiliaries 2).....	56
4.2.7.	BCP. Acil Durum Jeneratörü Kontrol Paneli (Blackstart Control Panel)	56
4.3.	Sinyal Algılama- İletme-Cevap Prosesi.	57
5.	TARTIŞMA VE SONUÇ	70
6.	KAYNAKLAR	72
7.	EKLER	75
EK1	1. Nolu Sinyalin Algılama – İletme – Cevap Prosesine İlişkin Projeler	76
EK2	2 Nolu Sinyalin Algılama – İletme – Cevap Prosesine İlişkin Projeler	78
EK3	3 Nolu Sinyalin Algılama – İletme – Cevap Prosesine İlişkin Projeler.....	81
EK4	4 Nolu Sinyalin Algılama – İletme – Cevap Prosesine İlişkin Projeler.....	95
EK5	5 Nolu Sinyalin Algılama – İletme – Cevap Prosesine İlişkin Projeler.....	97
EK6	Alstom’a Ait 11 kV Orta Gerilim Hücrelerinin Tek Hat Şemaları	108
EK7	Santraldeki Tüm Panellere Ait Giriş Ve Çıkış Sinyallerinin Listesi	114
EK8	Paneller Arasındaki Veri İletim Sisteminin Şematik Gösterimi.....	133
EK9	Analog Arayüz – (Kanı – Kuhse Analog Interface)	134
EK10	Baca Gazı Arıtma Sistemi	135
EK11	400 V – İç İhtiyaç Tek Hat Diyagramı	136

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1.	Santralin hiyerarşik sinyalizasyon şeması	2
Şekil 2.1.	Bir dizel jeneratörün önden görünüşü.....	8
Şekil 2.2.	Bara-hat bağlantısı kontrolü blok diyagramı	10
Şekil 2.3.	P-Q optimizasyon algoritmasında kontrol değişkenleri.....	12
Şekil 2.4.	Ölçme ve kontrol sisteminin fonksiyonel blok diyagramı.....	13
Şekil 2.5.	Bir veri kazanç sistemindeki algılayıcıların pozisyonu. Algılayıcı 1 temassız, algılayıcı 2 ve 3 kendiliğinden üreten, algılayıcı 4 modülasyonlu algılayıcılardır. Algılayıcı 5 veri kazanç sisteminin dahili bir elemanıdır. .	16
Şekil 2.6.	Bir dijital işlem sisteminin blok diyagramı.....	22
Şekil 2.7.	D/A dönüştürücünün blok diyagram gösterimi	23
Şekil 2.8.	A/D dönüştürücünün blok diyagram gösterimi	23
Şekil 2.9.	Bit, byte ve kelime (word) kavramları.....	24
Şekil 2.10.	Sabit nokta sayı gösterimi.....	25
Şekil 2.11.	Hareketli nokta sayı gösterimi	25
Şekil 2.12.	Üç bitlik A/D kuantalama işleminde giriş çıkış karakteristiği.....	26
Şekil 2.13.	Örnekleme ve tutma devresinin eşdeğer gösterimi.....	29
Şekil.2.14.	S/H devresinin giriş ve çıkış karakteristiği	29
Şekil 2.15	Basit bir D/A dönüştürücünün temel elemanları	30
Şekil 2.16.	Ağırlıklı rezistans tipi üç bit D/A dönüştürücü.....	30
Şekil 2.17.	R-2R merdiven tip D/A dönüştürücü.....	32
Şekil 2.18.	Ardışık-Yaklaşım A/D çeviricinin basitleştirilmiş blok diyagramı.....	34
Şekil 2.19.	İki iletkenli 20 mA analog veri iletimi.....	36
Şekil 2.20.	Dört iletkenli iletim metodu.....	37
Şekil 3.1.	Santralin genel görünüşü	41
Şekil 3.2.	Yakıt ve yağ depolama tankları	42
Şekil 3.3.	HFO6'yı ayırıştırın seperatörler	43
Şekil 3.4.	Bacalar ve bacaların hemen yanında egzoz çıkışına bağlanacak kazanlar .	44
Şekil 3.5.	Ceket suyu soğutma fanlarından bir görüntü	46
Şekil 3.6.	a. Jeneratör nötr ve çıkış hücreleri projesi	48
	b. Güç trafosu giriş ve çıkış hücreleri projesi.....	48
Şekil 4.1.	Kuhse modüler sistem bileşenlerinden bazıları	51

Şekil 4.2. Gösterge ünitelerine ve operasyonel ünitelere fiber optik kabloyla bağlı kontrol ve izleme amaçlı arayüz	52
Şekil 4.3. KABT 9811/72	53
Şekil 5.1. 5 nolu sinyale ait işaret akış diyagramı.....	68



ÇİZELGELER DİZİNİ

Tablo 2.1. Yakıtları ısı değerlerine göre karşılaştırması	6
Tablo 2-2. İşaret bitli 3 bitlik tam sayılar için ikili ve ondalık kod çevrim bağıntıları..	27
Tablo 2.3. Üç bitlik A/D çevrimde analog ve dijital sayılar arasındaki bağıntı	28
Tablo 2.4. Şekil 2.16'daki 3-Bit D/A çevirici çıkış gerilimi değerleri	32
Tablo 2.5. İletilen gürültünün tipik kaynakları ve önerilen çözümler	39



SİMGELER VE KISALTMALAR

A	Piston yüzeyi (mm^2)
BCP	Acil durum Kont. Paneli (Blackstart Control Panel)
CA	Ortak Yardımcı Ekipmanlar (Common Auxiliaries)
CCP	Ortak Kontrol Paneli (Common Control Panel)
CMRR	Ortak işareti bastırma oranı
DAC	Veri Toplama ve Kontrol (Data Acquisition and Control)
E_0	Çıkış gerilimi
E_r	Referans gerilim
EA	Motor Yardımcı Ekipmanları (Engine Auxiliaries)
ECP	Motor Kontrol Paneli (Engine Control Panel)
FS	Dijital çıkışın tam ölçek değeri
GCP	Jeneratör Kontrol Paneli (Generator Control Panel)
LSB	En hafif bit
MSB	En ağır bit
n	Krank milinin dönme hızı (dev/dak)
P	Motor gücü = aktif güç (kW)
p	Basınç (N/mm^2)
Q	Reaktif güç (VAR)
q	Kuantalama seviyesi
s	Pistonun stroku; (m)
τ	İzleme süresi
T	Örnekleme ve tutma periyodu
z	Silindir sayısıdır

1. GİRİŞ

Dizel jeneratörlerden oluşan bir enerji üretim santralinde kontrol, koruma ve ölçme işlevlerinin eksiksiz, doğru ve yeteri kadar hızlı bir şekilde yerine getirilebilmesi için sinyalizasyon çok önemli bir yer teşkil etmektedir.

Elektrik üretiminde maliyetin analiz edilmesi durumunda; dizel enerji santrallerinin de içinde olduğu termik santraller için değişken giderler içinde en büyük paya yakıt giderlerinin, ikinci en büyük paya ise işçilik giderlerinin sahip olduğu görülmüştür [1,2]. Bu çerçevede dizel enerji santrallerinde daha iyi yanma sağlayarak daha az yakıtla daha fazla enerji üretebilmek, yağlama, soğutma, filtrasyon gibi ünitelere ait elemanların çalışma ömrünü uzatabilecek işlevlerle ilgili bilgileri eş zamanlı olarak sadece bir yerden takip edebilmek ve yine benzeri birçok uygulamayı birlikte gerçekleştirebilmek ancak en tepeden en alt kademeye kadar iyi bir sinyal algılama – iletme – cevap prosesiyle mümkündür. Bu şekilde mümkün olduğu kadar az teknik elemanla, düşük maliyetle ve hata payıyla üretim yapmak mümkündür.

Enerji santralinde ayrı ayrı görevleri bulunan fakat ortak görev olan enerji üretimini sağlamak için, birbirlerini tamamlayarak koordineli bir şekilde çalışan ünitelerin ve bu ünitelere ait elemanların büyük bir kısmının kontrolü, korunması, soğutulması, yağlanması, yüklenmesi, devreye alınması ve izlenmesi gibi birçok görev karşılıklı sinyalizasyon yoluyla gerçekleştirilmektedir.

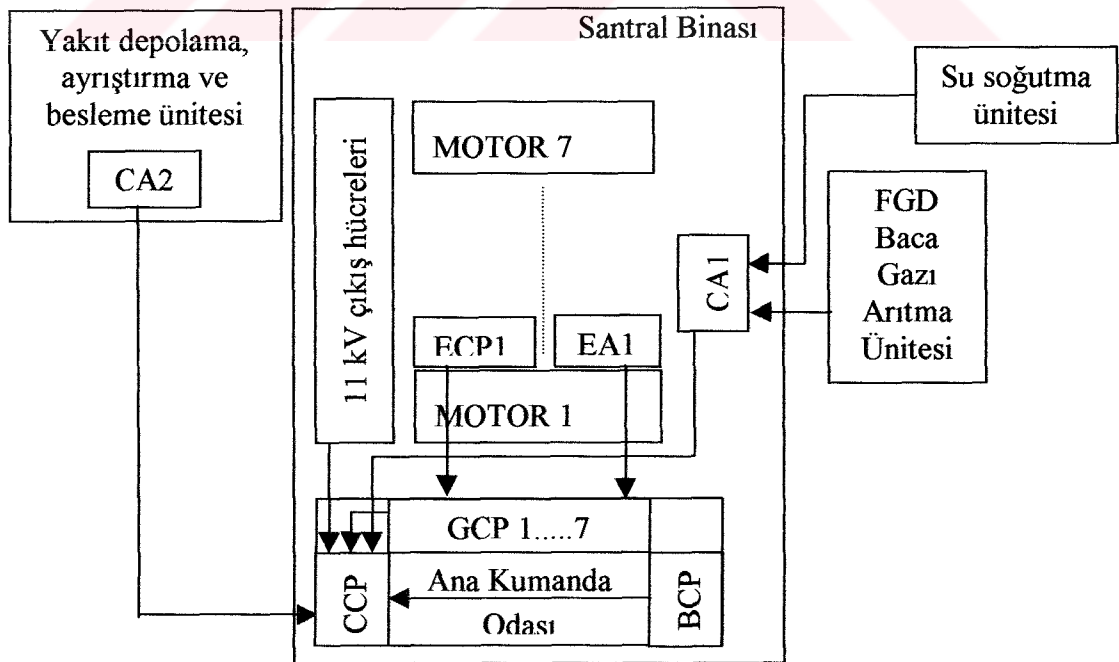
Bu çalışmada incelenen 52.5 MW Esenboğa Dizel Enerji Santralinde ise bu üniteler ve elemanlar;

- a) Üretimle ilgili olarak – jeneratörler, yakıt seperatörleri ve pompaları, yağ seperatörleri ve pompaları, su soğutucuları ve pompaları, hava kompresörleri, jeneratör koruma ve kontrol elemanları;
- b) Üretilen enerjinin enterkonnekte şebekeye verilmesiyle ilgili olarak – 11 kV jeneratör çıkışından, 34.5 / 154 kV Esenboğa Trafo Merkezi giriş hücrelerine kadar kullanılan tüm koruma, ölçme ve güç trafoları, kesiciler ve diğer anahtarlama elemanları, parafudurlar, senkronoskoplar ve ilgili tüm röleler, sayaçlar, kaydediciler ve ara birimler (Ek 6);
- c) İç ihtiyacı sağlamayla ilgili olarak – 11 kV çıkış sisteminde sözü edilen elemanların 400 V çalışma koşullarındaki eşdeğerleri ve 11 kV / 0.4 kV iç ihtiyaç trafoları (Ek 11);

- d) Motorlardan çıkan egzoz gazının arıtılması ve değerlendirilmesiyle ilgili olarak buhar kazanları ve baca gazı arıtma ünitesi (Ek 8 - De-SO_x)
- e) Sistemin soğutulması ve santralinin su ihtiyacının karşılanmasıyla ilgili olarak – soğutma fanları ve kuleleri, su arıtma ünitesi, su tankları ve pompaları şeklinde sıralanabilir.

Birçok dizel enerji santralinde de üniteler ve işleyiş biçimleri hemen hemen birbirinin benzeri olmakla beraber, kullanılan elemanlara, çıkış gücüne, sayısal değerlere ve santrale ait ünitelerin yapımını üstlenen firma veya firmaların (Siemens, Alstom, Man B&W, Kuhse, Waertsilla, vb.) çalışma şekillerine bağlı olarak küçük farklılıklar ortaya çıkmaktadır. Fakat genelde temel mantık bu tür santrallerin hepsinde aynıdır.

Sinyalizasyon, sistemdeki tüm ünitelerin ve ünitelere ait elemanların mevcut durumu hakkındaki bilginin kumanda odasına aktarıldıktan sonra burada SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) olarak adlandırdığımız kontrol ve izleme sisteminin yazılımına göre çeşitli optimizasyon algoritmalarına tabi tutularak değerlendirilmesi ve değerlendirme sonucundaki yeni çalışma parametrelerinin ve komutlarının mevcut durumun daha da iyileştirilebilmesi için santraldeki ünitelere cevap sinyali olarak iletilerek santralin en verimli şekilde çalışmasının sağlanması proseslerinin tümünü kapsamaktadır.



Şekil 1.1. Santralin hiyerarşik sinyalizasyon şeması

Bu çalışmanın amacı Ankara Esenboğa Havaalanı ve çevresinin enerji ihtiyacını karşılayan ve kuruluş aşamasından üretim aşamasına kadar Türk-Alman işbirliği ile gerçekleştirilen Esenboğa Enerji Santrali'nde kullanılan izleme ve kontrol sisteminin yapısının incelenerek sinyalizasyonunun adım adım takip edilmesi ve analizinin yapılmasıdır. Bu amaç doğrultusunda Esenboğa Enerji Santralinin üniteleri ve çalışma prensibi açıklanmıştır. Daha sonra ise santralde kontrol, koruma ve izleme proseslerinin sağlanabilmesi için gerekli tüm sinyaller Ek 7'de Türkçe'ye çevrilerek listelenmiştir. Bu sinyallerin algılanması, iletilmesini sağlayan sistem, ana kumanda panelleri ve bu panellerle hiyerarşik bir şekilde çalışan alt paneller (Şekil 1.1) açıklanmıştır. Bu sinyallerin 5 tanesi açıklanarak temel sinyalizasyon mantığı anlatılmıştır. Anlatılan işlemlerin doğruluğu pratikte de kontrol edilmiş, böyle bir sistemin sinyalizasyonunun kuruluş aşamasında karşılaşılan zorluklara da değinilmiştir.

Bu çalışmanın konusu uygulamaya yönelik olduğundan, matematiksel manipulasyonlardan ve teorik hesaplamalardan ziyade, teoride anlatılanların pratik uygulamalarda ortaya çıkan sonuçları üzerinde durulmuştur. Bununla beraber üzerinde çalışılan sistemin çalışma prensibinin teorik temellerine de çalışmanın 2. bölümünde değinilmiştir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Enerji günlük yaşamımızda önemli bir faktör olup; mekanik iş, ısı ve aydınlatma şeklinde kullanılmaktadır. Bu üç enerji şekline yararlı enerji denilmektedir. Yararlı enerji elde etmek için doğada bulunan enerji kaynaklarından yararlanılır. Ancak doğada bulunan enerji kaynakları doğrudan yararlı enerjiye dönüştürülmez. Bunlar bir takım değişmeler ve iyileştirmelerle öncelikle yakıt ve sonra buhar, gaz, elektrik gibi enerji taşıyıcı durumuna getirilir ve sonra yararlı enerjiye çevrilir. Enerji kaynakları; yakıtlar (termik santraller), doğa kuvvetleri (hidroelektrik santralleri, rüzgar enerjisi santralleri) ve özel doğa kuvvetleri olarak sınıflandırılabilir.

Yakıtlar fiziksel durumlarına göre katı, sıvı ve gaz yakıtları olmak üzere üç gruba ayrılırlar. Katı yakıtların esasını; odun (sanayide çok az kullanılır), odun kömürü, turba, linyit, taş kömürü; sıvı yakıtların esasını; petrol ve gaz yakıtların esasını ise doğal gaz oluşturmaktadır. Ancak kömürden işlemek ve değerlendirmek suretiyle, sıvı ve gaz; petrolden de gaz yakıtları elde edilir. Dünyanın oluşumundan bu yana, jeolojik devirler boyunca, bazı bölgelerde bir tabaka halinde bitki kalıntıları yığılmış ve maden kömürü tabakalarını, daha sonrada linyit yataklarını oluşturmuştur. Bugün bu yataklarda maden kömürü ve linyit çıkartılmaktadır. Diğer organik kalıntılar petrol ve doğal gazlara dönüşmüş ve yer altında petrol ve doğal gaz yatakları oluşmuştur. Günümüzde bu yatakların yeniden oluşma imkanları olmadığından, harcandıkça yataklarda bulunan rezervler azalmaktadır. Şöyle ki yapılan bazı tahminlere göre çok uzun olmayan bir zamandan sonra bu rezervlerin tükenmesi söz konusudur. Bu nedenle yakıtlar, yenilenemez enerji kaynağı olarak bilinir. Günümüzde en çok kullanılan yakıt enerjisi tükendiği ve yerine başka bir enerji kaynağı bulunamadığı durumda dünya bir enerji krizine girebilir. Bu yüzden son zamanlarda yenilenebilir ve yeni enerji kaynakları konularına daha çok önem verilmektedir [1-5].

Bu çalışmanın konusu dizel enerji santrallerinde motorlardan enerji üretimi ile ilgili olduğu için petrol yakıtları, bu yakıtların yanması ve ısı enerjisinin mekanik enerjiye dönüşümü konularına kısaca değinmekte yarar vardır.

2.1. Petrol Yakıtları

Ham petrol, esasen bir çok hidrokarbon, yani karbon ve hidrojen bileşimlerinden oluşmaktadır. Doğada ham petrol üç grupta toplanabilir.

- a) İçinde vaks (wax) bulunan ve C_nH_{2n+2} şeklinde ifade edilen parafin
- b) C_nH_{2n} şeklinde ifade edilen naften.. En son buharlaşan kısımlarda asfalt vardır
- c) İlk iki gruptan meydana gelen karışık ham petroldür.

Petrolü oluşturan hidrokarbonların her birinin farklı özgül ağırlığı ve kaynama noktası vardır: dolayısıyla damıtma yolu ile ayrıştırılabilir. Petrolden bu yöntemle elde edilen ürünler; birinci damıtmadan sonra: gazlar (metan, etan, propan), benzin, motorin ve gazyağı elde edilir. Kalan kısmın vakum damıtmasından: çeşitli yağlar elde edilir. Damıtma yöntemiyle elde edilen yakıtlar öncelikle kükürt ve benzeri yabancı maddelerden temizleme gibi basit bir işleme tabi tutulur ve bunlara basit damıtma yakıtları denir. Basit damıtma ile elde edilmiş benzin bu şekilde kullanılmaya uygun değildir. Uygun olması için kraking yani ağır molekülleri parçalayarak hafif moleküllere dönüştürme işlemine tabi tutulur. Benzin, motorin ve gazyağı gibi yakıtlara genellikle fuel-oil denir. Bunlar Amerikan standardı ASTM D396 ve Alman standardı DIN 51603'e göre beş gruba ayrılır. Ülkemizde resmi bir sınıflandırma olmamakla beraber, aynı anlama gelen: benzin, motorin, fuel-oil no 4, fuel-oil no 5 ve fuel-oil no 6 (kimyasal olarak alkanlar sınıfına girerler) isimleri kullanılır [5-7].

2.2. Yanma Olayı

Yakıtlar yanma ile ısıya dönüştürülebilir. Esasen yanma, yakıtta bulunan karbon ve hidrojenin havada bulunan oksijenle kimyasal olarak birleşmesidir. Genellikle bir yakıtta; karbon (C), hidrojen (H_2), kükürt (S) gibi yanabilen ve kül, nem (H_2O), azot (N_2) ve oksijen (O_2) gibi yanmayan elementler bulunur. Sıvı yakıtlarda kül ve nem az miktarda bulunur. Gaz yakıtlarda kesinlikle kül yoktur. Bu nedenle kömür nem oranından dolayı daha zor yanmakta ve yandıktan sonra oldukça büyük miktarda kül bırakmaktadır. Yanma sırasında karbon oksijenle karbondioksit (CO_2); hidrojen oksijenle su (H_2O) ve kükürt oksijenle kükürt dioksit (SO_2) oluşturur. Bu reaksiyonların meydana gelmesi için yakıtta bulunan karbonları, hidrojenleri ve kükürtleri yakmaya yetecek miktarda oksijen; oksijenin kaynağı hava olduğu için de yetecek miktarda hava bulunması gereklidir. Bu durumda tamamlanmış yanma denilen bu yanmada reaksiyonlar ekzotermik yani dışarıya ısı veren reaksiyonlardır. Yeterli miktarda hava bulunmuyorsa, reaksiyonlar dışarıdan ısı alan reaksiyonlardır ve tamamlanmamış yanma olur. Bu durumda karbon ile oksijenin birleşmesiyle çevre kirliliğini arttıran

karbon monoksit (CO) meydana gelir. Dolayısıyla verimli bir yanmada böyle bir reaksiyona izin verilmemelidir. Aksi takdirde motorun verimi düşer ve bu da uzun vadede büyük mali kayıplara neden olabilir [1,2,5-7].

2.3. Isı Enerjisinin Mekanik Enerjiye Dönüştürülmesi

Yakıtlardan elde edilen ısı enerjisi motorlarda direkt olarak mekanik enerjiye dönüştürülebilir. Isı enerjisinin mekanik enerjiye dönüşebildiğini Termodinamiğin birinci ve ikinci kanunları ile ispatlanmıştır. Çeşitli kitaplarda çeşitli şekilde ifade edilen ve esasen Lavoisier'in buluşlarına dayanan, Robert Mayer tarafından açıklanan ve Joule tarafından deneyle ispat edilen termodinamiğin birinci kanunu şu anlam taşımaktadır. Bütün enerji çeşitleri karşılıklı olarak birbirlerine dönüştürülebilirler. Kapalı ve adyabatik bir sistemin toplam enerji miktarı bu enerjinin sistem içindeki dönüşümü ne olursa olsun sabittir (enerjinin korunumu kanunu). Termodinamiğin ikinci kanununa göre: ısı ancak bir sıcaklık farkı olduğu durumda mekanik işe dönüşebilir. Bir mekanizmaya verilen ısının tümü mekanik işe dönüşmemektedir; bir kısmı kullanılmamış ısı olarak kalmaktadır. Bu kanun iki önemli kavramı ortaya koymaktadır. Birincisi ısı kaynağının sıcaklığı, ısının işe dönüşebilirliğinin bir ölçütü olmasıdır. Bu bakımdan sıcaklık farkı ne kadar büyükse, o kadar daha büyük mekanik iş elde edilir. İkinci kavram ise verimdir. Verim, ısının işe dönüşebilen kısmını ifade etmektedir [5].

2.4. Yakıtların Karşılaştırılması

Yakıtları karşılaştırmada en önemli özellik yakıtların ısıl değerleridir. Isıl değeri katı ve sıvı yakıtların 1 kg.'ının; gaz yakıtlarının ise 1 m³ 'ünün 0°C 'de ve 1 Atü basınç altında tam olarak yanması ile kJ olarak elde edilen ısı miktarıdır. Yakıtların ısı enerjisi bakımından önemli bir karşılaştırma faktörü olan bu değer, katı ve sıvı yakıtlarda kJ/kg ve gaz yakıtlarında Kcal/Nm³ olarak ölçülür.

Aşağıda çeşitli yakıtların ortalama ısıl değerleri verilmiştir [5,6].

Tablo 2.1. Yakıtları ısı değerlerine göre karşılaştırma tablosu [5]

Taş kömürü	50008000 Kcal/Kg	Kok gazı	4000 Kcal/Nm ³
Linyit (briket)	3000 ... 5000 Kcal/Kg	Hava gazı	3700 Kcal/Nm ³
Turba	1200 ... 3000 Kcal/Kg	Doğal gaz	8000 ... 10000 Kcal/Nm ³
Fuel-oil	9500 ...10000 Kcal/Kg		

2.5. Enerji Üretiminde Motorlar

Santralde kullanılan motorlar, içten yanmalı motorlardır ve kendi aralarında ikiye ayrılırlar:

- 1) Dizel Motorlar
- 2) Benzinli Motorlar

İçten yanmalı motorların genel çalışma prensibi basit olarak şu şekildedir: Kapalı bir sistem içerisinde ateşleme ve yanma ile yakıtın kimyasal enerjisi serbest bırakılarak basınca dönüştürülür; bu basınç piston denilen bir elemanı etkileyerek bunu doğrusal bir hareket yapmaya zorlar. Dizel motorlarda silindir içerisine saf hava emilir; bu hava piston tarafından sıkıştırılır ve sıkıştırma stroku sonlarına doğru silindir içerisine yakıt püskürtülür. Silindir içerisine sıkıştırılan havanın sıcaklığı yüksek (500 ...750°C) olduğundan, püskürtülen yakıtın yanmasına neden olur. Benzinli motorlarda ise silindir içerisine hava-yakıt karışımı emilir ve belirli bir noktada buji ile ateşleme suretiyle bu karışım tutuşturulur. Gerek benzin, gerekse dizel motorlar dört veya iki zamanlı olabilirler.

Motorları simgeleyen en önemli özellik kilo-watt (kW) veya beygir gücü (BG) ile ölçülen motor gücüdür. Dört zamanlı bir motorun gücü kW olarak formül 1.1 ile bulunur [5].

$$P = \frac{z \cdot A \cdot p \cdot s \cdot n}{2 \cdot 60 \cdot 1000} \quad [kW] \quad (2.1)$$

Burada A (mm²)- piston yüzeyi alanı; p (N/mm²)- basınç; s (m)- pistonun stroku (vuruş); n (dev/dak)- krank milinin dönme hızı; z- silindir sayısıdır.

İncelediğim santralde ve genel olarak dizel enerji santrallerinde dört zamanlı (four-stroke) içten yanmalı motorlar kullanıldığı için bu motorları biraz tanıtmak istiyorum.

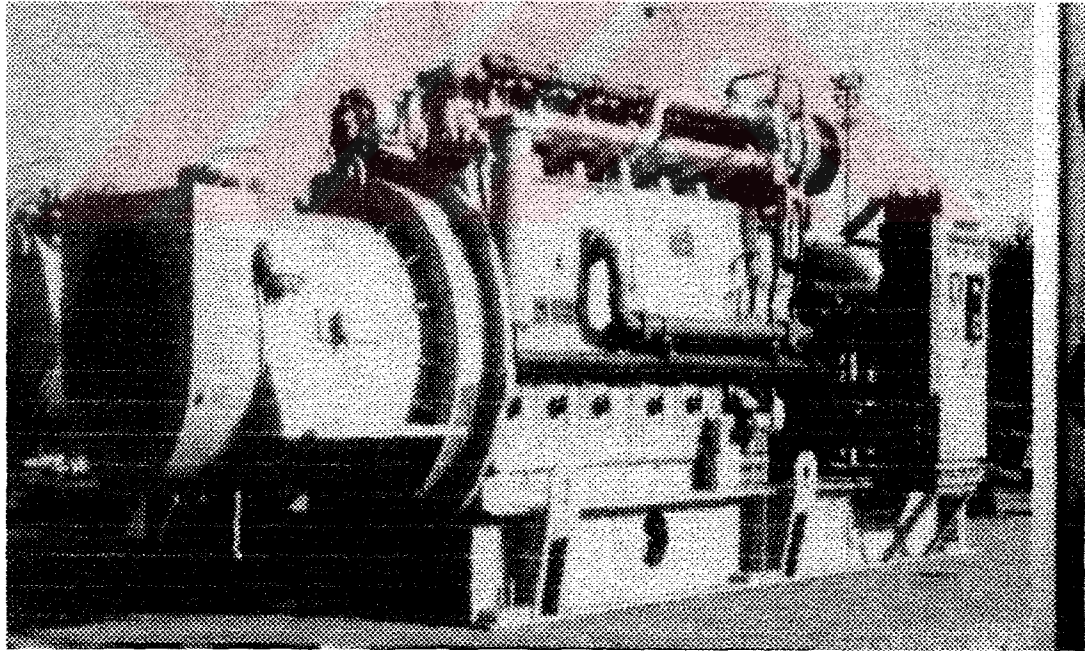
2.5.1. Dört zamanlı dizel motorlar

Dört zamanlı dizel motorların çalışma stroklarını açıklamadan önce motorla ilgili bazı terimlerin bilinmesi gerekir. D- silindir iç çapıdır; üst ölü nokta (ÜÖN)- pistonun silindir içerisine erişebileceği en üst noktadır; alt ölü nokta (AÖN)- Pistonun silindir içerisine varabileceği en alt noktadır; strok (s)- üst ölü nokta ile alt ölü nokta arasında pistonun kat ettiği mesafedir; strok hacmi veya silindir hacmi (V)- üst ölü nokta ile alt ölü nokta arasındaki silindir hacmidir ve $V = (\pi D^2 / 4) \cdot s$ bağıntısıyla ifade

edilir ve cm^3 veya litre olarak ölçülür. Çok silindirli motorlarda motor hacmi, toplam silindir hacmine eşittir ve n silindirli motorda nV bağıntısıyla bulunur. Dört zamanlı motorlarda mekanik iş, pistonun dört strokunda gerçekleşir ve silindir içerisinde meydana gelen olayların toplamına iş çevrimi (cycle) denir. Bir dizel motoru meydana getiren parçalar ve olaylar sırasıyla şu şekildedir :

Bir dizel motor şu elemanlardan meydana gelir (Şekil 2.1):

- | | |
|--------------------|-----------------------|
| 1) Karter | 10) Ön filtre |
| 2) Silindir | 11) Yakıt pompası |
| 3) Silindir kafası | 12) Yakıt filtresi |
| 4) Krank mili | 13) Hava filtresi |
| 5) Biyel | 14) Püskürtme pompası |
| 6) Piston | 15) Enjektör |
| 7) Emme supabı | 16) Marş motoru |
| 8) Egzoz supabı | 17) Dinamo ve Akü |
| 9) Yakıt deposu | 18) Regülatör |
| | 19) Akü |



Şekil 2.1. Bir dizel jeneratörün önden görünüşü

1. Emme stroku :Emme supabı açılır, piston aşağıya doğru hareket eder ve silindir içerisine hava emilir. Emme, piston alt ölü noktaya gelinceye kadar devam eder.
2. Sıkıştırma stroku : Piston alt ölü noktaya geldiği anda, emme supabı kapanır ve piston üst ölü noktaya doğru hareket etmeye başlar. Bu şekilde tamamen kapanmış olan

silindir içerisinde havanın işgal ettiği hacim küçülmeye başlar ve hava sıkıştırılır. Sıkıştırma, piston üst ölü noktaya yaklaşıncaya kadar devam eder ve burada termodinamik bakımdan en elverişli zamanda yakıt püskürtülür.

3. Genişleme stroku : Yakıt püskürtülmesi sonucu meydana gelen tutuşmada serbest kalan kimyasal enerji, karışım gazının basınç değerini yükseltir. Bu basınç piston yüzeyini etkiler ve pistonun üst ölü noktadan alt ölü noktaya itilmesini sağlar. Bu şekilde mekanik bir iş elde edilmiş olur. Bu sırada silindir içerisinde bulunan gazın hacmi de genişler ve bununla birlikte gazın basıncı da azalır. Pistonun doğrusal hareketi biyel-manivela mekanizmasının yardımıyla dönme hareketine dönüştürülür.

4. Egzoz stroku : Genişleme sonucu yanmış gazın basıncı minimum değere düşer. Bu noktada egzoz supabı açılır ve piston üst ölü noktaya hareket ederek, silindir içerisinde bulunan yanmış gazları dışarıya atar. Piston üst ölü noktaya eriştiğinde egzozun büyük bir bölümü dışarıya atılmış olur. Bu noktada egzoz supabı kapanır ve emme supabı açılır ve yeni bir iş çevrimi için taze hava emilmeye başlanır.

Dört zamanlı motorlarda pistonun dört strokuna karşılık, krank mili (manivela) iki devir yapar; yani her strok için yarım devir. Bu nedenle manivelanın yarıçapı r ile ifade edilirse, pistonun s stroku ile manivelanın r yarıçapı arasında $r = s/2$ bağıntısı vardır. Pistonun dört strokundan sadece birisi, genişleme stroku mekanik iş yapar. Bu strokta elde edilen enerjinin bir kısmı, diğer strokların gerçekleşmesini sağlar [5].

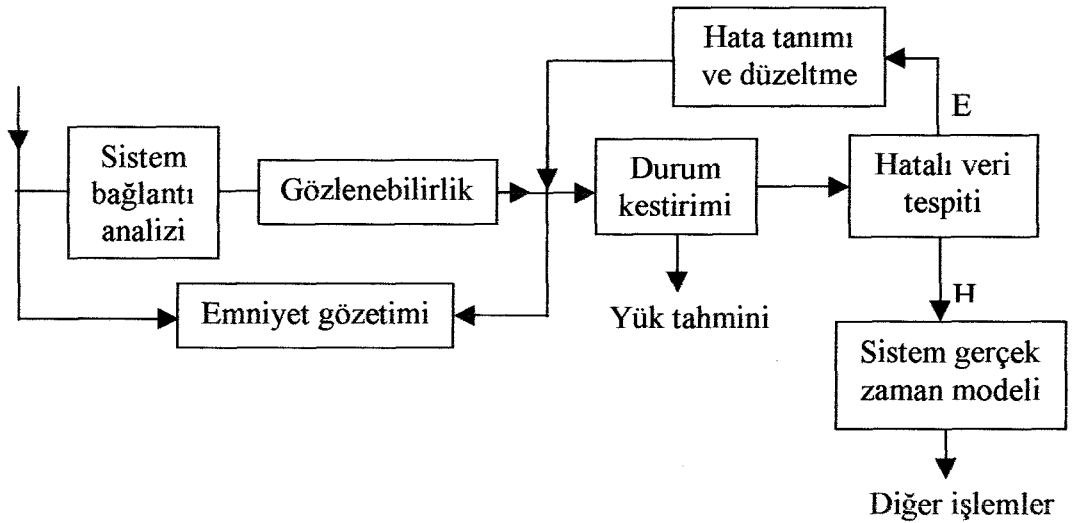
Sonuçta elde edilen mekanik dönme hareketi şaft üzerinden rotora aktarılır ve rotorun dönmesini sağlar.

2.6. Santralde Optimal Gücün Önemi

Enerji sistemlerinde optimizasyon üç ana başlık altında incelenebilir: P (aktif güç) optimizasyonu, Q (reaktif güç) optimizasyonu ve PQ (aktif reaktif) optimizasyonu. P optimizasyonunda amaç enerji sistemini besleyen santrallerdeki yakıt maliyetini kW başına minimum yapmaktır. Q optimizasyonunda ise enerji iletim hatlarındaki güç kaybını en aza indirilecek çözüm araştırılır. PQ optimizasyonunda ise yukarıda belirtilen amaçlara aynı anda sahip olmaya çalışılır. Literatürde her üç optimizasyon türüne ilişkin çok sayıda ve farklı yaklaşımlar içeren algoritmalar mevcuttur. Bu algoritmalar içinde SCADA sistemine en uygun olanı, şüphesiz büyük boyutlu güç sistemlerinde çalışabilecek ve data girişleriyle optimal çözümü bulma arasındaki süreyi en aza indirecek özellikte olan algoritmalarlardır. Zira enerji sistemi dinamik bir yapıya sahiptir ve her an yeni bir veri girişi olabilir. Eski data girişine karşı gelen optimal çalışma

noktaları araştırılırken yeni data girişleri olması halinde hesaplama sonunda elde edilen sonuçların bir önemi kalmayacaktır.

Optimal güç akışı (OGA) çalışmalarında kontrol değişkenleri için başlangıç koşulları gerekmektedir. Kimi OGA algoritmasında kontrol değişkenlerine ilişkin başlangıç değerlerinin optimal noktalara çok uzak olmama şartı aranırken kimi algoritmada bu özellik aranmaktadır. Bir OGA algoritmasında güç akışı algoritması da yer almaktadır. Güç akışı algoritması sisteme ilişkin eşitlik kısıtlarının (equality constraints) sağlanması açısından son derece önemlidir. OGA algoritması örneğin PQ optimizasyonu yapıyor ise hem P hem de Q algoritması içinde güç akışı alt algoritması kullanılması kaçınılmaz olabilir. Bu yüzden güç akışı algoritması için harcanan zamanı azaltmak için 'hızlı ayrışık güç akışı' vb. algoritmalar kullanılmaktadır. Uç birimlerden ard arda alınan iki değer grubunun okudukları süreler arasındaki farkın en az değerde olması ne kadar önemliyse algoritmayı hızlandırıcı etkiye sahip çalışmaların OGA içine sokulması o kadar önemlidir. Kısıtlayıcı fonksiyonları göz önüne almadan OGA kullanan algoritmaların SCADA sisteminde pratik manada bir önemi yoktur. Zira elde edilen optimal çalışma noktalarının sistemin emniyetli çalışabilir bölgesi içinde kalması taviz verilemeyecek bir şarttır. Kısıtları gözetemeyen OGA ile elde edilen optimal kontrol değişken değerlerinden bazısının yinede belirlenen emniyet sınırlarını aşması ihtimali vardır ve bu yüzden elde edilen sonuçlar "emniyet kontrolü algoritması" ndan geçirilmesi gerekmektedir. Şekil 2.2'de gösterildiği gibi sistemin bara-hat bağlantısı sürekli olarak gözden geçirilmelidir. Aksi halde sisteme ilişkin bara empedans ve bara admitans matrisleri güncellenmiş olmaz ve sonuç olarak bulunan optimal çalışma noktaları da hatalı olur.



Şekil 2.2. Bara-hat bağlantısı kontrolü blok diyagramı

Şekil 2.3'de aktif ve reaktif güç optimizasyonunu aynı anda yapan bir PQ optimizasyonu algoritması verilmiştir. GSKM (Güç Sistemi Kontrol Merkezi)'ne uç birimlerinden gelen kontrol değişken değerlerine ilaveten santrallerden temin edilen kW başına üretim maliyet katsayıları da ulaşmalıdır. Kontrol değişkenleri olarak jeneratörler tarafından üretilen aktif güç değerleri, reaktif güç kompanzatorlerinin reaktif güç değerleri, jeneratör baralarının gerilim genlik değerleri, transformatör kademelerinin kademe ayar değerleri alınır. Güç akışı hesaplamaları boyunca kontrol değişken değerleri sabit tutulur. Aktif güç optimizasyonu yapılırken jeneratörler tarafından üretilen aktif güç değerleri hesaplanır. Aktif güç optimizasyonu sona erdiğinde hesaplanan ve sabit tutulan tüm kontrol değişken değerleri için sistemin üretim maliyet fonksiyonu minimum olur. Bulunan bu değerler için Q optimizasyonu ilk iterasyon içinde yakınsar ise aktif güç optimizasyonunu temin eden tüm durum ve kontrol değişken değerlerinin aynı zamanda sistemin tüm iletim kayıplarını da minimum kıldığı söylenir. Şayet P optimizasyonunu minimum kılan değerler Q optimizasyonunu sağlamıyor ise tüm jeneratörlere ilişkin aktif güç değerleri sabit tutularak geri kalan kontrol değişken değerleri matematiksel metotlar yardımıyla değiştirilerek Q optimizasyonu algoritması yakınsatılmaya çalışılır.

Algoritma sonunda elde edilen kontrol değişken değerleri iletişim ortamı yardımıyla uç birimlere yollanır ve kontrol edilen cihazın yeni kontrol değerleriyle çalışması sağlanır. Şüphesiz bilgisayar teknolojisinin geldiği seviye (büyük boyutlu sistemlerin gerek verilerinin rahatlıkla toplanabilmesi ve işleme tabi tutulabilmesi ve gerekse bilgisayar hızlarının büyük değerlere ulaşmış olması) ekonomik güç akışı algoritmasını on-line olarak çalışabileceğinin en önemli kanıtıdır. Güç akışı hesaplamaları sonunda bulunan değerler tüm değişkenler için gerekli olan alt ve üst sınırlar arasında kalabilir. Yalnızca güç akışı hesaplamaları sonunda elde edilen üretim maliyeti ve kayıp güç miktarı ile optimal güç akışı sonunda elde edilen değerler arasında % 10 ile % 20 arasında değişken bir fark göze çarpmaktadır. Bu fark enerji tasarrufu açısından ele alındığında göz ardı edilemeyecek bir değerdir. Bu nedenle enterkonnekte sisteme verilen enerjinin üretim, iletim ve dağıtım aşamalarını kontrol eden bir sistemin sürekli çalıştırılması oldukça önemlidir. Danışmalı kontrol ve veri sistemi (SCADA - Supervisory Control And Data Acquisition), büyüyen ve gittikçe kontrolü zorlaşan enerji sistemleri için vazgeçilmez bir araçtır. Gerek sistem emniyetinin en üst düzeyde temini ve gerekse müşteri taleplerini en makul sürede ve en ekonomik biçimde karşılayabilmenin en az riskli yolu SCADA sistemidir.



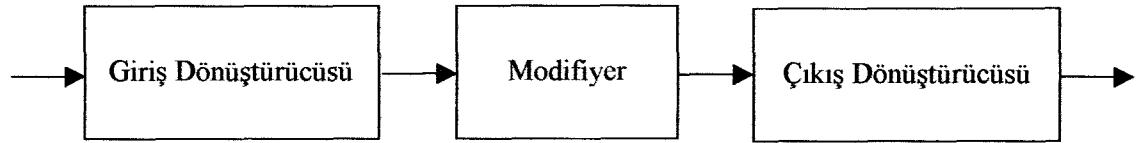
Şekil 2.3. P-Q optimizasyon algoritmasında kontrol değişkenleri

SCADA sisteminin üç önemli unsuru vardır: uç birim donanımı , iletişim ortamı ve kontrol merkezine ilişkin bilgi işlem donanımı ve yazılımı. Mevcut iletim sisteminde kullanılan koruma iletkeninin dış yüzeyi koruma amacı ile iç kısmı ise transmisyon hattı olarak uygun bir yapıda imal edilerek iletişim ortamı sağlanabilmektedir. Dış kısım ile iç kısım arasında kalan bölge ise koruma hattının bozucu etkilerini iç kısma yansıtmayacak bir Faraday sistemi içerir. Bu sistemin bir diğer alternatifi , uç birimler ile merkezi kontrol birimi arasında uydu yardımı ile haberleşme sağlanmasıdır.

Böyle bir projenin hayata geçirilmesinin maliyeti, orta vadede sağlayacağı ekonomik avantajlarla karşılanabilir. Ekonomik olmayan üretimin ve dağıtımın maliyeti, önlenme imkanı olan hatalardan kaynaklanan elektrik kesintileri ve alet hasarlarının ekonomik maliyeti, böyle bir sistemi hayata geçirmenin maliyetinden hiç de az değildir [1-5,8].

2.7. Ölçme ve Kontrol Sistemleri

Bilgi işleme sistemi terimi bilgisayarlar, osiloskoplar, kapı kilitleri, klinik termometreler, uydular, yazar kasalar, otomatik içecek makineleri, görüntü projektörleri, ..vb. lerini içeren sistemlerin geniş bir spektrumu anlamına gelir. Bütün bu sistemler, herhangi bir yolla bilgiyi işlerler. Burada bilgi işleme sistemi olarak özellikle enerji santralleri ve fabrikalar gibi büyük tesislerde kullanılan modern elektronik ölçme ve kontrol sistemleri ve bu sistemlerde kullanılan dönüştürücülerin ve algılayıcıların bazılarına değinilmiştir. Aşağıdaki şekilde de görüldüğü gibi sistem üç bloklu bir zincir şeklinde gösterilmiştir.



Şekil 2.4. Ölçme ve kontrol sisteminin fonksiyonel blok diyagramı

Algılayıcı olarak da adlandırılan giriş dönüştürücüsünde, ışık şiddeti, yer değişimi, sıcaklık, manyetik alan veya pH değerleri gibi fiziksel veya kimyasal birimler elektrik veya elektronik sinyallerine dönüştürülür. Bu amaca yönelik çok sayıda fiziksel ve kimyasal etkiler mevcuttur.

Bir giriş dönüştürücüsünde enerji taşıyan sinyal, elektriksel olmayan sinyal biçiminden elektriksel bir biçime dönüştürülür.

İkinci blok olan modifiyerde elektronik sinyal modifiye edilir. Modifiyer bir yükseltici kadar basit olabileceği gibi bir mikroişlemci veya büyük bir bilgisayarın merkezi işleme birimi kadar karmaşık da olabilir. Modifiyerde enerji taşıyan sinyalin biçimi başka bir biçime dönüştürülmez.

Bir modifiyerde analog-dijital veya akım-frekans dönüşümü oluşur; burada sinyal yükseltilebilir, filtre edilebilir veya modifiyer bir bilgisayardan ibaretse sinyal uzun bir algoritmaya maruz bırakılabilir. Sinyal, modifiyerin girişinde olduğu gibi çıkışında da daima elektrik enerjisi ile taşınır. Entegre devre teknolojisindeki ilerlemeler çok akıllı modifiyerlerin üretilmesini mümkün kılmıştır. Örneğin mikroişlemciler, hafıza çipleri ve işlemsel yükseltiler uygun fiyatlarda olup devamlı bir düşüş göstermekte ve çok yönlülük-güvenilirlik ilişkisinde bir artış olmaktadır.

Son olarak çıkış dönüştürücüsünde elektrik sinyali tekrar elektriksel olmayan bir sinyale dönüştürülür ve beş duyardan biri ile algılanabilir. Örneğin, monitör veya displayde sinyal ışınım enerjisi ile ve hoparlörde mekanik (akustik) enerji ile taşınır.

Aygıt, kontrol amacı ile kullanıldığı zaman çıkış sinyali fiziksel bir birimi kontrol edecek şekilde mekanik olarak görünür. Çıkış dönüştürücüsünün çıkışı ve fiziksel birimi üretecek sistemin çıkışı arasında bir geri besleme döngüsü yapılır ve fiziksel birim önceden belirlenmiş istenilen seviyede kontrol edilebilir.

Bilginin kayıt veya depolama işlemi tasarlandığında, çıkış dönüştürücüsü olarak bir kayıt kafası veya ısı yazıcı kafası kullanılabilir. Sonunda bir çıkış dönüştürücüsü bilginin iletimi için gerekli olabilir. Elektromanyetik ışınım bir sinyal taşıyıcı olarak kullanıldığı zaman çıkış dönüştürücüsü basit bir anten biçimindedir. Görüntüleme aygıtları ve iletim aygıtları arasındaki benzerlik çarpıcıdır. Optik bir görüntülemeye görünür elektromanyetik ışınım izleyen kişinin gözüne bilgi taşır. Bundan dolayı bir görüntüleme aygıtı gerçekte bir iletim aygıtıdır [9,10].

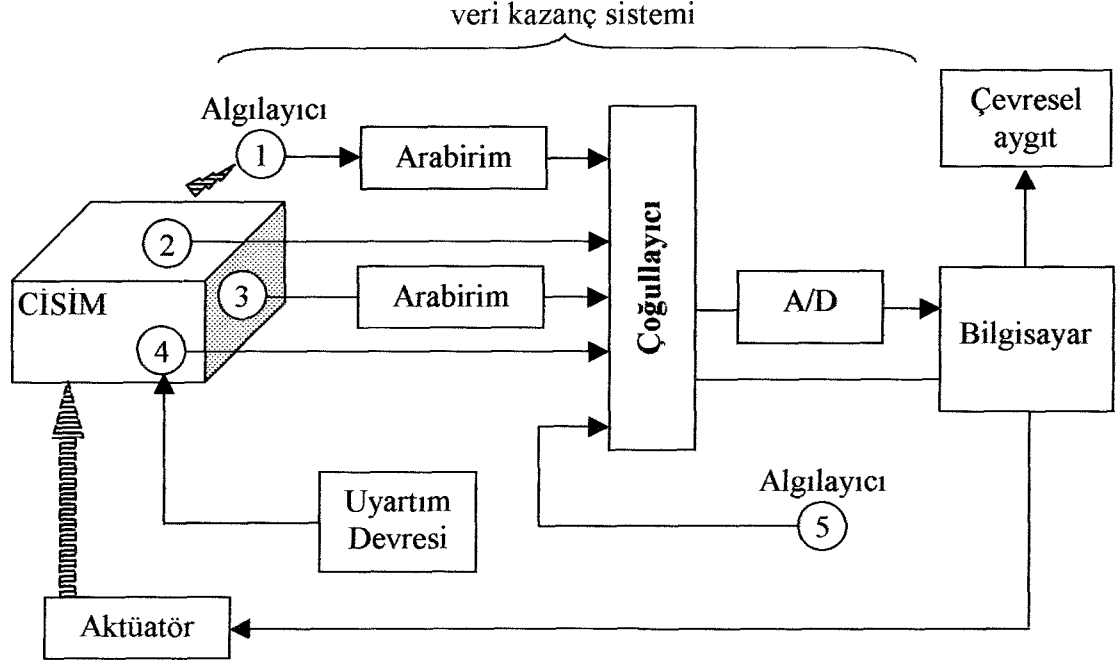
2.8. Algılayıcılar ve Sistemler

Bir algılayıcının (sensor) amacı herhangi bir çeşit fiziksel özelliğe veya uyarıma tepki vererek, bunu elektronik devrelerce uyumlu bir şekilde kullanılabilecek elektrik sinyaline dönüştürmektir. Algılayıcı için elektriksel olmayan sinyali elektriksel sinyale dönüştüren bir dönüştürücü ifadesi de kullanılabilir. Asıl sinyali elektriksel sinyale

dönüştürmenin amacı, bu sinyali yükseltme ve elektronik ekipmanlarla modifiye etme işlemlerinin uygulanabilirliğini sağlamaktır. Algılayıcının çıkış sinyali akım, gerilim veya yük biçiminde olabilir. Bunlar, daha da ileri olarak genlik, frekans ve faz terimleri ile de tanımlanabilir. Bu çıkış çeşitleri, çıkış sinyal formatı olarak adlandırılır.

Bir algılayıcı tek başına bir fonksiyona sahip değildir ve daima diğer dedektörler, sinyal düzelticiler, sinyal işleyiciler, hafıza aygıtları, veri kaydediciler ve aktüatörleri içerebilen çok büyük sistemlerin bir parçasıdır. Aygıttaki algılayıcının yeri ya intrinsik (öz) veya ekstrinsiktir (öz olmayan). Algılayıcı, dış etkileri algılamak için aygıtın girişine yerleştirilebilir ve dışarıdaki uyarıcının değişimleri hakkında sisteme sinyal verebilir. Algılayıcı aynı zamanda bir aygıtın dahili bir parçası da olabilir ve uygun performansı sağlayabilmek için aygıtın kendi durumunu da gözleyebilir. Bir algılayıcı daima bir çeşit veri kazanç sisteminin bir parçasıdır. Sıklıkla böyle bir sistem çok sayıda geri bildirim mekanizmaları içeren çok büyük bir kontrol sisteminin parçası olabilir. Bu yüzden algılayıcı seçiminde en önemli nokta, sistemin toplam performansını azaltmayacak bir şekilde uyarıcıyı algılayacak en ergonomik algılayıcıyı seçmektir.

Algılayıcı elemanlar kendi aralarında kendiliğinden üreten ve modülasyonlu dönüştürücüler olarak iki çeşit olabilir. Kendiliğinden üreten algılayıcılar harici uyarıcıya tepki olarak doğrudan bir elektrik sinyali üretir. Yani giriş uyarıcı enerjisi ek bir güç kaynağına gerek duymadan algılayıcı tarafından çıkış enerjisine dönüştürülür. Bunlara örnek olarak ısı çifti (thermocouple), piro-elektrik (ısınmaya ile elektriklenebilen madde) dedektör ve piezo-elektrik algılayıcılar gösterilebilir. Modülasyonlu algılayıcılar ise çalışmalarını için uyartım sinyali olarak adlandırılan harici güç gerektirir. Bu sinyal, çıkış sinyali üretmek için algılayıcı tarafından modifiye edilir. Modülasyonlu dönüştürücüler bazen parametrik olarak adlandırılır. Çünkü kendi özellikleri harici etkiye tepki olarak değişir ve bu özellikler daha sonra elektrik sinyallerine dönüştürülebilir. Örneğin bir termistör sıcaklığa duyarlı bir dirençtir. Hiçbir sinyal üretmez fakat içinden bir elektrik akımı yani uyartım sinyali geçirilerek direnci akım ve/veya uçlarındaki gerilim değişimlerinin dedeksiyonu ile ölçülebilir. Bu değişimler (ohm olarak alınır) doğrudan sıcaklık ile ilişkilidir. Büyük sistemlerde algılayıcının kullanımı, basitleştirilmiş olarak yukarıdaki (Şekil 2.5) veri kazanç ve kontrol aygıtlarının blok diyagramında gösterilmektedir. Şekil 2.5'deki cisim bir canlı, bir taşıt, bir motor, bir kazan gibi her şey olabilir.



Şekil 2.5. Bir veri kazanç sistemindeki algılayıcıların pozisyonu. Algılayıcı1 temassız, algılayıcı 2 ve 3 kendiliğinden üreten, algılayıcı 4 modülasyonlu algılayıcılardır. Algılayıcı 5 ise veri kazanç sisteminin dahili bir elemanıdır

Cismin cinsine, fonksiyonuna, kullanıldığı yere bağlı olarak algılama ve ölçme yöntemleri farklı olabilir. Bunların bazıları (2,3,4) doğrudan cisme yönlendirilir veya cismin içinde olabilir. Algılayıcı 1 fiziksel temas olmadan cisimi algılar ve bu yüzden de temassız algılayıcı olarak adlandırılır. Bu tür algılayıcılara ışınım dedektörü, termal kamera örnek olarak verilebilir. Algılayıcı 5 farklı bir amaca hizmet eder yani veri kazanç sisteminin kendisinin dahili durumunu gözler. Bazı algılayıcılar (1 ve 3) uygun olmayan çıkış sinyal formatlarından dolayı standart elektronik devrelerine doğrudan bağlanamazlar ve ara birim aygıtlarının (sinyal düzelticiler) kullanımını gerektirirler. Algılayıcı 1,2,3 ve 5 kendiliğinden üreten algılayıcı tipinde olup elektronik devrelerde enerji tüketimi olmaksızın elektrik sinyali üretirler. Algılayıcı 4, modülasyonlu tip olup uyartım devresiyle sağlanan bir operasyon sinyali gerektirir. Modülasyonlu algılayıcıya bir termistör örnek gösterilebilir. Termistör, sıcaklığa duyarlı bir direnç olup uyartım devresi olan sabit bir akım kaynağıyla çalışabilir. Sistemin büyüklüğüne ve karmaşıklığına bağlı olarak algılayıcı sayısı bir (ev termostatu) gibi küçük bir sayı ile birkaç bin (çok üniteli elektrik santralleri) gibi büyük bir sayı arasında değişebilir.

Şekil 2.5'deki devrede algılayıcılardan gelen elektrik sinyalleri bir anahtar veya kapı olan bir çoğullayıcıya (MUX) verilir. Çoğullayıcının fonksiyonu belirli bir periyotla algılayıcıları sırasıyla tek tek analog-dijital dönüştürücüye (A/D) bağlamaktır.

Aynı zamanda cisim üzerinde aksiyonda bulunan aktüatöre kontrol sinyalleri de gönderebilir. Aktüatörlere örnek olarak elektrik motoru, selenoid, röle, pnömatik valf verilebilir. Sistem, bazı çevresel aygıtlar (örneğin veri kaydedici, display, alarm, vb.) ve blok diyagramda gösterilmemiş bazı bileşenler içerebilir. Bunlar filtreler, örnekleme ve tutma devreleri, yükselticiler, vb. olabilir [9-12].

2.9. Veri Toplama (Data Acquisition) Sistemleri

Modern endüstrilerde üretimde kalite ve maliyet hesaplarının iyi yapılması bir işletmenin ekonomik ömrünü belirleyen önemli etkenlerin başında gelir. Üretimde kazanılan pazar payı yaşamsal önem taşır. Hiçbir işletme pazarını kaybetmek istemeyeceği gibi arttırmak eğilimindedir. Burada en önemli etken müşteri memnuniyeti, yani kalite ve modeldir. Diğer bir deyişle üretilenin kalite standartlarına uyumluluğudur. Neredeyse endüstride üretilen her ürün belirlenen dahili yada genel standartlara göre ölçülür ve kalitesi test edilir.

Üretim sürecinde sistemden sürekli bilgi alınarak denetlemenin yapılması bilgisayar teknolojilerinin günümüzde ulaştığı nokta itibarı ile artık eskiye göre çok daha sağlıklı ve kolay olabilmektedir. Bu sayede insan kaynaklı hatalar minimize edilmekte, üretim hızı artmakta ve toplam diğer maliyetler (işçilik, enerji bakımı maliyeti, ıskarta vb.) en aza indirgenebilmektedir. Bütün bu istenenler akıllı bir otomasyon sistemi içinde bütünlenir. Bu amaçlarla birçok mühendis ve bilim adamı laboratuvar araştırmaları endüstriyel kontrol, test ve ölçüm gibi uygulamalar için genişleyebilir veri yoluna sahip kişisel bilgisayarlarla bütünleştirilmiş veri toplama sistemleri kullanmaktadırlar. Mikro elektronik teknolojisindeki hızlı gelişme ve yazılım teknolojisinde yaşanan ilerlemeler Sanal Enstrümantasyon diye adlandırılan temelde veri toplama amaçlı yeni bir teknolojinin tanımlanmasına neden olmuştur. (Teknolojide bugün için gerçekleşen gelişmeler, öngörülenlere göre 15 yıl önde gitmektedir.) Bir işletmede akıllı bir otomasyon sisteminin ayrılmaz bir parçası olan veri toplama sisteminde efektif tasarımını belirleyen üç faktörlü kaynak yönetiminin önemi çok büyüktür ve kesinlikle göz ardı edilmemelidir: 1- Maliyet 2- Planlama 3- İnsan gücü/Faktörü. Bu üç faktör çoğu zaman bir işin yapılıp yapılamayacağını işin başında belirler. Beklenen verimin zaman performans bileşkesindeki sonucuna göre yatırım kararı verilir. Sistem mühendisinin tasarımdan beklediği fayda ve verimliliği karar birimine ve en önemlisi finans bölümüne çok iyi anlatması gereklidir. Tasarlanacak

sistemde kaynakların kullanımı, bugün ve geleceğe yönelik verimlilik ve maliyet hesaplamaları ve nihayet kullanılacak Adam/Saat miktarı planlamanın ana başlıklarıdır. Son olarak insan faktörü diye tanımlanan işin yapılabilirliğinin anlatılması ve ön tasarım çalışmalarından elde edilen başarı değerlendirmesi tasarımın başlatılmasında çok önemli rol oynar. Aksi durumda ise yapılacak iş başlamadan iptal edilir. Yatırım kararı verilen bir veri toplama sisteminin tasarlanmasında ilk adım tasarım yapan mühendisin sistemin bütününe ait gerekli tüm adımları tanımlanmasıdır. Tasarım sırasında önemsellik sırası üç ana bölümde incelenmelidir: 1- Ölçme hedefleri 2- Ölçme ortamı 3- Çözüm yönetimi Bir test ve ölçme sistemi yada bir diğer tanımıyla veri toplama sistemi planlanırken amaca yönelik hedefler açık bir şekilde belirlenmelidir. Bu aşamada gerekli olabilecek tüm sistem bileşenleri etraflıca ve adım adım tanımlanmalıdır. Var olan ölçme ortamının verimliliği maliyetlerde belirleyici olur. Çözüm yönetimi ise eldeki bilgi birikimine ve buna bağlı insan faktörüyle doğrudan bağlantılıdır. PC tabanlı bir veri toplama sisteminden doğru sonuçları alabilmek için tasarım aşamasında aşağıdaki sistem tanımlamalarından her birine ayrı ayrı ihtiyaç vardır. 1- Algılayıcılar 2- Sinyal koşullama (conditioning) 3- Veri toplama donanımı 4- Sürücü ve Analiz ve kontrol yazılımı 5- Kişisel Bilgisayar 6- Veri iletişimi 7- Diğer yardımcı üniteler

ALGILAYICI: (Transducer/ Sensör) Algılayıcılar, fiziksel büyüklükleri diğer bir fiziksel büyüklük olan elektriksel işarete dönüştüren algılama araçlarıdır. Diğer bir deyişle algılayıcılar fiziksel ortam ile endüstriyel amaçlı elektrik /elektronik cihazları birbirine bağlayan bir köprü görevi görürler. Bu cihazlar endüstriyel proses sürecinde kontrol, koruma ve görüntüleme gibi çok geniş bir kullanım alanına sahiptirler. Günümüzde üretilmiş yüzlerce tip sensörden söz edilebilir. Mikro elektronik teknolojisindeki inanılmaz hızlı gelişmeler bu konuda her gün yeni bir buluş yada yeni bir uygulama tipi geliştirilmesine olanak sağlamaktadır. Teknik terminolojide Sensör ve Transducer terimleri birbirlerinin yerine sık sık kullanılan terimlerdir. 1969 yılında ISA (Instrument Society of America) bu iki terimi eş anlamlı olarak kabul etmiş ve "ölçülen fiziksel özellik, miktar ve koşulların kullanılabilir elektriksel miktara dönüştüren bir araç" olarak tanımlamıştır. Elbette ki bir sensör sadece fiziksel miktarın ölçülmesiyle sınırlı olmayıp kimyasal ve biyolojik büyüklüklerin ölçümünü de sağlayabilir. Özellikle son zamanlarda sensörler üzerinde yapılan çalışmalarda monolitik entegre şeklinde çok yönlü ölçüm sensörleri üretilmiş ve bu sensörlerin verimli bir çalıştığı gözlemlenmiştir [13]. Sensörlerle ölçülen büyüklükler 6 değişik ana sınıfta toplanabilir.

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

Özel bir uygulama için uygun bir sensör seçimi statik ve dinamik karakteristikler yanında çevre ve işlemsellik gibi birkaç önemli faktöre daha bağlıdır. Sensörler ayrıca pasif ve aktif şeklinde iki ayrı grupta da toplanmaktadır. Pasif sensörler; Hiçbir şekilde dışardan harici enerji almadan fiziksel yada kimyasal değerleri bir başka büyüklüğe çevirirler. Bu sensör tipine örnek olarak Termocouple yada anahtar gösterilebilir. Anahtar ise bilindiği gibi mekanik bir hareketi elektriksel bir kontakta dönüştürmektedir. Aktif sensörler ise çalışmalarını için harici bir enerji beslenmesine ihtiyaç duyarlar. Bu sensörler tipik olarak zayıf sinyalleri ölçmek için kullanılırlar. Aktif sensörlerde dikkat edilmesi gereken nokta ise giriş ve çıkışlardır. Aktif sensörler endüstride kullanımlarında tipik olarak dijital yada analog formatda elektriksel çıkış sinyali üretirler. Analog çıkışlarda voltaj yada akım döngüsü (lupu) kullanılır. Voltaj çıkışı da oldukça yaygın kullanılmaktadır. Ancak 4-20mA çıkışlı akım döngüsü endüstride standart haline gelmiştir.

Genelde 0-20mA akım döngüsü kullanılmaktadır. Bunun sebebi, endüstride çoğu zaman hatlarda meydana gelen bozulma kopma gibi durumlarda sistemin bu durumu kolay algılaması ve veri iletişiminin sağlıklı yapılabilmesidir. Endüstride bunların kullanımı şu şartlara bağlıdır. Bunlar 1- Sensörlerin yerleştirildiği uzak noktalarda elektrik besleme geriliminin olmaması gereklidir. 2- Sensöre giden kablolar iki ile sınırlanmalıdır. 3- Akım çevrim sinyali göreceli olarak gürültü voltajının ani sıçramalarına karşı korunmalıdır ancak bunu uzun mesafe veri aktarımında yapamaz. 4- Sensörler ölçüm sisteminden elektriksel olarak izole edilmelidir. Öte yandan analog çıkışlara alternatif olan dijital çıkışlar ise bilgisayarlarla direkt olarak iletişim kurabilirler. Bu iletişimler kurulurken belli bazı protokoller kullanılır.

SİNYAL KOŞULLAMA / Sinyal Şartlandırma: (Signal Conditioning) Veri toplama sistemleri endüstride ve/veya laboratuvar çalışmalarında sıkça kullanılmaktadır. Bu tür donanımlarla ölçülen genellikle gerilim seviyesidir. Ancak uygulamalarda çoğu kez fiziksel büyüklükleri algılayan algılayıcıların ürettiği sinyalleri doğrudan DAC (Data Acquisition and Control) donanımına göndermek birçok yönden uygun olamaz. Alınan bu sinyalin DAC donanımının algılayabileceği formata çevrilmesi gerekir. İşte bu sinyal transformasyon işlemi kısaca sinyal koşullandırma olarak adlandırılır. Bu aktarma sırasında düşük seviyeli sinyallerin kuvvetlendirilmesi, çevre birimlerden yada faktörlerden izole edilmesi, gelen sinyalin filtrelenmesi, DAC kartı için uygun seviyeli işaretler haline getirmek için yükseltilmesi algılayıcıların çalışması için gerilim beslenmesi ve nihayet bazı durumlarda sinyallerin DAC'a girmeden önce çoğullanması (multiplexing) gibi birtakım fonksiyonlar gerçekleştirilmektedir. Bu sayede ölçüm sisteminin performansı ve güvenilirliği artmaktadır. Örneğin thermocouple elemanı (T/C) sıcaklıkla değişen gerilim elde etmek için birbirinden farklı metallerin bir araya getirilmesiyle oluşturulmuştur. Bu elemanın çıkışı çok düşük seviyededir. Sıcaklıktaki her 1°C değişim 7 - 40 μ V arası bir değişim gösterir. Dolayısıyla doğru sıcaklık ölçümü için soğuk eklem kompanzasyonu yanında yüksek kazançlı, yüksek çözünürlüklü, düşük gürültü ve düşük distorsiyonlu bir işaret koşullama gerekecektir. Aynı şekilde genelde kuvvet, yük, tork sensörleri, yüksek gerilim girişleri, akım girişleri, hız, seviye titreşim, akustik, gibi algılayıcılar içinde benzer işlemler gerekecektir. Sinyal koşullamanın sahip olduğu fonksiyonlara kısaca bir göz atalım:

YÜKSELTME (AMPLIFICATION): En yüksek derecede doğruluk için, "koşullanmış sinyalin maksimum voltaj aralığı, ADC nin maksimum girdi aralığı eşit olacak şekilde sinyal yükseltilmelidir. Çok yüksek çözünürlük yüksek amplifikasyon ihtiyacını azaltır ve geniş bir dinamik aralık sağlar. Okumalardaki gürültü etkisini minimuma indirebilmek için PC'ye sadece yüksek-seviyeli sinyaller gönderilmelidir.

İZOLASYON (ISOLATION): Diğer bir sinyal koşullama uygulaması da algılanan sinyallerini güvenlik amacıyla bilgisayardan izole etmektir. Algılanan sistem, bilgisayara zarar verebilecek geçici yüksek voltaj bileşenlerini içerebilir. İzolasyona ihtiyaç duyulmasının diğer bir nedeni, DAC kartlarından okunulan değerlerin referans (toprak) potansiyeli ya da "common-mode" voltajından etkilenmediğinden emin olmaktır. DAC kart girişi ve alınan sinyalin referansları "ground" olarak alındığında eğer iki ground arasında potansiyel fark varsa problem oluşur. Bu fark ground döngüsü

olarak bilinir ve alınan sinyalin grafik gösteriminde hatalara sebep olur ve eğer bu fark çok büyükse ölçüm sisteminin zarar görmesine yol açar ve bu durum toprak döngüsü diye adlandırılır. İzole edilmiş koşullama modülleri, bu ground döngüsünü elemine eder ve sinyalin doğru bir şekilde alınmasını sağlar. Bu modüllerin etiket değerleri minimum 240 Vrms civarında olması tercih edilmelidir..

FİLTRELEME (FILTERING): Filtreleme fonksiyonu ölçmeye çalışılan sinyalden, istenmeyen gürültüleri ayıklamak için kullanılmaktadır. Örneğin Isı gibi DC-sınıfı sinyal ölçümlerinde kullanılan gürültü filtresi yapılan ölçümlerin doğruluğunu azaltan yüksek frekanslı (istenmeyen) sinyalleri zayıflatır. Bazı koşullama üniteleri gelen sinyalin DAC kartı tarafından sayısallaştırılmasından önce gürültüyü elemek için 4Hz ve/veya 10kHz "lowpass" (Alçak geçiren) filtreye sahiptir. Bazı DAC kartlar ise enerji hatlarından gelen gürültüyü elemek için "delta-sigma" ADC kullanırlar. Titreşim gibi AC-sınıfı sinyaller ise genelde, "antialiasing" filtre denen daha değişik bir filtreye ihtiyaç duyarlar. Gürültü filtresi gibi antialiasing filtresi de alçak geçiren bir filtredir. Alçak geçiren filtreler çok dik bir "cut off" (Kesme) oranına sahiptirler. Böylelikle kartın giriş "bant genişliği dışındaki tüm frekansları atılır. Eğer giriş sinyalleri filtre edilmemiş iseler kartın girdi "bant genişliğinde hatalı bir şekilde, görünürler. AC-sınıfı sinyal ölçümleri için özel olarak tasarlanmış bazı ürünler, içlerinde ilave olarak antialiasing filtreleri de bulundurulur.

UYARMA (EXCITATION): Bazı algılayıcıların çalışabilmeleri için voltaj /akım beslemesine ihtiyacı vardır Örneğin "strain gauges, thermistors, ve RTD'ler dış akım ve voltaj uyarımına ihtiyaç duyar. RTD ölçümleri genellikle dirençlerdeki değişimleri ölçülebilir voltaja çeviren akım kaynakları tarafından yapılır. "Strain gauges" çoğu kez uyarım kaynaklarına ve devre tamamlama köprüsüne ihtiyaç duyan Wheatstone köprüsü konfigürasyonundaki direnç elemanlarıdır.

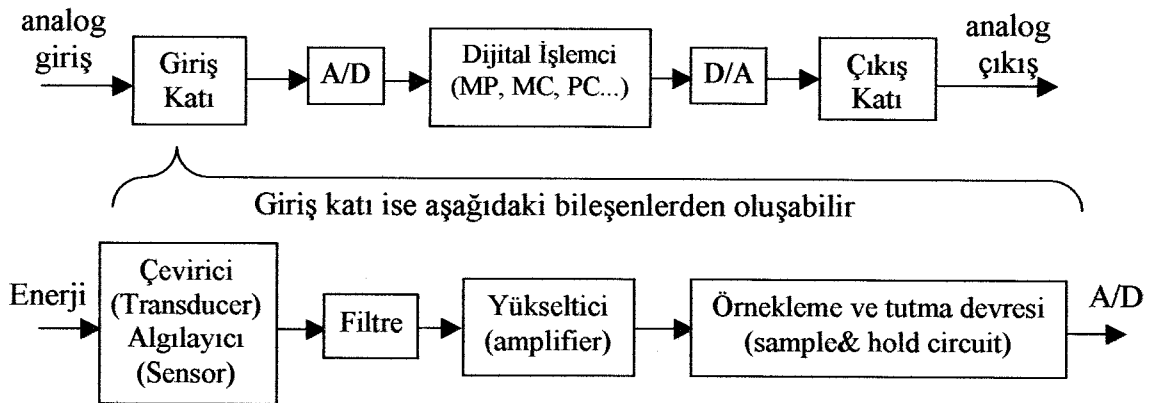
DOĞRUSALLIK (LINEARIZATION): Genel olarak kullanılan diğer bir sinyal koşullama fonksiyonu da lineerizasyondur. Thermocouple'lar gibi çoğu algılayıcılar ölçülen fiziksel olgulardaki değişimlere lineer olmayan tepkiler verirler. Bu durumlarda uygulama yazılımları örneğin thermocouple, strain gauge ve RTD'ler için lineerizasyon rutinleri içerirler [11,12]

2.10. Dijital Sistemlerde Sinyal Dönüştürme ve İşleme

2.10.1. Giriş

Dijital bilgisayarlar iki temel amaç için kullanılırlar. Bunlardan biri, sistem dinamiğinin (parametrelerin) simülasyonunu ve analitik hesabını kontrol amaçlıdır. Fiziksel sistemlerin çoğu yüksek dereceli olduğundan ve lineer olmayan elemanlar içerdiğinden, kontrol mühendisleri, belirli analitik kriterlerin hiçbirine uymayan kompleks sistemlerin tasarımında ve analizinde daha çok bilgisayar simülasyonunu kullanırlar. Bilgisayar simülasyonları genelde analitik değerlerin ortalamalarıyla elde edilen sonuçların kontrol edilmesinde kullanılırlar.

Dijital bilgisayarların kontrol sistemlerinde bir başka uygulaması da kontrolör veya işlemci olarak kullanılmalarıdır. Kontrol edilen proseslerin çoğu analog elemanlar içerdiğinden, birçok dijital kontrol sistemindeki sinyaller, dijital olabildiği gibi analog da olabilirler. Dijital ve analog sinyalleri bağdaştırmak için de ara yüz (interface) olarak devreler kullanılır. Örneğin analog bir cihazın çıkış sinyalleri, dijital bir kontrolöre gönderilmeden önce, analog-dijital dönüştürücüde (A/D) dijitalleştirilmelidir. Bazen A/D dönüştürme prosesi, şifreleme (encoding) işlemi şeklinde tanımlanabilir. Yine aynı şekilde, dijital kontrolörden veya bilgisayardan gelen şifreli (coded) sinyaller, herhangi bir işlem için analog cihaza gönderilmeden önce analog-dijital dönüştürücülerde (D/A) şifre çözme (decoding) işlemine tabi tutulurlar. Dönüştürücü devrelerinde, zaman paylaşımı (time-sharing) amaçlı olarak; çoğullayıcı (multiplexer), örnekleyici ve tutucu (samplers & holder), istenmeyen sinyalleri engellemek için filtre gibi elemanlar kullanılır.

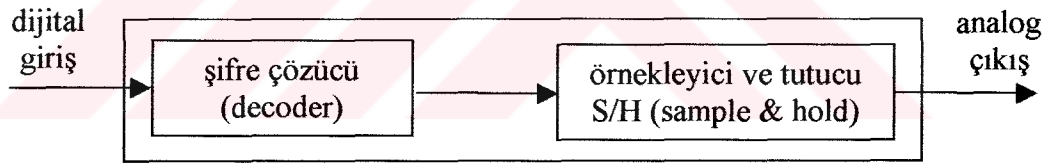


Şekil 2.6. Bir dijital işlem sisteminin blok diyagramı

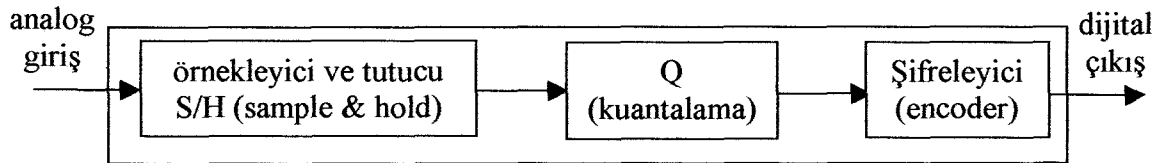
Dijital sistemde, analog ve dijital bileşenler bir arada bulunur. Şekil 2.6’da dijital bir sistemin blok diyagramı verilmiştir. Sinyal, giriş katında elektriksel sinyale dönüştürüldükten sonra elektriksel olarak iletilir.

Şekil 2.6’daki blok diyagramda görüldüğü gibi dışarıdan gelen analog sinyal giriş katında çevirici (=algılayıcı...mikrofon, termokupl, fotodedektör,...) vasıtasıyla elektriksel sinyale çevrilir.

Sonraki basamakta, bu sinyal filtre edilerek istenmeyen gürültüler ve parazitler önlenir. Eğer sinyal düşük seviyedeysen bir sonraki adımda yükseltici vasıtasıyla güçlendirilir. Bu işlemler özellikle gürültülü ve zayıf sinyallerin algılanmasında çok önemli bir yer tutar. Örnekleme ve tutma devresi ise, ayrık zaman sistemlerinde ve dijital sistemlerde bir çok amaç için kullanılır. Bu devre analog sinyalin hızlı bir şekilde alınarak, bir sonraki veri alınana kadar (örnekleme yapılına kadar) sabit değerde tutulmasını sağlar. Genelde bir çoğullayıcıyla (multiplexer) beraber kullanılırlar. Çoğullayıcının görevi ise çeşitli kaynaklardan ve belirli kanallardan işlemciye gelen sinyalleri, önceden belirlenmiş bir sırayla işlemciye aktarmaktır. Böylece işlemciye bütün giriş sinyalleri belirli zaman aralıklarıyla gelir. Buna zaman paylaşımı denir. Aşağıda D/A ve A/D sinyal dönüştürücülerin blok diyagramları verilmiştir [9]:



Şekil 2.7. D/A dönüştürücünün blok diyagram gösterimi



Şekil 2.8. A/D dönüştürücünün blok diyagram gösterimi

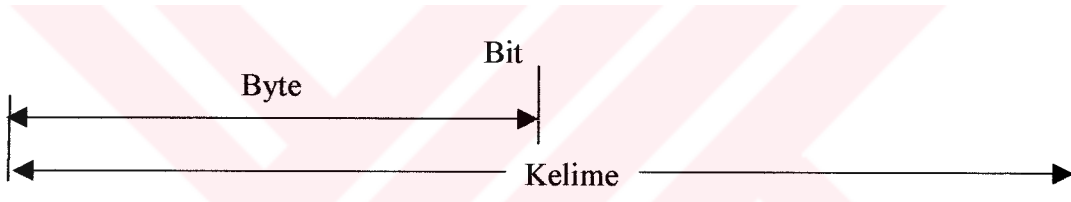
2.10.2. Dijital sinyaller ve kodlama

Dijital bilgisayarlar ve kontrol sistemlerindeki dijital sinyaller genellikle dijital kelimelerle veya şifrelerle gösterilirler. Dijital kelimeyle taşınan bilgi, genellikle seri veya paralel formatta kodlanmış ayrık bitler (değeri “0” veya “1” olan mantıksal

darbeler) şeklindedir. Dijital kelimenin nümerik değeri, bu kelimenin belirttiği değişkendeki bilginin büyüklüğünü gösterir.

Sadece iki durum için; “açık” ve “kapalı”, gerçekleştirme yapmak daha kolay olduğundan, bütün modern dijital bilgisayarlar ikili sayı sistemi üzerine kurulmuşlardır. Dijital bir sinyal, dijital bir bilgisayarda 0’lar ve 1’lerden oluşan ikili (binary) bir sayı şeklinde saklanabilir. İkili sayı sistemine ait basamaklardan her biri (0 veya 1) bit olarak adlandırılır. Her ne kadar bit çok küçükse de bilginin temel birimidir. 8 bit bilgi transferi için bir araya gelerek “byte” ı, bytelar da bir araya gelerek kelimeyi (word) oluşturur. Bir kelime, 4 ila 128 bitten oluşabilir. Şekil 2.9’da bit, byte ve kelime kavramları gösterilmiştir.

0	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---



Şekil 2.9. Bit, byte ve kelime (word) kavramları

Bir bilgisayardaki dijital sinyaller iki şekilde gösterilir:

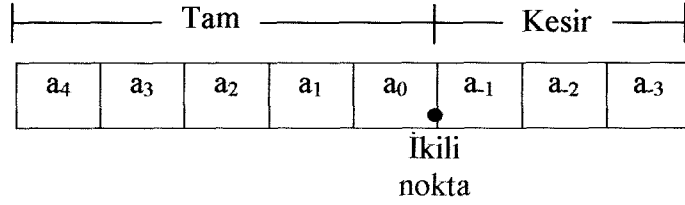
- a) Sabit nokta sayı gösterimi b) Hareketli nokta sayı gösterimi

a) Sabit Nokta Sayı Gösterimi : Bu tür gösterimde, kelimenin 16 biti de 1 ve 0 şeklinde bitlerle doldurularak istenilen sayının gösterimi yapılır. Temsil edilen n bitlik bir ikili tamsayının değeri, aşağıdaki formülle hesaplanabilir [14].

$$N = a_{n-1}2^{n-1} + \dots + a_22^2 + a_12^1 + a_02^0 \quad (2.2)$$

Buradaki a_i katsayıları ($i = 0,1,2,\dots, n-1$) mutlak suretle 0 veya 1’dir. Bu formülde en soldaki a_{n-1} katsayılı bit en önemli veya en ağır bit (MSB), en sağdaki a_0 katsayılı bit ise en hafif bit (LSB) olarak adlandırılır. Sabit noktalı gösterim, aynı zamanda kesirli sayıların ve negatif sayıların gösterimi için de kullanılabilir. Negatif sayıların gösteriminde ilk bitin durumuna göre (0 veya 1) sayının negatif veya pozitif olacağı

belirlenir. Kesirli sayıların gösteriminde ise mesela 8 bitlik sayının 5. ve 6. bitleri arasında hayali bir ikili nokta (binary point) atılır. Noktanın solunda kalan kısım tam kısmı, sağında kalan kısım ise kesirli kısım oluşturur. Aşağıdaki şekilde gösterildiği gibi bir kesirli sabit noktalı sayının değeri formül 2.3 ile hesaplanabilir.



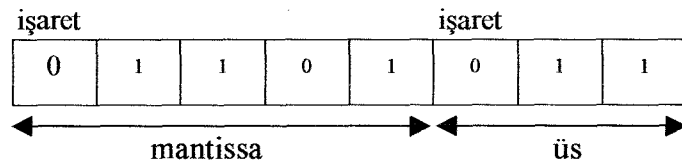
Şekil 2.10. Sabit nokta sayı gösterimi

$$N = a_4 2^4 + a_3 2^3 + a_2 2^2 + a_1 2^1 + a_0 2^0 + a_{-1} 2^{-1} + a_{-2} 2^{-2} + a_{-3} 2^{-3} \quad (2.3)$$

b) Hareketli Nokta Sayı Gösterimi :Bu tür gösterimde kullanılan bilgi kelimesinin ilk kısmı “mantissa” dediğimiz sayıyı saklamak amacıyla kullanılır, ikinci kısım ise üstel olarak bilginin ifadesinde bize yardımcı olur. Mesela ondalık sayıların gösterimi $0.5 \cdot 10^1$, $50 \cdot 10^{-1}$, gibi farklı şekillerde olabiliyorsa, dijital sistemlerde de N sayısı,

$$N = M \cdot 2^E \quad (2.4)$$

şeklinde ifade edilebilir. Burada M, $0.5 \leq M < 1$ aralığında kesirli bir değer olup mantissa olarak adlandırılır. E kısmı ise üstel kısımdır. Hem M, hem de E negatif olabilir. Aşağıda hareketli nokta sayı gösterimine basit bir örnek verilmiştir [14]. (İlgili kısım, işaret biti 1 ise negatif, 0 ise pozitifdir)



Şekil 2.11. Hareketli nokta sayı gösterimi

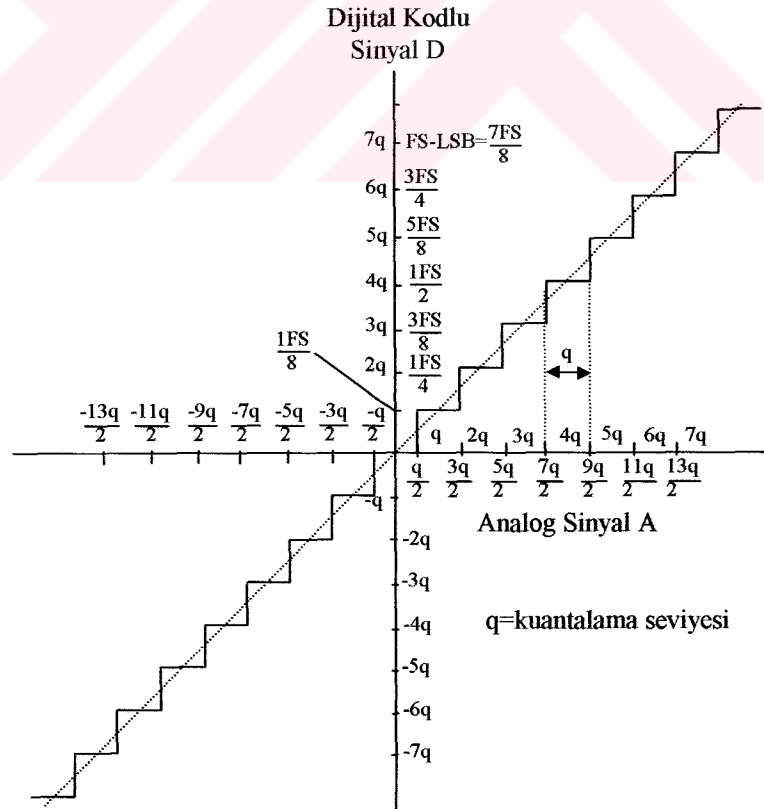
Burada,

$$N = 0.1101 \cdot 2^{11} = \left[\frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{16} \right] \cdot 2^3 = 6.5 \quad (2.5)$$

2.10.3. Veri dönüşümü ve kuantalama

Dijital kontrol sistemleri analog bileşenler de içerdiğinden, analog ekipmandan gelen sinyalin, dijital kontrol sistemi tarafından işlenebilmesi için Analog-Dijital çeviriciler (A/D) vasıtasıyla dijital sinyale ve işlenen sinyalin analog bileşen tarafından kullanılabilmesi için de Dijital-Analog çeviriciler (D/A) vasıtasıyla analog sinyale dönüştürülmesi gerektiği daha önce de belirtilmişti. Bu bölümde ise bunun nasıl gerçekleştiği açıklanmıştır. D/A ve A/D çevrim işleminin anlaşılmasında dijital olarak kodlanmış kelimenin en ağır (MSB), en hafif (LSB) bitlerinin ve her bir bitin ağırlığının önemi büyüktür.

A/D çevrimde dijital kelimedeki bitlerin sayısı pratikteki gibi sonludur ve A/D çevrim ile sadece sonlu bir çözünürlüğe ulaşılabilir. A/D çevrimin temel işlemlerinden biri kuantalamadır (quantization). Dijital sistem, çıkışına ancak sınırlı sayıdaki seviyeleri aktarabileceğinden, çıkıştaki analog sayıyı en yakın dijital seviyeye kuantalamak veya yuvarlamak gerekmektedir. Şekil 2.11’de üç bitlik pozitif ve negatif sayılar için analog ve dijital kodlama gösterilmiştir.



Şekil 2.12. Üç bitlik A/D kuantalama işleminde giriş çıkış karakteristiği

Şekil 2.12'den görüldüğü gibi analog sinyal $0.5q, 1.5q, \dots, 6.5q$ değerlerinde kritik karar noktalarındadır. Bir başka deyişle, A analog değerine karşılık çıkışta görülecek D dijital değeri Tablo 2.2'de gösterilmiştir.

Tablo 2.2. İşaret bitli 3 bitlik tam sayılar için ikili ve ondalık kod çevrim bağıntıları [14]

Ondalık Tamsayı	İkili Tamsayı	İkili Tamsayı Kodu		
		İşaret Biti	En Ağır Bit (MSB) (x 2)	En Hafif Bit (LSB) (x 1)
-3	111	1	1	1
-2	110	1	1	0
-1	101	1	0	1
-0	100	1	0	0
+0	000	0	0	0
+1	001	0	0	1
+2	010	0	1	0
+3	011	0	1	1

Şuna dikkat edilmelidir ki Şekil 2.12'deki A/D çevrimde genel olarak bire-bir bir bağıntı yoktur. Burada kuantalama seviyesi olarak tanımlanan q değeri, aynı zamanda en hafif bittir (LSB). Bu üç bitlik dijital kelime için LSB, Tablo 2.1'den de görüldüğü gibi $FS/8$ 'dir. Analog giriş ile dijital çıkış arasındaki fark ise kuantalama hatası olarak adlandırılır. Kuantalama hatası genelde kuantalama seviyelerinin sayısına veya kuantalayıcının çözünürlüğüne bağlıdır. Genelde, maksimum kuantalama hatası doyuma girmeden önce $\pm q/2$ 'ye eşittir.

Kuantalama işlemi doyum seviyesi açısından ele alındığında, Şekil 2.12 ve Tablo 2.2'de de gösterildiği gibi 111 iki tabanlı sayısına karşılık gelen maksimum dijital çıkış değerinin tam ölçek (full scale=FS) değil $7FS/8$ olduğu görülür. Bu, A/D çevrimin doğruluğunu, girişteki analog değerler $7/8 FS + q/2$ değerini aşmadığı sürece etkilemeyecektir ve bu koşullarda da maksimum kuantalama hatası $\pm q/2$ ile sınırlandırılacaktır. Mesela, üç bitlik dijital bir çevrim işleminin tam ölçek referans gerilimi $10 V$ 'a ayarlıysa, Şekil 2.12'ye göre, $FS=10 V$;

$$q = \frac{1}{8} FS = 1.25 V$$

Tablo 2.3. Üç bitlik A/D çevrimde analog ve dijital sayılar arasındaki bağıntı [14]

Analog Sayı A	İkili Kodlu Dijital Sayı D			
	İkili Sayı			
	MSB (x 4q)	(x 2q)	LSB (x q)	
$ A < 0.5q$	0	0	0	0
$0.5q \leq A < 1.5q$	0	0	1	$1/8 FS = q = LSB$
$1.5q \leq A < 2.5q$	0	1	0	$1/4 FS = 2q$
$2.5q \leq A < 3.5q$	0	1	1	$3/8 FS = 3q$
$3.5q \leq A < 4.5q$	1	0	0	$1/2 FS = 4q$
$4.5q \leq A < 5.5q$	1	0	1	$5/8 FS = 5q$
$5.5q \leq A < 6.5q$	1	1	0	$3/4 FS = 6q$
$6.5q \leq A < \infty$	1	1	1	$7/8 FS = FS - LSB = 7q$

Buna göre, kuantalayıcının ± 0.625 V'luk kuantalama hatasını aşmadan çevirebileceği en büyük analog sinyal değeri;

$$\frac{7}{8}FS + \frac{q}{2} = 9.375V \quad (2.6)$$

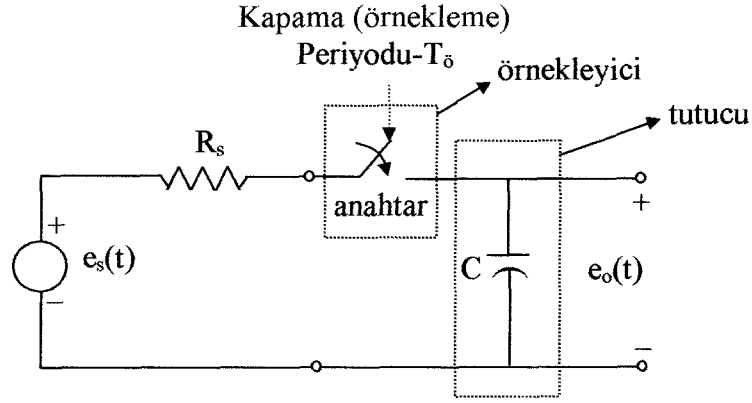
olur.

Kuantalama işleminde doğal ikili kodlama kolay anlaşılabilirliğinden ve gerçekleştirilebilirliğinden dolayı en çok kullanılan kodlama olmasına rağmen bazı başka kodlama yöntemleri de mevcuttur. Bunlara, ikili kodlu ondalık (BCD), offset ikili kod, ikinin tamamlayıcısı, ve gri kod,..vb. örnek olarak verilebilir [11-14].

2.10.4. Örneklemeye ve tutma (sample-and-hold, S/H)

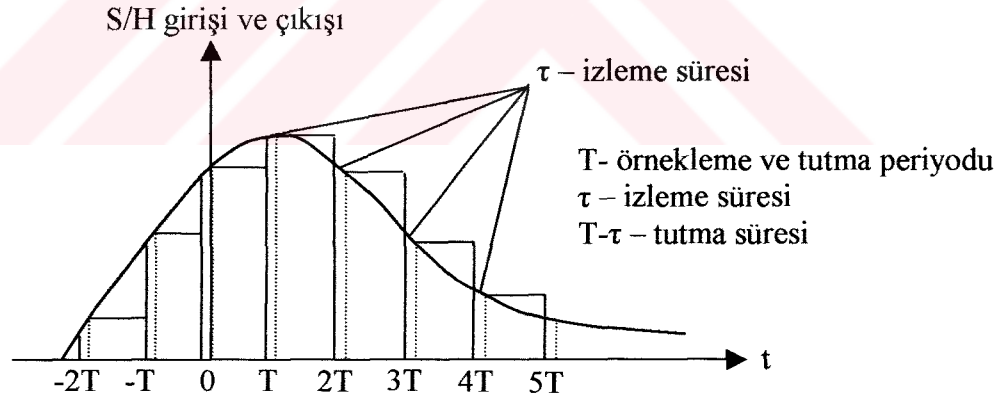
Ayrık veri sisteminde veya dijital bir sistemde örnekleyicinin görevi, analog bir sinyali belirli bir periyotta örnekleyerek dijital bir sinyale veya genlik modülasyonlu darbeler dizisi şekline dönüştürmektir. Tutucunun görevi ise, örneklenen dijital sinyalin veya darbe değerlerinin belirli bir süre boyunca tutulmasını veya sabit kalmasını sağlamaktır. Bir A/D dönüştürücüde dönüştürme süresi 0 olmadığından, dönüştürme

süresince giriş sinyali değişiminin çıkış sinyali üzerindeki etkisini azaltmak için tutucu kullanılır. Dönüştürme tamamlanana kadar örneklenen sinyal tutucuda tutulur. Örnekleme ve tutma devresi (S/H), basit olarak aşağıda şekilde gösterilebilir.



Şekil 2.13. Örnekleme ve tutma devresinin eşdeğer gösterimi

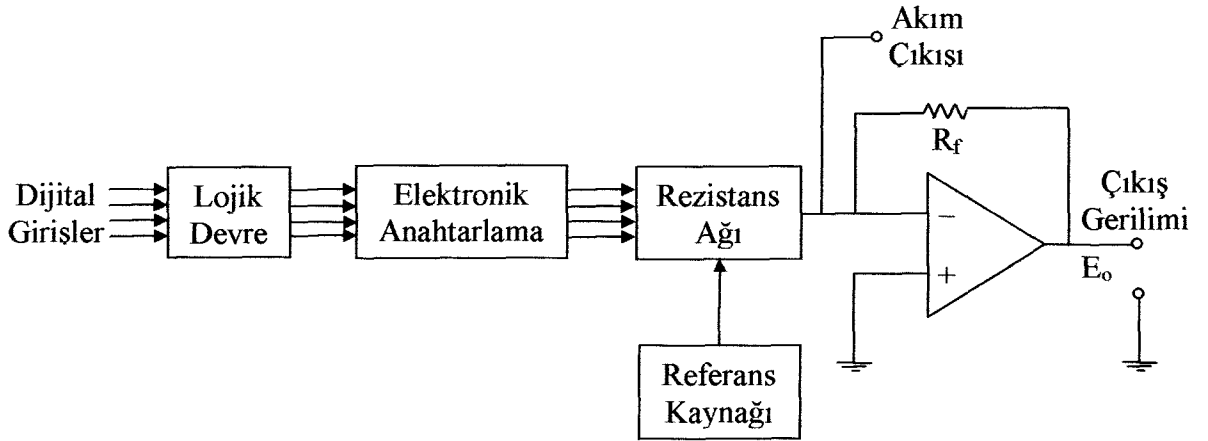
Şekilde, anahtarın açılması ve kapanması veya örnekleyici, bir örnekleme komutu ile kontrol edilir. Anahtar kapandığında S/H çıkışı, giriş sinyali $e_s(t)$ 'yi örnekler ve izler. Anahtar açıldığında ise çıkış, kapasitörün önceden yüklendiği gerilimde tutulur. Aşağıda bir S/H devresinin giriş ve çıkış karakteristiği verilmiştir [11-14].



Şekil.2.14. S/H devresinin giriş ve çıkış karakteristiği

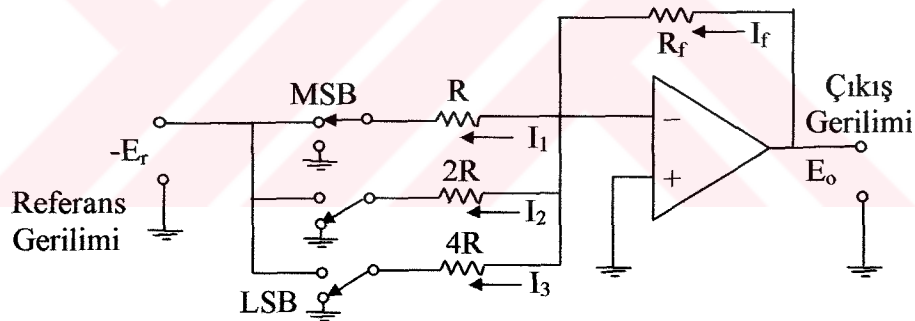
2.10.5. Dijital – analog dönüştürme (D/A)

Dijital-Analog dönüştürme (D/A), dijital kodlanmış nümerik bir bilginin, eşdeğer analog sinyale çevrimi şeklinde açıklanabilir. Bir D/A işlemi için gerekli elemanların blok diyagramı Şekil 2.15'de gösterilmiştir.



Şekil 2.15 Basit Bir D/A Dönüştürücünün Temel Elemanları

Burada lojik devrenin görevi, her bir dijital giriş bitinin dijital değerinin bir fonksiyonu olarak, rezistans ağının uygun giriş terminallerine göre referans akım veya gerilim kaynaklarının doğru bir şekilde anahtarlanmasını kontrol etmektir. Şekil 2.16'da basit bir üç bitlik D/A işlemi gösterilmiştir. İşlemsel yükselticinin (opampın) toplayıcı rezistanslarının değerleri ikili sistem (binary) esasına göre değerlendirilir.



MSB – en ağır bit LSB – en hafif bit

Şekil 2.16. Ağırlıklı rezistans tipi üç bit D/A dönüştürücü

Bu rezistanslardan her biri elektronik bir anahtar (switch) üzerinden toprağa veya referans gerilimine bağlanmıştır. Bir anahtarın lojik kontrol devresinde ikili sistemde 1 görüldüğünde, ilgili anahtar kapanır ve rezistans, referans gerilime bağlanır. Öte yandan yine ikili sistemde 0 görüldüğünde ise rezistans toprağa bağlanır. Yüksek kazançlı opamlarda giriş empedansı çok düşük olduğundan toplam noktasında pratikte 0 olacaktır. Öyleyse, en ağır bit (most significant bit-MSB) anahtarı referans gerilim olan $-E_r$ 'ye bağlandığında ve diğer iki anahtar toprağa bağlıyken, 100 dijital değerine karşılık gelen E_o çıkış gerilimi,

$$E_o = R_f I_f \quad (2.7)$$

olacaktır. $I_f = I_1$ ve $I_1 = E_r/R$ olduğundan,

$$E_o = \frac{1}{R} R_f E_r \quad (2.8)$$

110 dijital bilgisi analog bilgiye çevrilmek istendiğinde ise, en ağır bit anahtarı (MSB) ve bir sonraki en ağır bit anahtarı referansa bağlanır ve bu durumda çıkış gerilimi şu şekilde olur,

$$E_o = \left[\frac{1}{R} + \frac{1}{2R} \right] R_f E_r = \frac{3}{2R} R_f E_r \quad (2.9)$$

Üç bitlik bir dijital bilgiye karşılık gelebilecek maksimum çıkış gerilimi,

$$E_o = \left[\frac{1}{R} + \frac{1}{2R} + \frac{1}{4R} \right] R_f E_r = \frac{7}{4R} R_f E_r \quad (2.10)$$

Burada 001 dijital bilgisine karşılık gelen en hafif bit (LSB) $R_f E_r / 4R$ 'dir. Yani tam ölçek (full scale-FS) $8R_f E_r / 4R = 2R_f E_r / R$ değerine karşılık gelir. D/A dönüştürme sonucu 3 bitlik dijital bilgiye karşılık gelen analog gerilim değeri 10 voltluk tam ölçek için Tablo 2.3.'de verilmiştir.

Şekil 2.16'daki devre, n bitlik dijital bilgi için düşünüldüğünde, n tane paralel daldan oluşan bir devre karşımıza çıkar. En hafif bitteki rezistans değeri $2^{n-1}R$ olacaktır. Bu durumda çıkış gerilimi,

$$E_o = \left[\frac{a_0}{R} + \frac{a_1}{2R} + \dots + \frac{a_{n-1}}{2^{n-1}R} \right] R_f E_r \quad (2.11)$$

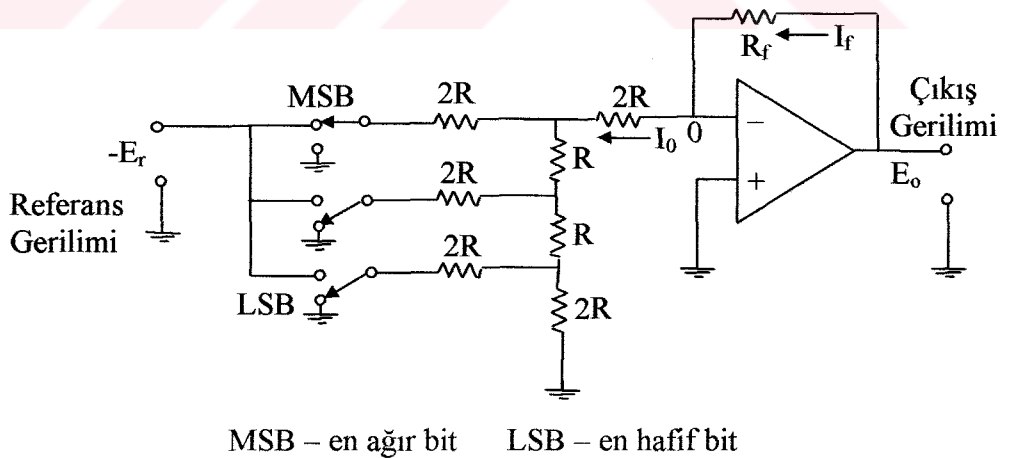
olur. Burada a_0, a_1, \dots, a_{n-1} analog bilgiye dönüştürülen dijital bilginin bitleri olup değeri 0 veya 1'dir.

Tablo 2.4. Şekil 2.16'daki 3-Bit D/A çevirici çıkış gerilimi değerleri [14]

Dijital Bilgi	Çıkış Gerilimi E_o	Tam ölçek (FS) oranı	FS=10 V için çıkış gerilimi
001	$R_f E_r / 4R$	$FS / 8 = \text{LSB}$	1.25
010	$R_f E_r / 2R$	$FS / 4$	2.50
011	$3R_f E_r / 4R$	$3FS / 8$	3.75
100	$R_f E_r / R$	$FS / 2$	5.00
101	$5R_f E_r / 4R$	$5FS / 8$	6.25
110	$6R_f E_r / 4R$	$3FS / 4$	7.50
111	$7R_f E_r / 4R$	$FS - \text{LSB} = 7FS / 8$	8.75

Bu devrenin en büyük dezavantajı doğruluğunun ve kararlılığının kullanılan dirençlerin doğruluğuna ve kararlılığına bağlı olmasıdır. Çözünürlük arttıkça, yani R ile $2^{n-1}R$ rezistans değer aralığı büyüdükçe, en büyük ve en küçük rezistans değerleri arasındaki fark çok artacağından bütün dirençler arasındaki doğruluk oranlarını kararlı halde tutmak zor olacaktır.

Bu yüzden D/A dönüştürücü olarak R-2R merdiven tipi devre kullanılır. Bu tip dönüştürücüde bütün dirençler aynı değerde olduğundan (R veya 2R), bu tip devreler daha kullanışlıdır. Aşağıdaki şekilde üç bitlik bir merdiven tipi dönüştürücü görülmektedir.



Şekil 2.17. R-2R merdiven tip D/A dönüştürücü

Şekil 2-17'deki D/A dönüştürücüye benzer bir devre fakat yüksek çözünürlüklü n bitlik bir R-2R merdiven tipi dönüştürücü için çıkış gerilimi; $E_o = I_o R_f$, çıkış akımı;

$$I_o = \frac{1}{3} \left[\frac{a_1}{2} + \frac{a_2}{2^2} + \dots + \frac{a_n}{2^n} \right] \frac{E_r}{R} \quad (2.12)$$

olacaktır [11, 14-16].

2.10.6. Analog – dijital dönüştürme (A / D)

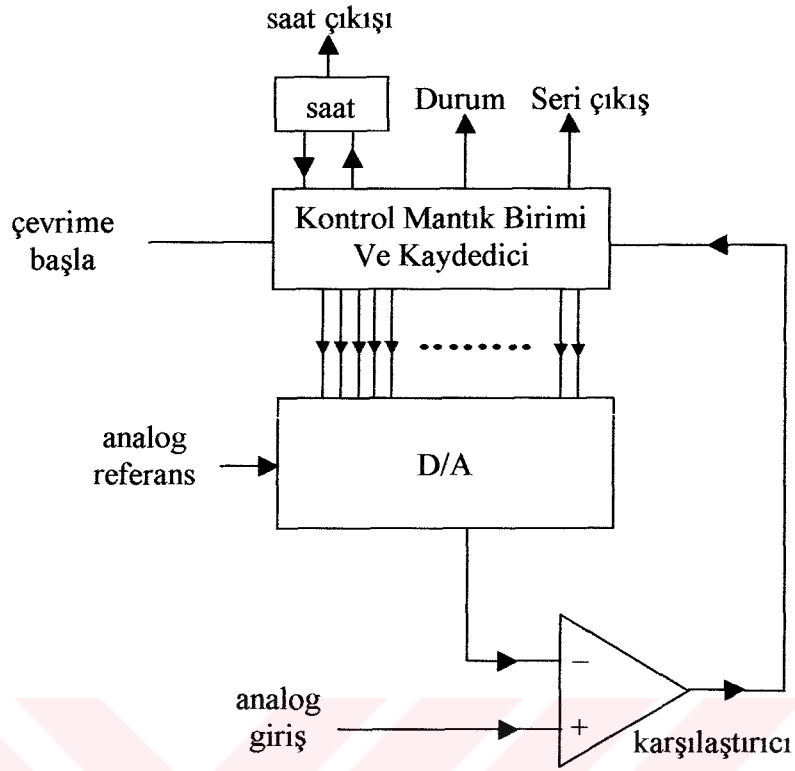
Analog - dijital dönüştürme, analog sinyal içeren nümerik bir bilginin 1 ve 0'lerden oluşan ikili (binary) kodlanmış dijital bilgiye çevrilmesidir. Termokupl çıkışında sıcaklığı ifade fark sinyalinin dönüştürülmesinde, mekanik gerinim ölçümlerinde strain-gage köprüsünün çıkışındaki dengesizliğin dijital sinyale dönüştürülmesinde vb. birçok yerde kullanılır. A/D dönüştürme işlemi, D/A dönüştürme işlemine göre daha karmaşık, yavaş ve pahalı bir işlemdir. A/D dönüştürücünün girişine verilen akım veya gerilim biçimindeki analog bir sinyal, şekil 2.5 'de görüldüğü gibi sırasıyla örnekleme ve tutma, kuantalama, ve şifreleme işlemlerine tabi tutulur. Bu işlemler daha önce ele alındığından (2.5.3, 2.5.4) burada tekrar değinme gereği duymuyorum.

Kullanıma uygun bir çok A/D devresi olmasına rağmen, ticari olarak en çok kullanılan A/D dönüştürücü tipleri şu şekildedir:

1. Ardışık-Yaklaşım Tipi (successive-approximation)
2. Entegral Tipi (Integration- single and dual slope)
3. Sayıcı veya Servo Tipi (Counter or Servo)
4. Paralel Tip

Değinilen her bir A/D tipinin kendine göre farklı avantajlara ve sınırlamalara sahiptir ve dönüştürme hızı, doğruluğu, boyutları, fiyatı esas alınarak farklı uygulamalarda kullanılırlar. Genelde 6 bitten 16 bite kadar üretilmekte olup, tipik dönüştürme doğruluk oranı $0.01\%FS \pm 1/LSB$ ile belirlenir.

Bir A/D çeviricinin çalışma prensibi şekil 2.18'de gösterilen ardışık-yaklaşım tipi çeviriciye paralel olarak şu şekildedir. Devre temel olarak bir karşılaştırıcı, bir D/A çevirici ve bazı çeşitli kontrol mantık birimlerinden oluşur. Çevrimin başlangıcında A/D çeviricinin bütün çıkış bitleri sıfırlanır ve sonra en ağır bit (MSB) 1'e ayarlanır. Tam skalanın (FS) yarısına karşılık gelen en ağır bit (MSB) içerdeki D/A çevirici ile analog büyüklüğe çevrilir ve komparatör vasıtasıyla analog girişle karşılaştırılır.



Şekil 2.18. Ardışık-Yaklaşım A/D çeviricinin basitleştirilmiş blok diyagramı

Eğer analog çevrilen MSB değerinden büyükse, MSB=1 olarak bırakılır; aksi takdirde MSB=0 yapılır. Sırada bir sonraki en ağır bit vardır ve karşılaştırma işlemi aynen anlatıldığı gibi tekrarlanır. Bu işlem en hafif bit (LSB) karşılaştırılarak belli bir değere ayarlanana kadar devam eder, daha sonra karşılaştırmanın tamamlandığını ve dijital çıkışın iletim için uygun olduğunu belirten bir sinyal, durum belirtme çıkışından dışarı verilir. Burada kontrol mantık devresinin görevi karşılaştırma sonucunu değerlendirerek komparatör girişlerinin eşit olup olmama durumuna göre devreye işleme devam veya işlem tamamlanmıştır sinyali verir. Ayrıca çevrimin başlaması, D/A'nın set ve reset edilmesi görevleri de bu birime aittir.

A/D çeviricinin çevirme süresi, kapalı çevrim sistemlerde, sistemin kararlılığını negatif olarak etkileyecek zaman gecikmelerine yol açmaktadır. Bunun yanında çevirme süresi, giriş sinyalinin frekans uygunluğunu da sınırlamaktadır. Genel olarak çevirme süresi A/D'nin çözünürlüğüne ve kullanılan A/D çevrim yöntemine bağlıdır. Endüstride kullanılan A/D'lerin çevirme süreleri kullandıkları yere göre değişmesine rağmen genelde 100 ns ila 200 μ s arasındadır.

Giriş sinyalinin sabit olduğu durumlar için çevirme hızı pek önemli değildir. Fakat pratikte, genelde giriş sinyali zamanla değiştiğinden; analog sinyal çeviriciye

girmeden önce çevrim tamamlanana kadar bir örnekleme ve tutma devresine tabi tutulur.

Bazı sistemlerde çeviricinin doğruluğu ve hassasiyeti önemli unsur olarak ön plana çıkarken, bazılarında ise çeviricinin hızı ön plana çıkmaktadır. Tabi bu da biraz maliyetle alakalıdır [11,14-16].

Yukarıda A/D ve D/A çevrimin temel prensipleri teorik olarak açıklanmıştır. İncelenen elektrik üretim santralinde kullanılan çeviriciler de bu şekilde çalışmaktadır. Tabi gelişen teknolojiye bağlı olarak bazı farklılıklar mevcuttur. İncelenen santralde çevirici seçilirken özellikle çeviricinin kullanıldığı yere dikkat edilmiş ve her birim için optimum çevirici seçilmeye çalışılmıştır. Bu santraldeki A/D çeviricilerin çoğu, hız, fiyat ve doğruluk kriterleri göz önüne alınarak ardışık yaklaşım prensibine göre çalışan A/D çeviricilerden seçilmiştir. Özellikle ölçüm trafolarından gelen analog gerilim, akım, güç bilgilerinin ve sıcaklık algılayıcılardan (Pt100-1000) ve basınç algılayıcılardan gelen bilgilerin dijitale çevrilmesinde bu tür çevirici çok kullanışlı ve verimlidir.

Mesela Alstom'a ait 11 kV panellerde kullanılan MODN A07 rölelerinde, sinyal, örneklemeden önce şekillenmesi için bir alçak geçiren filtreden geçirilmekte ve şekillendikten sonra örneklemede ve sonra 10 bitlik bir A/D çevirici ile beraber çalışan 16 bitlik bir mikroişlemci ile dijitale çevrilmektedir. Burada örnekleme frekansı ana sinyalin bir fonksiyonu olduğundan her bir döngüde tam olarak 8 örnek olacaktır.

Bu santralde D/A çevirici çok az sayıda kullanılmıştır. Bunun sebebi, veri iletimi daha çok birler ve sıfırlar üzerinden Scada ile sağlandığı için, Scada'dan gelen sinyalle ilgili röle enerjilenmesi ve belirtilen görevin bu şekilde yerine getirilmesidir.

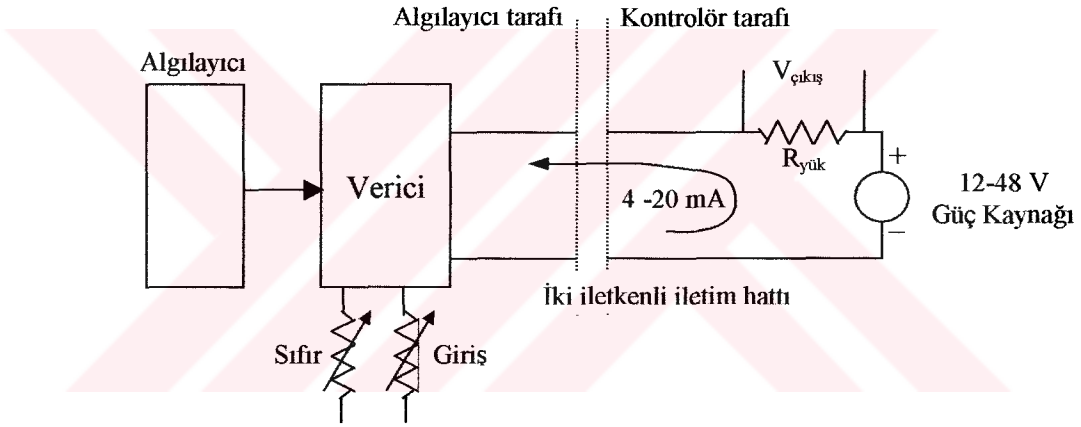
Santralde hem A/D hem de D/A çeviriciler sisteme bağlı bir ara yüz üzerinden işlev yapmaktadır. Buna Kuhse Analog Interface (KANI) denmektedir. Ek 9'da, A/D ve D/A giriş-çıkış modülleriyle birlikte bir KANI görülmektedir. gösterilmiştir.

2.11. Veri İletimi

Her elektrik tesisinde alınan bilginin doğru, hızlı ve çeşitli bozucu alanlardan (elektrik, manyetik) etkilenmeden ana sisteme ulaştırılması tesisin çalışması açısından çok önemlidir. Bunun mümkün olduğu kadar iyi bir şekilde sağlanabilmesi için Esenboğa Enerji Santrali'nde de kullanılan bazı veri iletim yöntemleri, aşağıda açıklanmıştır.

2.11.1 İki-iletkenli iletim

İki iletkenli gönderi aygıtları işlem endüstrisinde algılayıcıların kontrol ve gözleme aygıtları ile kuplajında kullanılır. Örneğin bir işlemde sıcaklık ölçümü alındığında iki iletkenli bir gönderici ölçümü kontrol odasına iletir veya gerilim veya akıma çevirir. İki iletkenli iletim hem gerilim veya hem de akımın iletiminde kullanılmakla beraber bir endüstri standardı olarak akımın iletimi kabul edilmektedir. Giriş uyarıcısının bütün değerleri 4 ile 20 mA arasında değişen bir akımla temsil edilmektedir. Sıfır uyarıcı 4 mA e karşılık gelirken maksimum değer 20 mA dendir. Şekil 2.19'da görüldüğü gibi gerilim yerine akım kullanmanın iki avantajı vardır. Algılayıcı çıkış sinyalini akıma çeviren iki iletkenli bir göndericiye bağlanır. Gerçekten gönderici çok yüksek çıkış direnci ile bir akım kaynağıdır (akım jeneratörü).



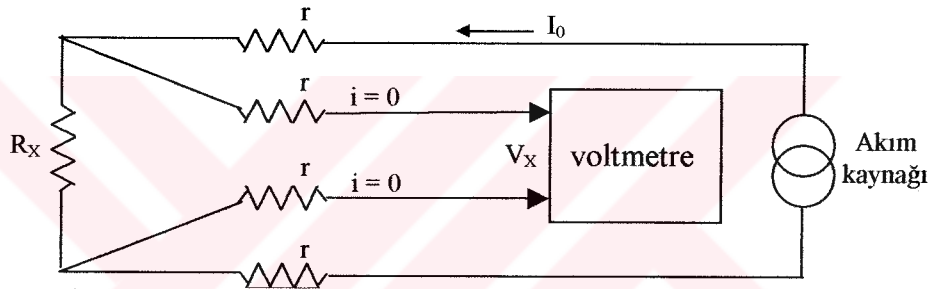
Şekil 2.19. İki iletkenli 20 mA analog veri iletimi

İki iletken bir akım döngüsü oluşturup algılayıcı tarafında algılayıcı ve iki iletkenli gönderici bulunmakta ve kontrolör tarafında ise birbirine seri bağlı bir yük direnci ve güç kaynağı vardır. Bu düzenlemenin ilk avantajı akım kaynağı çıkış direncinin yüksek olmasından dolayı iletken telin direncinin döngüden akan akım üzerinde etkisinin olmamasıdır. Gerilim iletim devresinde iletken telin direnci özellikle iletim mesafesi uzun ise önemli bir probleme neden olur. Diğer avantaj ise bilgiyi taşıyan aynı akımın gönderici ve algılayıcının çalışması için gereken gücün sağlanmasında da kullanılmasıdır. Açıkça 4 mA üreten en düşük çıkış sinyali için bile bu akım döngünün gönderici gücü için yeterli olmaktadır. Döngü akımı kontrolör

tarafındaki yük direnci uçlarında bir gerilim düşümüne neden olur ve bu sinyal, elektronik devreler ile daha ileri düzeyde bir işleme tabi tutulur [9].

2.11.2 Dört iletkenli iletim

Bazen bir rezistif algılayıcının uzakta bulunan bir arabirim devresine bağlanması istenilir. Böyle bir algılayıcı çok düşük bir dirence sahip olduğunda (örneğin piezo-rezistörler veya RTD lerin 100 Ω civarında dirençlere sahip olması normaldir) bağlantı iletkenlerinin dirençleri ciddi bir probleme neden olmaktadır. Problem dört iletkenli metot kullanılarak çözülebilir (Şekil 2.20). Bu metot bağlantı iletkenlerinin direncini ölçmeksizin uzaktaki direncin direncinin ölçülmesine izin verir. Ölçülecek direnç arabirim devresine iki iletken yerine dört iletken ile bağlanır.



Şekil 2.20. Dört iletkenli iletim metodu

Bu iletkenlerden ikisi bir akım kaynağına ve diğer ikisi ise voltmetreye bağlanır. Sabit bir akım kaynağı (akım pompası) çok yüksek bir çıkış direncine sahiptir bu yüzden döngüden geçen akım hemen hemen döngüdeki bütün direnç (r) değişimlerinden bağımsızdır. Bir voltmetrenin giriş direnci çok yüksektir bundan dolayı döngüden voltmetreye bir akım ayrılmaz. R_x direnci uçlarındaki gerilim düşümü

$$V_x = R_x I_0 \quad (2.13)$$

olup bağlantı iletkenlerinin r direncinden bağımsızdır. Dört iletkenli metot uzaktan ölçüm yapan dedektörlerde direnç ölçümünün çok güçlü bir yoludur ve endüstri ve bilimde yaygın olarak kullanılır [9].

2.11.3 Altı iletkenli iletim

Bir Wheatstone köprüsü uzak bir yerde konumlandırıldığında köprü uçlarındaki gerilim köprünün sıcaklık kararlılığında önemli bir rol oynar. Bu gerilim sık olarak ya ölçülür ya da kontrol edilir. Uzun iletim iletkenleri sıcaklık kompanzasyonu ile etkileşime girecek şekilde köprü uyarım gerilimi ile kabul edilemeyecek yüksek bir seri direnç meydana getirebilir. İki ek iletken ile köprünün beslenmesi ve köprü uçlarındaki gerilimin ölçümü için iki iletkenin bunun için ayrılması ile çözülebilir. Köprü uçlarındaki gerçek uyarım gerilimi ve köprü diferansiyel çıkış gerilimi ihmal edilebilir giriş akımına sahip yüksek empedanslı bir voltmetre ile ölçülür. Bundan dolayı doğru köprü gerilimleri uzun iletim hatları ile etkilenmeksizin veri işleme alanında mevcut olacaktır [9].

2.12. Ölçme ve Kontrol Sistemlerinde Gürültü

Algılayıcı ve devrelerdeki gürültü bariz hata kaynağı olabilir ve ciddi olarak dikkate alınmaları gerekir. Hastalıklar gibi gürültüden asla kaçınılamaz fakat korunmak mümkündür. tedavi edilir veya yapısı, ciddiyeti, bakım zorluğu ve maliyet gibi faktörlere bağlı olarak tahammül edilir. Verilen bir devre için gürültünün temel iki sınıfı vardır: bunlar devrenin içinden kaynaklanan doğal gürültü ve devrenin dışından alınan parazit türü iletilen veya iletim gürültüsüdür.

Bunlardan birincisi olan doğal gürültü monolitik yükselticiler ve geri besleme, polarlama, bant-genişliği sınırlama, vb. bileşenlerden meydana gelebilir. Ayrıca akım akışı sırasında akım taşıyıcıların atomik seviyede düzensiz hareketleri, devre elemanlarının ısınmasından dolayı ortaya çıkan Johnson gürültüsü ve yarı-iletkenlerde (FET, CMOS) DC akım akışından kaynaklanan Schottky gürültüsü gibi diğer doğal gürültü tipleri de mevcuttur.

İkinci gürültü tipi ise iletim gürültüsüdür. İletim gürültüsünün ana nedenleri olarak güç hatlarındaki ani gerilim değişimleri, yıldırım, ortam sıcaklığının değişimi, RF elektromanyetik alanlar, güneşin etkisi vb. gösterilebilir. Tablo 2.4'de bazı gürültü kaynakları ve önerilen çözümler verilmiştir.

Bu gürültülerden kurtulmanın yollarından biri diferansiyelleme tekniğidir. Bu yöntemde gürültü kararlılığını geliştirmek için algılayıcılar fabrikada ana ve referans algılayıcı olmak üzere ikili biçimde birleştirilirler. Algılayıcılardan biri s uyarıcısına

maruz bırakılırken, diğeri ise ekranlanır. Her iki algılayıcıyada etki eden iletim gürültüsü aynı olduğundan (ortak modlu gürültü), bu durumda her iki uyarıcının çıkışlarının farkı gürültüyü yok edecektir. Bu gürültü bastırma oranına ortak işareti bastırma oranı da denir (common mode rejection ratio-CMRR) ve şu şekilde ifade edilir.

$$CMRR = 0.5 \frac{S_1 + S_0}{S_1 - S_0} \quad (2.14)$$

Burada S_1 ana algılayıcı çıkışı, S_0 ise referans algılayıcı çıkışıdır. Gürültüyü yok etmeye ilişkin benzer yöntemler mevcuttur. Bunlardan en önemlileri ekranlama ve manyetik kalkanlamadır. Ekranlamada dikkat edilecek en önemli husus verinin iletiği kablunun içinden geçtiği ekranlı kabloyu sadece bir noktadan toprağa bağlamaktır ki bu noktanın algılayıcı tarafında olması ve bağlantı iletkeninin kısa olması tercih edilir [9,17,18].

Tablo 2.5. İletilen gürültünün tipik kaynakları ve önerilen çözümler [9]

Harici kaynak	Tipik büyüklük	Tipik çözüm
60/50 Hz güç hattı frekansı	100 pA	Ekranlama, kalkanlama; toprak döngülerine dikkat etme; yalıtılmış güç kaynağı
120/100 Hz kaynak dalgacığı	3 μ V	Güç kaynağını filtreleme
Doymuş 50/60 Hz trafolardan 180/150 Hz'lik manyetik parazitler	0.5 μ V	Bileşenler yeniden yönlendirilerek yerleştirilir.
Radyo yayın istasyonları	1 mV	Ekranlama, kalkanlama
Anahtar arkı	1 mV	5 ila 100 MHz bileşenlerin filtrelenmesi; toprak döngülerine ve ekranlamaya dikkat edilmesi
Vibrasyon, titreşim	10 pA (10-100 Hz)	Mekaniksel kuplaja dikkat; giriş terminalleri ve algılayıcılara yakın çok büyük gerilimli kablo uçlarının eliminasyonu
Kablo titreşimi	100 pA	Düşük gürültülü kablo kullanımı (karbon kaplanmış dielektrik kablo)
Baskı devre kartları	0.01-10 pA/Hz ^{1/2} 10 Hz aşağısı	Baskı devrenin iyi temizliği; gerektiği yerde teflon yalıtıcı ve koruyucu kullanımı

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Konu, üniversiteden mezun olduktan sonra, yapımına başlandığı günden itibaren çalıştığım şirket olan Ankara Enerji Üretim A.Ş.'ye ait Türk-Alman ortak yapımı 52.5 MW Esenboğa dizel enerji santralinden edindiğim kaynaklardan ve deneyimden faydalanmak suretiyle incelenmiştir. Bu tip bir dizel enerji santralinde, ölçme ve kontrol sisteminin en iyi şekilde çalışabilmesi için gerekli sinyalleri, sinyallerin toplanması ve cevaplanması proseslerini ayrı ayrı hem proje üzerinden hem de pratik olarak gözlemlene imkanı bulunmuştur. Böyle bir santral kurulurken ve çalışmaya başladığında hangi aşamada nelerin yapılması gerektiği, ileride teknik-ekonomik-hukuki problemler yaşamamak için nasıl bir planlamaya gidilmesi gerektiği tecrübe edilerek öğrenilmiştir. Aşağıda bu santral ile ilgili bazı bilgiler verilmiştir.

Çalışılan santralde elektrik enerjisi üretimi 7 adet Man B&W marka jeneratörle yapılmaktadır. Jeneratörlerin her biri 16 silindir olup, güçleri $P = 7680 \text{ kW} = 10480 \text{ HP}$ 'dir. Her bir jeneratör çıkışında 11 kV gerilim üretilmektedir. Bu gerilim daha sonra tek hat şemasında da gösterileceği üzere birbirine kuplaj kesicisiyle bağlı iki ayrı bara sistemi vasıtasıyla, her biri 50 MVA gücünde 11/34.5 kV yükte kademe değiştirme özelliğine sahip iki adet BEST marka trafo üzerinden, hemen santralin yanında kurulu bulunan TEAŞ'a ait 154/34.5 kV Esenboğa Trafo Merkezine aktarılmakta ve buradan da enterkonnekte şebekeye verilmektedir. Santral iç ihtiyacı, her biri 11 kV iki adet baraya bağlı iki adet 3.4 MVA 11/0.4 kV BEST marka trafo üzerinden karşılanmaktadır.

Santral binasının mekanik projeleri Alman Man B&W firması tarafından, elektrik projelerinin büyük kısmı yine Alman KUHSE firması tarafından hazırlanmıştır. 11 kV çıkış hücrelerine ait projeler ise ALSTOM firması tarafından yapılmıştır. Santral, şu anda faaliyete geçmiş olup Türkiye'nin enerji üretimine katkıda bulunmaktadır. Santrali oluşturan bölümler aşağıdaki gibi sıralanabilir [18,19].

3.1. Santral Binası

Tüm jeneratörler ve jeneratörlere yol verilmesini sağlayan yardımcı ekipmanlar, tüm anahtarlama, ölçüm ve koruma ekipmanları, ana kumanda panoları, kontrol odası, atölye ve idari ofisler bu binadadır.



Şekil 3.1. Santralin genel görünüşü

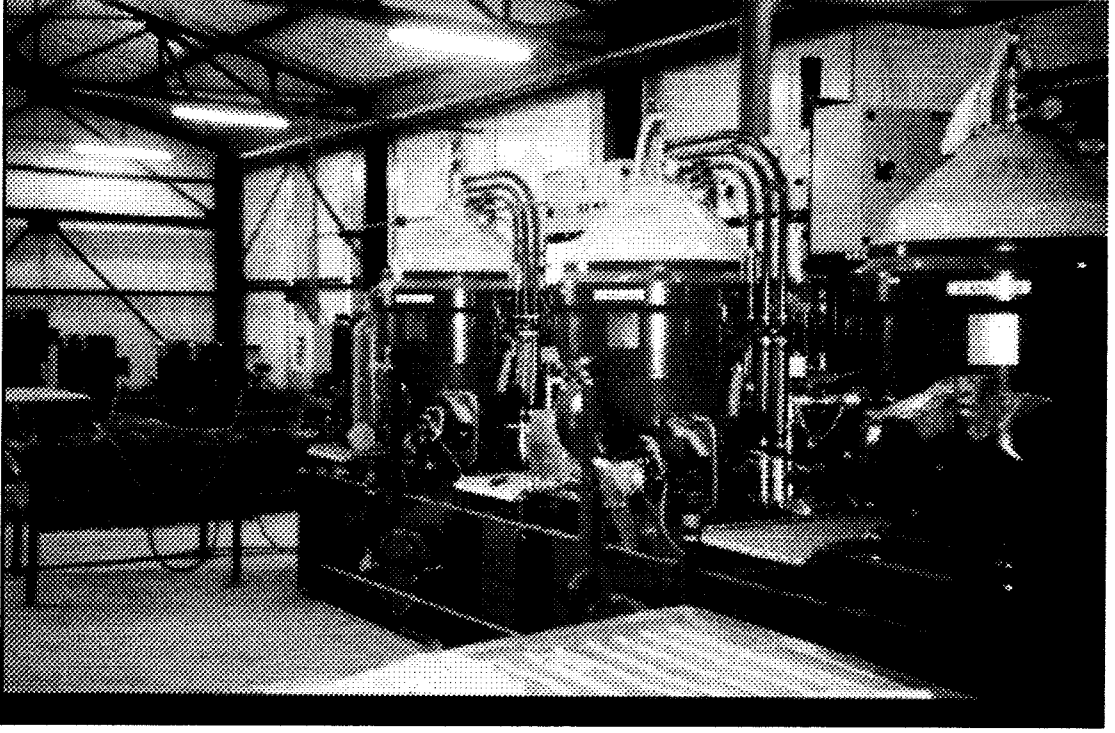
3.2. Yakıt Depolama ve Hazırlama Ünitesi

Yakıt depolama bölümü 2 adet 2500 m³ HFO depolama tankı + 1 adet 600 m³ motorin depolama tankı + 1 adet 150 m³ ayrıştırılmış HFO tankı + 3 adet 30 m³ atık yakıt ve yağ tankı + 1 adet 30 m³ yağ depolama tanklarından oluşur.



Şekil 3.2. Yakıt ve yağ depolama tankları

Bu tanklardan HFO depolama tankları, HFO'nun çabuk katılaşılabilen bir yakıt olması sebebiyle özel olarak izole edilmiştir. Yine bu tankların tamamı, tabanına yerleştirilen, bir tarafından sıcak buhar girip diğer tarafından da çıkan serpantinlerle ısıtılmaktadır. Ayrıca bu tankların tamamı için yangına karşı dışardan suyla soğutma, içeriden de yangın söndürücü kimyasal püskürtme suretiyle koruma önlemleri alınmıştır. Yakıt hazırlama bölümü ise HFO yakıtının, motorda yakılabilir yakıt haline dönüştürüldüğü Alfa Laval marka seperatörlerden ve pompalardan oluşan bölümdür. Seperasyon işlemi, çok yüksek devirle dönen büyük bir tas içerisine, bir huni vasıtasıyla boşaltılan HFO'nun içindeki yabancı partiküllerin yoğunluk farklılığından dolayı santrifüj prensibine göre ayrıştırılması esasına dayanmaktadır. Burada ayrıştırılan HFO ayrıştırılmış HFO tankına pompalanır ve buradan da motorlara gider.



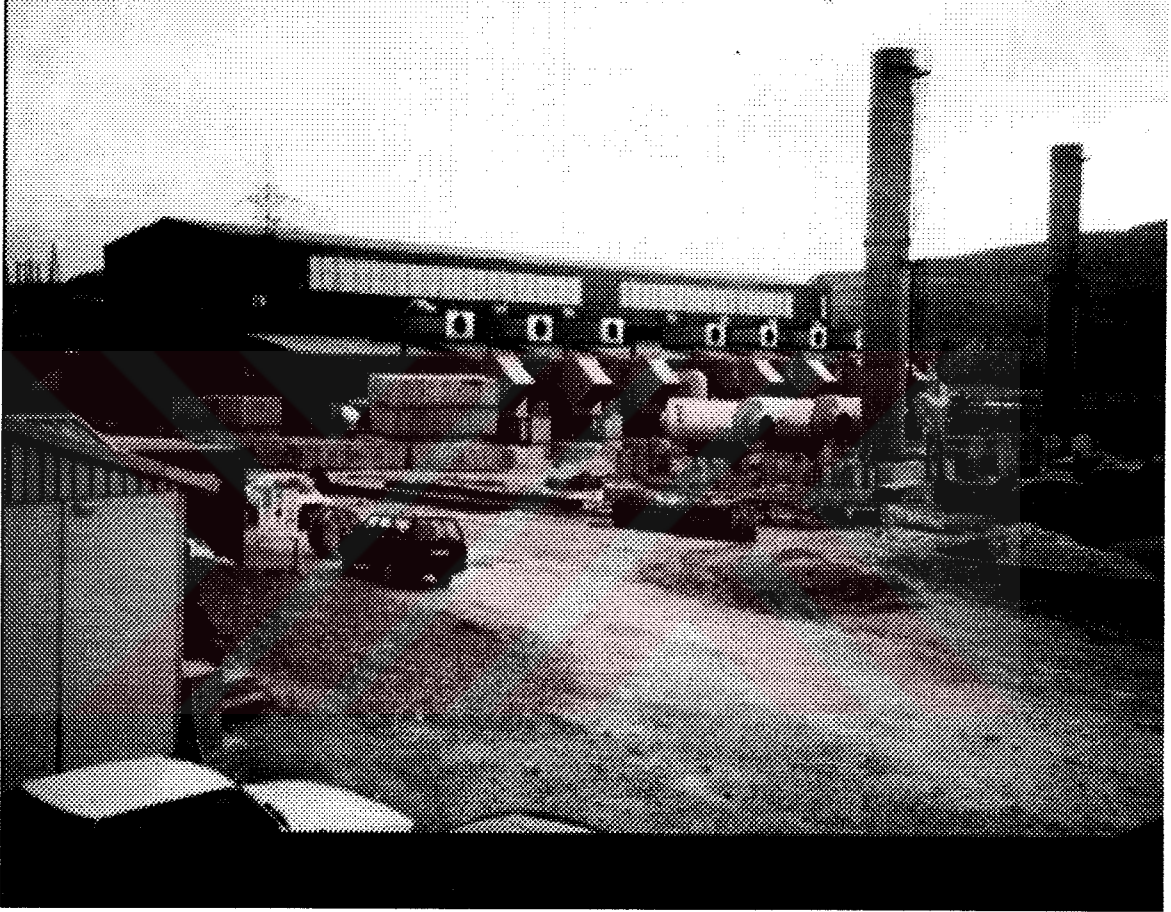
Şekil 3.3. HFO6'yı ayırıştırın seperatörler

3.3. Egzoz Gazı Değerlendirme ve Arıtma Ünitesi

Burada motorlardan çıkan egzoz gazı, boiler dediğimiz özel kazanların içerisinde geçirilerek arıtmaya verilmektedir. Kazanın su girişi, çıkışı, buhar çıkışları ve başka amaçlar için birkaç çıkışı daha mevcuttur. Bu kazanlar, $\frac{3}{4}$ 'lük kısmına kadar 3 cm çapında, 3 m boyunda yaklaşık 180 adet çelik boru içerir. Buhar kazanlarının çeşitli kısımlarında basıncı ve sıcaklığı ölçen manometreler ve termometreler, su seviyesini gösteren su seviye cihazları, kazanın patlamasını önleyen emniyet supapları ve kazanın normal çalışmasını sağlayan kontrol sistemi mevcuttur. Bu tür kazanlara alev ve duman borulu kazanlar denir. 25 Atü'lük basınca kadar imal edilen buhar üretimine oranla su hacimleri büyük ve ısınma süresi uzundur; ayrıca oldukça büyük yer kaplarlar. Bununla beraber bu tip kazanların su hacimlerinin fazla olması nedeniyle yükün değişmesinden kısa sürede etkilenmezler; ayrıca temizlenmeleri de kolaydır. Bu nedenle bu kazanlarda kalitesi yüksek olmayan su kullanılabilir.

Çok yüksek sıcaklıktaki (350-500°C) egzoz gazı arıtma ünitesine giderken, bu borulardan geçerek boruların çevresinde sürekli olarak sabit bir seviyede tutulan suyu ısıtır ve buharlaştırır. Bu proses sonucunda edilen sıcak su ve basınçlı buhar çeşitli amaçlarla kullanılabilir ve ihtiyacı olan başka tesislere satılabilir. Gaz arıtma ünitesinde

ise, yanma sonucu ortaya çıkan ve çevreye son derece zararlı olan egzoz gazı, SO_x ve NO_x bileşenlerinden kimyasal proses yoluyla ayrıştırılarak, gaz içerisinde bu bileşiklerin oranlarının yasal sınırlar içerisinde kalması sağlanmaktadır. Santrallerde yanma sonucu ortaya çıkan SO_2 gazı miktarı, kanunlara göre 300 MW üstü tesislerde 800 mg/m^3 'ü, daha düşük güçteki tesislerde ise 1700 mg/m^3 'ü geçmemelidir. Bu değerlerin yakalanması için enerji üretiminde çevre kirliliğini azaltmaya yönelik üç temel yöntem mevcuttur.



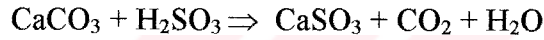
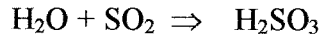
Şekil 3.4. Bacalar ve bacaların hemen yanında egzoz çıkışına bağlanacak kazanlar

- A) Yanma öncesi uygulanan teknolojiler
- B) Yanma sırasında uygulanan teknolojiler
- C) Yanma sonrası uygulanan teknolojiler

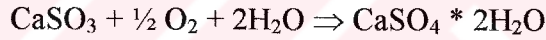
Esenboğa Enerji Santralinde yanma sonrası uygulanan teknoloji kullanıldığı için bu konuyu biraz açmak istiyorum

Yanma sonrası uygulanan teknolojiler, genel olarak, alkali çözeltiler kullanılarak baca gazındaki SO_2 'nin kalsiyum ve sodyum bileşikleri halinde tutulması prensibine

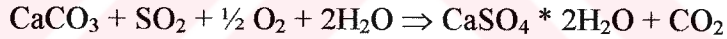
dayanmakta olup, SO₂ ile reaksiyona giren bazik maddelerin toz veya çözelti halinde gazla temas etmesi kriterine göre Yaş, Yarı Kuru ve Kuru (püskürtmeli kurutma) prosesler olarak sınıflandırılırlar. Esenboğa Santralinde, yaş proseslerden kireç/kireçtaşı ile yıkama prosesi kullanılmaktadır. Yaş prosesler, proses yönünden basit olması, teknolojik gelişimini tamamlamış olması ve arıtıcı maddenin bol ve ucuz olarak temininden dolayı dünyada en yaygın olarak kullanılan arıtma prosesidir. Proses, baca gazı içindeki SO₂'nin bir emme ünitesinde kireç/kireçtaşı çözeltisiyle yıkanarak kalsiyum sülfid/sülfat çamuruna dönüştürülmesi prensibine dayanmaktadır. % 95 SO₂ arıtımının sağlanabildiği bu proses sonucunda yan ürün olarak pazarlanabilir alçıtaşı elde edilmektedir. Prosesin kimyasal oluşumu aşağıdaki denklemlerde gösterilmiştir [3,4].



Oksidasyon reaksiyonu ise şu şekilde gerçekleşir,



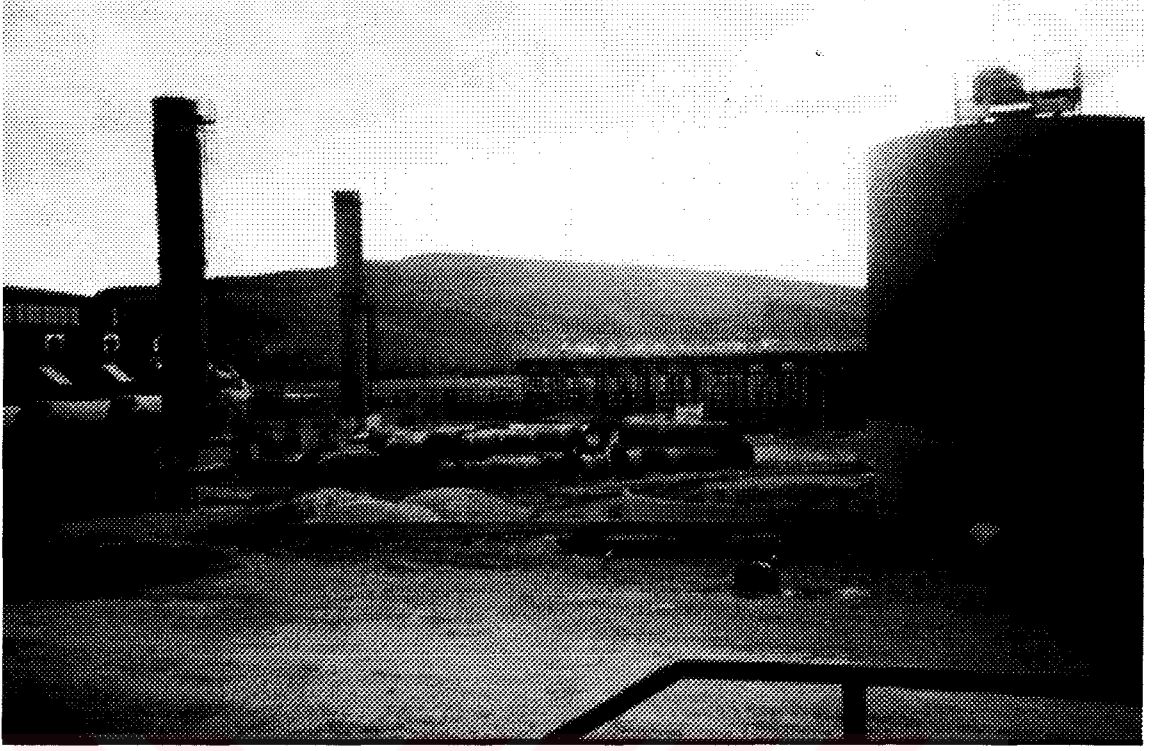
Sonuç olarak,



FGD (Flue Gas Desulfurization) sisteminde kullanılan kireçtaşını ve procesten sonra ortaya çıkan atık asidik alçıyı depolamak için de 300 m³'lük tanklar kullanılmaktadır. Santralde baca gazı arıtma sisteminde çalışan tüm elemanlar için toplam 1 MW güç harcanmaktadır. Bu da oldukça büyük bir güçtür.

3.4. Su Soğutma Ünitesi

Resimde görülen su soğutma ünitesi yerden 5 m yükseklikte olup 5*14=70 adet soğutucu fanndan meydana gelmektedir. Burada motorun çalışan aksamalarını soğutmak için kullanılan ceket suyu soğutulup tekrar motora sistem çevrim prensibi ile basılmaktadır.



Şekil 3.5. Ceket suyu soğutma fanlarından bir görüntü

3.5. Su Besleme ve Depolama Ünitesi

Bu ünitenin hemen yanında 100 m derinliğinde santralin genel su ihtiyacını karşılamak üzere bir su kuyusu açılmıştır. Kuyudan gelen su, filtrasyon işleminden sonra binanın altında bulunan 150 ve 200 m³ 'lük iki ayrı depoda depolanmaktadır. Ayrıca binada bir de suyu, hassas filtreleme, klorlama, yumuşatma işlemlerine tabi tutarak kullanıma hazır hale getiren modüler bir sistem mevcuttur. Kullanım suyunu depolamak için ise izolasyonlu ayrı bir 30 m³ 'lük tank kullanılmaktadır. Yine binanın içerisinde herhangi bir yangın anında sahaya su beslemesi yapacak elektrikli, dizel ve jokey besleme pompaları bulunmaktadır. Binada bulunan hidrofor ve pompa sistemleri sayesinde santralde kullanılan su basıncı ayarlanabilmektedir. Kapalı su soğutma sistemindeki kayıplar da yine bu üniteden karşılanmaktadır.

3.6. Jeneratörlerin Spesifikasyonları

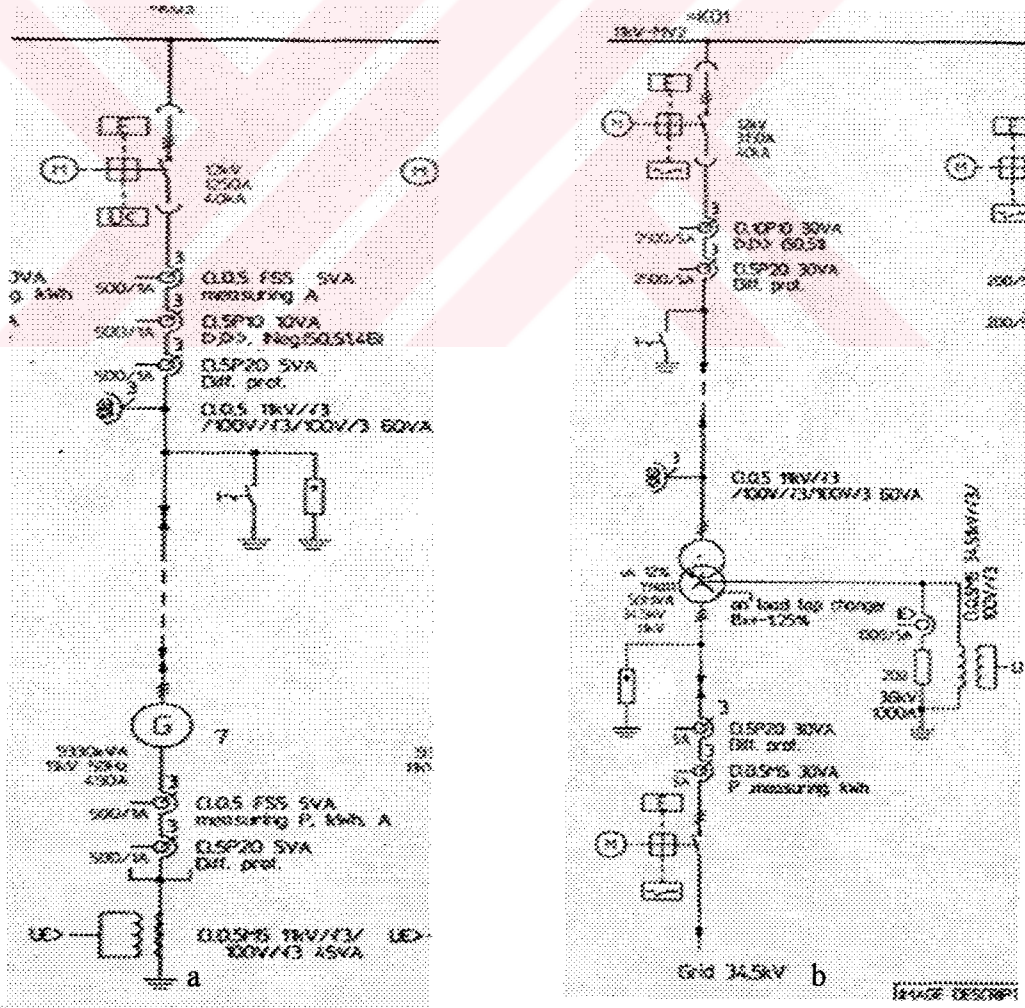
Aktif Güç = $P = 7680 \text{ kW} = 10480 \text{ HP}$

Görünür Güç = 9330 kVA Hızı = 750 rpm Piston hızı (ort.) = 10 m/s

Tipi = V tip-16 silindir - 4 zamanlı

dört, ikinci baraya ise üç adet olmak üzere toplam yedi adet jeneratör, Alstom marka çekmeceli tip MetalClad hücre üzerinden bara sistemine bağlanmıştır. Her bir jeneratör çıkış hücresi içerisinde 12 kV (nominal gerilim) - 1250 A (nominal akım) - 40 kA (kısa devre akımı) SF₆ gazlı kesici, her faz için birer adet 500/1/1/1 A üç sekonderli akım trafosu, 11kV/3^{1/2}; 100V/3^{1/2}/100V/3 60 VA çift sekonderli gerilim trafosu, bir adet toprak ayırıcısı ve parafudur mevcuttur. Akım trafosuna ait sekonderlerin birincisi, jeneratör çıkış akım bilgisini ölçmede; ikincisi, 50-51-46 korumaları için, üçüncüsü ise jeneratörün nötr kısmındaki akım trafosunun 500/1 A ikinci sekonderiyle birlikte karşılaştırmalı olarak jeneratör diferansiyel koruma amacıyla kullanılmaktadır. Jeneratörün nötr kısmındaki akım trafosunun birinci sekonderi ise enerji ve güç ölçümü amacıyla kullanılmaktadır. Nötr kısımdaki 11kV/3^{1/2};100/3^{1/2} 45 VA gerilim trafosu ise stator toprak arızasını algılamak üzere koruma amaçlı olarak kullanılmaktadır.

Ayrıca jeneratör çıkış hücrelerinde koruma amaçlı olarak Alstom MODN A07 çok fonksiyonlu (27-59-50-51-46-87-96) akıllı röleler kullanılmaktadır.



Şekil 3.6. a. Jeneratör nötr ve çıkış hücreleri projesi
b. Güç trafosu giriş ve çıkış hücreleri projesi

11 kV iki ayrı baradan 34.5 kV şebekeye geçişimiz, 11/34.5 kV 50 MVA $U_k=0.12$ yükte kademe değıştiricili (8 kademe $\pm 1.25\%$) iki adet BEST trafo üzerinden sağlanmaktadır. Bara ile trafo arasında 12 kV (nominal gerilim) - 3150 A (nominal akım) - 40 kA (kısa devre akımı) gazlı kesici, her faz için birer adet çift sekonderli 2500/1/1 A akım trafosu, toprak ayırıcısı ve $11kV/3^{1/2}$; $100V/3^{1/2}$ / $100V/3$ 60 VA çift sekonderli gerilim trafosu içeren çekmeceli tip MetalClad hücre mevcuttur. Akım trafosu, jeneratörün 34.5 kV tarafındaki akım trafosuyla karşılaştırmalı olarak diferansiyel korumasını ve 50,51 korumasını sağlamak amacıyla kullanılır. Güç trafosunun Y.G. tarafındaki akım trafosunun diğer sekonderi ise trafo çıkışında saatte üretilen gücü ölçme amaçlı olarak kullanılmaktadır. Güç trafosunun nötrü 1000/5 A akım trafosu ve 20 ohm'luk bir nötr direnci üzerinden topraklanmıştır. Nötr noktası ile toprak arasına paralel bağlanmış gerilim trafosu ise toprak arıza koruma amaçlı olarak kullanılmaktadır.

Trafonun 34.5 kV tarafında şebekeye bağlanmadan önce bina dışındaki trafo köşkü içerisinde her bir güç trafosunda birer adet olmak üzere toplam iki adet 36 kV MetalEnclosed kesici ve parafudurlar mevcuttur.

Trafodan ana kumandaya, sargı sıcaklık, yağ seviyesi, yağ sıcaklık ve Bucholz rölesi ikaz ve açma sinyalleri gelmektedir.

Her bir baranın birbirine bağlanan uçlarında birer tane olmak üzere toplam iki adet kuplaj hücresi mevcuttur. Kuplaj hücreleri birer adet 12 kV 3150 A 40 kA çekmeceli tip gazlı kesici ve 3000/5/5 A çift sekonderli akım trafosu ve toprak ayırıcısı içeren MetalClad bir hücredir. Akım trafosunun birinci sekonderi 50-51 koruma amaçlı, ikinci sekonderi ise yedek olarak kullanılmaktadır.

İç ihtiyaç trafosu besleme hücresi ise 12 kV (nominal gerilim) - 630 A (nominal akım) -40 kA (kısa devre akımı) gazlı kesici, 200/5/5 A güç ölçme (P-kWh) (1.sekonder) ve 50-51 koruma amaçlı (2.sekonder) olarak kullanılan çift sekonderli akım trafosu ve toprak ayırıcısından oluşan MetalClad bir hücredir.

Ayrıca her bir bara üzerinde birer adet $11kV/3^{1/2}$; $100V/3^{1/2}$ / $100V/3$ 60 VA çift sekonderli bara ölçüm trafosu bulunmaktadır (Şekil 3.6).

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Fabrikalar, enerji santralleri gibi büyük tesislerde kompleks kontrol görevlerinin performansının artırılması için hiyerarşik bir şekilde dizayn edilen kontrol sistemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Kurduğumuz Esenboğa Enerji Santrali'nde kontrol görevleri, optimal bir çözüm üretebilmek amacıyla iki seviyeye ayrılmıştır [19,20].

- 1) Motor kontrol seviyeleri : Görevi, motorun veya santralin basit ve temel fonksiyonlarını kontrol etmektir. Bu seviye alt dereceden bir kontrol sistemidir. Jeneratöre ait tüm sinyaller (ikaz sistemi, yakıt regülasyonu, yağ regülasyonu, hız, basınç, sıcaklık kontrolü,...vb.) bu sistem tarafından değerlendirilmektedir. KMI (Kuhse-Monitoring-Interface), MST (Modular System Technology) bu sistemin parçalarıdır ve santralin çeşitli kontrol seviyelerinde kullanılmışlardır.
- 2) Kuhse-Otomasyon kontrol seviyeleri : Görevi, santral genelinde önemli ve daha üst dereceden (superior) kontrol görevlerini gerçekleştirmektir. Sistem, kendi yapısına göre bir veya daha çok üniteden ve/veya santralden oluşan karmaşık yapılar için merkezi izleme ve kontrol fonksiyonlarını yerine getirir. Ayrıca, bilgi toplama, arşivleme, işleme ve değerlendirme görevleri de bu seviyeye aittir. Bu seviye, birbirlerine fiber optik veri iletim kablolarıyla bağlı, belirli protokollere uygun çalışan farklı dereceden sistemlerin uyumlu bir kombinasyonundan oluşur. Farklı tip ve güçteki santraller için bu sistemler farklı olabilir. Bu sistemlere BHKC, BHKS (Kuhse Ana İzleme ve Kontrol Sistemi), KDM (Kuhse Data Manager), KMA (Kuhse-Monitoring-Automation) örnek olarak verilebilir.

Kuhse-Otomasyon kontrol sistemi, kombine ısı ve enerji santrallerinde, hidroelektrik ve doğal gaz santrallerinde, rüzgar enerjisi santrallerinde ve diğer endüstriyel tesislerde enerji ve proses tekniği uygulamaları için geliştirilmiş ve optimize edilmiştir. Sistemde önemli veriler grafiksel olarak renkli monitörde izlenebilmektedir.

Aşağıdaki görevler sistem tarafından gerçekleştirilir :

- 1) Kolay veri toplama ve depolama
- 2) Basit proses parametre gösterimi, takibi ve adaptasyonu yoluyla proses optimizasyonu
- 3) Aktüel ve geçmiş veri karşılaştırmalarıyla çalışma (operation) ve arıza (fault) analizi
- 4) Yük izleme ve kontrolü

5) Santralin uzaktan (remote) işletilebilmesi

4.1. Otomasyonda Kullanılan Modüler Cihazlar ve Sistemin Yapısı

Santralin otomasyonunda kullanılan panelleri ve bu panellerde kullanılan veri toplama-izleme-kontrol sistemini, hiyerarşik bir şekilde yani yukarıdan aşağıya (en önemli ve karmaşık ana panelden en basit panele) doğru basitçe şu şekilde sıralayabiliriz :

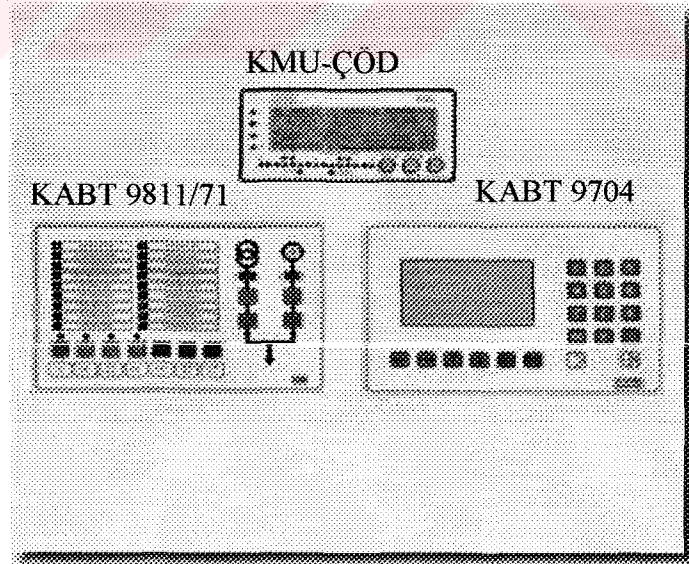
CCP ---- GCP1...7 ---- ECP1...7 ---- EA1...7 ---- CA1 ---- CA2 ---- BCP (Santral 7 üniteden oluştuğu için panel sayısına göre 1..7 ibareleri kullanılmıştır). Bu panellerde veri alış-verişinin en iyi şekilde sağlanabilmesi için panellerin karmaşıklığına göre farklı ekipmanlar ve sistemler kullanılır. Aşağıda ilgili panellerde hangi sistemin kullanıldığı gösterilmiştir.

CCP – BHKS 68000 + KDM (Kuhse Data Manager)

GCP1...7 – MST 68000 + KMA ; ECP1...7 – KMI 68000 ; EA1...7 – KMI 68000

CA1 – KMI 68000 ; CA2 – KMI 68000 ; BCP – KMI 68000

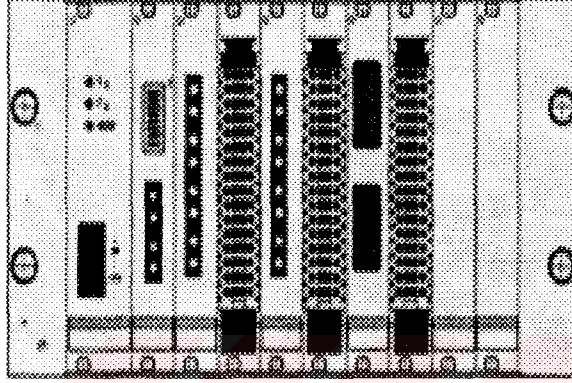
Kuhse, otomasyonda kullandığı bu ürünleri MST (Modüler Sistem Teknolojisi) ürünleri ailesi olarak tanımlamaktadır ve MST ailesi, en az aşağıdaki bileşenlerden oluşur. Bu bileşenler, arayüzleriyle birlikte açıklanmaya çalışılmıştır.



Şekil 4.1. Kuhse modüler sistem bileşenlerinden bazıları

4.1.1. Kuhse izleme arayüzü KİA (KMI - Kuhse-monitoring -interface)

KMI, fiber optik iletkenle çalışma ve gösterge tablosu KABT'ye, KANI (Kuhse-Analogue-Interface) modül ara yüzüne ve dijital giriş-çıkış PC boarduna bağlı, jeneratörler için başlatma, arıza sinyali izleme, yardımcı sürücülerin (pompalar, fanlar,...vb.) kontrolü işlevlerini yerine getirebilecek bir kontrol programına sahip arabirimdir.



Şekil 4.2. Gösterge ünitelerine ve operasyonel ünitelere fiber optik kabloyla bağlı kontrol ve izleme amaçlı arayüz

KMI, bir jeneratörün kontrolü için gerekli tüm standart kontrol ve izleme fonksiyonlara sahiptir :

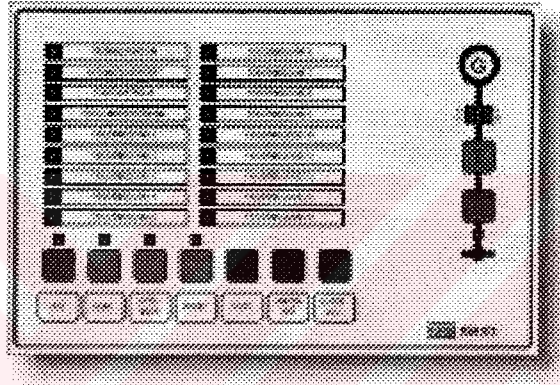
- Türbinler, gaz motorları veya dizel motorlar için yol verme-durdurma programı
- Transfer edilen dijital ve analog değerlerin ve arıza sinyallerinin değerlendirilmesi
- Yol verme ön koşullarının kontrolü
- Jeneratör seti işleme mantığı
- Yük regülasyonu ve izlenmesi
- Gaz motorları için karışım regülasyonu
- Yardımcı sürücülerin (pompalar, fanlar,...vb.) kontrolü
- Basınç regülatörleri, sıcaklık,...vb. için PI kontrolör
- Motorun çalışma programı ve saatlerini sayma
- Dış sayıcılardan için darbe girişlerinin toplanması

Ayrıca sisteme dışarıdan başka bir sistem bağlanmak istendiğinde KMI PC board girişlerine aşağıda belirtilen yollarla bağlantı yapılabilir.

Profibus DP kuplajı	RS485
Profibus FMS kuplajı	RS485
Modbus RTU kuplajı	RS485
Siemens üzerinden kuplaj:	
3964 R, RK 512 Prosedürü	RS232 veya TTY

4.1.2. Kuhse çalışma tablosu (KÇT-KABT 9811/72)

KÇT 'de jeneratör devre kesicisinden gelen ana sinyaller, operasyonel sinyaller, ortak arıza sinyalleri açık ve basit bir şekilde gösterilmektedir.



Şekil 4.3. KABT 9811/72

4.1.3. Kuhse gösterge tablosu (KGT-KABT 9704)

5'' lik veya opsiyonel olarak 10'' lik LCD display şeklindedir. Kontrolör ve sınırlar değerlerinin sınıflandırılmasıyla çalışma, arıza ve sistem sinyalleri displayde gösterilir. 10'' lik gösterge tablosu ise grafiksel olarak santralin çalışmasını ve sinyalleri gösterebilmektedir. Ayrıca geçmişe ait bilgileri saklama ve gerektiğinde Excel programıyla okunabilecek bilgi çıkışı verebilme özelliğine sahiptir.

4.1.4. Çoklu ölçüm dönüştürücüsü (ÇÖD-KMU)

Bu dönüştürücü, santralde jeneratöre ait elektriksel büyüklüklerin (U, I, P, S, Q, E) 3 kutuplu ölçümünde kullanılmıştır. ÇÖD ayrıca aşırı akım, ters güç, dengesiz yük, yüksek/düşük frekans, yüksek/düşük gerilim ve kesici operasyonu sırasında ani vektör

sıçraması gibi arızaları dedekte edebilen geniş jeneratör koruma fonksiyonlarına sahiptir.

4.1.5. MST'nin teknik özellikleri

Çalışma gerilimi	: $U_n = 24 \text{ V DC}$ (12-32 V DC)
Tüketim	: 1.5-3 A (ekipmana bağlı olarak)
Analog Girişler	: 0-10 V DC, 0-40 V DC, 0-20 mA, Pt100, Pt1000, NiCrNi, NTC, Pot. 1 veya 10 k Ω
Analog Çıkışlar	: 0-10 V DC
Dijital Girişler	: < 6 V : Düşük, > 12 V : Yüksek, $R_i = 10 \text{ k}\Omega$
Dijital Çıkışlar	: Yüksek: $U_Y = U_{VNS} - 1 \text{ V}$, Düşük: $U_D < 1.5 \text{ V}$ maks. 125 mA
İşletme Tablosu + Klavye	
Gösterge Tablosu	: isteğe bağlı olarak 5'' veya 10''
Ortam depolama sıcaklığı	: -20.....+70°C
Ortam çalışma sıcaklığı	: -10.....+55°C
Sistemin Parçaları	:
Dijital Girişler	: maks. 8*30
Dijital Çıkışlar	: maks. 8*30
Analog sinyaller (girişler-çıkışlar)	: maks. 12*16
Sayıcı girişleri	: maks. 8 (5''-ünite), maks. 16 (10''-ünite)
Darbelerin frekansı	: maks. 20 Hz (1:1 anahtar oranında)
Arıza sinyalleri	: maks. 256
Çalışma sinyalleri	: maks. 64 (5''-ünite), maks. 256 (10''-ünite)
Standartlar	: DIN EN 50178 (VDE 0160), DIN EN 60439 Kısım 1 DIN ISO 8528-4

4.2. Santraldeki Ana Paneller

Santraldeki panellerin görevi, santralin genelinin hiyerarşik bir biçimde kontrolünü sağlamaktır. Paneller birbirlerine Ek 8'de gösterildiği gibi çeşitli veri iletim yollarıyla kuplajlanmıştır.. Şekilden de görüldüğü gibi tüm paneller ortak kontrol paneli olan CCP'ye bağlıdır. Aşağıda santralde kullanılan paneller ve görevleri ile ilgili genel bilgiler verilmiştir [19,20].

4.2.1. CCP Ortak kontrol paneli (common control panel)

Tüm 11 kV ve 36 kV çıkış ekipmanlarının (kesiciler, güç trafoları, iç ihtiyaç trafoları) kontrolü, izlenmesi, anahtarlama, koruma sinyallerinin ve şebekeden gelen diğer sinyallerin değerlendirilmesi, senkronizasyonun sağlanması santral içerisindeki diğer tüm panellerle koordinasyon içinde bu panel tarafından gerçekleştirilir. Bu panel jeneratör kontrol panelleriyle (7 adet), ortak yardımcı ekipman panelleriyle, acil durum jeneratörü paneliyle sürekli veri alışverişindedir. Bu panel ana kumanda odasındadır. Gelen tüm bilgileri saklayan ve grafiksel olarak izlenmesini sağlayan bir bilgisayara harici olarak bağlanmıştır.

4.2.2. GCP1 Jeneratör kontrol paneli (generator control panel)

Jeneratörle ilgili tüm kontrol mekanizmaları bu panel tarafından yürütülür ve kontrol edilir. Her bir ünite için birer tane olmak üzere toplam 7 tanedir. Görevi alternatörü ve motoru (genset) izlemek ve kontrol etmektir. Bu panel, motor kontrol panelinden (ECP) ve motor yardımcı ekipman panelinden (EA) aldığı verileri değerlendirerek ortak kontrol paneline (CCP) aktarır. Fakat jeneratör CCP tarafından kontrol edilemez. Bu bilgiler CCP'den ve ona bağlı bilgisayardan sadece izlenebilir. Bu paneller, kumanda odasındadır ve her birinin üzerinde birer adet olmak üzere yürütülen tüm olayların izlenmesini ve kontrolünü sağlayan 10'' lik bir LCD display ve buna bağlı bir fare ve klavye mevcuttur.

4.2.3. ECP1 Motor kontrol paneli (engine control panel)

Motorla ilgili tüm analog ve dijital verileri toplayarak jeneratör kontrol paneline (GCP) aktarır. Bu panel, her üniteye birer tane olmak üzere toplam 7 adettir ve santral binası içerisinde, jeneratör holü (generator hall) olarak tabir ettiğimiz kısımda hemen motorların yanına yerleştirilmiştir. Jeneratöre ait ikaz sisteminin kontrolü, yağlama sisteminin kontrolü, hız regülasyonu, sıcaklık ve basınç kontrolü,..vb. görevler bu panel tarafından gerçekleştirilir.

4.2.4. EA1 Motor yardımcı ekipman paneli (engine auxiliaries)

Motora ait tüm yardımcı ekipmanların kontrolü bu panel tarafından gerçekleştirilir. Her bir ünitenin yanında bir adet olmak üzere toplam 7 adet panel mevcuttur. Panelde toplanan bilgiler doğrudan GCP paneline aktarılır. Kontrol ettiği yardımcı ekipmanlar: Motor yakıt besleme ünitesi (booster unit), hava basınç düzenleme sistemi, soğutma suyu düzenleme sistemi, yağ kontrol sistemi, yakıt (HFO) besleme sistemi, buhar kazanı (sıcaklık, seviye, basınç,...vb.) kontrol sistemi, egzoz gazı kontrol sistemi, fan kontrol sistemi, çeşitli seviye kontrolleri, vb. sistemlerdir.

4.2.5. CA1 Ortak yardımcı ekipman paneli 1 (common auxiliaries 1)

Ortak yardımcı ekipman paneli, santral içerisinde tüm üniteler tarafından ortak kullanılan ekipmanları (yol verme kompresörü, su besleme sistemine ait ekipmanlar, egzoz gazı arıtma ve değerlendirme ünitesine ait ekipmanlar, ön ısıtıcı, atık yağ tankı, ..vb) kontrol eder. Topladığı verileri, fiber optik veri kuplajı üzerinden doğrudan CCP'ye aktarır. Jeneratör holünün tam ortasına yerleştirilmiştir.

4.2.6. CA2 Ortak yardımcı ekipman paneli 2 (common auxiliaries 2)

2 adet 2500 m³ HFO depolama tankı + 1 adet 600 m³ motorin depolama tankı + 1 adet 150 m³ ayrıştırılmış HFO tankı + 3 adet 30 m³ atık yakıt ve yağ tankı + 1 adet 30 m³ yağ depolama tankı, yakıt seperatörleri, yakıt ve yağ pompaları (besleme, boşaltma) gibi ekipmanlardan oluşan yakıt depolama ve besleme sahasının (tankfarm) tüm kontrol ve izleme sinyalleri bu panoda toplanır. Bu sinyaller, seviye, arıza, aktif, sıcaklık, basınç, pompa çalıştırma veya durdurma, ...vb. sinyallerdir. Pano ana santral binasına yaklaşık 150 m uzaklıkta bulunan yakıt ayrıştırma ve besleme binasının içine yerleştirilmiştir. Panel topladığı tüm sinyalleri veri kuplajı üzerinden CCP paneline aktarır.

4.2.7. BCP Acil durum jeneratörü kontrol paneli (blackstart control panel)

Acil durum jeneratörü, santraldeki tüm enerji kesildiği ve enterkonnekte şebekeden de enerji alınamadığı durumda santralin enerji ihtiyacını belirli bir süre

karşlamak amacıyla kullanılır. Doğrudan ortak kontrol paneline (CCP) bağlıdır. Her iki iç ihtiyaç barasına da birer kesici üzerinden bağlıdır. Seçime bağlı olarak manuel olarak veya enerji kesildiğinde otomatik olarak devreye girebilir. Sürekli olarak çalışmaya hazır halde tutmak için belirli periyotlarda boşta çalıştırılması gerekmektedir. Gücü 250 kW olan bu jeneratör şüphesiz santralin tüm ihtiyacını karşılamak açısından tek başına yeterli değildir. Bu jeneratörün amacı, santrale ait 7 adet ana jeneratörden birine ait yol verme ekipmanlarını ve ilgili sistemi hazır hale getirerek bu jeneratörlerden birinin çalışmasını sağlamaktır. Ana jeneratörlerden biri devreye girdiğinde, acil durum jeneratörü otomatik olarak devreden çıkacaktır. Daha sonra şebeke arıza giderilip şebeke santralden tekrar güç talep etme durumuna gelinceye kadar santralin iç ihtiyaç enerjisi ana jeneratörlerden birinin çalışmasıyla sağlanır. Santralin bu şekilde sadece kendi enerji ihtiyacını karşılamak amacıyla çalışmasına ada modunda (island mode) çalışma denir. Fabrikalara ait özel kojenerasyon santrallerinde eğer elektrik makinelerinin çalışmasını sağlayan gerilimin kalitesi (genliği, frekansı, vb.) üretilen ürün üzerinde hassas bir etkiye sahipse (tekstil fabrikaları, elektronik eşya üretim fabrikaları,..vb.) veya kısa süreli enerji kesintileri çok büyük maddi kayıplara neden oluyorsa, sık sık ada modunda çalışmaya başvurulur. Zaten bu tür fabrikalarda kurulan küçük güçlü santraller, öncelikle kendi iç ihtiyaçlarını karşıladıktan sonra artan enerji miktarını yapılan anlaşma şartlarına bağlı olarak TEAŞ'a satarlar. Burada kullanılan BCP paneli, normal bir dizel jeneratöre ait yağ, soğutma, sıcaklık, basınç, devir, senkronizasyon kontrolü yapmasının yanında, CCP'den aldığı verilere göre (kesiciler açtı, enerji yok, ..vb).devreye girer veya çıkar. İşin ekonomik boyutları da düşünüldüğünde, santral devreden çıktığında, santrali tekrar devreye alabilme özelliği (tüm başlangıç koşullarının sağlanabilmesi) bu jeneratörün ne kadar önemli bir eleman olduğunu daha iyi anlaşılmasını sağlamaktadır.

4.3. Sinyal Algılama-İletme-Cevap Prosesi

Dizel santralin tam olarak kontrolünün sağlanabilmesi ve izlenebilirliğinin kolaylaştırılması için, santralin temel işlevlerini yerine getirebilmek amacıyla kurulmuş ve birbirleriyle ilişkili çalışan, yukarıda bahsedilen farklı bölümlere ait sinyaller, önce ayrı panolar üzerinde toplanmış ve bu panolardan da ana kumanda odasındaki panolara aktarılmıştır. Bu sinyallerden bazıları doğrudan röle ve kontaklar üzerinden lojik 1 veya 0 girişi olarak panel slot girişlerine verilmiştir ki bunlara dijital sinyaller diyoruz, bazı

sinyaller ise analog olarak sensörlerce (sıcaklık-basınç...) algılandıktan sonra analog-dijital çeviriciler vasıtasıyla dijital sinyallere çevrilerek yine bu slot girişlerine verilmiştir ki bunları da analog sinyaller olarak adlandırıyoruz. Tüm bölümlere ait sinyaller ve bu sinyallerin toplandığı panolar Ek 7’de gösterilmiştir. Ek 7’de gösterilen sinyallerin birkaç tanesinin algılama-iletme-cevap prosesi projelerin aslına uygun olarak proje üzerinden aşağıda detaylı olarak açıklanmıştır. Proje üzerinden yapılan açıklamanın eşzamanlı (aynı anda projeye de bakmak gerektiğinden) ve kolay anlaşılabilir olabilmesi için proje okuma yöntemine de değinilmiştir. Projelerin anlatılan sinyalle ilgili olan sayfaları ekte verilmiştir. Hangi sinyale ait projenin hangi ekte olduğu, numarası vb. ilgili sinyal açıklanırken belirtilmiştir. Açıklanan tüm sinyaller için gerekli bağlantılar bizzat tarafımızca yapılmış ve doğruluğu kontrol edilmiştir.

Aşağıda, bu çalışmadaki dijital sinyallerden birkaç tanesinin algılama – iletme – cevap prosesleri incelenmiştir [10,17,18,20].

1. Sinyal : İlgili projeler : EA1-44, 45 [Ek 1]

Motor yardımcı ekipman panelinden (EA1- Engine Auxiliaries) DI1-dijital giriş (digital input) slotunda 16 nolu sinyal olan “yağlama yağı tankı seviyesi düşük-2LSL2T006” (Lube oil tank level low-2LSL2T006) sinyalini inceleyelim.

Projede ilgili sinyalin önünde /44.7 yazmaktadır. Bu ilgili projenin 44. sayfasında 7 nolu sütuna bakmamız gerektiğini belirtir. Bu sayfada 7 nolu sütunun altında “yağlama yağı tankı seviyesi düşük-2LSL2T006” (Lube oil tank level low-2LSL2T006) yazmaktadır ve hemen üzerinde de bir devre şeması vardır. Bu devrede en üstteki 7F6L+ ile tanımlanan çizgi devreyi besleyen +24 V doğru akım bağlantısıdır. Alttaki -1XM5 nolu çizgi ise devrenin tamamlanabilmesi için gerekli olan negatif hattır. “ o ” terminal bağlantı işaretidir ve bu işaretin hemen üzerinde yazan -X1.151 yazısı, ilgili kablonun X1 terminalinin 151. girişine bağlanması gerektiğini belirtir. Yine bu sütunun altında bulunan kesik çizgilerle kare içerisine alınmış 1M00003 nolu modül, yağ tankı çıkış modülüdür ve tankla ilgili tüm sinyaller bu modül üzerinden bilgi toplama sistemine aktarılır. Modülün içerisinde gösterilen -5K15 kontağı kapandığında ki bu ancak ve ancak tanktaki yağ seviyesi düştüğünde mümkündür, -10X1 nolu optokuplör doğrudan 24 V D.C. ile beslenir ve EA1 paneli ilgili slot girişine (16 nolu giriş) lojik 1 sinyali iletilir ve bu da sistemin yazılımı dolayısıyla “yağ tankında yağ seviyesi düştü” olarak algılanır ve ana monitöre bu şekilde bir sinyal yansıtılır. Dikkat edilecek olursa -K15 kontağının kapanması aynı zamanda, bu devre üzerinden beslenen

-44K8 rölesini de aktive eder. Bu rölenin aktive olmasıyla pozisyon değiştirecek diğer tüm kontaklar ve konumları rölenin hemen altında verilmiştir. Rölenin altındaki kontağın yanında .3 yazması bu kontağın yine aynı sayfada 3. sütunda olduğunu belirtir. 3. sütuna baktığımızda -44K8 kontağını görebiliriz. -44K8 rölesi aktive olduğunda, bu kontak kapanır. 3. sütunun hemen altında “yağlama yağı akaç pompası 2P010 aktif “ (Lube oil drain pump 2P010 on) yazısı yazmaktadır, yani bu devrenin amacı pompayı aktive etmektir. Peki bu nasıl olur? Eğer bu devrenin çalışmasını incelersek; devrenin tamamlanması için, yağ tankı 1M00003 nolu çıkış modülünün içindeki bir diğer “yağ seviyesi düşük kontağı” olan -5K11 nolu kontağın kapalı olmasının yanında, pompa kontaktörüne ait olan -45Q7 kontağının da kapalı olması gerekir. Bu kontağın motorun kontaktörüne ait olduğunu kontağın hemen altındaki /45.7 ibaresinden anlıyoruz. Bu ibareye göre 45. sayfada 7. sütuna baktığımızda motora ait korumalı güç kontaktörü karşımıza çıkmaktadır. Ve bu kontaktör, pompa otomatik çalışmaya hazır olduğu sürece kapalıdır. Böylece devre bu şekilde tamamlanmış olur ve -44K3 rölesi aktif duruma geçer. Rölenin aktif olmasıyla pozisyon değiştirecek diğer tüm kontaklar ve konumları rölenin hemen altında verilmiştir. Bu kontaklar incelenirse, rölenin aktif duruma geçmesiyle 1-2 ; 3-4 ; 5-6 kontaklarının kapanacağı görünmektedir. Bu kontaklar hemen yanındaki ibareye göre (/45.7) 45. sayfanın 7. sütunundadırlar ve hepside yağ akaç pompasının üç faz üzerinden beslenmesini sağlayan kontaklardır. Bu kontakların (-44K3) da kapanmasıyla, pompa aktif olarak çalışır duruma geçer. Aynı zamanda -44K3 rölesinin hemen altında gösterilen kontaklardan 43-44 (/45.2), 53-54 (/45.3) kontaklarının da kapandığını görürüz. Bu kontaklar ise yanlarındaki konum belirten ibareden anlaşılacağı üzere 45. sayfada , 2. ve 3. sütunadırlar. 43-44 kontağına ait devre incelendiğinde bu kontağın kapanmasıyla tamamlanan devrenin görevinin 10. sayfada, 1. sütunda bulunan -10X1 dijital giriş slotunun 17. girişine lojik 1 vererek izleyici ve kontrol edici sisteme yağlama yağı akaç pompası 2P010 aktif (Lube oil drain pump 2P010 on) bilgisinin iletilmesi olduğunu görürüz. 53-54 kontağına ait devrede ise bu kontağın kapanmasıyla, +EA1 panosu üzerindeki -45H3 ışıklı göstergesi yeşil renk yanarak 2P010 aktif (2P010 operation) bilgisini gösterir.

2. Sinyal : İlgili projeler : EA1-23, 24, 25 [Ek 2]

Motor yardımcı ekipman panelinden (EA1- Engine Auxiliaries) DO1-dijital çıkış (digital output) slotunda 03 nolu sinyal olan “yağ pompası P001 aktif” (lube oil pump on P001) sinyalini inceleyelim.

Daha önceki sinyaldeki proje okuma yöntemine benzer şekilde bu sinyali ele aldığımızda, sinyalle ilgili devrenin 24.sayfada 1.sütunda olduğunu anlıyoruz. Bu sayfada 1. sütundaki devreyi yorumlarsak: İlgili slotun 03 nolu çıkışının lojik 1 olmasıyla şekildeki devre optokuplör üzerinden tamamlanarak, -24K4 kontağın kapalı olmasına bağlı olarak ilettime geçecektir. Zaten bu kontak normalde kapalı olup, ancak ve ancak hemen altında yazan “yağ pompası arızalı” (lube oil pump P001 fault) ifadesinden de anlaşılacağı gibi bir arıza durumunda açık konuma geçecek ve pompa çalışmayacaktır. Devrenin iletimi durumunda -24K1 nolu röle aktif duruma geçecek ve buna bağlı olarak rölenin hemen altındaki ibareye göre 25. sayfada 1.sütundaki 11-14 kontağı kapanacaktır. Bu kontağın kapanmasıyla, devre -25F6.1 (pompa arızalı olmadığı sürece bu kontak kapalıdır), -25F6.2 (normalde kapalı), -24K1 kontakları ve -25K5 rölesi üzerinden ilettime geçecektir. Çekmede gecikmeli (enerjilenince çalışan) çalışan bu röle öncelikle kendine bağlı 15-18 yıldız çalışma kontağını kapatacak, -25K3 kontağı enerjilenecek ve bu röleye bağlı 8. sütundaki 1-2, 3-4, 5-6 (motor yıldız bağlantı kontakları) ve 1.sütundaki 13-14 kontakları ayarlanabilir bir süre boyunca (15-30 sn süreyle) kapanacaktır. 13-14 kontağının kapanmasıyla tamamlanan devrede -25K1 rölesi enerjilenecek ve dolayısıyla da 6. sütundaki 1-2, 3-4, 5-6 (motor ana besleme kontakları) ve 2. sütundaki 13-14 kontakları kapanacaktır. Bu şekilde motor, ayarlanan süre boyunca öncelikle yıldız çalışacaktır. Ayarlanan sürenin sonunda ise -25K5 rölesine bağlı 15-18 kontağı açılacak, bu kontağın enerjilediği -25K3 rölesine bağlı kontaklar, röle enerjisiz kaldığından tekrar pozisyon değiştirecek ve 15-28 kontağı (üçgen çalışma kontağı) kapanacaktır. Bu suretle devre -25K3 21-22 kontağı (bu kontak pompa yıldız çalışmadığı sürece kapalıdır), -25K1 43-44 kontağı (bu kontak zaten ana kontak olarak -25K1 rölesi enerjilendiğinden beri iletimdedir), ve -25K4 rölesi üzerinden ilettime geçecektir. -25K4 rölesi enerjilendiğinde, rölenin altında gösterilen kendisine bağlı tüm kontaklar pozisyon değiştirecektir. Böylece 7. sütundaki 1-2, 3-4, 5-6 kontakları kapanacak ve pompa üç faz üzerinden üçgen olarak çalışmasına devam edecektir. Ayrıca 2. sütundaki devrenin -25K1 13-14, -26K2 11-14 kontakları ve -25K2 rölesi üzerinden tamamlanmasıyla da bu röleye bağlı 24. sayfa 5. ve 7. sütunlardaki 11-14 ve 21-24 kontakları kapanacaktır. 24. sayfa 5. sütundaki devre 1. dijital giriş slotunda 08 nolu girişe lojik 1 verilmesini sağlayarak pompanın çalışmaya başladığını ana kumanda odasına ve dolayısıyla da merkezi veri toplama ve değerlendirme sistemine aktarır. 7. sütundaki kontağın kapanmasıyla aktif duruma geçen devre ise EA1 paneli üzerinde -24H7 nolu durum göstergesinin yeşil renk

yanmasını sağlayarak dışarıya görsel ve lokal olarak P001 pompasının çalıştığı sinyali verir. Eğer projede incelenen sinyalin başlangıç noktasına yani slot çıkışına lojik 1 verilerek –24K1 rölesinin aktive edildiği noktaya dönülürse –24K1 rölesinin –23K2 11-14 kontağının kapanmasıyla da aktive edilebileceği görülebilir. Bu rölenin kapanması ise altındaki ibareden de anlaşılacağı üzere 23. sayfada 2. sütundaki rölenin enerjilenmesiyle sağlanır. Bu devre incelendiğinde de bunun ancak –23S1 SA-seçici anahtarının (SS-selector switch) 1 konumuna getirilmesiyle mümkün olabileceği anlaşılmaktadır. Bu anahtar 1. konumuna getirildiğinde yine 1. dijital giriş slotunun 04 girişine lojik 1 verilerek “SA yağ pompasını aktif hale getirdi” (SS lube oil pump P001 on) sinyalinin ana sisteme iletilmesi sağlanır.

3. Sinyal : İlgili projeler : GCP1-20-21-24-44-45-47-55-56-57, ECP1-29, CCP-70, Alstom K10-3-4-5 [Ek 3]

Jeneratör kontrol panelinden (GCP1- Generator Control Panel) DO1-dijital çıkış (digital output) slotunda 10 nolu sinyal olan “Jeneratör devre kesicisi serbest” (generator circuit breaker released) sinyalini inceleyelim. Bu sinyalin önemi jeneratör kesicisinin açma ve kapama kontrolü için 45. ve 47. sayfadaki kesici kontrol ve cevap devreleri dikkatli bir şekilde incelendiğinde kesicinin kapanabilmesi için “kesici serbest” sinyalinden başka daha birçok önemli sinyalin (senkronizasyon tamam bilgisi, rölelerden her şey tamam bilgisi, kesici servis pozisyonunda bilgisi vb.) olduğu görülmektedir.

Bu sinyal kesicinin kapanmasını engelleyecek hiçbir blokaj olmadığını belirtir. Yani jeneratör devre kesicisi kapanmaya hazırdır. İlgili slotun 10 nolu çıkışı lojik 1 olduğunda 44. sayfada 1. sütundaki devre tamamlanır ve –44K1 rölesi enerjilenir. Bunun sonucu olarak ta bu röleye ait 2. sütundaki 11-14 kontağı kapanır. Bu devre incelendiğinde, devrenin tamamlanması için ayrıca devre üzerindeki diğer kontakların da kapalı olması gerekir. Bu kontaklar, yerleri belirtilmiş -45K4, -21K8, -24K3, -55K3, -55K4, -44K6, -57K4, -57K3, 44K4, -44K5 rölelerine ve –8F3 sigortalı şalterine bağlı numaraları ve normal pozisyonları belirtilmiş kontaklardır. Bu kontakları ve durumlarını sırayla ayrı ayrı inceleyelim.

–45K4 rölesine bağlı 11-14 kontağının kapalı olabilmesi için hangi şartlar sağlanmalıdır? Bu kontak jeneratör topraklama anahtarının açık veya kapalı olması durumuna göre pozisyon değiştirir. Kontakın hemen altında yazılı ibareden anlaşılacağı gibi, kontakın kapanmasını sağlayan röle 45. sayfada 4. sütundadır. Bu röleyi ve devreyi

incelediğimizde, devrenin 10 nolu jeneratör giriş hücresi (K10 MV1-IG1-Medium Voltage-Incoming Generator) içerisindeki normalde kapalı olan “topraklama anahtarı açık” (earth switch off) kontağı üzerinden zaten enerjili durumda olduğu ve ancak bu anahtarın açması, yani rölenin enerjisiz kalması durumunda 11-14 kontağının kapanacağı görülmektedir. Bu da bizi 10 nolu jeneratör giriş hücresi (K10) içerisindeki “topraklama anahtarı açık” (earth switch off) kontağını ve ilgili projeyi inceleme gerekliliği ile karşı karşıya bırakmaktadır. Santralin 11 kV ve 36 kV çıkış hücrelerinin projelerini başka bir firma (Alstom) hazırladığından, bu projelerin ilgili kısımlarını inceleyip, santralin ana sinyalizasyon projesini hazırlayan firmanın (Kuhse) projeleriyle karşılaştırmamız gerekir. K10 hücresine ait projenin 4. sayfasına baktığımızda, topraklama anahtarına (earthing switch) ait kontağın 10. sütunda 81-82 nolu kontak olduğunu, yanında gösterilen diğer kontaklarla birlikte aynı sayfadaki –Q8 rölesinin enerjili olup olmama durumuna göre konum değiştirdiğini görmekteyiz. Burada aklımıza şu soru gelebilir: O kadar kontak arasından 81-82 kontağının aradığımız kontak olduğunu nasıl anladık? Bu gibi iki projenin tam uyuşmadığı veya ayrı firmalar tarafından yapıldığı durumlarda ilgili bağlantının eğer varsa kablo numarasına bakılıp diğer projedeki kablo numarasıyla karşılaştırılarak veya bağlantı terminal numaraları karşılaştırılarak aranan kontak, röle vb. bulunur. Burada dikkat edilirse Alstom’un projesinde kablo numaraları yazılı değildir fakat bağlantı terminal numaraları yazılıdır. Ana projede (Kuhse’nin projesi) K10 içerisindeki topraklama anahtarının (earthing switch) X1 klemens dizisinin 446 ve 447 nolu terminallerine bağlı olduğu görülmektedir. Alstom’un projesinde –X1 446-447 terminalleri arasında sadece 81-82 kontağı mevcuttur. Bu tip durumların çözüm yolu üzerindeki bu açıklamalardan sonra, tekrar kaldığımız yere yani devrenin çalışmasına dönelim.

Topraklama anahtarının (earthing switch) yani 81-82 nolu kontağın pozisyon değiştirmesi için enerjisiz olan aynı sayfadaki –Q8 rölesinin enerjilenmesi gerekmektedir. Alstom’un projesinde K10- 4. sayfada ve 3. sütundaki topraklama anahtarı kilitleme (earthing switch interlocking) devresi incelendiğinde bu rölenin enerjilenmesinin ancak jeneratör kontrol paneli (GCP1) içerisindeki numarası belirtilmemiş kontağın kapanmasıyla mümkün olduğu görülmektedir. Her ne kadar –X1 302 ve 341 terminalleri arasında kalan bu kontak Alstom’un projesinde normalde kapalı olarak görünüyorsa da Kuhse’nin projesinden bu kontağın normalde açık bir kontak olduğu görülmektedir. Kuhse’nin +GCP1 projesinde 47. sayfa, 6. sütunda bu kontağı görmekteyiz. Görüldüğü gibi kontağın kapanması için aynı sayfada 8. sütunda bulunan

-47K8 rölesinin enerjilenmesi gerekmektedir. Bu da ancak devreden görüldüğü gibi 36. sayfadaki dijital çıkış (DO1) slotunun 23. çıkışına lojik 1 vermesiyle mümkündür. Bu rölenin amacı, altındaki yazıdan da anlaşılacağı gibi (release earthing switch) topraklama anahtarı üzerindeki blokajı kaldırarak anahtarı serbest bırakmak, işletmeye hazır hale getirmektir.

-21K8 rölesine bağlı 11-14 kontağının kapalı olabilmesi için hangi şartlar sağlanmalıdır? Bu röle sayfa 21'de gösterilen negatif sıra rölesidir. Röleye bağlı 11-14 kontağı faz sırasında herhangi bir bozulma olmadığı durumlarda kapalıdır. Ancak ve ancak aksi bir durum oluştuğunda bu kontak açar ve dolayısıyla 44. sayfadaki ana devre enerjisiz kalır.

-24K3 rölesine bağlı normalde kapalı 11-12 kontağı görüldüğü gibi zaten kapalıdır. Bu kontak ancak ve ancak ilgili rölenin enerjilenmesi ile açar. Bu röle, ana diferansiyel koruma (87G) rölesine yardımcı bir röledir. 24. sayfa 3. sütundaki bu röleyi incelersek, bu rölenin ancak 20. sayfadaki -20F2 diferansiyel koruma rölesine ait 11-14 kontağının kapanmasıyla enerjilenebileceği görülür. Dikkat edilirse bu kontak kapandığında tamamlanan devreyle, aynı zamanda 1. dijital giriş slotunun 23. girişine lojik 1 verilir ve ana kontrol ve izleme sistemine 87G- diferansiyel koruma devrede sinyali iletilir.

-55K3 ve -55K4 acil durdurma 1 ve 2 rölelerine bağlı 53-54 kontaklarının kapanması için 55. sayfa 3. ve 4. sütunlardaki bu rölelerin enerjilenmesi gerekir, bunun içinde devrenin tamamlanması yani devre üzerindeki tüm kontakların ve butonların kapalı durumda olması gerekmektedir. Devre incelenirse -55S1.1 ve -55S1.2 anahtarları zaten kapalıdır. -55K6, -55K8, -55K7 rölelerine bağlı 11-14 kontaklarının kapanması içinde +CCP, +ECP, +EA panellerindeki butonlarla ilgili acil durdurma rölelerinin enerjilerinin kesilmesi gerekir. Bunu yine 55. sayfadaki 5.-6.-7. sütunları inceleyerek anlayabiliriz. Bu durumda projeden de görüleceği gibi 1. dijital slotunun 06 girişine, 2. dijital giriş slotunun 04 ve 07 girişlerine lojik 0 verilir. Bu sinyaller optokuplör üzerinden ana izleme ve kontrol sistemine iletilir ve sistemin yazılımı bu bilgileri değerlendirir. Daha sonraki kontak olan 56. sayfa 1. sütundaki -56K1 MİB denetimi (CPU supervision) rölesine bağlı 11-14 kontağının kapanması için bu rölenin enerjilenmesi gerekir. Bu devre incelendiğinde rölenin ancak 57. sayfada 7. sütundaki devre üzerinden enerjilenebileceği görülür. Bu da, 1. dijital çıkış slotunun 09 çıkışının lojik 1 olmasıyla mümkündür. Bu çıkış lojik 1 olduğunda -57K8 rölesi de enerjileneceğinden bu röleye bağlı olan rölenin altında yerleri ve numaraları belirtilen tüm kontaklar yer değiştirir. Bu röle KMA seçici anahtarının açık/reset konumunu

belirtir. Böylece –55K3 ve –55K4 röleleri kapalı olan bu kontaklar üzerinden enerjilenir. Bu devre üzerinden 55. sayfa 4. sütunda görülen 1. dijital giriş slotunun 05 girişine lojik 1 verilir, böylece ana izleme ve kontrol sistemine acil durdurma aktif değil (emergency stop not activated) sinyali iletilir. Bu şekilde 55.sayfa 1.2.3. sütunlarda gösterilen devre tamamlanmış olur, devre üzerindeki rölelerin enerjilenmesiyle de asıl devremiz (44. sayfa 1.2.3.4. sütunlar) üzerindeki kontaklar kapanır.

–44K6 rölesine bağlı 1-7 kontağını ele alırsak; bu kontak zaten normalde kapalıdır ve ancak jeneratörün çalışması iptal olduğunda açar. Bunun olabilmesi aynı sayfada 5. sütundaki –44K6 rölesinin enerjilenmesiyle mümkündür ve bu da ancak CCP panelinde 70. sayfa 2. sütundaki devrenin tamamlanabilmesiyle olabilir.–8F3 kontağı 8. sayfa 3. sütunda görüldüğü gibi 24 V doğru akım jeneratör korumaları ana besleme sigortasına bağlı kontaklıdır ve devre normal olarak 24 V ile beslendiği sürece (yani sigorta atmadığı sürece) bu kontak hep kapalıdır.

–57K4, –57K3 güvenlik zinciri 1-2 rölelerine bağlı 23-24 ve 53-54 kontaklarının da devrenin tamamlanabilmesi için kapanması gerektiği açıkça görülmektedir. Bu kontaklar da kapalı durumda olursa, diğer –44K4 85-86 ve –44K5 85-86 kontakları normalde kapalı olduğundan jeneratör kesicisi serbest röleleri (-44K4, -44K5) aktif hale geçecektir. –57K4, -57K3 güvenlik zinciri 1-2 rölelerinin enerjilenebilmesi için tamamlanması gereken devre sayfa 57’de gösterilmiştir. Bu devrenin tamamlanabilmesi için gereken röle-kontakt zinciri projede görülmektedir. Devredeki ilk iki kontak biraz önce incelenen –55K3 ve –55K4 acil durdurma 1 ve 2 rölelerine ait 23-24 kontaklarıdır. Bu kontakların kapalı olma şartına yukarıda değinildiğinden tekrar değinmiyorum. Devrenin tamamlanabilmesi için gerekli diğer kontaklara göz atarsak: -24K6 jeneratör koruma rölesine bağlı 11-12 kontağı normalde kapalıdır ve ancak 24. sayfa 6. sütundaki jeneratör koruma rölesinin enerjilenmesiyle mümkündür. Devredeki bir diğer kontak ise –35K6 jeneratör kesicisi açık rölesine bağlı 21-22 kontağıdır ve bu kontakta normalde kapalıdır. Devrenin tamamlanması için ayrıca –57K8 KMA seçici anahtar açık/reset rölesine bağlı 13-14 kontağının kapalı olması gerekir ki bu da ancak 1. dijital çıkış slotunun 09 çıkışının lojik 1 vermesiyle mümkündür. Bu durumda 1. dijital giriş slotunun 27. girişine de lojik 1 verilerek ana kontrol ve izleme sistemine güvenlik zinciri aktif (safety chain activated) sinyali iletilir. Böylece bu devredeki –57K4, -57K3 güvenlik zinciri 1-2 röleleri enerjilenir ve asıl devrede (sayfa 44) kendine bağlı kontakları kapatır. Fakat 57. sayfadaki bu devrede gerekli kontakların kapanarak bu rölelerin enerjilenmesi için 1. sütunda bulunan devrenin besleme ucuna 24 V doğru

akım verilmesi gerekir. Bu da ancak –ECP1 motor kontrol paneli (Engine Control Panel) projesinde 29. sayfa 7. sütunda bu devrenin iletim halinde, tamamlanmış bir devre olmasıyla mümkündür. Bu devrenin iletimde olma şartları için, -28K3 acil durdurma 1 rölesine, -28K4 acil durdurma 2 rölesine, -42K3, -42K5 aşırı hız rölelerine, -77K3 döner dişli açık rölesine, -71K3 motordan acil durdurma rölesine ve –29K8 KMA seçici anahtarı açık rölesine bağlı çalışan devrede gösterilen kontakların kapalı olması gerekmektedir. Ancak bu şartların hepsi sağlandığında sayfa 44’te bulunan asıl devre tamamlanır ve “jeneratör kesicisi serbest röleleri” enerjilenir.

4. Sinyal : İlgili projeler : CCP-132-133, İç İhtiyaç Projesi [Ek 4]

Ortak kontrol panelinden (CCP- Common Control Panel) DI4-dijital giriş (digital input) slotunda 25 nolu sinyal olan “2 nolu iç ihtiyaç trafosu aşırı sıcaklıktan açtı” (Station tr. 2 oil temp. Max tripped) sinyalini inceleyelim.

Bu sinyalin hemen başında belirtilen 132.2 ibaresinden projenin 132. sayfasında 2. sütuna bakmamız gerektiğini anlıyoruz. İlgili bölüme baktığımızda, devrenin tamamlanarak sisteme optokuplör üzerinden sinyalin iletilebilmesi için tek şartın iç ihtiyaç trafosu çıkış hücresi içerisindeki [t] kontağının kapanması olduğu görülür ve bu da ancak trafo yağının çeşitli arızalardan dolayı aşırı derecede ısınmasıyla mümkündür. Dikkat edilirse devre tamamlandığında, -132K3 rölesinin de enerjilendiği görülür. Rölenin enerjilenmesiyle rölenin altında normal pozisyonları ve konumları (133.4, 139.2) belirtilen kontaklar pozisyon değiştirir. 133. sayfa 4. sütundaki 11-14 kontağının kapanması, -133K3 rölesini enerjileyecek ve bu da iç ihtiyaç trafosu 2 çıkış hücresi (OST2) kesicisinin açmasını sağlayacaktır.

5. Sinyal : İlgili projeler : CCP-61-63-80-89-92-93-106-112, Alstom-K07-10, K15-3, K15-11 [Ek 5]

Ortak kontrol panelinden (CCP- Common Control Panel) DO1-dijital çıkış (digital output) slotunda 16 nolu sinyal olan “1 nolu güç trafosu 11 kV kesicisini kapat” (11 kV cb. STU1 on) sinyalini inceleyelim.

Projeye baktığımızda bu sinyalin 92. sayfa 5. sütunda olduğunu görürüz. Bu devrenin aktive olması için fototransistörlü optokuplör çıkış devresine lojik 1 gelmesi yeterlidir. Bundan sonraki süreç şu şekilde olacaktır. Devreye lojik bir gelmesiyle, -92K5 rölesi enerjilenecek ve bu röleye bağlı 93. sayfa 1. sütundaki kontak pozisyon değiştirerek kapanacaktır. Bu kontağın kapanması devrenin tamamlanması için yeterli değildir.

Devrenin tamamlanabilmesi için anlamları yanlarında açıklanan aşağıdaki kontakların da kapalı olması gerekmektedir. Yani ancak bu kontaklar kapalı olursa otomatik kumanda sisteminden gelen kesiciyi kapat sinyali gerçekleştirilebilir. Bu kontaklar:

-89K3.2 : 1 nolu güç trafosuna ait 13.8 kV kesicinin topraklama anahtarının açık olması gerekir. Ancak bu anahtar açık olursa bu kontak kapanır. Bunun için 89. sayfa 3. sütunda bulunan –89K3.2 rölesinin enerjisiz kalması gerekir ki bu devre incelendiğinde Alstom'un 11kV 1 nolu güç trafosu kesici hücreesindeki toprak anahtarının açarak röleyi enerjisiz bırakmasıyla mümkündür. Bu noktadan sonra devrenin tamamlanabilmesi için iki alternatif vardır. Bu iki alternatif de farklı kontaklarla ilgilidir. Bu alternatifler ve ilgili kontaklar :

1. Alternatif:

-112K2.1 kontağının ve –61K7 kontağının kapalı olması gerekir. Bu kontaklardan birincisi, iki ana bara arasındaki kuplaj kesicisi açıldığında kapanır. İkincisi ise 1.2.3. ve 4. jeneratörlerin (1. baraya bağlı olan jeneratörler) çalışmadığı zaman kapalı olan kontakır. Bu kontak 61. sayfa 7. sütundaki –61K7 rölesinin enerjilenmesiyle kapanır ve bu da ancak 61. sayfada görüldüğü gibi her bir jeneratörden (1-4) ayrı ayrı kapalı olduğuna dair cevap sinyali (reply signal) gelmesiyle mümkündür.

Yani açıklanan alternatifte, ne 1. baraya bağlı jeneratörler çalışmaktadır, ne de ikinci baradan kuplaj kesicisi vasıtasıyla herhangi bir yük alınmaktadır.

2. Alternatif:

-112K4.1 kontağının ve –106K3.1 kontağının kapalı olduğu durumdur. 1.kontak ancak iki bara arasındaki kuplaj kesicisi kapandığında kapanır. İkinci kontak ise 2 nolu güç trafosuna ait kesici kapandığına kapanabilir. Eğer bu kontak kapalı değilse, başka iki kontak üzerinden de tamamlanabilir. Bunlardan birincisi ikinci baraya bağlı 5.6. ve 7. jeneratörler çalışmadığında kapalı durumda olabilen –63K7 kontağı, diğeri ise 1. alternatifte değindiğim 1.2.3. ve 4. jeneratörlerin (1. baraya bağlı olan jeneratörler) çalışmadığı zaman kapalı olan –61K7 kontağıdır. –63K7 kontağının kapanmasını sağlayan devre sayfa 63'te gösterilmiştir. Buradaki rölenin çalışma şekli –61K7 rölesiyle aynıdır. Bu devredeki ilgili kontakların enerjilenmesini sağlayan –112K2.1, -112K4.1 röleleri projenin 112. sayfasında gösterilmiştir. Çalışma biçimi diğer rölelerle aynı olup, rölelerin aktive edilmesi için gerekli kontaklar, Alstom'un ürettiği 11 kV kuplaj kesici hücresi içerisindedir. Kuplaj kesici pozisyonu ile ilgili gelen tüm bilgiler sayfa 112'deki devreden görüldüğü üzere ana kumanda sistemine de aktarılır.

Dikkat edilirse 1. alternatifte kesiciye yük altında kapatma işlemi yaptırılmamıştır. Bunun sebebi jeneratörlerin kendi kesicileri üzerinden baraya göre ayrı ayrı senkronize olarak devreye girmeleridir. 2. alternatifin ikinci olarak değinilen yöntemde sebep yine 1. alternatifle aynıdır. Fakat 2. alternatifin birinci yönteminde baranın doğrudan yük altında kapandığı görülür ki bunun da sebebi jeneratörlerin 2. bara ve kuplaj kesicisi üzerinden zaten şebekeye senkron hale gelmiş olmalarıdır.

Her iki alternatiften sonra ise devre aşağıdaki iki kontak üzerinden tamamlanır:

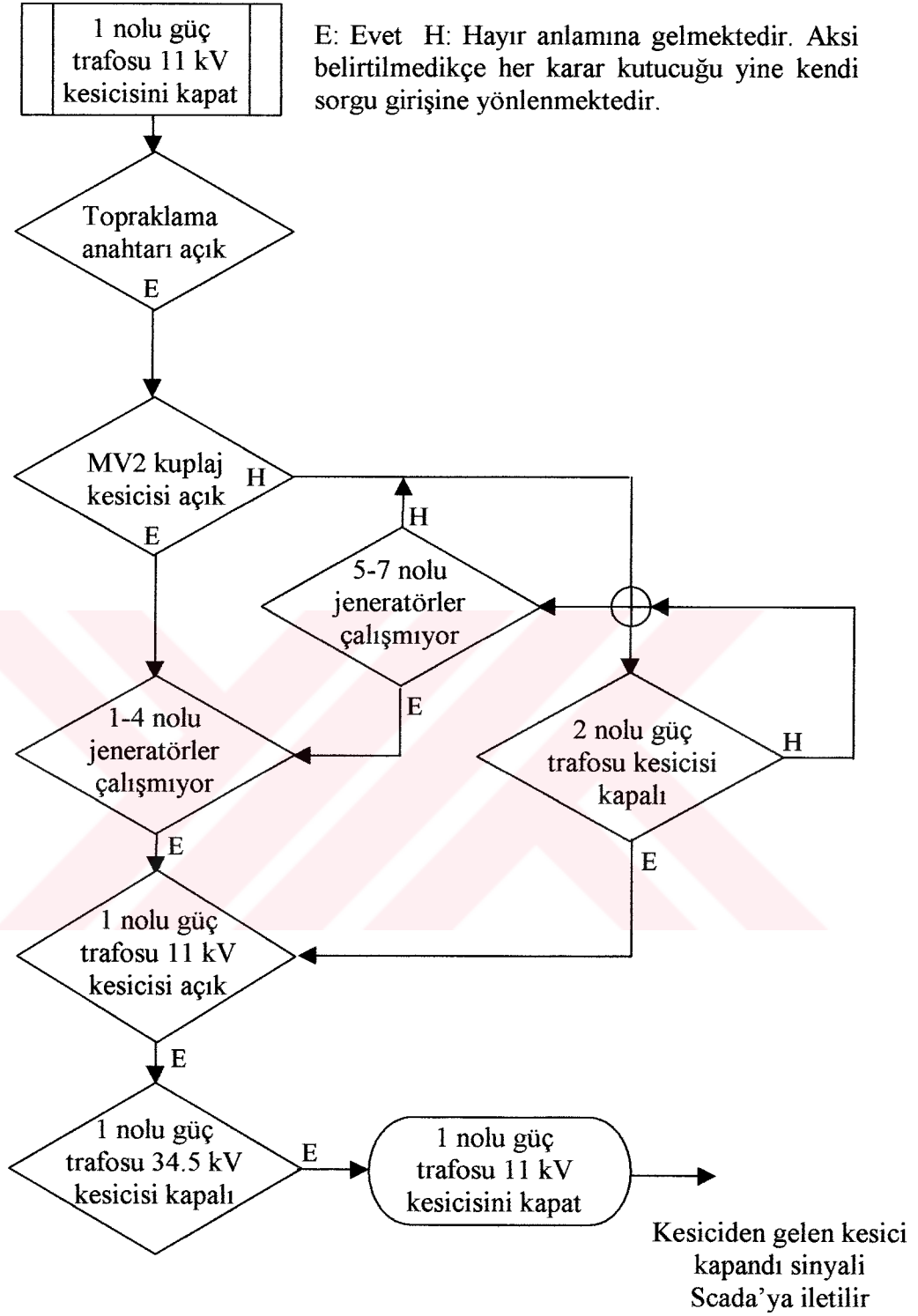
-93K5: Bu kontak normalde kapalı bir kontak ve sadece 1. nolu güç trafosuna ait 11 kV kesici açıldığında açar.

-80K2: 1. nolu güç trafosunun 34.5 kV tarafında bulunan kesici kapalı duruma geçtiğinde kapanan kontak.

Devrenin tamamının bu şekilde tamamlanmasıyla, -93K4 rölesi enerjilenir ve röleye bağlı 94. sayfa 2. ve 3. sütunlardaki kontaklar kapanır. Bu kontaklar Alstom'a ait 1 nolu güç trafosu çıkış hücresi içerisindeki (Alstom'a göre 15 nolu, Kuhse'ye göre 9 nolu hücre) ilgili bölümlerin enerjilenmesini sağlayarak kesicinin kapanmasını sağlar. Bu, Alstom'un K15 nolu hücresine ait projenin ilgili sayfalarında görülmektedir. Böylece kesicinin kontrolünü sağlayan devre tamamlanmış olur ve kesici kapanır. Bu durumda Alstom'un K15-3 ve 11 nolu projelerinde görüldüğü üzere motora bağlı yardımcı kontaklar pozisyon değiştirir. Bu kontaklardan K15- 11. sayfa 6. sütundaki 143-144 nolu kontak ve bu kontak kapalı pozisyona geçer. Görüldüğü gibi bu kontakların klemens ucu X1-909-910 CCP paneline gitmektedir. CCP paneline ait projede ilgili klemensler bulunursa, bu klemenslerin sayfa 89'da 2. sütundaki "kesici kapandı" cevap giriş sinyali devresini aktive eden kontak olduğu anlaşılır. Bu sinyalde CCP panelinde dijital giriş sinyalleri 1 nolu slotundaki 19. sinyaldir (CCP-DI1-19).

Bu şekilde ana kumanda sisteminden "kesiciyi kapat" komutuyla uzaktan yapılan bir kesici kapatma operasyonu ve bunun sonucu olarak elde edilen "kesici kapandı" bilgisi tamamen incelenmiştir.

Anlatılan sinyallerde eğer projeler incelenirse başka bazı rölelerin de aktive olduğu görülür. Fakat o röleler ve kontaklarıyla ilgili bilgi, anlatılan sinyalin dışında bir sinyal ile ilgili olduğunda o rölelerden ve kontaklardan bahsedilmemiştir. Anlatılan tüm sinyallerin çalışma mantığı bazen basit, bazen de karmaşık bir algoritmayla açıklanabilir. Şekil 5.1.'de 5. sinyale ait algoritmanın akış şeması verilmiştir:



Şekil 5.1. 5 nolu sinyale ait işaret akış diyagramı

Görüldüğü gibi bu tip sistemlerde her şey birbirine zincirleme bağı olarak gelişir. Bir rölenin kendisine bağı birkaç kontağı, bu kontakların tamamladığı devrelerin yine birkaç röleyi aktive ettiği varsayılırsa, bu şekilde bir döngü içerisinde bir projeyi incelemek oldukça karmaşıktır.



5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Yapılan çalışmada Esenboğa Enerji Santrali'nde uygulanan sinyalizasyon sisteminin öngörüldüğü gibi santralin hem maliyet olarak hem de performans olarak ideale yakın bir şekilde çalışmasını sağladığı gözlemlenmiştir.

Bu tür enerji santrallerinde bütün sinyallerin doğrudan bir merkezde toplanmasından ziyade, önce ayrı ayrı alt panellerde toplanıp daha sonra ortak kontrol paneline kademeli olarak aktarılmasının sistemin karmaşıklığını azaltarak daha kolay, hızlı ve yüksek doğruluk oranına sahip veri alış-verişi için ortam hazırladığı sonucuna varılmıştır.

Santralde herhangi bir aksaklık durumunda önce hangi koruma rölelerinin açtırma yaptıracağı, santralin her durumda optimal olarak çalışması gerektiği hesaba katıldığında, rölelerin optimum çalışma şartlarını sağlaması ve hassas bir seçiciliğe sahip olması için hangi parametrelerin baz alınarak nasıl bir algoritma hazırlanacağı gibi mantıksal konuların, ekonomik açıdan diğer hususlara göre çok daha önemli olduğu anlaşılmıştır.

Bu tip santrallerde ana sinyalizasyon, projelendirme-uygulama işleri ile şalt ve diğer sinyalizasyon projelendirme-uygulama işleri daha ucuza yapılabilmesi için ayrı firmalara verildiğinde projeler arasında oluşan uyumsuzluk açıkça göze çarpmıştır. Böyle durumlarda iki firmanın mühendislerinin sürekli diyalog halinde ve ana firma tarafından belirlenecek bir kontrol mühendisi ile koordineli bir şekilde çalışmalarını gerekmektedir. Bu daha sonraki dönemlerde herhangi bir aksaklıkla karşılaşmamak için mutlaka alınması bir önlemdir.

Böyle bir santral kurulmadan önce, işletme şartları da göz önünde bulundurularak incelenen santraldeki gibi iki ayrı bara sistemi ve iki ayrı güç trafosu kullanılmasının ekonomik olarak yararları ve zararları çok iyi hesaplanmalıdır. Çünkü mevcut durumda güç trafolarından birinin uzun süreli arızalanması durumunda diğer güç trafosu kuplaj üzerinden maksimum 5 adet jeneratörün yükünü kaldırabilecek ve iki jeneratör sağlam olmasına rağmen enerji üretemeyecektir. Her jeneratöre ait bir adet yükseltici trafo bulunması durumunda her ünite bağımsız olarak çalışabilecektir. Her iki durumun avantajları ve dezavantajları her türlü olasılık göz önüne alınarak tartışılmalıdır.

Sinyalizasyon sistemi tamamen fiber optik veri iletkenleri üzerinden yapılarak verilerin hem daha hızlı hem de gürültüden daha az etkilenecek şekilde sisteme ulaşmasını sağlayabilir ve bu da verimi artırır.

52.5 MW'lık bir santralde baca gazını arıtmak için 1 MW gibi bir güç harcamak büyük bir ekonomik kayıptır. Hatta bu yüzden bazı santraller belirli saatlerde kaçak olarak bu üniteyi çalıştırmamaktadır. Daha düşük güç harcanarak baca gazı arıtma yolları araştırılmalıdır.

Bu tür enerji santralleri için yapay sinir ağları, genetik algoritma, termal kameralar ve ses analizi teknikleri kullanılarak verimi arttırmaya yönelik çözümler üretilebilir. Bu konuda araştırmalar sürdürülmektedir [21-23].



6. KAYNAKLAR

- [1] Anonim, Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Elektrik Enerjisi Özel İhtisas Komisyonu Raporu, DPT Yayınları, Ankara, 2001, s. 8.1-4, 10.13
- [2] M.J. Height, Sustainable Energy, MIT, Massachusetts, 2000
- [3] Anonim, Enerji Teknolojileri Politikası Çalışma Grubu Raporu – Yönetici Özeti, Ankara, 2000, s. 14-18
- [4] Anonim, Enerji Üretiminde Verimliliği Arttırmaya, Çevreyi Korumaya Yönelik İleri Teknolojiler – Alt Raporu, Ankara, 2000, s. 11-19, 29, 40-51
- [5] M. Akkurt, *Makine Bilgisi*, Birsen Yayınevi, İstanbul, 1997, s. 19-41
- [6] T. Altınata vd. , *Modern Üniversite Kimyası 2*, Çağlayan Kitabevi, İstanbul, 1989, s. 127-129
- [7] Anonim, Fuel Oil Raporu, Kojenerasyon Derneği, Ankara, 2001, s. 1,2
- [8] U. Arifoğlu, *Güç Sistemlerinin Bilgisayar Destekli Analizi*, Alfa Yayınları, İstanbul, 2002, s. 265-270, 302-305
- [9] O. Gürdal, *Algılayıcılar ve Dönüştürücüler*, Nobel Yayınları, Ankara, 2000, s. 23-28, 222-241
- [10] M. Özcan, Ş. Kahramanlı, *PLC'ler ve Uygulamaları*, Atlas Yayınları, İstanbul, 2002, s. 44-64
- [11] M.K. Sarioğlu, *Dijital Kontrol Sistemleri*, Sistem Yayıncılık, İstanbul, 1995, s. 7-18
- [12] S.S. Ömeroğlu, *Veri Toplama (DAC) Sistemleri*, **Otomasyon Dergisi**, Sayı 113, Ekim 2001
- [13] T. Fujita, K. Maenaka, *Integrated multi-environmental sensing-system for the intelligent data carrier*, **Sensors and Actuators**, A 97-98 (2002) 527-534
- [14] B.C.Kuo, *Digital Control Systems*, Holt, Rinehart and Winston Inc., Illinois, 1980, s. 11-59
- [15] R.F. Coughlin, F.F. Driscoll, *Operational Amplifiers and Linear Integrated Circuits*, Prentice Hall, Eaglewood Cliffs, N. Jersey, 1997, s. 379-388, 406-417
- [16] S. Kosonocky, P. Xiao, “Analog-to-Digital Conversion Architectures”, in S. Kosonocky (Ed.), *Digital Signal Processing Handbook*, CRC Press LLC, 1999
- [17] M.E. Yücel, *Endüstriyel Tesislerde Elektrik Kuvvet ve Kontrol Sistemi*, Gama, İstanbul, 1991, s. 463-483

- [18] İ.T. İşçimen, Özel görüşme, Esenboğa Dizel Enerji Santrali, (Ağustos 2002)
- [19] Alstom, Man B&W, Kuhse, 52.5 MW Esenboğa Dizel Enerji *Santraline Ait Projeler*, Ankara, 2000
- [20] H. Erna, *Pratik Elektrik ve Uygulamaları ile Elektroteknik*, İnkılap Yayınları, Ankara, 1999, s. 548-553
- [21] T. Oikawa, M. Tomizawa, S. Dagawa, *New Monitoring System For Thermal Power Plants Using Digital Image Processing And Sound Analysi*, **Control Engineering Practice**, Vol 5, No 1, pp 75-78, UK, 1997
- [22] S. Ogaji, S. Sampath, R. Singh, D. Probert, *Novel approach for improving power-plant availability using advanced engine diagnostics*, **Applied Energy**, 72 (2002) pp. 389-407
- [23] S.A. Kalogirou, *Applications of artificial neural networks in energy systems*, **Energy Conversion & Management**, 40 (1999) 1073-1087



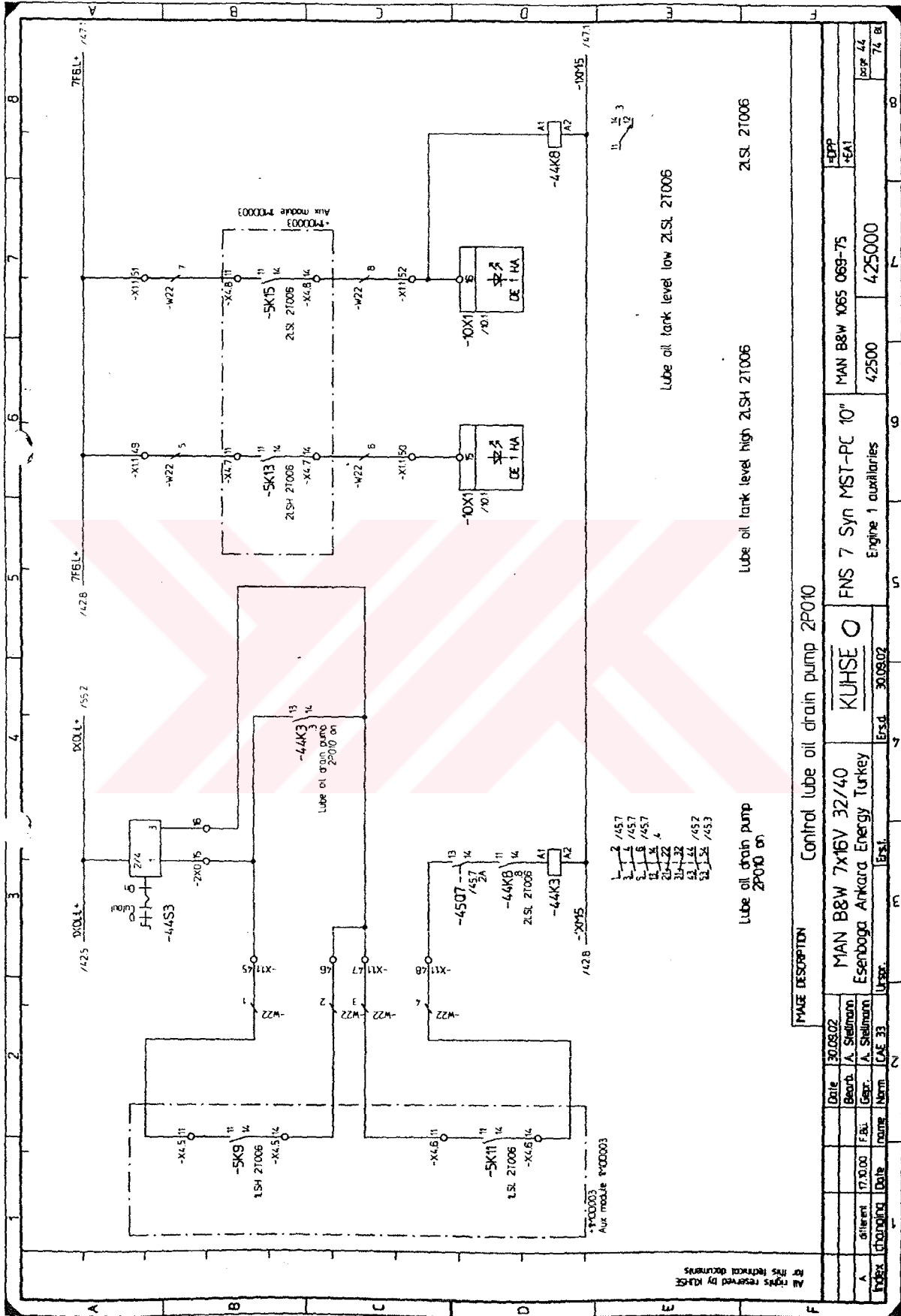
Özgeçmiş

Murat Köseoğlu, 12.01.1978'de Giresun'da doğdu. İlk öğrenimini Yeşilgiresun İlkokulu'nda (Giresun), orta ve lise öğrenimini Hamdi Bozbağ Anadolu Lisesi'nde (Giresun) tamamladı. 1996 yılında girdiği İnönü Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik-Elektronik Bölümü'nden 2000 yılında mezun oldu. Yine 2000 yılında İnönü Üniversitesi (İ.Ü.) Fen bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik Ana Bilim Dalında Yüksek Lisans öğrenimine başladı. Bu arada 1 yıl Ankara Enerji Üretim A.Ş. firmasına ait Esenboğa Dizel Enerji Santralinde elektrik mühendisi, 1 yıl da Enerden Enerji Ltd. Şti. firmasının yaptığı Batman HE Santralinde ve Mercan HE Santralinde şantiye şefi olarak görev aldı. Kendisi halen 2002 yılının ekim ayında göreve başladığı İ.Ü. Mühendislik Fakültesi Elektrik-Elektronik Bölümü Elektrik Tesisleri Ana Bilim Dalında Araştırma Görevlisi olarak çalışmaktadır.



7. EKLER

Ek 1.1 Nolu Sinyalin Algılama-İletme-Cevap Prosesine İlişkin Projeler

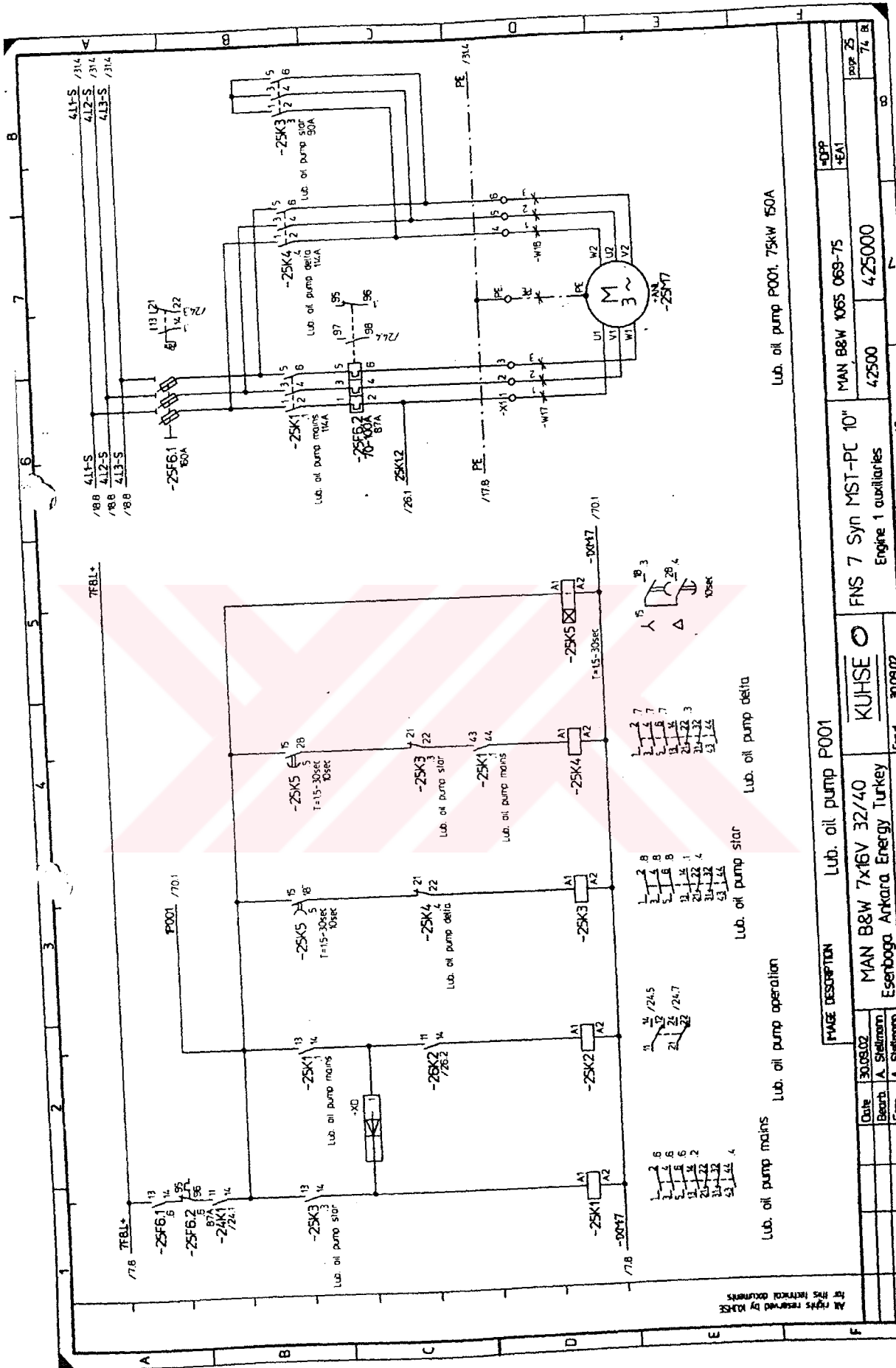


All rights reserved by KUHSE
For technical documents

DATE		REVISION		DESCRIPTION	
DATE	BY	NO.	DESCRIPTION	DATE	BY
17.10.00	F.Ö.	1	Proj. Çizimi		
		2	Revizyon		
		3	Revizyon		
		4	Revizyon		
		5	Revizyon		
		6	Revizyon		
		7	Revizyon		
		8	Revizyon		
		9	Revizyon		
		10	Revizyon		

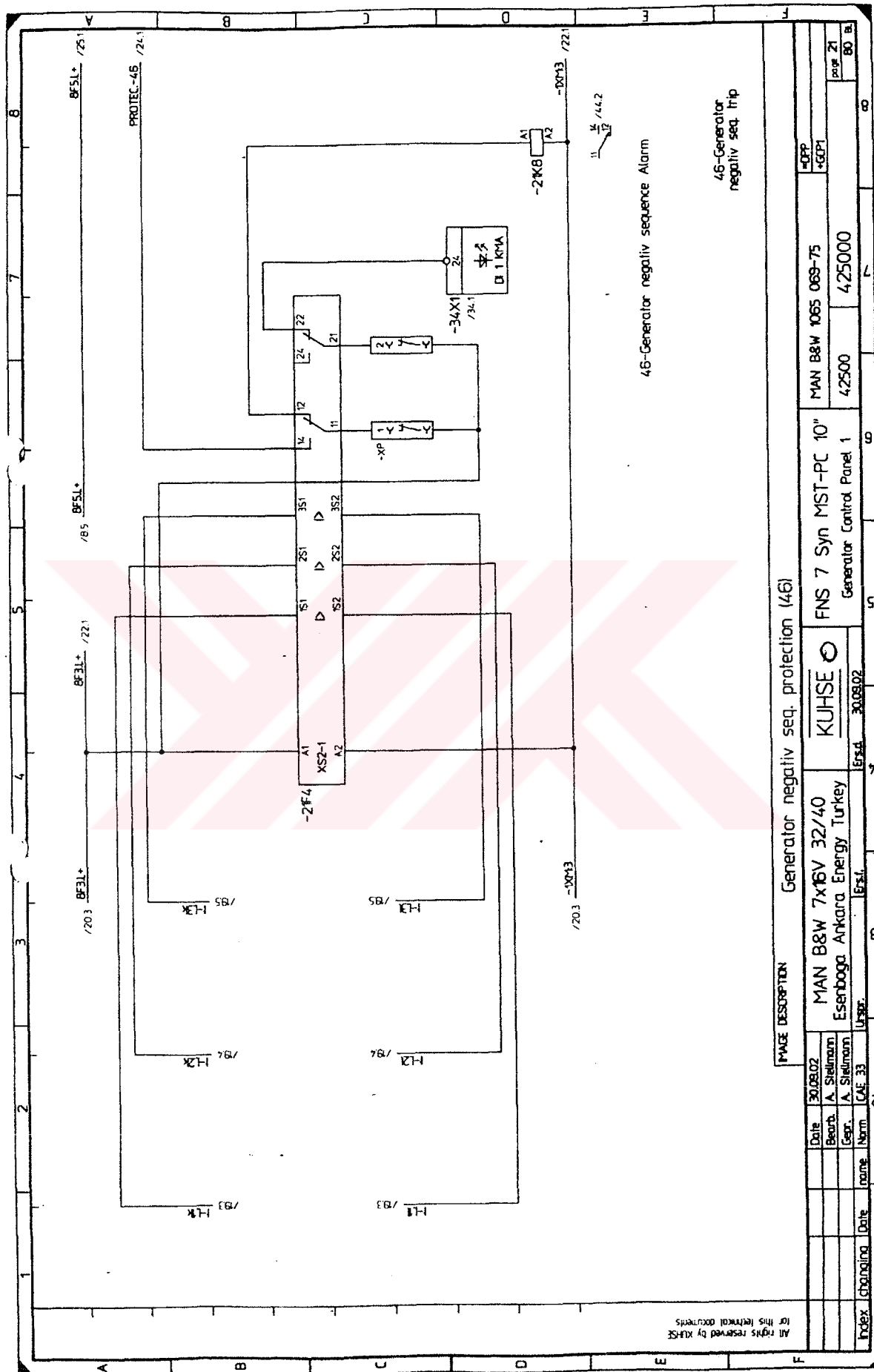
MAN B8W 7x16V 32/40	KUHSE	FNS 7 Syn MST-PC 10"	MAN B8W 1065 069-75
Esenboga Ankara Energy Turkey		Engine 1 auxiliaries	42500
Esrd. 3009.02			425000
Esrd.			74 B

EA1 44



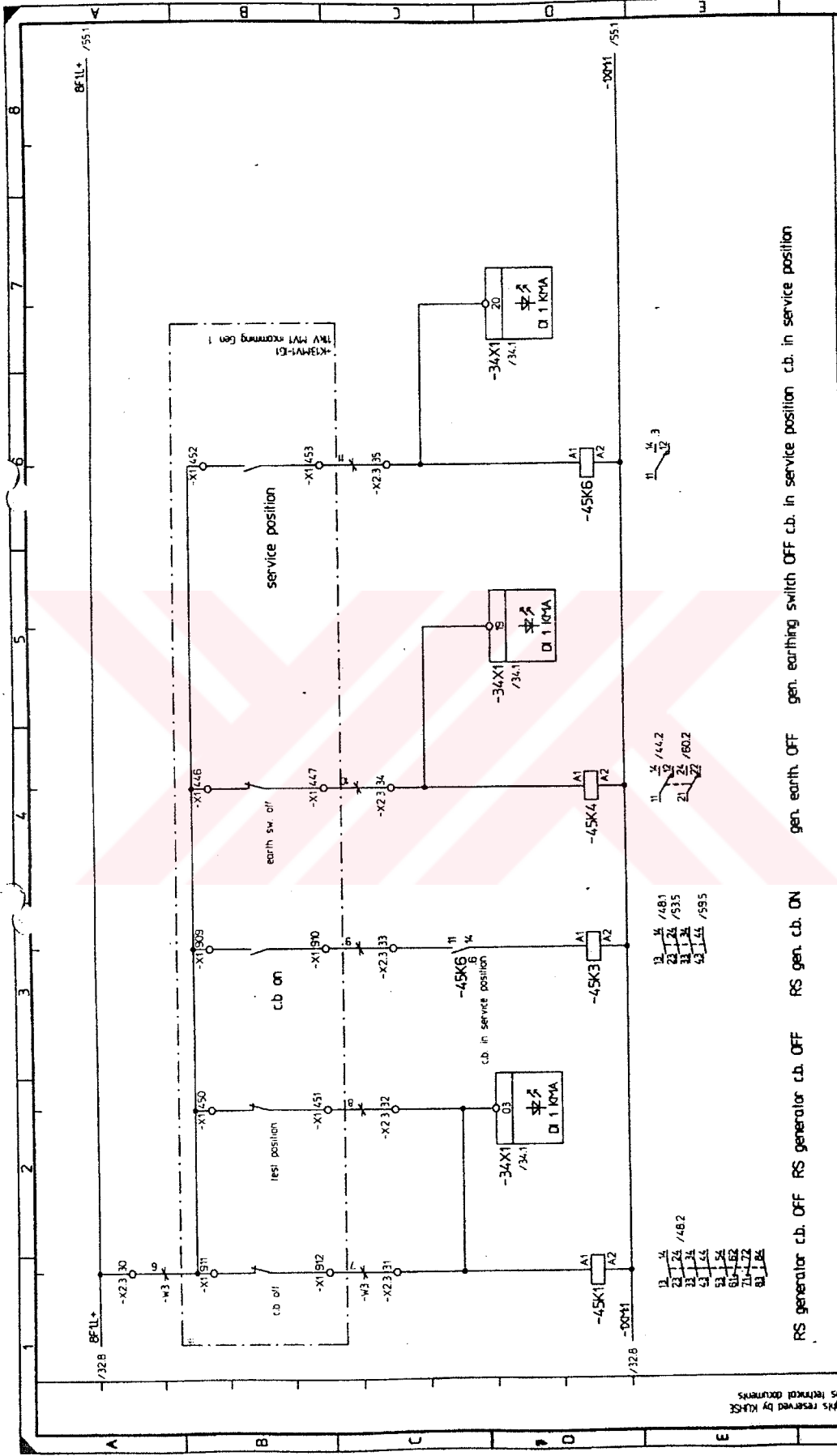
FACE DESCRIPTION		Lub. oil pump P001	
Date	30.09.02	MAN B&W 7x16V 32/40	KUHSE
Exec.	A. Steinhorn	Esenboga Ankara Energy Turkey	
Norm.	CAE 33	Uygun.	
Index	Change Date	name	N
FACE DESCRIPTION		FNS 7 Syn MST-PC 10"	
MAN B&W 106S 069-75		42500	425000
+DPP		+EA1	
page 25		74 R	

All rights reserved by KUHSE
 All technical documents



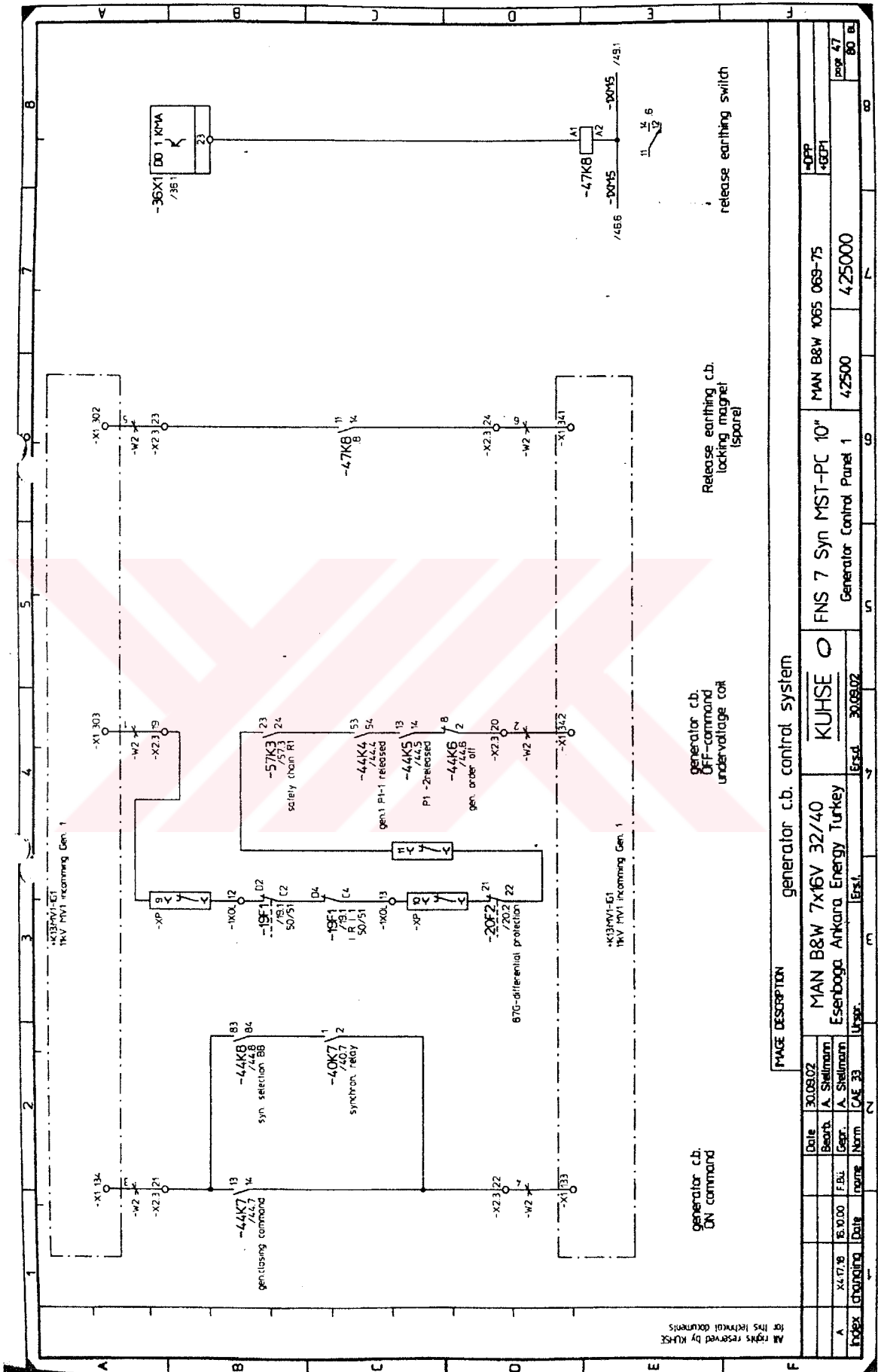
All rights reserved by KUHSE
for this technical documents

INDEX		CHANGING		DATE		NAME		N	
PAGE DESCRIPTION									
Generator negative seq. protection (46)									
Date		30.09.02		MAN B&W 7x16V 32/40		KUHSE		MAN B&W 1065 069-75	
Bearb.		A. Selimov		Esenboga, Ankara Energy, Turkey		FNS 7 Syn MST-PC 10"		Generator Control Panel 1	
Cep.		A. Selimov		Urspr.		EFS4		30.09.02	
Norm.		CAE 33		Urspr.		EFS4		30.09.02	
Index		46		46		46		46	
Date		30.09.02		42500		425000		425000	
Name		42500		425000		425000		425000	
Page		21		80		80		80	



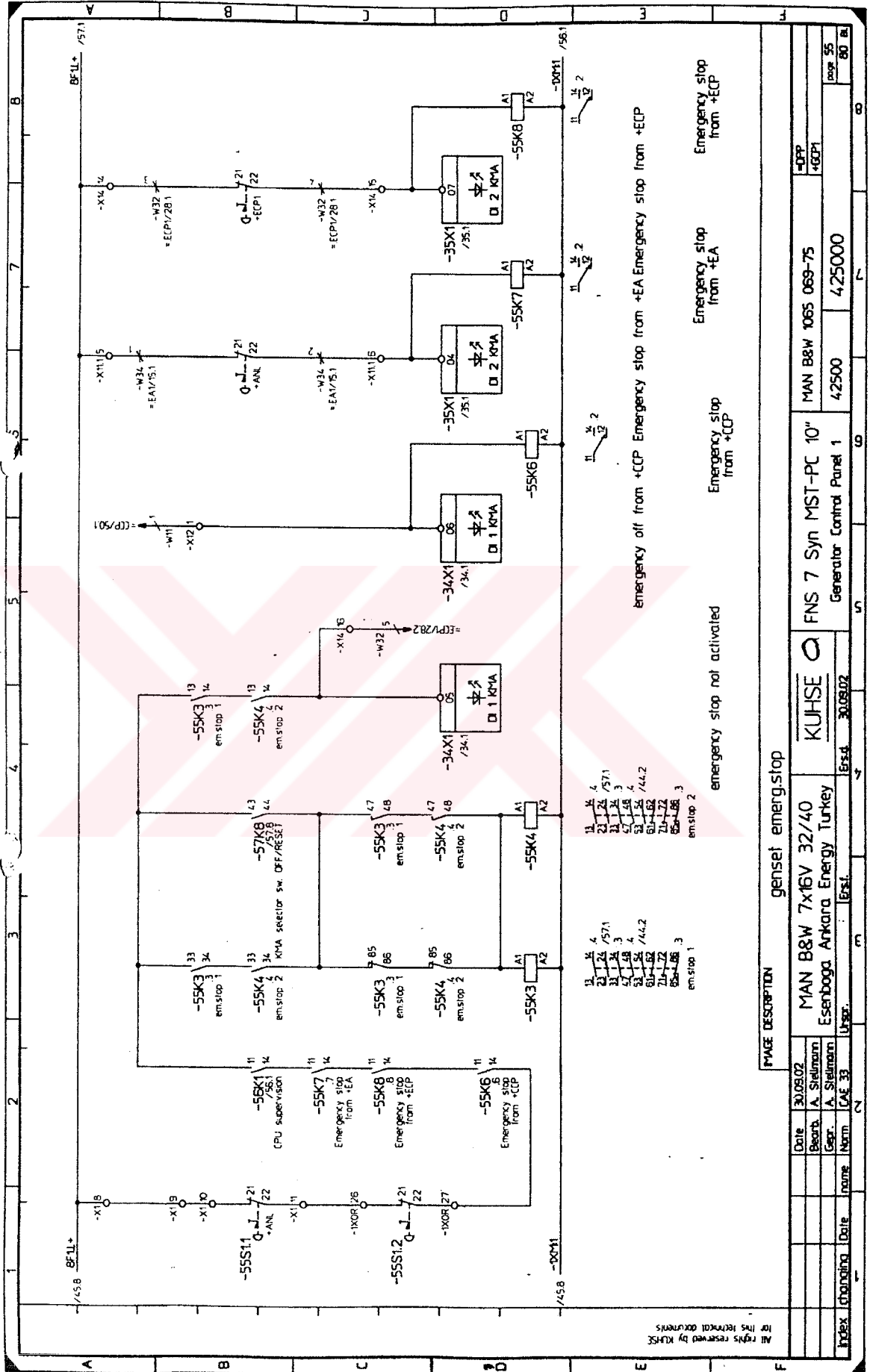
INDEX (DRAWING)		Date	PAGE DESCRIPTION	
		30.09.02	generator c.b. reply signals	
		Beerrh. A. Steinhorn	MAN B&W 7x16V 32/40	
		Gepr. A. Steinhorn	KUHSE	
		Norm. CAE 33	FNS 7 Syn MST-PC 10"	
		Uspr. Ers.1	Generator Control Panel 1	
			Ers.4 30.09.02	
			MAN B&W 065 069-75	
			42500	
			425000	
			page 45	
			80 BL	

For rights reserved by KUHSE
for his technical documents



All rights reserved by KUHSE for this technical documents

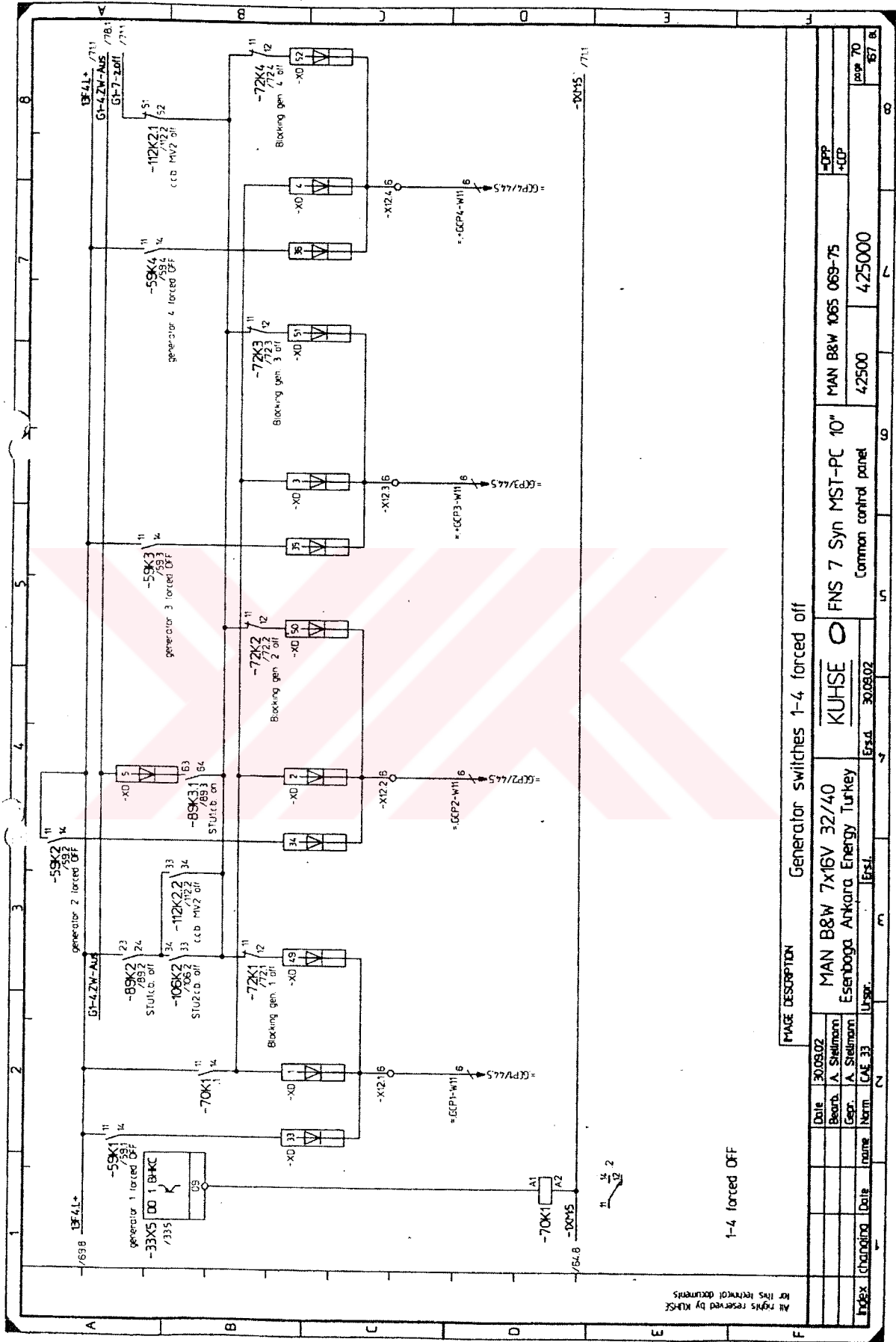
PAGE DESCRIPTION		generator c.b. control system	
Date	30.09.02	MAN B&W 7x16V 32/40	KUHSE
Beach	A. Shellmann	Esenbaga Ankara Energy Turkey	FNS 7 Syn MST-PC 10"
FSL	8.10.00	Generator Control Panel 1	MAN B&W 1065 069-75
name	CAE 33	42500	425000
Date	30.09.02	42500	425000
name	CAE 33	42500	425000
Date	30.09.02	42500	425000
name	CAE 33	42500	425000



genset emerg.stop

Date	30.09.02	MAN B8W 7x16V 32/40	gense
Drawn	A. Suelmann	MAN B8W 1065 069-75	+DPP
Check	A. Suelmann	FNS 7 Syn MST-PC 10"	+ECP1
Equip.	CAE 39	Generator Control Panel 1	
Usg.		4.2500	4.25000
Usg.			80 Bl
Usg.			80 Bl

All rights reserved by KUHSE for technical documents



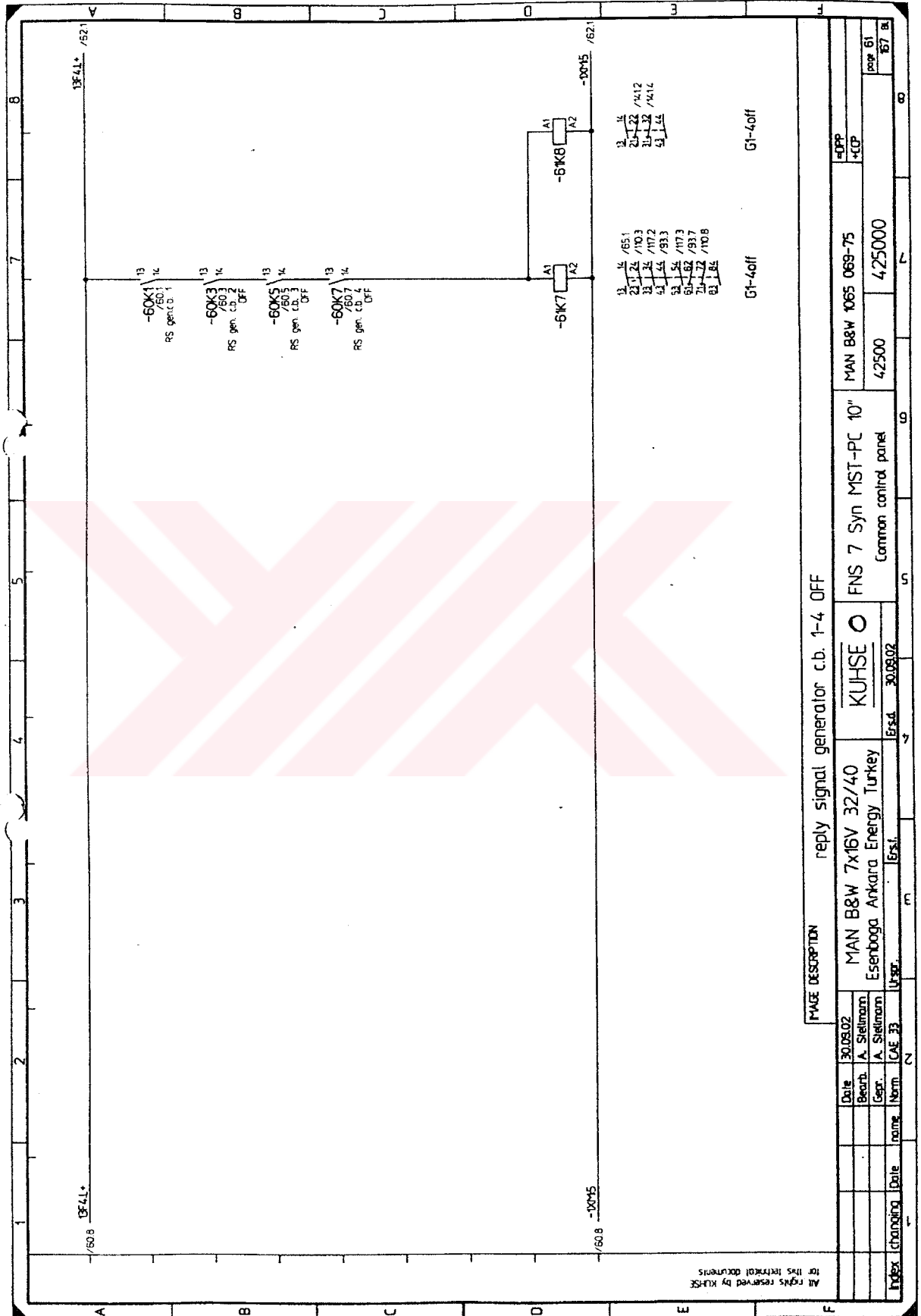
All rights reserved by KLUHSE
If this technical document

INDEX		CHANGING		DATE		NAME		Norm		CAE		Urspr.	
Date		30.09.02		MAN B&W 7x16V 32/40		KLUHSE		FNS 7 Syn MST-PC 10"		MAN B&W 1065 069-75		-OFF +CCP	
Beard.		A. Stellmann		Esenboga Ankara Energy Turkey		Common control panel		4.2500		4.25000		page 70	
Epr.		Epr.		Epr.		Epr.		Epr.		Epr.		Epr.	
Epr.		Epr.		Epr.		Epr.		Epr.		Epr.		Epr.	
Epr.		Epr.		Epr.		Epr.		Epr.		Epr.		Epr.	

Generator switches 1-4 forced off

1-4 forced OFF

Ek 5. 5 Nolu Sinyalin Algılama-İletme-Cevap Prosesine İlişkin Projeler

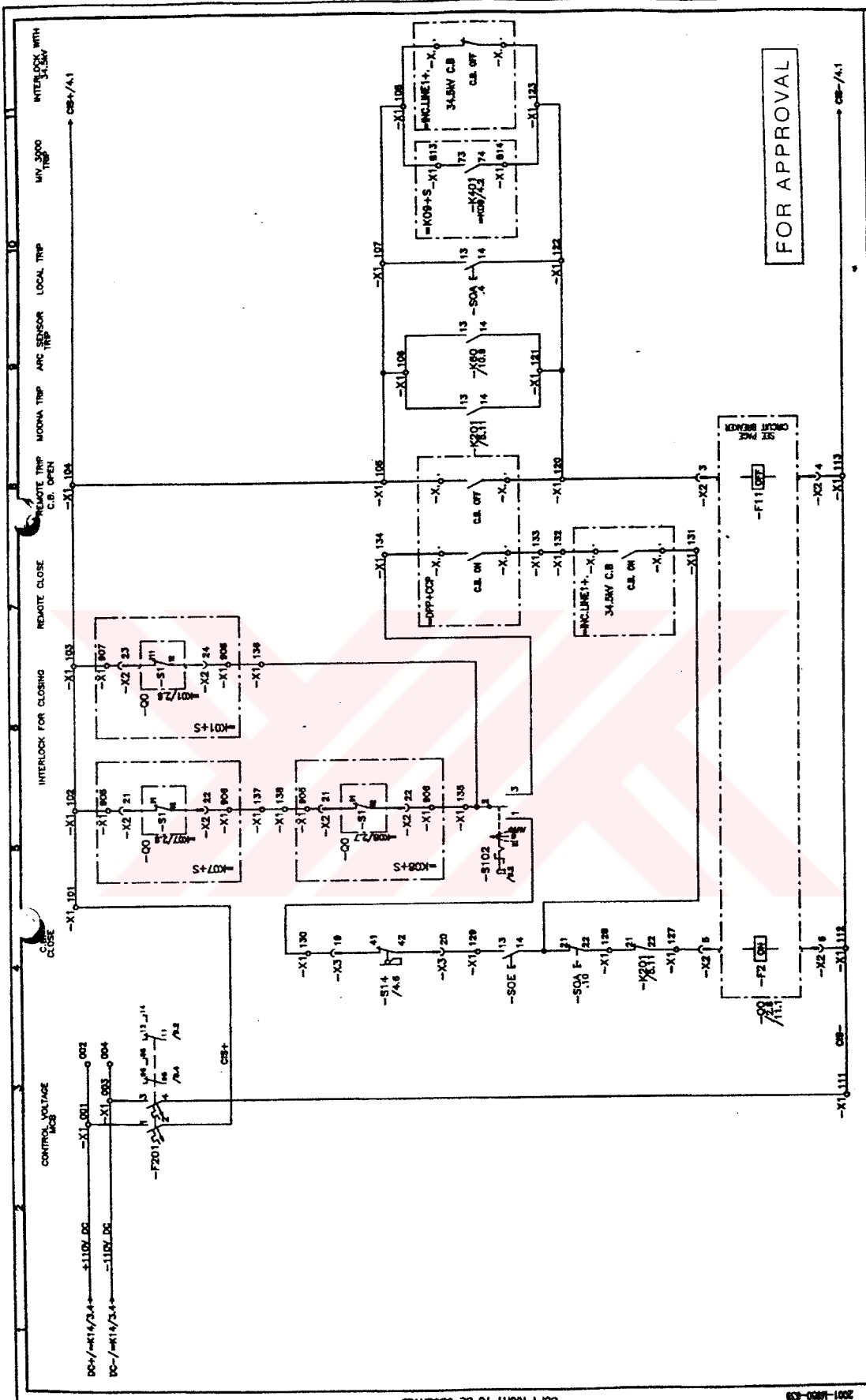


MAN B&W 1065 069-75
FNS 7 Syn MST-PC 10"
Common control panel

PAGE DESCRIPTION		reply signal generator c.b. 1-4 OFF	
Date	30.05.02	MAN B&W 7x16V 32/40	KUHSE
Beerr.	A. Stelmarm	Esenboga Ankara Energy Turkey	
Gepr.	A. Stelmarm		
Norm.	CAE 33		
Index (changing)	Date	Erst.	30.05.02
		Erst.	
		MAN B&W 1065 069-75	MAN B&W 1065 069-75
		42500	425000
			page 61
			67 B

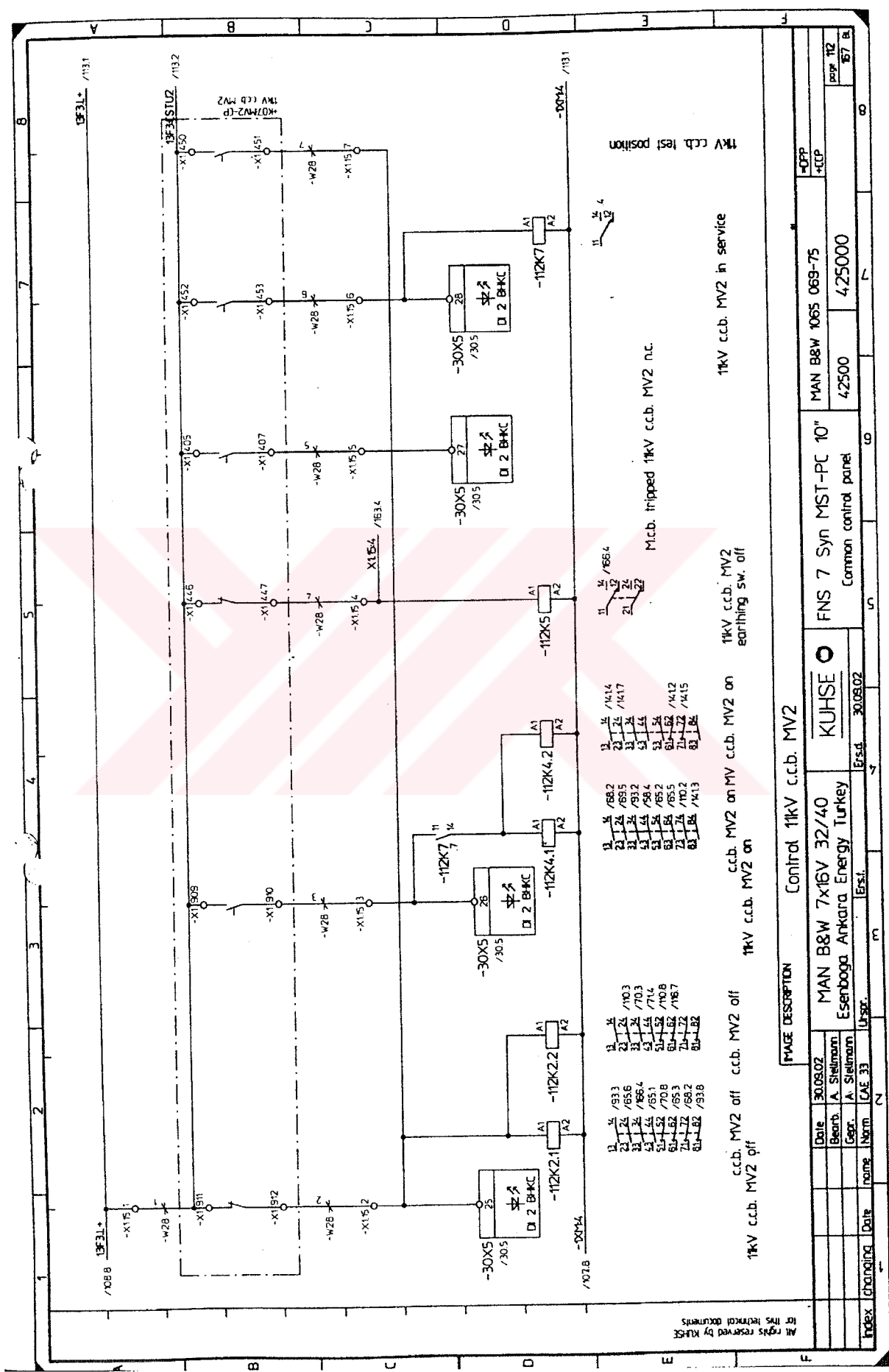
All rights reserved by KUHSE
for this technical documents

CCP 61



FOR APPROVAL

DATE	25.07.2001	BY	WETA WAPENDEK
DESIGNED	S. S. S. S. S.	CHECKED	S. S. S. S. S.
APPROVED		DATE	
REVISION		DATE	
<p>ALSTOM</p>		<p>CIRCUIT BREAKER CONTROL</p>	
<p>WETA WAPENDEK</p>		<p>WETA WAPENDEK</p>	
<p>DESIGNED</p>		<p>DESIGNED</p>	
<p>CHECKED</p>		<p>CHECKED</p>	
<p>APPROVED</p>		<p>APPROVED</p>	
<p>DATE</p>		<p>DATE</p>	
<p>BY</p>		<p>BY</p>	
<p>NO.</p>		<p>NO.</p>	
<p>REV.</p>		<p>REV.</p>	
<p>DATE</p>		<p>DATE</p>	
<p>BY</p>		<p>BY</p>	
<p>NO.</p>		<p>NO.</p>	
<p>REV.</p>		<p>REV.</p>	
<p>DATE</p>		<p>DATE</p>	
<p>BY</p>		<p>BY</p>	
<p>NO.</p>		<p>NO.</p>	
<p>REV.</p>		<p>REV.</p>	
<p>DATE</p>		<p>DATE</p>	
<p>BY</p>		<p>BY</p>	
<p>NO.</p>		<p>NO.</p>	
<p>REV.</p>		<p>REV.</p>	
<p>DATE</p>		<p>DATE</p>	
<p>BY</p>		<p>BY</p>	
<p>NO.</p>		<p>NO.</p>	
<p>REV.</p>		<p>REV.</p>	
<p>DATE</p>		<p>DATE</p>	
<p>BY</p>		<p>BY</p>	
<p>NO.</p>		<p>NO.</p>	
<p>REV.</p>		<p>REV.</p>	
<p>DATE</p>		<p>DATE</p>	
<p>BY</p>		<p>BY</p>	
<p>NO.</p>		<p>NO.</p>	
<p>REV.</p>		<p>REV.</p>	
<p>DATE</p>		<p>DATE</p>	
<p>BY</p>		<p>BY</p>	
<p>NO.</p>		<p>NO.</p>	
<p>REV.</p>		<p>REV.</p>	
<p>DATE</p>		<p>DATE</p>	
<p>BY</p>		<p>BY</p>	
<p>NO.</p>		<p>NO.</p>	
<p>REV.</p>		<p>REV.</p>	
<p>DATE</p>		<p>DATE</p>	
<p>BY</p>		<p>BY</p>	
<p>NO.</p>		<p>NO.</p>	
<p>REV.</p>		<p>REV.</p>	
<p>DATE</p>		<p>DATE</p>	
<p>BY</p>		<p>BY</p>	
<p>NO.</p>		<p>NO.</p>	
<p>REV.</p>		<p>REV.</p>	
<p>DATE</p>		<p>DATE</p>	
<p>BY</p>		<p>BY</p>	
<p>NO.</p>		<p>NO.</p>	
<p>REV.</p>		<p>REV.</p>	
<p>DATE</p>		<p>DATE</p>	
<p>BY</p>		<p>BY</p>	
<p>NO.</p>		<p>NO.</p>	
<p>REV.</p>		<p>REV.</p>	
<p>DATE</p>		<p>DATE</p>	
<p>BY</p>		<p>BY</p>	
<p>NO.</p>		<p>NO.</p>	
<p>REV.</p>		<p>REV.</p>	
<p>DATE</p>		<p>DATE</p>	
<p>BY</p>		<p>BY</p>	
<p>NO.</p>		<p>NO.</p>	
<p>REV.</p>		<p>REV.</p>	
<p>DATE</p>		<p>DATE</p>	
<p>BY</p>		<p>BY</p>	
<p>NO.</p>		<p>NO.</p>	
<p>REV.</p>		<p>REV.</p>	
<p>DATE</p>		<p>DATE</p>	
<p>BY</p>		<p>BY</p>	
<p>NO.</p>		<p>NO.</p>	
<p>REV.</p>		<p>REV.</p>	
<p>DATE</p>		<p>DATE</p>	
<p>BY</p>		<p>BY</p>	
<p>NO.</p>		<p>NO.</p>	
<p>REV.</p>		<p>REV.</p>	
<p>DATE</p>		<p>DATE</p>	
<p>BY</p>		<p>BY</p>	
<p>NO.</p>		<p>NO.</p>	
<p>REV.</p>		<p>REV.</p>	
<p>DATE</p>		<p>DATE</p>	
<p>BY</p>		<p>BY</p>	
<p>NO.</p>		<p>NO.</p>	
<p>REV.</p>		<p>REV.</p>	
<p>DATE</p>		<p>DATE</p>	
<p>BY</p>		<p>BY</p>	
<p>NO.</p>		<p>NO.</p>	
<p>REV.</p>		<p>REV.</p>	
<p>DATE</p>		<p>DATE</p>	
<p>BY</p>		<p>BY</p>	
<p>NO.</p>		<p>NO.</p>	
<p>REV.</p>		<p>REV.</p>	
<p>DATE</p>		<p>DATE</p>	
<p>BY</p>		<p>BY</p>	
<p>NO.</p>		<p>NO.</p>	
<p>REV.</p>		<p>REV.</p>	
<p>DATE</p>		<p>DATE</p>	
<p>BY</p>		<p>BY</p>	
<p>NO.</p>		<p>NO.</p>	
<p>REV.</p>		<p>REV.</p>	
<p>DATE</p>		<p>DATE</p>	
<p>BY</p>		<p>BY</p>	
<p>NO.</p>		<p>NO.</p>	
<p>REV.</p>		<p>REV.</p>	
<p>DATE</p>		<p>DATE</p>	
<p>BY</p>		<p>BY</p>	
<p>NO.</p>		<p>NO.</p>	
<p>REV.</p>		<p>REV.</p>	
<p>DATE</p>		<p>DATE</p>	
<p>BY</p>		<p>BY</p>	
<p>NO.</p>		<p>NO.</p>	
<p>REV.</p>		<p>REV.</p>	
<p>DATE</p>		<p>DATE</p>	
<p>BY</p>		<p>BY</p>	
<p>NO.</p>		<p>NO.</p>	
<p>REV.</p>		<p>REV.</p>	
<p>DATE</p>		<p>DATE</p>	
<p>BY</p>		<p>BY</p>	
<p>NO.</p>		<p>NO.</p>	
<p>REV.</p>		<p>REV.</p>	
<p>DATE</p>		<p>DATE</p>	
<p>BY</p>		<p>BY</p>	
<p>NO.</p>		<p>NO.</p>	
<p>REV.</p>		<p>REV.</p>	
<p>DATE</p>		<p>DATE</p>	
<p>BY</p>		<p>BY</p>	
<p>NO.</p>		<p>NO.</p>	
<p>REV.</p>		<p>REV.</p>	
<p>DATE</p>		<p>DATE</p>	
<p>BY</p>		<p>BY</p>	
<p>NO.</p>		<p>NO.</p>	
<p>REV.</p>		<p>REV.</p>	
<p>DATE</p>		<p>DATE</p>	
<p>BY</p>		<p>BY</p>	
<p>NO.</p>		<p>NO.</p>	
<p>REV.</p>		<p>REV.</p>	
<p>DATE</p>		<p>DATE</p>	
<p>BY</p>		<p>BY</p>	
<p>NO.</p>		<p>NO.</p>	
<p>REV.</p>		<p>REV.</p>	
<p>DATE</p>		<p>DATE</p>	
<p>BY</p>		<p>BY</p>	
<p>NO.</p>		<p>NO.</p>	
<p>REV.</p>		<p>REV.</p>	
<p>DATE</p>		<p>DATE</p>	
<p>BY</p>		<p>BY</p>	
<p>NO.</p>		<p>NO.</p>	
<p>REV.</p>		<p>REV.</p>	
<p>DATE</p>		<p>DATE</p>	
<p>BY</p>		<p>BY</p>	
<p>NO.</p>		<p>NO.</p>	
<p>REV.</p>		<p>REV.</p>	
<p>DATE</p>		<p>DATE</p>	
<p>BY</p>		<p>BY</p>	
<p>NO.</p>		<p>NO.</p>	
<p>REV.</p>		<p>REV.</p>	
<p>DATE</p>		<p>DATE</p>	
<p>BY</p>		<p>BY</p>	
<p>NO.</p>		<p>NO.</p>	
<p>REV.</p>		<p>REV.</p>	
<p>DATE</p>		<p>DATE</p>	
<p>BY</p>		<p>BY</p>	
<p>NO.</p>		<p>NO.</p>	
<p>REV.</p>		<p>REV.</p>	
<p>DATE</p>		<p>DATE</p>	
<p>BY</p>		<p>BY</p>	
<p>NO.</p>		<p>NO.</p>	
<p>REV.</p>		<p>REV.</p>	
<p>DATE</p>		<p>DATE</p>	
<p>BY</p>		<p>BY</p>	
<p>NO.</p>		<p>NO.</p>	
<p>REV.</p>		<p>REV.</p>	
<p>DATE</p>		<p>DATE</p>	
<p>BY</p>		<p>BY</p>	
<p>NO.</p>		<p>NO.</p>	
<p>REV.</p>		<p>REV.</p>	
<p>DATE</p>		<p>DATE</p>	
<p>BY</p>		<p>BY</p>	
<p>NO.</p>		<p>NO.</p>	
<p>REV.</p>		<p>REV.</p>	
<p>DATE</p>		<p>DATE</p>	
<p>BY</p>		<p>BY</p>	
<p>NO.</p>		<p>NO.</p>	
<p>REV.</p>		<p>REV.</p>	
<p>DATE</p>		<p>DATE</p>	
<p>BY</p>		<p>BY</p>	
<p>NO.</p>		<p>NO.</p>	
<p>REV.</p>		<p>REV.</p>	
<p>DATE</p>		<p>DATE</p>	
<p>BY</p>		<p>BY</p>	
<p>NO.</p>		<p>NO.</p>	
<p>REV.</p>		<p>REV.</p>	
<p>DATE</p>		<p>DATE</p>	
<p>BY</p>		<p>BY</p>	
<p>NO.</p>		<p>NO.</p>	
<p>REV.</p>		<p>REV.</p>	
<p>DATE</p>		<p>DATE</p>	
<p>BY</p>		<p>BY</p>	
<p>NO.</p>		<p>NO.</p>	
<p>REV.</p>		<p>REV.</p>	
<p>DATE</p>		<p>DATE</p>	
<p>BY</p>		<p>BY</p>	
<p>NO.</p>		<p>NO.</p>	
<p>REV.</p>		<p>REV.</p>	
<p>DATE</p>		<p>DATE</p>	
<p>BY</p>		<p>BY</p>	
<p>NO.</p>		<p>NO.</p>	
<p>REV.</p>		<p>REV.</p>	
<p>DATE</p>		<p>DATE</p>	
<p>BY</p>		<p>BY</p>	
<p>NO.</p>		<p>NO.</p>	
<p>REV.</p>		<p>REV.</p>	
<p>DATE</p>		<p>DATE</p>	
<p>BY</p>		<p>BY</p>	
<p>NO.</p>		<p>NO.</p>	
<p>REV.</p>		<p>REV.</p>	
<p>DATE</p>		<p>DATE</p>	
<p>BY</p>		<p>BY</p>	
<p>NO.</p>		<p>NO.</p>	
<p>REV.</p>		<p>REV.</p>	
<p>DATE</p>		<p>DATE</p>	
<p>BY</p>		<p>BY</p>	
<p>NO.</p>		<p>NO.</p>	
<p>REV.</p>		<p>REV.</p>	
<p>DATE</p>		<p>DATE</p>	
<p>BY</p>		<p>BY</p>	
<p>NO.</p>		<p>NO.</p>	
<p>REV.</p>		<p>REV.</p>	
<p>DATE</p>		<p>DATE</p>	
<p>BY</p>		<p>BY</p>	
<p>NO.</p>		<p>NO.</p>	
<p>REV.</p>		<p>REV.</p>	
<p>DATE</p>		<p>DATE</p>	
<p>BY</p>		<p>BY</p>	
<p>NO.</p>		<p>NO.</p>	
<p>REV.</p>		<p>REV.</p>	
<p>DATE</p>		<p>DATE</p>	
<p>BY</p>		<p>BY</p>	
<p>NO.</p>		<p>NO.</p>	
<p>REV.</p>		<p>REV.</p>	
<p>DATE</p>		<p>DATE</p>	
<p>BY</p>		<p>BY</p>	
<p>NO.</p>		<p>NO.</p>	
<p>REV.</p>		<p>REV.</p>	
<p>DATE</p>		<p>DATE</p>	
<p>BY</p>		<p>BY</p>	
<p>NO.</p>		<p>NO.</p>	
<p>REV.</p>		<p>REV.</p>	
<p>DATE</p>		<p>DATE</p>	
<p>BY</p>		<p>BY</p>	
<p>NO.</p>		<p>NO.</p>	
<p>REV.</p>		<p>REV.</p>	
<p>DATE</p>		<p>DATE</p>	
<p>BY</p>		<p>BY</p>	
<p>NO.</p>		<p>NO.</p>	
<p>REV.</p>		<p>REV.</p>	
<p>DATE</p>		<p>DATE</p>	
<p>BY</p>		<p>BY</p>	
<p>NO.</p>		<p>NO.</p>	
<p>REV.</p>		<p>REV.</p>	
<p>DATE</p>		<p>DATE</p>	
<p>BY</p>		<p>BY</p>	
<p>NO.</p>		<p>NO.</p>	
<p>REV.</p>		<p>REV.</p>	
<p>DATE</p>		<p>DATE</p>	
<p>BY</p>		<p>BY</p>	
<p>NO.</p>		<p>NO.</p>	
<p>REV.</p>		<p>REV.</p>	



11kV ccb MV2 in service

11kV ccb. MV2 earthing sw. off

ccb. MV2 on MV ccb. MV2 on

11kV ccb. MV2 on

ccb. MV2 off

ccb. MV2 off

Micb. tripped 11kV ccb. MV2 n.c.

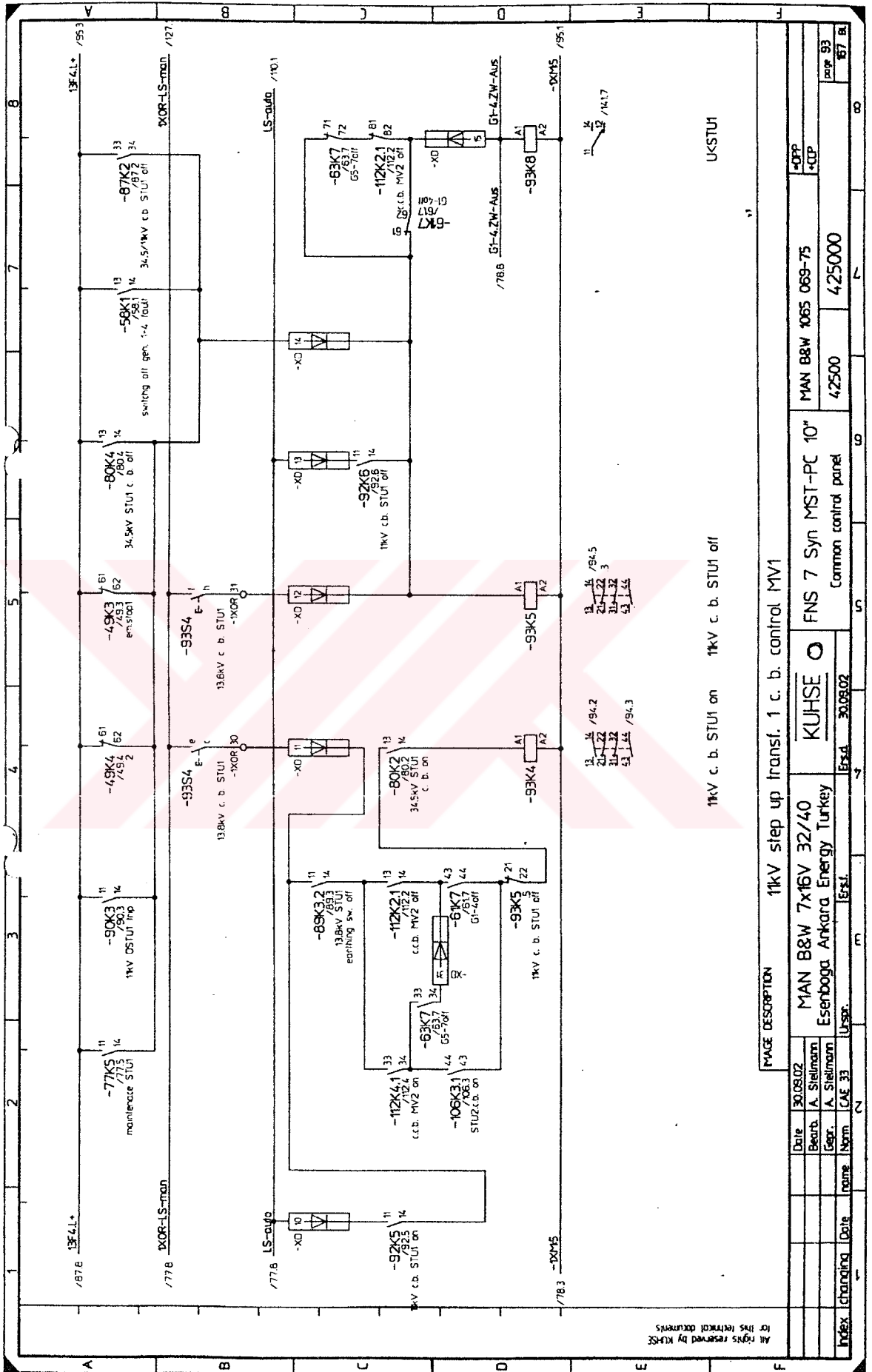
11 / 112K7 / 112K5 / 112K4.2 / 112K4.1 / 112K2.2 / 112K2.1

11 / 112K7 / 112K5 / 112K4.2 / 112K4.1 / 112K2.2 / 112K2.1

11 / 112K7 / 112K5 / 112K4.2 / 112K4.1 / 112K2.2 / 112K2.1

11kV ccb MV2 position

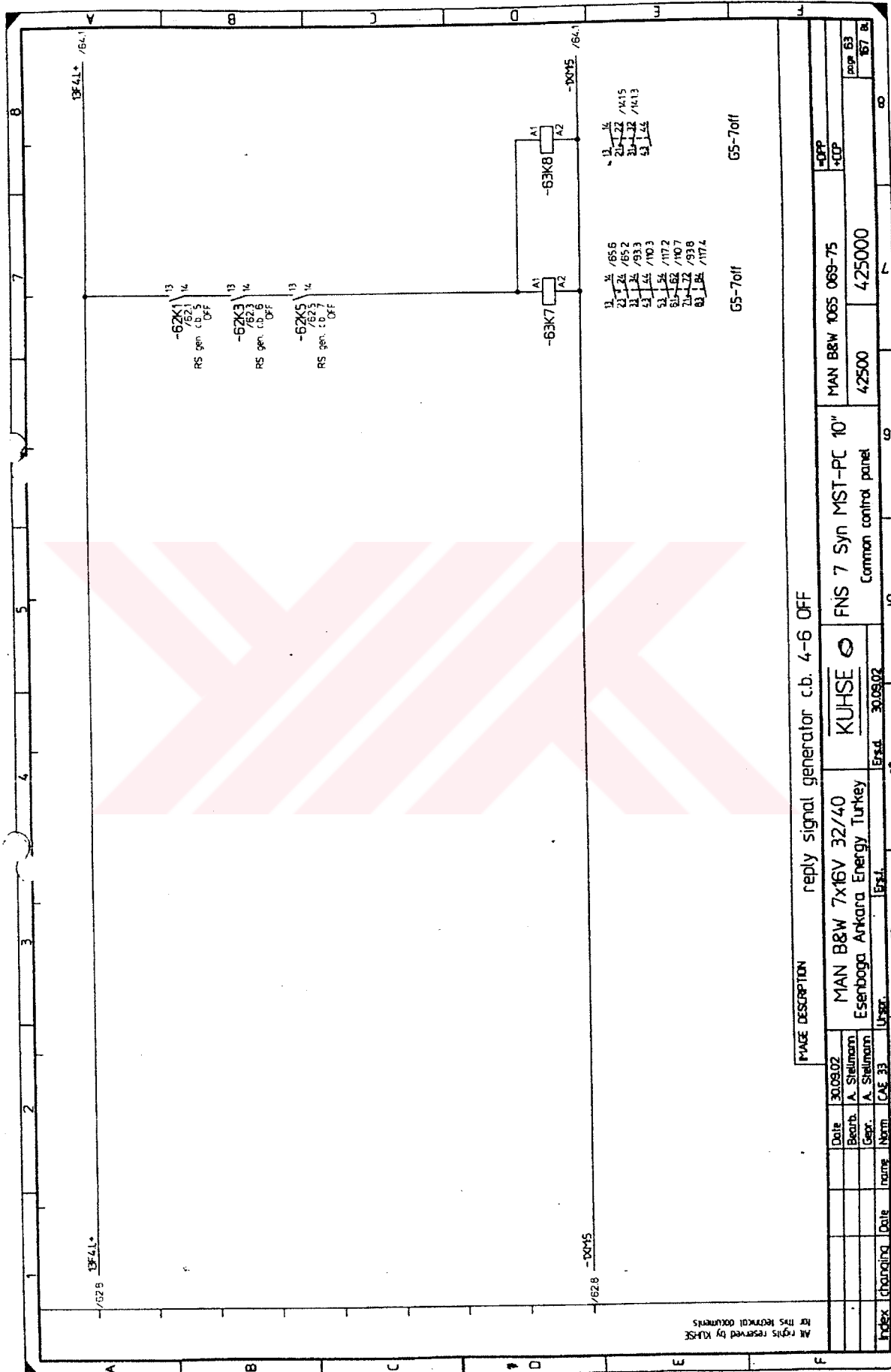
INDEX		CHANGING		DATE		NAME		Ers.f.		Ers.f.	
Date	30.09.02	Date	30.09.02	MAN B&W 7x16V 32/40	Control 11kV ccb. MV2	MAN B&W 1065 069-75	-OPP	MAN B&W 1065 069-75	42500	425000	MAN B&W 1065 069-75
Bearb.	A. Stelmann	Bearb.	A. Stelmann	KUHSE		FNS 7 Syn MST-PC 10"		Common control panel		42500	
Gepr.	A. Stelmann	Gepr.	A. Stelmann	KUHSE		FNS 7 Syn MST-PC 10"		Common control panel		425000	
Umspr.	CAE 33	Umspr.	CAE 33	Esenboga Ankara Energy Turkey		Esenboga Ankara Energy Turkey		Esenboga Ankara Energy Turkey		Esenboga Ankara Energy Turkey	
Umspr.	CAE 33	Umspr.	CAE 33	Esenboga Ankara Energy Turkey		Esenboga Ankara Energy Turkey		Esenboga Ankara Energy Turkey		Esenboga Ankara Energy Turkey	



11kV step up transf. 1 c. b. control MV1

INDEX CHANGING		Date	30.08.02	MAN B&W 7x16V 32/40		KUHSE		FNS 7 Syn MST-PC 10"		MAN B&W 1065 069-75		-OFF	
DATE		30.08.02	Esenboga Ankara Energy Turkey		Common control panel		42500		425000		-OFF		
DESIGN		30.08.02	Esenboga Ankara Energy Turkey		Common control panel		42500		425000		-OFF		
DRAWN		30.08.02	Esenboga Ankara Energy Turkey		Common control panel		42500		425000		-OFF		
CHECKED		30.08.02	Esenboga Ankara Energy Turkey		Common control panel		42500		425000		-OFF		
APPROVED		30.08.02	Esenboga Ankara Energy Turkey		Common control panel		42500		425000		-OFF		
DATE		30.08.02	Esenboga Ankara Energy Turkey		Common control panel		42500		425000		-OFF		
DRAWN		30.08.02	Esenboga Ankara Energy Turkey		Common control panel		42500		425000		-OFF		
CHECKED		30.08.02	Esenboga Ankara Energy Turkey		Common control panel		42500		425000		-OFF		
APPROVED		30.08.02	Esenboga Ankara Energy Turkey		Common control panel		42500		425000		-OFF		

All rights reserved by KUHSE or his technical documents



All rights reserved by KUHSE for his technical documents

MAN B8W 7x16V 32/40
Esenboga Ankara Energy Turkey

reply signal generator c.b. 4-6 OFF

KUHSE
30.09.02

MAN B8W 1065 069-75
42500
425000

13F41* /64.1

13F41* /64.1

628 -62K5

628 -62K5

628 -62K5

628 -62K5

628 -62K5

628 -62K5

628 -62K5

628 -62K5

628 -62K5

628 -62K5

628 -62K5

628 -62K5

628 -62K5

628 -62K5

628 -62K5

628 -62K5

628 -62K5

628 -62K5

628 -62K5

628 -62K5

628 -62K5

628 -62K5

628 -62K5

628 -62K5

628 -62K5

628 -62K5

628 -62K5

628 -62K5

628 -62K5

628 -62K5

628 -62K5

628 -62K5

628 -62K5

628 -62K5

628 -62K5

628 -62K5

628 -62K5

628 -62K5

628 -62K5

628 -62K5

628 -62K5

628 -62K5

628 -62K5

628 -62K5

628 -62K5

628 -62K5

628 -62K5

628 -62K5

628 -62K5

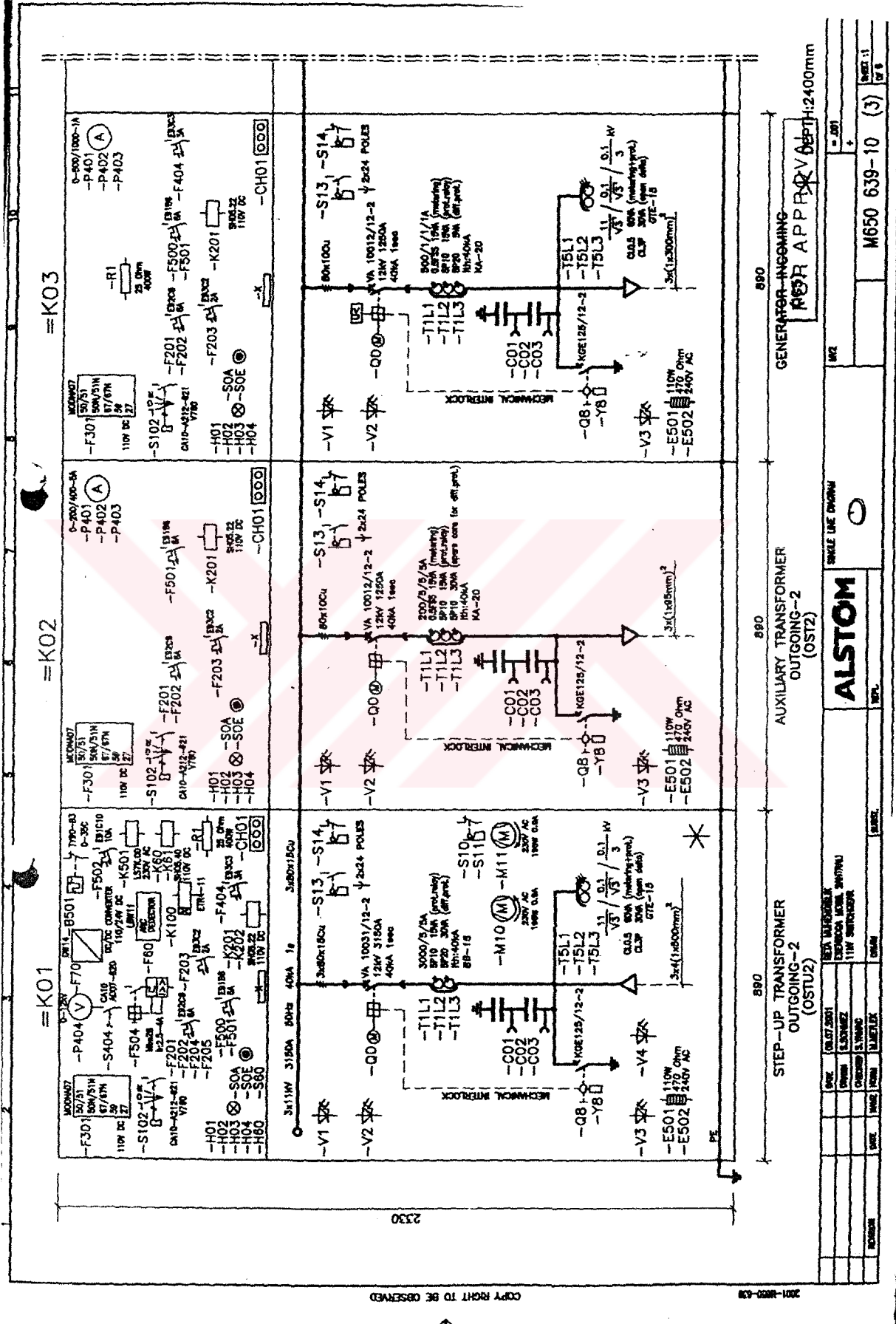
628 -62K5

628 -62K5

628 -62K5

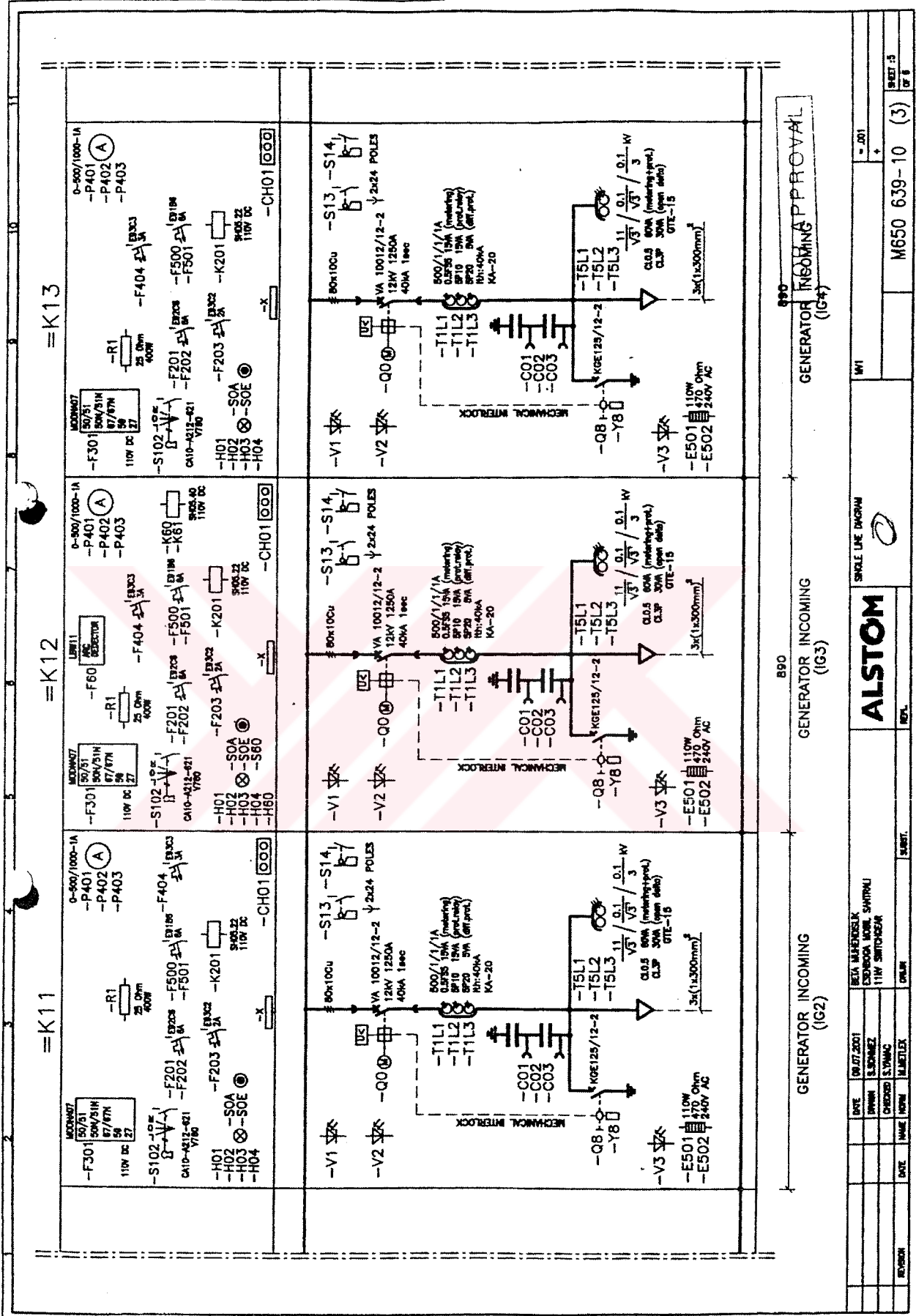
628 -62K5

Ek 6. Alstom'a Ait 11 kV Orta Gerilim Hücrelerinin Tek Hat Şemaları



K01-Güç Trafosu Çıkış Hücresi, K02- İç İhtiyaç Trafosu 2 Çıkış Hücresi, K03-1 nolu jeneratör giriş hücresi

COPY RIGHT TO BE OBSERVED



COPY RIGHT TO BE OBSERVED

301-650-03

REVISION	DATE	NAME	NUMERIK	SUBST.		SINGLE LINE DIAGRAM M1	M650 639-10 (3)	SHEET 15 OF 6
	DATE	NAME	NUMERIK	SUBST.				
	DATE	NAME	NUMERIK	SUBST.				
	DATE	09.07.2001	BETA MAFENGLİK					
	DATE	09.07.2001	ESEROKA MOBİL ŞANTRALI					
	DATE	09.07.2001	11KV ŞİFTOKEŞ					
	DATE	09.07.2001	ESEROKA MOBİL ŞANTRALI					
	DATE	09.07.2001	11KV ŞİFTOKEŞ					

K11- 2 nolu jeneratör giriş hücresi, K12- 3 nolu jeneratör giriş hücresi, K13- 4 nolu jeneratör giriş hücresi

GENERATOR INCOMING (IG2)

GENERATOR INCOMING (IG3)

GENERATOR INCOMING (IG4)

GENERATOR INCOMING APPROVAL (IG4)



Ek 7. Santraldeki Tüm Panellere Ait Giriş Ve Çıkış Sinyallerinin Listesi

Santral binasındaki tüm ünitelerce ortak kullanılan yardımcı ekipmanların kontrol paneline (CA1-common auxiliaries 1) ait dijital giriş (DI)-dijital çıkış (DO) sinyalleri aşağıda gösterilmiştir.

	DI1
→ 01 giriş anahtarı açık	
→ 02	
→ 03 1P031 Soğutma suyu doldurma pompası arızası n.k.	
→ 04 1P031 Soğutma suyu doldurma pompası aktif	
→ 05 1LSL 1T039 su depolama tankı seviyesi min.	
→ 06 1LSL 2T039 su depolama tankı seviyesi min.	
→ 07 2P031 Soğutma suyu doldurma pompası arızası n.k.	
→ 08 2P031 Soğutma suyu doldurma pompası aktif	
→ 09 8ESA 8521 ön ısıtıcı arızası n.k.	
→ 10 9ESA 8521 ön ısıtıcı aktif	
→ 11 11ESA 8521 ön ısıtıcı uzaktan kontrol	
→ 12 H017 ön ısıtma modülü fideri açtı n.k.	
→ 13 Yedek	
→ 14 1 C001 yol verme kompresörü fideri açtı	
→ 15 2 C001 yol verme kompresörü fideri açtı	
→ 16 1ESA 1 C001 yol verme kompresöründeki yağ anahtarı	
→ 17 2ESA 1 C001 yol verme kompresöründe aşırı yük	
→ 18 3ESA 1 C001 yol verme kompresörü aktif	
→ 19 1ESA 2 C001 yol verme kompresöründeki yağ anahtarı	
→ 20 2ESA 2 C001 yol verme kompresöründe aşırı yük	
→ 21 3ESA 2 C001 yol verme kompresörü aktif	
→ 22 1ESA C003 çalışma kompresörü arızası	
→ 23 2ESA C003 çalışma kompresörü işletime hazır	
→ 24 3ESA C003 çalışma kompresörü aktif	
→ 25 çalışma kompresörü fideri 1C003 açtı n.a.	
→ 26 +CA1 kontrol şalteri açtı	
→ 27 1LSH T019 yağlama yağı atık tankı n.k.	
→ 28 1LSL T019 yağlama yağı atık tankı n.k.	
→ 29 PSH 2313 YY atık pompası 3P029 n.k.	
→ 30 3P029 LO YY atık pompası işletimde	

→ 01 3P029 YY atık pompası arızası	DI2
→ 02 DE-SOX arıtma modülü grup alarmı n.a.	
→ 03 DE-SOX arıtma modülü sıcaklığı yüksek	
→ 04	
→ 05	
→ 06	
→ 07 2LSH T025 buhar tankı seviyesi yüksek	
→ 08 2LSL T025 buhar tankı seviyesi min.	
→ 09	
→ 10	
→ 11	
→ 12	
→ 13	
→ 14	
→ 15 Yedek	
→ 16	
→ 17	
→ 18	
→ 19	
→ 20	
→ 21	
→ 22	
→ 23	
→ 24	
→ 25	
→ 26	
→ 27	
→ 28	
→ 29	
→ 30	

	DOI
01 HO17 ön ısıtma modülü blokajda	
02 Yük paylaşımı	
03 Motor 1 aktif	
04 Motor 2 aktif	
05 Motor 3 aktif	
06 Motor 4 aktif	
07 Motor 5 aktif	
08 Motor 6 aktif	
09 Motor 7 aktif	
10	
11 kazan blokajda	
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	
21	
22	
23	
24	
25	
26	
27	
28	
29	
30 +CA1 panel fanı aktif	

Santral binasındaki 250 kVA gücünde ve 400 V çıkış gerilimine sahip acil durum jeneratörünün kontrol paneline (BCP-Blackstart Control

Panel) ait dijital giriş (DI)-dijital çıkış (DO) sinyalleri aşağıda gösterilmiştir.

DI	DO
01	01 KSY (Senkronizasyon Ünitesi) Aktif
02	02
03 RS jeneratör kesicisi 1 açık	03 50 Hz-Regülasyon açık
04 RS jeneratör anahtar 2 açık	04 Jeneratör işletimde
05 acil durdurma aktif değil	05
06 RS jeneratör kesicisi 1 bağlı pozisyonda	06
07 RS jeneratör kesicisi 2 bağlı pozisyonda	07
08 RS jeneratör kesicisi 1 kapalı	08
09 RS jeneratör kesicisi 2 kapalı	09 Senkronizasyon seçimi GQ1
10	10 Jeneratör anahtarı 1 açık/kapalı
11 hız azalıyor	11 Başlangıç sinyali GQ-1
12 hız artıyor	12 Jeneratör uygun
13 güç arıza koruması açtı	13
14 İç ihtiyaç trafosu (İ.İ.T.) 1 kesicisi kontrolü lokal	14 Ortak alarm W
15 İç ihtiyaç trafosu 2 kesicisi kontrolü lokal	15 Ortak alarm S
16	16
17 jeneratör aşırı yükte	17
18	18 Ortak alarm (sinyal lambası)
19 jeneratör kısa devre	19
20 mini devre kesici açtı	20
21	21 Kesici kontrolü el ile
22 batarya düşük gerimde	22
23	23 GQ2 senkronizasyon seçimi
24	24 Jeneratör anahtarı 2 açık/kapalı
25 İ.İ.T. 1'deki ana kaynak açık	25 GQ2 başlama sinyali
26 İ.İ.T. 2'deki ana kaynak açık	26
27 Trafo 1 bakımında	27 El ile
28 Trafo 2 bakımında	28 Seçici anahtar/alarm kapalı
29	29 seçici anahtar kapalı
30	30 Bilgisayarlı izleme

D12

- 01
- 02
- 03 yağlama yağı basıncı min.
- 04 aşırı hız
- 05 soğutma suyu seviyesi
- 06 motor işletimi
- 07 soğutma suyu sıcaklığı maks.
- 08 yedek
- 09 yedek
- 10 yakıt bitmek üzere
- 11
- 12
- 13 RS kuplaj kesicisi İ.İ.T. 1 açık
- 14 RS kuplaj kesicisi İ.İ.T. 1 kapalı
- 15 RS kuplaj kesicisi İ.İ.T. 2 açık
- 16 RS kuplaj kesicisi İ.İ.T. 2 kapalı
- 17 RS kuplaj kesicisi BTC açık
- 18 RS kuplaj kesicisi BTC kapalı
- 19 kesici kontrolü BTC lokal
- 20 RS kuplaj kesicisi BTC açtı
- 21
- 22
- 23
- 24
- 25
- 26
- 27
- 28 Yüksüz test
- 29 yük testi w/ İ.İ.T.1
- 30 yük testi w/ İ.İ.T.2

DO2

- 01 Başlatma motoru aktif
- 02 Selenoid kullanımında
- 03 kuplaj kesicisini +İ.İ.T. 1 kapat
- 04 kuplaj kesicisini +İ.İ.T. 2 aç
- 05 Senk. seçme bağlantı anahtarı İ.İ.T. 2
- 06 Senkronizasyon seçimi
- 07 hız <
- 08 hız >
- 09 hız kontrolünü yeniden ayarla
- 10 kuplaj kesicisini +BTC kapat
- 11 kuplaj kesicisini +BTC aç
- 12
- 13
- 14
- 15
- 16
- 17
- 18
- 19
- 20 Panel fanını aktifleştirdi
- 21
- 22
- 23
- 24
- 25
- 26
- 27
- 28
- 29
- 30

Ana kumanda odasında bulunan ortak kontrol paneline (CCP-Common Control Panel) ait dijital giriş (DI)-dijital çıkış (DO) sinyalleri aşağıda gösterilmiştir.

DI1	DI2
01	01 11 kV İ.İ.T. 1 aşırı akım n.o.
02 11 kV kesici seçici anahtar el ile	02 11 kV İ.İ.T.1 devre kesicisi kapalı
03 11 kV yükseltici güç trafosu 1 bakımda	03 11 kV İ.İ.T.1 röle arızası n.c.
04 RS jeneratör 1 çalışmıyor	04 11 kV İ.İ.T.1 toprak arıza n.o.
05 RS jeneratör 2 çalışmıyor	05 11 kV İ.İ.T.1 devre kesicisi test
06 RS jeneratör 3 çalışmıyor	06 yedek
07 RS jeneratör 4 çalışmıyor	07 İ.İ.T.1 panelinde mini şalter a.tı n.c.
08 RS jeneratör 5 çalışmıyor	08 İ.İ.T.1 yağ sıcaklığı maks. alarm
09 RS jeneratör 6 çalışmıyor	09 yedek n.k.
10 RS jeneratör 7 çalışmıyor	10 İ.İ.T.1 yağ sıcaklığı maks. açtı
11 +CA2 paneli korna susturma butonu	11 İ.İ.T.1 yağ seviyesi min.
12 Güç trafosu 1 +STU1 şebeke düşük/yüksek gerilim	12 İ.İ.T.1 yağ seviyesi max.
13 Güç trafosu 1 +STU1 şebeke düşük/yüksek frekans	13 İ.İ.T.2 11 kV devre kesici açık
14 Güç trafosu 1 +STU1 şebeke vektör atlaması	14 İ.İ.T.2 11 kV devre kesici kapalı
15 Güç trafosu 1 +STU1 şebeke güç arızası	15 İ.İ.T.2 paneli mini şalteri açtı n.k.
16 hız <	16 13.8 kV İ.İ.T.2 devre kesici test
17 hız >	17 11 kV İ.İ.T.2 devre kesici kapalı
18 Güç trafosu 1 +STU1 -11 kV kesici açık	18 11 kV İ.İ.T.2 devre kesici test
19 Güç trafosu 1 +STU1 -11 kV kesici kapalı	19 İ.İ.T. 2 panel mini şalter açtı n.k.
20 Güç trafosu 1 +STU1 -11 kV kesici test	20 İ.İ.T.1 Buchholz koruma tehlikesi
21 11 kV kesici +STU1 aşırı akımdan açtı (50/51) n.o.	21 İ.İ.T.1 Buchholz koruma arızası
22 11 kV kesici +STU1 koruma rölesi arızası n.k.	22 11 kV İ.İ.T.2 aşırı akım n.a.
23 Güç kontrolü seçme anahtarı lokal (lokal-scada)	23 11 kV İ.İ.T.2 röle arızası n.k.
24 Güç trafosu 1 motor sürme ünitesi arızası n.o.	24 11 kV İ.İ.T.2 toprak arıza n.a.
25 Güç trafosu 2 motor sürme ünitesi arızası n.o.	25 11 kV Orta Gerilim 2 (OG2-MV2) kesicisi açık
26 Güç trafosu 1 panelinde +OSTU1 mini şalter açtı n.c.	26 11 kV OG2 kesicisi kapalı
27 11 kV yükseltici güç trafosu 2 bakımda	27 11 kV OG2 kesicisi mini şalteri açtı n.k.
28 alarm kapalı	28 11 kV OG2 kesicisi test
29 korna kapalı	29 11 kV OG2 kesicisi aşırı akım açma (50/51)
30 lamba testi	30 11 kV OG2 kesicisi koruma rölesi arızası n.k.

D13	
01	CCP panelindeki mini şalter açtı
02	İ.İ.T. 1 alçak gerilim (AG) kesicisi kapalı
03	11 kV devre kesici kontrol seçme anahtarı kapalı
04	İ.İ.T. 1 AG tarafı mini şalter açtı n.k.
05	İ.İ.T. 1 AG tarafı kesicisi açtı n.a.
06	İ.İ.T. 2 şebeke düşük/aşırı gerilim
07	İ.İ.T. 2 şebeke düşük/aşırı frekans
08	İ.İ.T. 2 şebeke vektör atlaması
09	İ.İ.T. 2 şebeke güç arızası
10	34.5 kV güç trafosu 1kesicisi aşırı akım koruması n.a.
11	34.5 kV güç trafosu 1kesicisi koruma rölesi arızası n.c.
12	34.5 kV güç trafosu (GT1-OSTU) 1kesicisi kapalı
13	34.5 kV güç trafosu (GT1) 1kesicisi açık
14	34.5 kV GT1 kesicisi test pozisyonunda
15	34.5 kV GT1 kesicisi diferansiyel koruma açtı
16	
17	
18	GT1 Buchholz alarmı
19	GT1 Buchholz açtı
20	GT1 sargı sıcaklık alarmı
21	GT1 sargı sıcaklık açtı
22	GT1 yağ sıcaklık alarmı
23	GT1 yağ sıcaklık açtı
24	GT1 aşırı basınç
25	yedek
26	yedek
27	GT1 yağ seviyesi min. n.k.
28	GT1 yağ seviyesi maks. n.a.
29	GT1 kademe değiştirici yağ seviyesi min. n.k.
30	GT1 kademe değiştirici yağ seviyesi maks. n.a.

D14	
01	GT1 aşırı yağ basıncı n.k.
02	
03	GT2 34.5 kV devre kesici aşırı akım koruması n.a.
04	GT2 34.5 kV devre kesici diferansiyel koruma açtı
05	GT2 34.5 kV devre kesici kapalı
06	GT2 34.5 kV devre kesici açık
07	GT2 34.5 kV devre kesici test pozisyonunda
08	GT2 Buchholz alarmı
09	GT2 Buchholz açtı
10	GT2 sargı sıcaklığı alarmı
11	GT2 sargı sıcaklığı açtı
12	GT2 yağ sıcaklığı alarmı
13	GT2 yağ sıcaklığı açtı
14	GT2 aşırı basınç
15	GT2 yağ seviyesi min. n.k.
16	GT2 yağ seviyesi maks n.a.
17	GT2 kademe değiştirici yağ seviyesi min. n.k.
18	GT2 kademe değiştirici yağ seviyesi maks. n.a.
19	GT2 yağ aşırı basınç n.k.
20	yedek
21	yedek
22	
23	İ.İ.T.2 34.5 kV devre kesici koruma rölesi arızası n.k.
24	İ.İ.T.2 yağ sıcaklığı maks. alarmı
25	İ.İ.T.2 yağ sıcaklığı maks. açtı /132.2
26	İ.İ.T.2 yağ seviyesi min.
27	İ.İ.T.2 yağ seviyesi maks.
28	İ.İ.T.2 Buchholz koruma tehlikesi
29	İ.İ.T.2 Buchholz koruma arızası
30	yedek

DI5	
01	yedek n.k.
02	İ.İ.T. 2 AG kesicisi kapalı
03	İ.İ.T. 2 mini şalteri açtı n.k.
04	İ.İ.T. 2 devre kesicisi açtı n.o.
05	
06	
07	Acil durum jeneratörü (ADJ1) kesicisi 1 açık
08	Kompanzasyon kesicisi 1 kapalı
09	ADJ1 panelindeki mini şalter açtı
10	Acil durum jeneratörü (ADJ2) kesicisi 2 açık
11	Kompanzasyon kesicisi 2 kapalı
12	ADJ2 panelindeki mini şalter açtı
13	OFENB DeNOx çıkış fideri kapalı
14	OFENB mini şalter açtı
15	OFECS ortak ekip. 1(CA1) çıkış fideri kesicisi kapalı
16	OFECS DeSOx çıkış fideri kesicisi kapalı
17	
18	
19	
20	OFEA1 Motor Yrd. Ekip. Paneli 1 (EA1) fideri kapalı
21	OFEA5 Motor Yrd. Ekip. Paneli 5 (EA5) fideri kapalı
22	
23	OFECS panelinin sigortası açtı
24	
25	OFECS ortak ekip. 2 (CA2) çıkış fideri kapalı
26	OFEA2 Motor Yrd. Ekip. Paneli 2 (EA2) fideri kapalı
27	OFEA3 Motor Yrd. Ekip. Paneli 3 (EA3) fideri kapalı
28	OFEA4 Motor Yrd. Ekip. Paneli 4 (EA4) fideri kapalı
29	OFEA6 Motor Yrd. Ekip. Paneli 6 (EA6) fideri kapalı
30	OFEA7 Motor Yrd. Ekip. Paneli 7 (EA7) fideri kapalı

DI6	
01	
02	BTC devre kesicisi kapalı
03	BTC sigortası açtı n.k.
04	yedek
05	yedek
06	yedek
07	yedek
08	GT2 11 kV devre kes. aşırı akımdan açtı (50/51) n.a.
09	GT2 11 kV devre kes. koruma rölesi arızası n.k.
10	yangın alarmı n.k.
11	OG1 11 kV kuplaj kesicisi açık
12	OG1 11 kV kuplaj kesicisi kapalı
13	OG1 11 kV kuplaj kesicisi mini şalteri açtı n.k.
14	OG1 11 kV kuplaj kesicisi test pozisyonunda
15	OG1 11 kV kuplaj kesicisi aşırı akımdan açtı (50/51)
16	OG1 11 kV kuplaj kesicisi koruma rölesi arızası n.k.
17	OG1 11 kV kuplaj kesicisi fan arızası
18	OG2 11 kV kuplaj kesicisi fan arızası
19	
20	
21	
22	
23	
24	
25	
26	
27	
28	
29	
30	

DO1	DO2
01 1. jeneratör blokajı kaldır	01
02 2. jeneratör blokajı kaldır	02 OG2 kuplaj kesicisi senkronizasyon seçimi
03 3. jeneratör blokajı kaldır	03 OG2 11 kV kuplaj kesicisini kapat
04 4. jeneratör blokajı kaldır	04 OG2 11 kV kuplaj kesicisini aç
05 5. jeneratör blokajı kaldır	05
06 6. jeneratör blokajı kaldır	06
07 7. jeneratör blokajı kaldır	07
08	08
09 1-4 gücü kes	09
10 Ortak alarm +CCP alarm	10
11 Ortak alarm +CCP durdur	11
12 KSY senkronoskop serbest	12
13 Jeneratör 1-4 - GT2 kesicisi senk. bara seçimi	13
14 +CCP panosundaki panel fanını çalıştır	14 Jeneratör 4-6 senk. seçimi
15 5-7 gücü kes	15 GT2 11 kV devre kesicisini kapat
16 GT1 11 kV devre kesicisini kapat /92.5	16 GT2 11 kV devre kesicisini aç
17 GT1 11 kV devre kesicisini aç	17
18 Santral kornası	18
19 Sinyal lambası ortak arıza +CA2	19
20 GT1 arızadan açar	20
21 GT2 arızadan açar	21
22 İ.İ.T.1 panel fanını çalıştır	22
23 İ.İ.T.2 panel fanını çalıştır	23
24 Yedek	24 jen.1 gücü kes
25 BTC panel fanını çalıştır	25 jen.2 gücü kes
26 Sinyal lambası ortak arıza +CA1	26 jen.3 gücü kes
27	27 jen.4 gücü kes
28	28 jen.5 gücü kes
29	29 jen.6 gücü kes
30 L/M ortak alarm	30 jen.7 gücü kes

Santral binası dışında bulunan ve tüm ünitelerce ortak kullanılan yardımcı ekipmanların kontrol paneline (CA2-common auxiliaries 2) ait dijital giriş (DI)-dijital çıkış (DO) sinyalleri aşağıda gösterilmiştir. Bu panel, yakıt depolama ve pompalama alanındadır.

	DI1	DI2
→ 01	1LSHT012 yağlama yağı yağ depol. tankı maks.	01 Yedek
→ 02	1LSLT012 yağlama yağı depolama tankı min.	02 Yedek
→ 03	1LSHT013 kirli yağ tankı maks.	03 Yedek
→ 04	1LSLT013 kirli yağ tankı min.	04 2LSLT022 temiz HFO tankı min.
→ 05		05 2LSLT022 temiz HFO tankı maks.
→ 06	yağl. yağı boşaltma pompası P013 aktif	06 HFO döngü ana pompası 1P018 seçici anahtarı otom.
→ 07	yağl. yağı boşaltma pompası P013 arıza	07 HFO döngü ana pompası 1P018 seçici anahtarı kapalı
→ 08	yağl. yağı doldurma pompası P012 aktif	08 HFO döngü ana pompası 1P018 aktif
→ 09	yağl. yağı doldurma pompası P012 arıza	09 HFO döngü ana pompası 1P018 arızalı
→ 10	yağl. yağı doldurma pompası P059 aktif	10 HFO döngü ana pompası 2P018 seçici anahtarı otom.
→ 11	yağl. yağı doldurma pompası P012 arıza	11 HFO döngü ana pompası 2P018 seçici anahtarı kapalı
→ 12		12 HFO döngü ana pompası 2P018 aktif
→ 13		13 HFO döngü ana pompası 2P018 arızalı
→ 14		14 HFO ayrıştırıcısı 2CF002 kullanımda
→ 15	yedek	15 HFO ayrıştırıcısı 2CF002 V1 dolaşım pozisyonunda
→ 16	1LSHT015 mazot depolama tankı maks.	16 HFO ayrıştırıcısı 2CF002 V1 ayrıştırıcı pozisyonunda
→ 17	1LST015 mazot depolama tankı min.	17 HFO ayrıştırıcısı 2CF002 atık tankı seviyesi yüksek
→ 18	mazot doldurma pompası 1P057 aktif	18 HFO ayrıştırıcısı 2CF002 arızalı
→ 19	mazot doldurma pompası 1P057 arıza	19 HFO ayrıştırıcısı 3CF002 kullanımda
→ 20	mazot doldurma pompası 2P057 aktif	20 HFO ayrıştırıcısı 3CF002 V1 dolaşım pozisyonunda
→ 21	mazot doldurma pompası 2P057 arıza	21 HFO ayrıştırıcısı 3CF002 V1 ayrıştırıcı pozisyonunda
→ 22	mazot döngü ana pompası 1P008 seçici anahtarı otom.	22 HFO ayrıştırıcısı 3CF002 atık tankı seviyesi yüksek
→ 23	mazot döngü ana pompası 1P008 seç. anahtarı kapalı	23 HFO ayrıştırıcısı 3CF002 arızalı
→ 24	mazot döngü ana pompası 1P008 aktif	24 Yağlama yağı atık pompası 2P029 aktif
→ 25	mazot döngü ana pompası 1P008 arızalı	25 Yağlama yağı atık pompası 2P029 arızalı
→ 26	mazot döngü ana pompası 2P008 seçici anahtarı otom.	26 1LSH1T016 HFO depolama tankı maks.
→ 27	mazot döngü ana pompası 2P008 seç. anahtarı kapalı	27 1LSL1T016 HFO depolama tankı min.
→ 28	mazot döngü ana pompası 2P008 aktif	28 1LSH2T016 HFO depolama tankı maks.
→ 29	mazot döngü ana pompası 1P008 arızalı	29 1LSL2T016 HFO depolama tankı min.
→ 30		30

	DI3
01	FIL003 ikili yakıt filtresi ön alarmı n.a.
02	FIL003 ikili yakıt filtresi ana alarmı n.k.
03	FIL003 sızıntı yağ tankı seviyesi düşük 2LSL 3T006 n.k.
04	FIL003 sızıntı yağ tankı seviyesi yüksek 2LSH 3T006 n.a.
05	FIL003 ana yakıt filtresi ön alarmı n.o.
06	FIL003 ana yakıt filtresi ana alarmı n.k.
07	FIL003 kontrol gerilimi devrede n.k.
08	FIL003 yakıt akaç pompası 3P010 arızalı
09	FIL003 yakıt akaç pompası 3P010 aktif
10	ILSH2T037 yağlama yağı atık tankı maks.
11	ILSL2T037 yağlama yağı atık tankı min.
12	HFO ayırıştırıcısı 1CF002 kullanımda
13	HFO ayırıştırıcısı 1CF002 V1 dolaşım pozisyonunda
14	HFO ayırıştırıcısı 1CF002 V1 ayırıştırıcı pozisyonunda
15	HFO ayırıştırıcısı 1CF002 atık tankı seviyesi yüksek
16	HFO ayırıştırıcısı 1CF002 arızalı
17	
18	
19	ILSH1T037 HFO atık tankı maks.
20	ILSL1T037 HFO atık tankı min.
21	HFO atık pompası 1P029 aktif
22	HFO atık pompası 1P029 arızalı
23	PSH 5409 HFO atık pompası arkasındaki basınç
24	Alarm kapalı
25	Korna kapalı
26	Lamba testi
27	PSH 2316 yağlama yağı atık pompası arkasındaki basınç
28	Kontrol sigortası açtı
29	Giriş kesicisi açık
30	Acil durdurma

	DI4
01	
02	
03	
04	Yakıt işleme üniteleri fideri açık
05	Tanker wight aydınlatma fideri açık
06	Akaç pompaları fideri açık
07	Ham su pompası fideri açık
08	HFO otomatik filtresi fideri açık
09	Yedek fider 10Q2 açık
10	Yedek fider 10Q4 açık
11	HFO boşaltma pompası 1P038 aktif
12	HFO boşaltma pompası 1P038 arızalı
13	HFO boşaltma pompası 2P038 aktif
14	HFO boşaltma pompası 2P038 arızalı
15	
16	
17	
18	
19	
20	
21	
22	
23	
24	
25	
26	
27	
28	
29	
30	

	DOI
→ 01 Dizel tedarik pompası 1P008	
→ 02 Dizel tedarik pompası 2P008	
→ 03 Yedek	
→ 04 HFO döngüsü ana pompası 1P018	
→ 05 HFO döngüsü ana pompası 2P018	
→ 06 Yedek	
→ 07 Yük paylaşımı	
→ 08 HFO otomatik filtresi aktif	
→ 09 Yedek	
→ 10	
→ 11	
→ 12	
→ 13	
→ 14	
→ 15	
→ 16	
→ 17 +CA2 Panel fanı aktif	
→ 18 Korna	
→ 19 Genel arıza lambası	
→ 20	
→ 21	
→ 22	
→ 23	
→ 24	
→ 25	
→ 26	
→ 27	
→ 28	
→ 29	
→ 30	

Santral binası içinde her bir motorda birer tane bulunan motor kontrol paneline (ECP- Engine Control Panel) ait dijital giriş (DI)-dijital çıkış (DO) sinyalleri aşağıda gösterilmiştir. Bu panel, santral binası içerisinde, motorların hemen yanı başında bulunmaktadır

DI1	DI2
01 ISSA 1002 RPM-rölesi >10 rpm	01 Silindir yağlama seçici anahtarı EM2470 otomatik
02 ISSZ 1002 Aşırı hız n.k.	02 Silindir yağlama butonu EM2470 aktif
03 IESA 2870 OMD ünitesi arızalı n.k.	03 Silindir yağlama butonu EM2470 pasif
04 QSH 2870 OMD yüksek durduruluyor n.k.	04 Silindir yağlama EM2470 düzensiz
05 IFE 2470A Zyl. Silindir A yağlayıcı alarmı (darbelet)	05 Silindir yağlama EM2470 aktif
06 IGOS 1070 döner dişli pasif	06 +ECP mini devre kesicisi açtı
07 IESA 1010 Hız regülatörü arızası alarmı	07 Yedek
08 Yedek	08 Yedek
09 Acil durdurma aktif değil	09 Yedek
10 Yedek	10 Yedek
11 Yedek	11 Yedek
12	12 Yedek
13	13 Yedek
14	14 Yedek
15	15 Yedek
16 IFE 2470B Zyl. Silindir B yağlayıcı alarmı (darbelet)	16 Yedek
17 Yedek	17 Yedek
18 Mini Devre Kesici +EVT den açtı	18 Jeneratör uyarım kesicisi açtı n.k.
19 Yedek	19 Jeneratör uyarımı aktif
20	20
21	21
22 Motor – seçici anahtar lokal konumda	22
23 2870 OMD ünitesi alarmı	23
24 GR 0001 döner dişli fideri açtı	24
25	25
26	26
27 1HZ 1012 – Motordan acil durdurma	27
28 Lokal butondan başlatma	28
29 Güvenlik zinciri aktive edildi	29
30 Servis İhtiyacı	30

DOI

- 01 Çalıştırıcı valfi hazır
- 02 Acil durdurma valfi hazır
- 03 Acil durum jeneratörü valfi hazır
- 04 ESA 1010 Hız kontrolörü hazır
- 05 Hız artıyor
- 06 Hız azalıyor
- 07 Yedek
- 08 KMA seçici anahtarı pasif
- 09 Jeneratör ısıtması aktif
- 10
- 11 ISSV 1031 Yükleme havası başlığı kapalı
- 12
- 13 Silindirin yağlanması EM2470 1. aşama
- 14 Silindirin yağlanması EM2470 2. aşama
- 15 2LSL T001 (yağ seviyesi düşük) n.a.
- 16 2LSH T001 (yağ seviyesi yüksek) n.c.
- 17
- 18 Çalışma bloke edildi
- 19 Çalışmaya hazır
- 20 Yedek
- 21 Yedek
- 22 Yedek
- 23 Yedek
- 24 Yedek
- 25 Yedek
- 26 Yedek
- 27 Yedek
- 28 Yedek
- 29 Yedek
- 30 Yedek

Santral binası içinde her bir jeneratör için birer tane bulunan jeneratör kontrol paneline (GCP1- Generator Control Panel) ait dijital giriş (DI)-dijital çıkış (DO) sinyalleri aşağıda gösterilmiştir. Bu panel, santral binası içerisinde, ana kumanda odasında bulunmaktadır

DI1	DI2
01 Jeneratör veya ekipmanları aktif	01 +ECP paneli güç kaynağı kesicisi açtı
02 Jeneratör serbest	02 Yedek
03 RS jeneratör kesicisi açık	03 Seçici Anahtar-Dizel konumunda
04 Jeneratör sırası pasif	04 +EA panelinden acil durdurma
05 Acil durdurma aktif değil	05 Güvenlik zinciri için jeneratör koruması
06 +CCP'den acil açma	06 Motor temizleniyor
07	07 +ECP panelinden acil durdurma
08	08 KSY hız azalımı
09	09 KSY hız artışı
10 Akü gerilimi düşük	10 Jeneratör aktif çalışmada 1P/5.5 kWh
11 Yedek	11 Manuel hız azaltma
12 Jeneratör toprak arıza 11 kV	12 Manuel hız artırma
13 Yedek	13
14 Yedek	14
15 Jeneratör aşırı akım 50	15
16 Jeneratör kısa devre 51	16 Santral binası fan arızası
17 Yedek	17
18 Temel işlemler	18 ESA3180 HT soğutma suyu regülatörü arızalı n.a.
19 Jeneratör topraklama anahtarı açık	19
20 Kesici test pozisyonunda	20
21 11 kV jeneratör paneli sigortası açtı n.k.	21 LT soğutma suyu regülatörü 1TC6180 arızalı n.k.
22	22
23 87G-diferansiyel koruma	23 LT soğutma suyu regülatörü 1TC4604 arızalı n.k.
24 46-Jeneratör negatif sıra (alarm)	24
25 46-Jeneratör negatif sıra (açtı)	25 Tavan fanları güç kaynağı sigortası açtı n.k.
26	26 +EA paneli çıkış fideri aktif
27 Güvenlik zinciri aktif	27 +OFEA paneli sigortası açtı n.k.
28	28 +GCP paneli sigortası açtı
29 40-Jeneratör uyarımı normalin altında	29 Sabit değerle jeneratörü çalıştır
30 40-Jeneratör uyarımı normalin üstünde	30 +CCP panelinden otomatik çalışmaya izin ver

	DOI
01 KSY hız kontrolörü serbest	
02 BB senkronizasyon seçimi	
03 50 Hz regülatörü aktif	
04 Jeneratörü aktifleştirme işlemi	
05 Turbocharger hızı TC3180	
06 Merkezi İşlem Ünitesi (CPU) denetimi	
07 Ön ısıtma işlemi (TC6180)	
08 Jeneratör ara kilitlemelerinin kapatılması	
09 KMA seçici anahtarı kapalı/reset	
10 Jeneratör kesicisi serbest/ 44.1	
11 Jeneratör kapatma komutu	
12 Jeneratör Grubu (Genset) uygun	
13	
14 Ortak alarm W	
15 Ortak alarm S	
16 Lamba testi	
17 Santral fanı aktif	
18 Kuplajlı kesiciler açık	
19 Yedek	
20	
21 Ortak arıza lambası	
22 Ortak arıza flaşörü	
23 Topraklama anahtarı serbest	
24 Panel fanı aktif	
25 Jeneratör uyarımı aktif	
26	
27	
28	
29 LCD ekran kapalı	
30 PC-Reset	

Santral binası içinde her bir motor için birer tane bulunan motor yardımcı ekipman paneline (EA1- Engine Auxiliaries) ait dijital giriş (DI)-dijital çıkış (DO) sinyalleri aşağıda gösterilmiştir. Bu panel, santral binası içerisinde, motorların yanında bulunur.

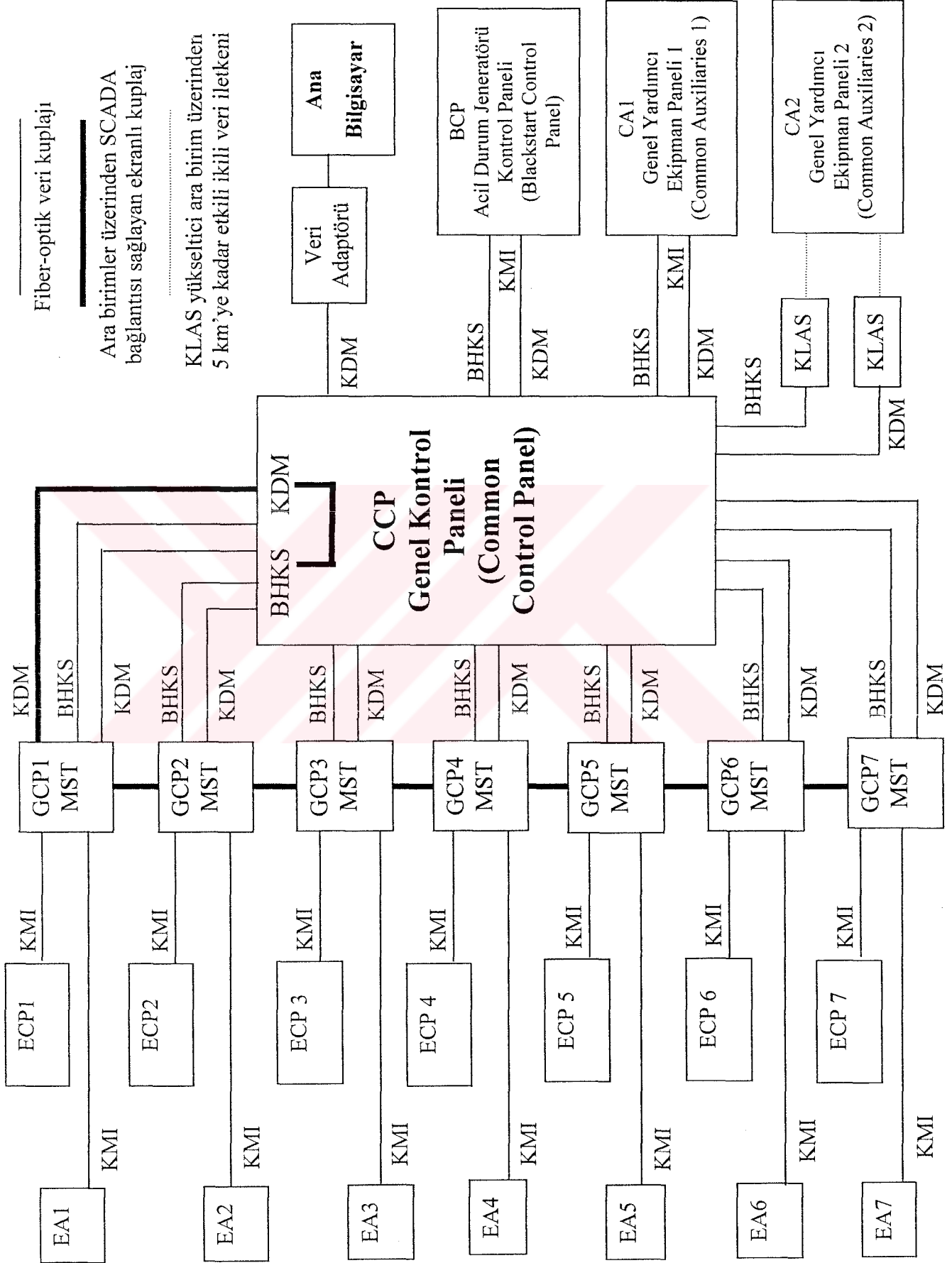
D11		D12	
01	Bara gerilimi	01	
02		02	
03		03	
04	P001 yağlama yağı pompası seçici anahtarı aktif	04	HT soğutma suyu pompası P002 seçici anahtarı aktif
05		05	
06		06	
07	P001 yağlama yağı pompası arıza	07	HT soğutma suyu pompası P002 arıza
08	P001 yağlama yağı pompası aktif	08	HT soğutma suyu pompası P002 aktif
09		09	HFO besleme pompası DO3 seçici anahtarı otomatik
10		10	HFO besleme pompası DO3 seçici anahtarı aktif
11	Sızıntı yağı tank seviyesi yüksek 2LSH 1T006	11	HFO besleme pompası DO4 seçici anahtarı otomatik
12	Sızıntı yağı tank seviyesi düşük 2LSL1T006	12	HFO besleme pompası DO4 seçici anahtarı aktif
13	HFO akaç pompası 1P010 aktif	13	Yağ banyosu döner filtresindeki diferansiyel basınç
14	HFO akaç pompası 1P010 pasif	14	Hava giriş filtresi diferansiyel basınç yüksek
15	Yağlama yağı tank seviyesi yüksek 2LSH 2T006	15	Yağ banyosu döner filtresi fideri açtı
16	Yağlama yağı tank seviyesi düşük 2LSL2T006 /44.7	16	HFO besleme pompası DO3-uzaktan kontrol
17	Yağlama yağı akaç pompası 2P010 aktif	17	HFO besleme pompası DO3-çalışıyor
18	Yağlama yağı akaç pompası 2P010 pasif	18	HFO besleme pompası DO4-uzaktan kontrol
19		19	HFO besleme pompası DO4-çalışıyor
20	HFO modülü kesicisi açtı 14ESA .MOD008	20	+EA yardımcı ekipman paneli sigortası açtı
21	HFO modülü besleme pompası aktif 15ESA MOD008	21	+EA paneli kontrol kesicisi açtı
22	HFO modülü dizel ile çalışmada 2GOS EQ1	22	Kesici girişi baraş pasif
23	HFO modülü HFO ile çalışmada 1GOS E001	23	
24	HFO modülü genel arıza 13ESA MOD008	24	Yükleme havası genişleme tankı seviyesi düşük
25	HFO/DFO (dizel) seçici anahtarı uzak konumunda	25	HT soğutma suyu genişleme tankı seviyesi düşük
26	HFO modülü servise hazır 12ESA MOD008	26	1PDSH FIL001 yağlama yağı filtresi diferansiyel basınç
27		27	2PDSH FIL001 yağlama yağı filtresi diferansiyel basınç
28	LS HFO valfi V50 bypass konumunda 2GOS E50	28	
29	LS HFO valfi V50 temizleme konumunda 1GOS E50	29	
30	HFO modülü fideri açtı	30	

01 Yağlama yağı ayrıştırıcısı seçici anahtarı (SA) otomatik DI3	
02 Yağlama yağı ayrıştırıcısı seçici anahtarı (SA) aktif	
03 Yedek	
04 Yağlama yağı ayrıştırıcısı genel arıza	
05 Yağlama yağı ayrıştırıcısı fideri açtı	
06	
07	
08 Yedek	
09	
10 Ağız (nozzle) soğutma suyu modüllü SA aktif	
11 Ağız soğutma suyu modüllü çalışıyor	
12 Ağız soğutma suyu modüllü genel arıza	
13 Ağız soğutma suyu modüllü fideri açtı	
14 Ağız soğutma suyu modüllü uzak konumda	
15 Ağız soğutma suyu modüllü akış anahtarı	
16 V2203 motor pozisyonu limit anahtarı	
17 V2203 T13 pozisyonu limit anahtarı	
18	
19	
20	
21	
22	
23	
24 LT soğutma suyu pompası P025 SA aktif	
25	
26	
27 LT soğutma suyu pompası P025 arıza	
28 LT soğutma suyu pompası P025 aktif	
29	
30	

01 Radyatör soğutma grubu 1 SA otomatik	DI4
02 Radyatör soğutma grubu 1 SA aktif	
03 Radyatör soğutma grubu 1 çalışıyor	
04 Radyatör soğutma grubu 1 açtı	
05 Radyatör soğutma grubu 1 ön sigortası açtı	
06 Radyatör soğutma grubu 2 SA otomatik	
07 Radyatör soğutma grubu 2 SA aktif	
08 Radyatör soğutma grubu 2 çalışıyor	
09 Radyatör soğutma grubu 2 açtı	
10 Radyatör soğutma grubu 2 ön sigortası açtı	
11 Radyatör soğutma grubu 3 SA otomatik	
12 Radyatör soğutma grubu 3 SA aktif	
13 Radyatör soğutma grubu 3 çalışıyor	
14 Radyatör soğutma grubu 3 açtı	
15 Radyatör soğutma grubu 3 ön sigortası açtı	
16 Buhar kazan egzoz gazı kapakçığı açık	
17 Buhar kazan egzoz gazı kapakçığı kapalı	
18 Egzoz gazı kapakçığı bypassı açık	
19 Egzoz gazı kapakçığı bypassı kapalı	
20 Buhar kazanı paneli çalışmaya hazır değil	
21 Buhar kazanı-motor serbest	
22 Buhar kazanı arıza alarmı	
23 Buhar kazanı arızadan durdu (n.k.)	
24 De-sox bypass egzoz gaz kapakçığı açık	
25 De-sox bypass egzoz gaz kapakçığı kapalı	
26 De-sox giriş egzoz gaz kapakçığı açık	
27 De-sox giriş egzoz gaz kapakçığı kapalı	
28	
29	
30	

	DOI
01	
02 Panel fanı aktif	
03 Yağlama yağı pompası P001 aktif /24.1	
04	
05 HT soğutma suyu pompası P002 aktif	
06	
07	
08 HFO besleme pompası DO3	
09 HFO uzaktan kontrol serbest	
10 HFO besleme pompası DO4	
11 Yağlama yağı ayrıştırıcısı serbest	
12 Ağız soğutma suyu modülü serbest	
13 LT soğutma suyu pompası P025 aktif	
14	
15 Yedek	
16	
17	
18 Radyatör soğutma grubu 1 aktif	
19 Radyatör soğutma grubu 2 aktif	
20 Radyatör soğutma grubu 3 aktif	
21	
22 Motor çalışıyor	
23 Motor başlatma komutu	
24 Motor çalışıyor	
25 Motor gücü 100%	
26 Motor arızası	
27	
28	
29	
30	

Ek 8. Paneller Arasındaki Veri İletim Siteminin Şematik Gösterimi



Ek 9. Analog Arayüz – (KANI-Kuhse Analog Interface)

ANALOG ARAYÜZ – (KANI-Kuhse Analog Interface)

jeneratör gücü
0-4-20 mA / -2500/0/+10000 kW

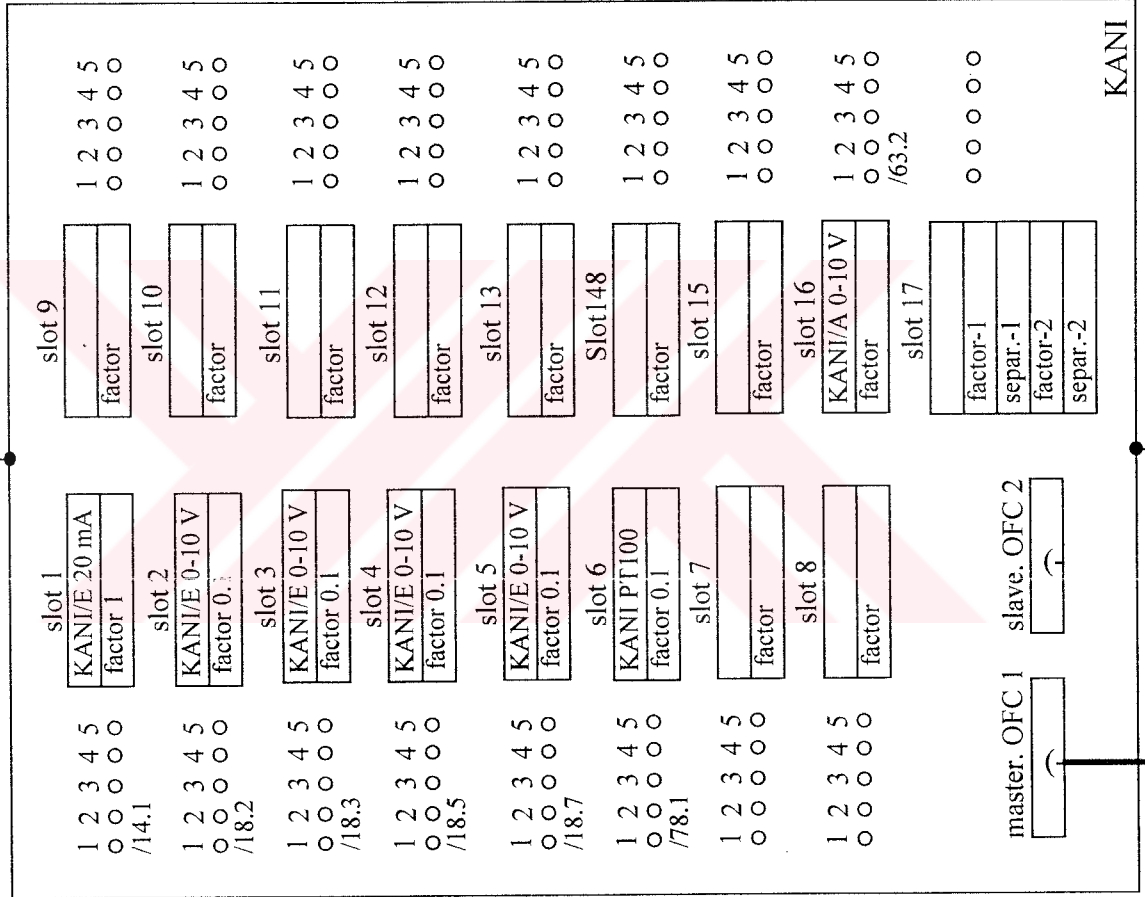
jeneratör gerilimi L1-L2
0-10 V / 0-120 V / 0-13.2 kV

bara gerilimi L1-L2
0-10 V / 0-120 V / 0-13.2 kV

bara gerilimi L2-L3
0-10 V / 0-120 V / 0-13.2 kV

bara gerilimi L3-L1
0-10 V / 0-120 V / 0-13.2 kV

panel sıcaklığı
PT 100

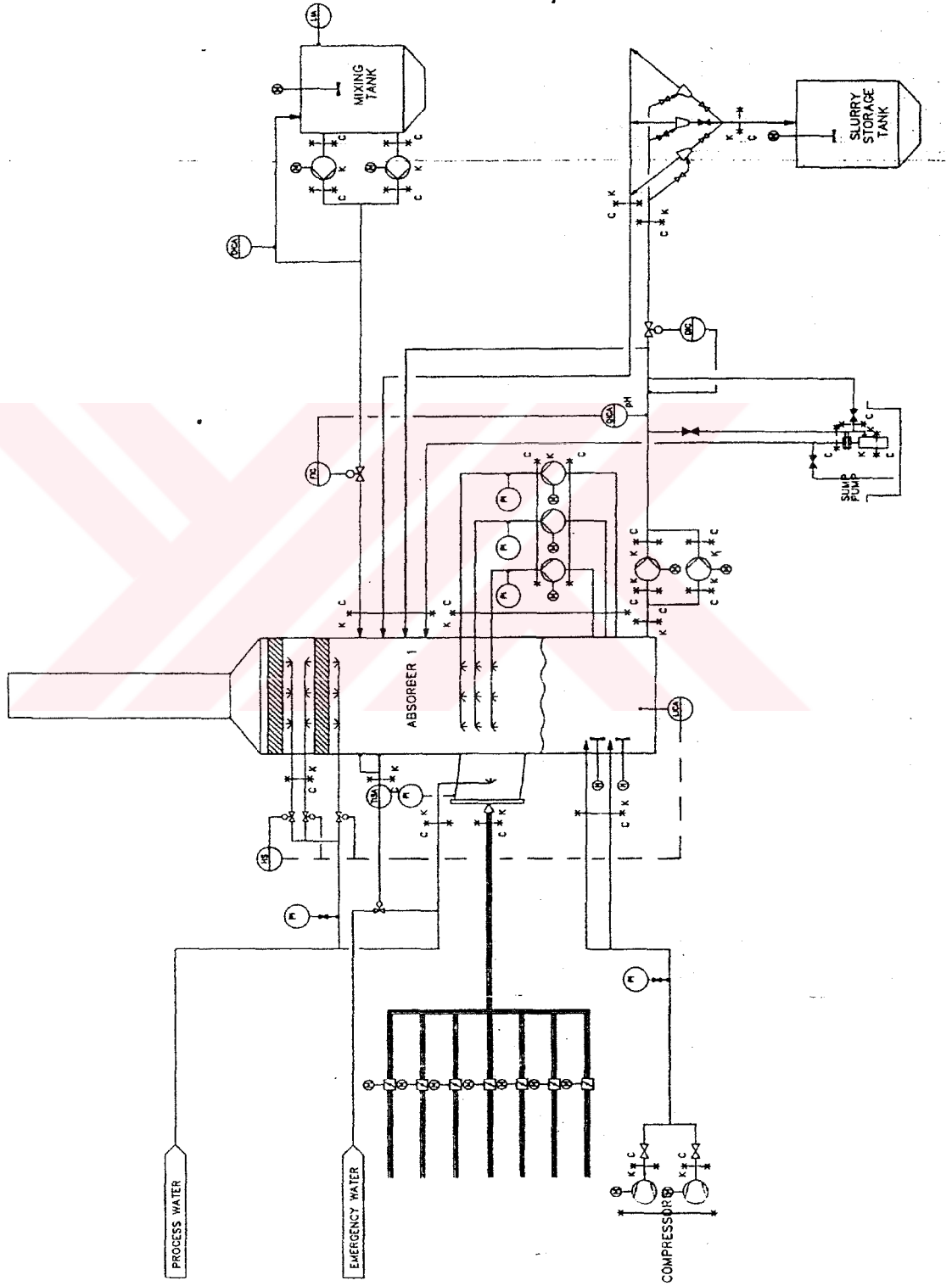


Yanda +GCP1 paneline ait KMA analog ara yüz (Analog Interface) gösterilmektedir. Sisteme ait tüm analog sinyaller her panelde bulunan şekildeki ara yüzlerle (KANI-Kuhse Analog Interface) ana kontrol ünitesine taşınmaktadır.

Analog çıkış 1PT 6180 2-10 V = 0-6 bar
Soğutucu sonrası yüklenme havası basıncı

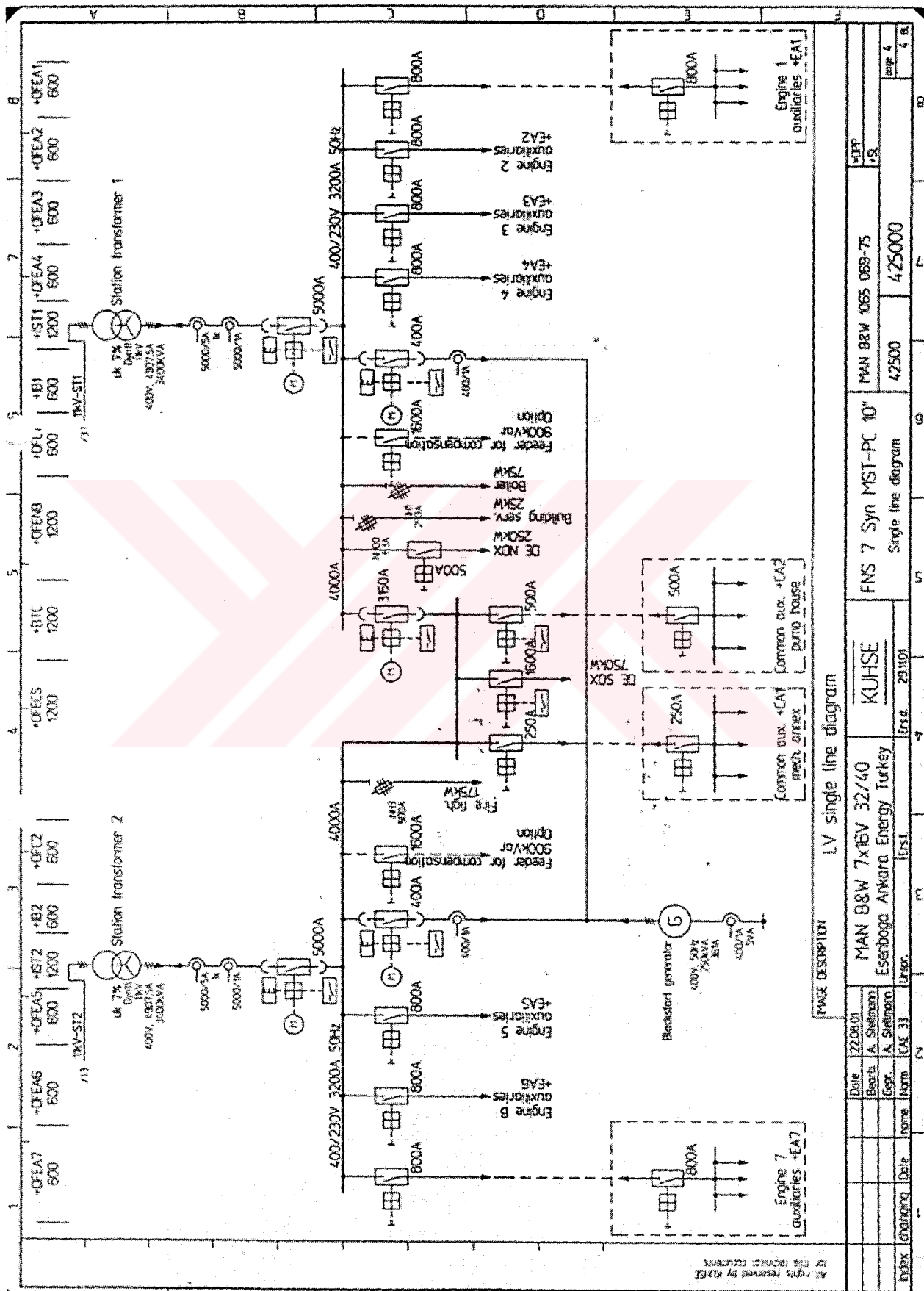
OFC-KANI-1
OFC (Fiber Optik İletken)

Ek 10. Baca Gazı Arıtma Sistemi



Egzoz gazının kükürt bileşiklerinden arındırma sistemi

Ek 11. 400 V- İç İhtiyaç Tek Hat Diyagramı



INDEX		DATE		NAME		JOB NO.	
NO.	REV.	DATE	BY	DATE	BY	NO.	REV.
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
30							
31							
32							
33							
34							
35							
36							
37							
38							
39							
40							
41							
42							
43							
44							
45							
46							
47							
48							
49							
50							
51							
52							
53							
54							
55							
56							
57							
58							
59							
60							
61							
62							
63							
64							
65							
66							
67							
68							
69							
70							
71							
72							
73							
74							
75							
76							
77							
78							
79							
80							
81							
82							
83							
84							
85							
86							
87							
88							
89							
90							
91							
92							
93							
94							
95							
96							
97							
98							
99							
100							