

**T.C.
BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ**

**ANKARAY SİNYAL SİSTEMİNİN MODİFİKASYONU
VE GENİŞLETİLMESİ ÜZERİNE BİR ÖNERİ**

Yüksek Lisans Tezi

AHMET FETTAHOĞLU

İSTANBUL, 2014

**T.C.
BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KENTSEL SİSTEMLER VE ULAŞTIRMA YÖNETİMİ**

**ANKARAY SİNYAL SİSTEMİNİN
MODİFİKASYONU VE GENİŞLETMESİ ÜZERİNE
BİR ÖNERİ**

Yüksek Lisans Tezi

AHMET FETTAHOĞLU

Tez Danışmanı: PROF. DR. AHMET AKBAŞ

İSTANBUL, 2014

T.C.
BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KENTSEL SİSTEMLER VE ULAŞTIRMA YÖNETİMİ

Tezin Adı: Ankaray Sinyal Sisteminin Modifikasyonu Ve Geniştirilmesi Üzerine Bir Öneri.

Öğrencinin Adı Soyadı :Ahmet FETTAHOĞLU
Tez Savunma Tarihi :11.04.2014

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak gerekli şartları yerine getirmiş olduğu Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından onaylanmıştır.

Doç. Dr. F.Tunç BOZBURA
Enstitü Müdürü

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak gerekli şartları yerine getirmiş olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Mustafa ILICALI
Program Koordinatörü

Bu Tez tarafımızca okunmuş, nitelik ve içerik açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak yeterli görülmüş ve kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Ahmet AKBAŞ
Prof. Dr. Mustafa ILICALI
Prof. Dr. Tuncer TOPRAK

ÖNSÖZ

Tezimin her aşamasında bana yol gösteren ayrıca ulaşım sistemlerini bütünsel bir yaklaşımla değerlendirme perspektifini kazandıran saygıdeğer danışman hocam Prof. Dr. Ahmet AKBAŞ'a, program koordinatörümüz Prof. Dr. Mustafa ILICALI ve Yrd. Doç. Dr. Nilgün CAMKESEN'e teşekkürlerimi arz ederim.

İstanbul, 2014

Ahmet FETTAHOĞLU
Elektrik Elektronik Mühendisi

ÖZET

ANKARAY SİNYAL SİSTEMİNİN MODİFİKASYONU VE GENİŞLETİLMESİ ÜZERİNE BİR ÖNERİ

Ahmet FETTAHOĞLU

Tez Danışmanı: Prof.Dr. Ahmet AKBAŞ

Mart 2014, 69 Sayfa

Kent merkezlerindeki hızlı nüfus artışıyla birlikte ulaşım sorunları da artmıştır. Artan ulaşım ihtiyacının eldeki ekonomik kaynaklarla etkin ve hızlı bir şekilde karşılamak için toplu taşıma kaçınılmaz olmuştur. Raylı sistemler ise; çevreci, hızlı, güvenli ve yüksek taşıma kapasitesi ile ulaşımda önemli bir yere sahiptir. Raylı sistem işletmelerine bu yeteneklerin birçoğunu sinyalizasyon sistemi sağlamaktadır. Sinyalizasyon sistemleri ise teknolojik gelişmeler ve işletme tecrübelerine paralel olarak bir gelişim süreci yaşamıştır. Özellikle artan yolcu yükü ile birlikte daha sık tren servisine ihtiyaç duyulmuştur. Tren trafiğinde oluşan bu yoğunluğu kontrol etmek için hem hat boyu ekipmanlarından hem de trenlerden sürekli olarak hat meşguliyeti, hız, konum gibi bilgilerin toplanıp çeşitli merkezi birimlerce değerlendirilerek oluşan trafiğin yönetilmesi gerekmiştir.

Bu tez çalışmasında, Ankaray Hafif Raylı Toplu Taşıma İşletmesi'nin kullanmış olduğu MIS 801 (Modüler Interlocking System 801) sinyal sisteminin bileşenleri ve çalışma prensipleri incelenerek hattın genişletilmesi sürecinde gerekli olan sinyal sistemi değişiklikleri belirlenmiştir. Buna göre mevcut sinyal sisteminin modifikasyonunun nasıl yapılması gerektiğine ilişkin analizler yapılarak bir modifikasyon yöntemi önerilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Anlaşman, CBTC, Hat Devreleri

ABSTRACT

ANKARAY SIGNAL SYSTEM MODIFICATION AND EXTENSION ON A SUGGESTION

Ahmet FETTAHOĞLU

March 2014, 69 Pages

Rapid population growth in city centers has also increased transportation problems. Public transport becomes an inevitable necessity to meet increasing transportation needs effectively and quickly with economic recourses. Rail systems has a significant place in transportation with environment-friendly, fast, safe and high carrying capacity. Many of these capabilities in the rail system is provided by signaling system. Signaling systems have experienced a development process parallel with the technological changes and business experience. Especially with the increased number of passangers more frequent train service was needed. To control the traffic that accurs in the railways, management of line busyness, speed and location informations was collected not only from trains but also from tools located in the lines and assesed by various central departments.

In this thesis , MIS 801, (Modular Interlocking System 801) which is used by Ankaray Light Rail Transit Enterprise, signal components of the system and working principle are examined and in the process of line broadening the signal system changes are determined. Accordingly, modification of existing signaling systems analyzed as to how it should be done by making a modification method is proposed.

Keywords: Interlocking, CBTC, Track Circuit

İÇİNDEKİLER

ŞEKİLLER	viii
KISALTMALAR	x
1.GİRİŞ	1
1.1 ÇALIŞMANIN AMAÇ VE KAPSAMI	2
1.2 LİTERATÜR TARAMASI	3
1.2.1 Sinyalizasyon Sistemlerinde Emniyet Bütünlüğü	4
1.2.2 Kontrol Merkezi.....	5
1.2.3 Saha Ekipmanları	5
1.2.4 PLC Tanımı	6
1.2.5 PLC’li Kumanda İle Röleli Kumanda Arasındaki Farklar.....	6
1.2.6 PLC Seçim Esasları	7
2.ANKARAY SİNYALİZASYON SİSTEMİ	8
2.1 SİNYALİZASYON SİSTEMİNİN TEMEL ÜNİTELERİ.....	8
2.1.1 Anlaşman Sistemi	8
2. 1. 2 Bağlantı Hatlarının (Spoorların) Fonksiyonları	17
2. 1. 3 Ring Bağlantı Şeması.....	17
2. 1. 5 FÜ-DÜ Hatları.....	21
2.2 SİNYAL DEVRELERİ	23
2. 2. 1 Sinyal Devresinin Fonksiyonları.....	23
2. 2. 2 Sinyal Lamba Devrelerinin Fonksiyonu	23
2. 3 MAKASLAR.....	24
2.3.1 Uzaktan Kumandalı Makaslar	24
2.3.2 Yerinden Elle Kumandalı Makaslar	24
2. 3. 3 Bir Makasın Çalıştırılabilmesi İçin Gerekli Şartlar	25
2. 4 OTOMATİK TREN KORUMA (ATP).....	25
2.4.1 Otomatik Tren Koruma Ünitesi	28
2. 5 MANYETİK TREN KONTROL (MTC).....	28
3.HAT DEVRELERİ	30

3.1 GİRİŞ.....	30
3. 2 SES FREKANSLI HAT DEVRELERİ (FTGS).....	30
4. YENİ NESİL SİNYALİZASYON SİSTEMLERİ	36
4.1 CBTC SİSTEM BİLEŞENLERİ.....	36
4.2 RCBTC HATTAKİ YOL TARAFI EKİPMANLARI.....	37
4.2.1 Tag'lar.....	37
4.3.2 Hareket Yetkisi Limiti (MAL).....	42
4.4 EMNİYETLİ FRENLEME MODELİ	45
4.5 CBTC TREN İZLEME	49
4.5.1 Hat Veri Tabanı Yönetimi	50
4.5.2 Demiryolu Ağının Tanımlanması.....	50
4.5.3 Bilgisayar Anlaşman Sisteminin Ana Karakteristikleri	55
5.ANKARAY SİNYALİZASYON SİSTEMİNİN MODİFİKASYONU VE GENİŞLETİLMESİ.....	57
5.1 GİRİŞ.....	57
5.2 ÇÖZÜM MİMARİSİ	60
5.3 MODİFİKASYON ADIMLARI	61
5.3.1 Yenilenen Sürekli Tren Kontrolü (LZB 703).....	62
5.3.2 Yenilenme Sürecinde Hat Devreleri (FTGS)	63
5.3.3 Röle Ünitelerinin PLC'lere Dönüşümü	65
6. SONUÇ.....	69
KAYNAKÇA	70

ŞEKİLLER

Şekil 2. 1 Anlaşman Sistemi Blok Diyagramı	10
Şekil 2. 2 Raylı Bir Sistemde Temel Bir Hat Parçası	10
Şekil 2. 3 Röle Gruplarının Fonksiyonel Seviyeleri	12
Şekil 2. 4 MIS 801'deki A Ünitesinin Temel Fonksiyonları	13
Şekil 2. 5 ZR Sinyal Ünitesinin Temel Fonksiyonları	14
Şekil 2. 6 WF Makas Kontrol Ünitesinin Temel Fonksiyonları	15
Şekil 2. 7 SWH Ana Sinyal Ünitesinin Temel Fonksiyonları.....	16
Şekil 2. 8 Tipik Bir Ring Bağlantı Şeması.....	18
Şekil 2. 9 Ring Bağlantı Şemasında Seyir Hattı Oluşumu	19
Şekil 2. 10 Seyir Hattı Oluşumunda Kayma Mesafesinin Devreye Girmesi	20
Şekil 2. 11 Tren Rota Fonksiyon Sırasının Kurulması (FA Hattı).....	21
Şekil 2. 12 FÜ-DÜ Hatlarının Oluşumu	22
Şekil 2. 13 ATP Tren Üstü Ekipmanının Genel Fonksiyonu.....	27
Şekil 2. 14 ATP Antenlerinin Görünümü	27
Şekil 3. 1 FTGS Standart Konfigürasyonu	31
Şekil 3. 2 Temel Bir Hat Bölümündeki S Bağları.....	32
Şekil 3. 3 FTGS Hat Devresine Uygulanan Gerilimlerin Durumu	34
Şekil 3. 4 FTGS Hat Devresinden Röle Odasına Gelen Gerilimin İşlevleri.....	34
Şekil 3. 5 FTGS Blok Diyagramı	35
Şekil 4. 1 Temel Alt Sistemler Arasındaki Genel Etkileşimler	36
Şekil 4. 2 Sistem Genel Görüntüsü	37
Şekil 4. 3 Tag'lar.....	38
Şekil 4. 4 Tag Montajı.....	38
Şekil 4. 5 Hareketli Hedef Prensibi.....	40
Şekil 4. 6 Emniyetli Tren Mesafesi.....	41
Şekil 4. 7 Yenilenen "MAL"	42
Şekil 4. 8 MAL Bileşenleri	43
Şekil 4. 9 MAL Elemanlarının Sınıflandırılması	44
Şekil 4. 10 Tipik Güvenli Frenleme Mesafesi Modeli.....	47
Şekil 4. 11 Pozisyon Belirsizliği	49

Şekil 4. 12 Segment Tanımı	51
Şekil 4. 13 Segmentlerin Zincirlemesi	52
Şekil 4. 14 Hat Kesimi Mantık Haritası	53
Şekil 4. 15 Hat Veri Tabanı Yönetimi	55
Şekil 5. 1 Ankara Raylı Sistem Haritası.....	57
Şekil 5. 2 MIS 801 Anlaşman Sistemi Blok Diyagramı	58
Şekil 5. 3 Sinyalizasyon Röle Üniteleri	59
Şekil 5. 4 Yeni Yedekli LZB	63
Şekil 5. 5 Telegram Akışı	63
Şekil 5. 6 Modifikasyon Sonrası Telegram Akışı	64
Şekil 5. 7 Röle Üniteleri Ring Yapısı	65
Şekil 5. 8 Rota Kurulumu (Seyir Hattı Oluşumu).....	66
Şekil 5. 9 Rota Kurulumunda Kayma Mesafesinin Devreye Girmesi	67
Şekil 5. 10 Yeni PLC Tabanlı Anlaşman Sistemi	68

KISALTMALAR

ATP	: Otomatik Tren Koruma
ATC	: Otomatik Tren Kontrol
ATO	: Otomatik Tren Çalıştırma
CBI	: Bilgisayar Tabanlı Ankleşman
CBTC	: İletişim Tabanlı Tren Kontrolü
CTC	: Merkezi Trafik Kontrolü
DB	: Veri Tabanı
DCS	: Data İletişim Sistemi
DMI	: Sürücü Makine Arayüzü
EB	: Acil Durum Freni
EN	: Avrupa Normları
FrontAM	: Bakım Sunucusu
FTGS	: Ses Frekanslı Hat Devreleri
MAL	: Hareket Yetki Limiti
MIS 801	: Modüler Ankleşman Sistemi
MTC	: Manyetik Tren Koruma
LZB 703	: Sürekli Tren Kontrolü
P/B	: Tahrik ve Frenleme Sistemi
PLC	: Programmable Logic Controller
NV	: Kritik Olmayan
RCBTC	: Radyo İletişim Tabanlı Tren Kontrolü
SB	: Servis Freni
SBD	: Servis Fren Mesafesi
TC	: Ray Devresi
ZC	: Zone Kontrolörü

1.GİRİŞ

Günümüz itibariyle Başkent Ankara'nın nüfusu 5 milyonu aşmıştır. Buna bağlı olarak, şehirde hızlı, konforlu, güvenli ve çevreci bir taşımacılık için artan bir talep vardır. Doksanlı yıllarda Ankaray Hafif Raylı Toplu Taşım İşletmesi bu talepleri karşılamak için ilk aşamada Ankara'nın batısında bulunan Söğütözü'ndeki şehirlerarası otobüs terminalini Kızılay üzerinden, doğudaki Dikimevine bağlamıştır. Şuan ki taşıma kapasitesi tek yönde ve saatte 3 dakikalık dizi aralığı (Headway) ile 16 000 yolcudur. Ankaray daha fazla araç ve 2 dakikalık dizi aralığı ile taşıma kapasitesini tek yönde ve saatte 25 000 yolcuya yükseltebilecek yapıdadır.

Yolculuk taleplerindeki bu artışları karşılamak için yıllar içinde raylı sistemlere yeni metro hatları ilave edilmiştir. 1997 yılında M1 metro hattının ilavesi ile Ankaray yolcu yükünde büyük artışlar olmuştur. Yakın zamanda metro hatlarına ilave edilen M2 ve M3 hatları ile artış devam etmiştir. Özellikle M2 metro hattı Söğütözü'nün batısındaki yerleşim alanlarından doğan yolculuk taleplerini, şehrin doğusuna taşınması için Ankaray İşletmesi'ne yolcu transferi kaçınılmazdır. M2 hattı ile Ankaray arasındaki bu transferi gerçekleştirmek için Söğütözü istasyonu inşa edilmiştir.

Yapılan bağlantı sonucunda Ankaray İşletmesi birçok problemle karşılaşmıştır. 1996 dan beri hizmet vermekte olan sistemlerin büyük bir kısmı günümüzde üretilmemekte ve üretici desteği bulunmamaktadır. İşletmenin sahip olduğu teknoloji modern teknolojinin çok gerisinde kalmıştır. Günümüzde analog yapılar yerlerini sayısal tabanlı sistemlere bırakmıştır. Sistemlere yeni ilaveler yapılamadığı için bütünlük arz eden yapıların yenilenmesi gerekmektedir. Ülkemizde bu tip sistemler yurt dışından ithal edilmektedir.

Yapılan bu çalışmanın konusu Ankaray Hafif Raylı Toplu Taşıım İşletmesine bir istasyon ilave edilememesiyle ortaya çıkan sinyal sistemi değişikliği olmuştur. Bu vesileyle sinyal sisteminde kullanılan eski teknolojinin genişletilmeye elverişli olmadığı belirlenerek, bunun yerine alternatif bir teknoloji önerisi yapılmış, bu öneri ile beraber genişleme sürecinde ortaya çıkan sorunların çözülebileceği gösterilmiştir.

1.1 ÇALIŞMANIN AMAÇ VE KAPSAMI

Bu tez çalışmasının temel amacı, Ankaray Hafif Raylı Toplu Taşıım İşletmesi'nin sahip olduğu sinyalizasyon sisteminin sürdürülebilir bir altyapıya kavuşturulması ve genişletilme kapsamında karşılaşılmış olduğu probleme çözüm önerisi sunmaktır.

Yapılan çalışma, ülkemizde gelişmekte olan Raylı Sistem İşletmelerinin bakım ve onarım faaliyetlerinin yanı sıra, sistem bileşenlerinin yerli ar-ge gücü ile geliştirme ve üretmenin ne kadar önemli olduğu fikrine dayalı olarak yapılmış bir deneme çalışması olması itibarıyla anlamlıdır.

Çalışma kapsamında giriş bölümünde Ankaray Hafif Raylı Toplu Taşıım İşletmesi'nin sistem özellikleri ve yolcu kapasitesi hakkında genel bilgiler sunulmuştur. Ankara'nın raylı sistem ağının büyümesi ile ortaya çıkan yolculuk taleplerindeki değişim tanımlanmıştır. Yolculuk talebinin karşılanması için Metro Hattı ile Hafif Raylı Sistem'in birlikte ele alındığı anlatılmıştır. Ankaray'ın sahip olduğu sinyalizasyon sisteminin zayıf yönleri belirtilmiştir.

Tezin ikinci bölümünde, MIS 801 Anlaşman sisteminin temel üniteleri ele alınarak çalışma prensipleri irdelenmiştir. Röle ünitelerinin mantıksal döngüleri nasıl karşıladığı ele alınmıştır. Elektromekanik röleli yapının fonksiyonel yapısının iyi bir şekilde analiz edilmesi problemin çözümü için önemli bir adım olmuştur. Rölelerin kontak bilgilerinin PLC'lere doğru aktarılabilmesi için mevcut yapı incelenmiştir.

Tezin üçüncü bölümünde, Hat Devreleri ile MIS 801 sistemi üzerinden sayısal bilgilerin hatta ulaştırılması hakkında bilgilere yer verilmiştir. Trenler ile hattın nasıl veri alış verişi yapıldığı belirtilmiştir. Hat devrelerinin modülasyon işlemi dışında yapmış olduğu konum tespiti işlevi açıklanmıştır.

Tezin dördüncü bölümünde, Yeni Nesil Sinyalizasyon Sisteminin çalışma prensipleri ele alınmıştır. Teknolojide yaşanan hızlı değişimin sinyalizasyon yaklaşımı üzerinde ki etkisi incelenmiştir. Hızla artan yolcu yükleri karşısında tren sefer aralıklarındaki talep artışları ile geliştirilen Hareketli Hedef Prensipleri incelenmiştir. Raylı sistemlerin yüksek yolcu kapasiteleri ile çalışabilmeleri için Hareketli Hedef Yaklaşımına geçmelerinin gerekliliği belirtilmiştir.

Tezin beşinci bölümü; Ankaray Hafif Raylı Toplu Taşım İşletmesi'nin karşılaştığı problemler açıklanmıştır. Problemin çözümü sürecinde maksimum altyapı kullanımı hedeflenmiştir. Bu kapsamda Hat Devrelerinin modifikasyon sonrası değiştirilmeden kullanılabilmesi belirtilmiştir. Ayrıca röle ünitelerinin işlevlerini kontak seviyesine indirgeyerek sistemin çalışması ele alınmış ve sistemin modifikasyonunu daha hızlı bir şekilde gerçekleştirilebileceği anlatılmıştır. Bunun için rota kurulumunu ve FA hattının durumunu içeren kontak şeması verilerek yapılan incelemelere yer verilmiştir.

1.2 LİTERATÜR TARAMASI

Demiryolu sistemlerinde tren hareketinin kontrolü sinyalizasyon sistemi tarafından yapılmaktadır.

Sinyalizasyon sistemi üç ana öğeden oluşur.

- i. Kumanda Merkezi
- ii. Anlaşman Sistemi
- iii. Saha Ekipmanları

Sinyalizasyon sisteminin temel fonksiyonlarını ve amacını;

- a. Trenler arasındaki kazaların önlenmesi
- b. Makasların yanlış tanzimi ve kilitlemesi sonucu oluşabilecek raydan çıkma ve kazaların önlenmesi
- c. Güzergah tanzimiyle çakışmayacak şekilde trenlere hareket etme yetkisi verilmesi

d. Hemzemin geçitlerin korunmasının sağlanması

olarak sıralayabiliriz.(Gündoğdu ,2008)

Sinyalizasyon sisteminden elde edilecek faydaları ise aşağıdaki şekilde özetleyebiliriz.

- i. İşletmecilik emniyeti artar.
- ii. Mevcut demiryolu kapasitesi artar.
- iii. Hattı işletmek kolaylaşır.
- iv. Zaman kazancı sağlanmış olur.
- v. Personel istifadesi sağlanır.
- vi. Tren / saat başına groston / km yükselir.

Amerika'nın Ohio eyaletinde Stanley – Berwick arasındaki 64.7 km'lik demiryolu hattına 1927 yılında sinyalizasyon sistemi kurulmasıyla trenlerin hızları %36 artmış, tren / saat başına groston-km %39, hattın kapasitesi %40 ise oranında artmıştır. Sistemin sağladığı tasarruf tesis masraflarının %65'i olmuştur. Verilerden de açıkça görüldüğü üzere demiryolu işletmeleri için sinyalizasyon sistemleri başta güvenlik ve verim olmak üzere pek çok konuda son derece önemlidir (Özdemir, 2000).

1.2.1 Sinyalizasyon Sistemlerinde Emniyet Bütünlüğü

Anklaşman Sisteminin en önemli görevi sinyalizasyon sisteminin emniyet bütünlüğünü sağlamak ve sistemi hatada güvenli olarak çalıştırmaktır. Sinyalizasyon sistemlerinde, hatada güvenli ve anklaşman kavramları vazgeçilmez bir unsur kabul edilerek, tasarlanacak sistemlerin hatada güvenli tasarım kistaslarına uygun olarak yapılması gerekmektedir (Söyler, 2008). Anklaşman sistemi, sinyalizasyon sisteminin mantık ve güvenlik işlevlerini yerine getirir. Anklaşman sistemi, her hareketi oluşturmak ve denetlemek suretiyle, trenlerin istasyon ve kontrol sahası boyunca güvenli hareketini sağlamak için kullanılır (Gündoğdu, 2008).

Ayrıntılı olarak Anklaşman Sisteminin işlevleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- i. Kumanda Merkezinden gelen komutların yönetimi
- ii. Güzergahların kontrol ve denetimi
- iii. Saha elemanlarının kontrol ve denetimi
- iv. Sinyalizasyon mantığının işletilmesi

- v. Periyodik olarak sahanın durumu hakkında Kumanda merkezine bilgi aktarımı

Anklaşman sistemi, bu işlevleri yerine getirirken saha ekipmanlarından aldığı bilgilere göre trenin bir ray bölgesine girmesine izin verip vermeyeceğine karar verir. Bir makas ya da ray bölgesine herhangi bir tren girdiğinde o tren bu makas veya ray bölgesini terk edene kadar bölge kilitlenir ve bölgede herhangi bir işlem yapılmasına izin verilmez. Temel olarak bu şekilde trenlerin karşılaşması ve çarpışması engellenmiş olur (Söyler, 2005).

Anklaşman sistemi, içinde merkezi işlem birimi barındıran PLC ve benzeri cihazlar geliştirilmeden önce röleler ile tasarlanmaktaydı. Röleli tasarımda meşgul olan bölgenin rölesi çeker ve söz konusu bölge ile ilgili başka komutlar işlenmezdi.(Söyler, 2005) Yeni sinyalizasyon sistemlerinde ise anklaşman sistemi yazılımsal (elektronik) tasarlanmaktadır.

Anklaşman sistemi donanımını ise hatada güvenli ve emniyet bütünlüğü seviyesi (Safety Integrity Level - SIL) 3 – 4 olan PLC ve giriş çıkış birimleri oluşturmaktadır.

1.2.2 Kontrol Merkezi

Kontrol Merkezi, dispeçer ile anklaşman sistemi arasındaki arayüzdür. Dispeçer, demiryolu trafiğini idare etmekle yükümlü operatördür. Dispeçer, güzergah tanzimi komutunu ve diğer komutlarını bu arayüzü kullanarak vermektedir. Sahadan alınan bilgiler ise yine bu arayüz ekranında gösterilerek dispeçerin sahanın o anki durumu hakkında bilgi sahibi olması sağlanmaktadır.

1.2.3 Saha Ekipmanları

Sinyalizasyon sistemi saha ekipmanları; ray devreleri, motorlu veya motorsuz makaslar, sinyaller ve hemzemin geçitlerden oluşmaktadır.

1.2.4 PLC Tanımı

Programlanabilir lojik denetleyici (Programmable Logic Controller, PLC) endüstriyel otomasyon sistemlerinin kumanda ve kontrol devrelerini gerçeklemeye uygun yapıda giriş-çıkış birimleri ve iletişim arabirimleri ile donatılmış, kontrol yapısına uygun bir sistem programı altında çalışan bir endüstriyel bilgisayardır (Kurtulan, 1999).

1.2.5 PLC'li Kumanda İle Röleli Kumanda Arasındaki Farklar

PLC'li kumanda ile röleli kumanda arasındaki farklar (Karabacak, 2005):

- a) Klasik kumanda sistemleri kontaktör, zaman rölesi, sayıcı, koruma röleleri ve çeşitli butonlardan meydana gelmektedir. PLC ile yapılan sistemlerde ise zaman rölesi ve sayıcı gibi elemanlar PLC'nin içinde mevcut olduğundan bu elemanlara gerek yoktur.
- b) Klasik kumanda sistemi ile yapılan bir devrede kullanılan kontaktör ve rölelerin kontak sayıları sınırlıdır. Dolayısı ile yeni yapılacak ilavelerde yeni kontaktörlere ihtiyaç vardır. PLC ile yapılan sistemde ise kontak sayıları sınırsızdır.
- c) Klasik kumanda sistemi ile yapılan bir sistemde yapılacak değişiklik ve ilavelerde: sistem yeniden sökülerek, montaj yapılacağından masraf ve değişiklikler programın değiştirilmesi ile gerçekleştirilebilir.
- d) Klasik kumanda sistemleri ile yapılan devreler karmaşık ve zordur. PLC ile yapılan devreler ise daha basit ve kolaydır. Klasik kumanda sistemleri ile yapılan devreler çok yer kaplamaktadır. PLC ile yapılan sistemler ise daha az yer kaplamaktadır. Dolayısı ile daha estetik görünmektedir.
- e) PLC ile yapılan sistemlerin kuruluş maliyetleri yüksek olmasına rağmen ilerde yapılacak ilaveler de büyük avantajlar sağlamaktadır.

1.2.6 PLC Seçim Esasları

Bir kumanda sistemi için PLC seçiminde göz önüne alınması gereken özellikler şu şekilde sıralanabilir (Aksoy, 2004). İki seviyeli kumanda işaretlerinin bağlandığı ayrık (lojik, dijital) giriş-çıkış noktası sayısı ve elektriksel özellikleri;

- a) Program ve veri belleği kapasitesi
- b) Komut işleme hızı
- c) Zamanlayıcı, sayıcı sayısı
- d) Gerçek-zaman saati
- e) Kesme işletim yeteneği
- f) İşletim olanakları program yedekleme olanağı
- g) Şifre koruması

PLC'nin geri beslemeli kontrol sistemlerinde kullanımı için ayrıca analog giriş-çıkış sayısı matematik işlem yeteneği ve komutların işleme hızları gibi özellikler aranır (Aksoy, 2004).

2.ANKARAY SİNYALİZASYON SİSTEMİ

2.1 SİNYALİZASYON SİSTEMİNİN TEMEL ÜNİTELERİ

Bu bölümde; Ankaray İşletmesinde kullanılan sinyalizasyon sistemlerinin temel ünitelerini inceleyeceğiz.

Pek çok ülkede; şehir içi toplu taşıma sistemleri, şehirlerarası taşımacılık sistemleri ile entegre olmuştur. Yani temelde; şehirlerarası veya şehir içi toplu taşıma sistemlerinde, benzer sinyal sistemleri kullanılmaktadır. Raylı sistem işletmesi için en önemli özellik; sinyalizasyon sistemleri ile ana hat boyunca taşıma anında yolcuların ve tesislerin emniyetini garanti altına almaktır. Bu işlemlerin tam manasıyla sağlanabilmesi için; anlaşılan sistemi MIS 801, Otomatik tren koruma (ATP) ve Manyetik tren kontrol (MTC) gibi temel üniteler kullanılmaktadır. Bu sistemler farklı isimler ile adlandırılabilirdiği gibi aynı isimlerle de kullanılabilir. (J.Schmitt, 1982)

Bir trenin hareketi için gerekli olan en temel öğeler şunlardır.

- a. Sinyalizasyon lambaları,
- b. Tren seyir hatları (raylar),
- c. Tren konum belirleyici sistemi (Balliseler, hat dolu/boş bildirim sistemi veya hat devreleri)
- d. Enerji,
- e. Tren koruma sistemleri (ATP,MTC vb.)
- f. Tren trafiğini kontrol eden kontrol merkezi

2.1.1 Anlaşılan Sistemi

Bu sistem sayesinde tren trafiğinin akışı kontrol edilmektedir. Sistem tüm hattı kapsamaktadır. Raylı sistem hattının güzergâhına göre bu kontrol alanları, birden fazla olabilmektedir. Çünkü bu durum sistemlerin etki alanı ile doğrudan irtibatlıdır. Bu ve buna benzer sistemlerde sinyallerin kaybolmadan gidebileceği bir uzaklık sınırı mutlaka

vardır. Mesafelere dikkat edilmediği takdirde bazı ekipmanların çalışmasında problemler çıkabilir. Sistemde amaç, tren sürücüsü hata yapsa bile tren seyrini güvence altına alabilmektir.

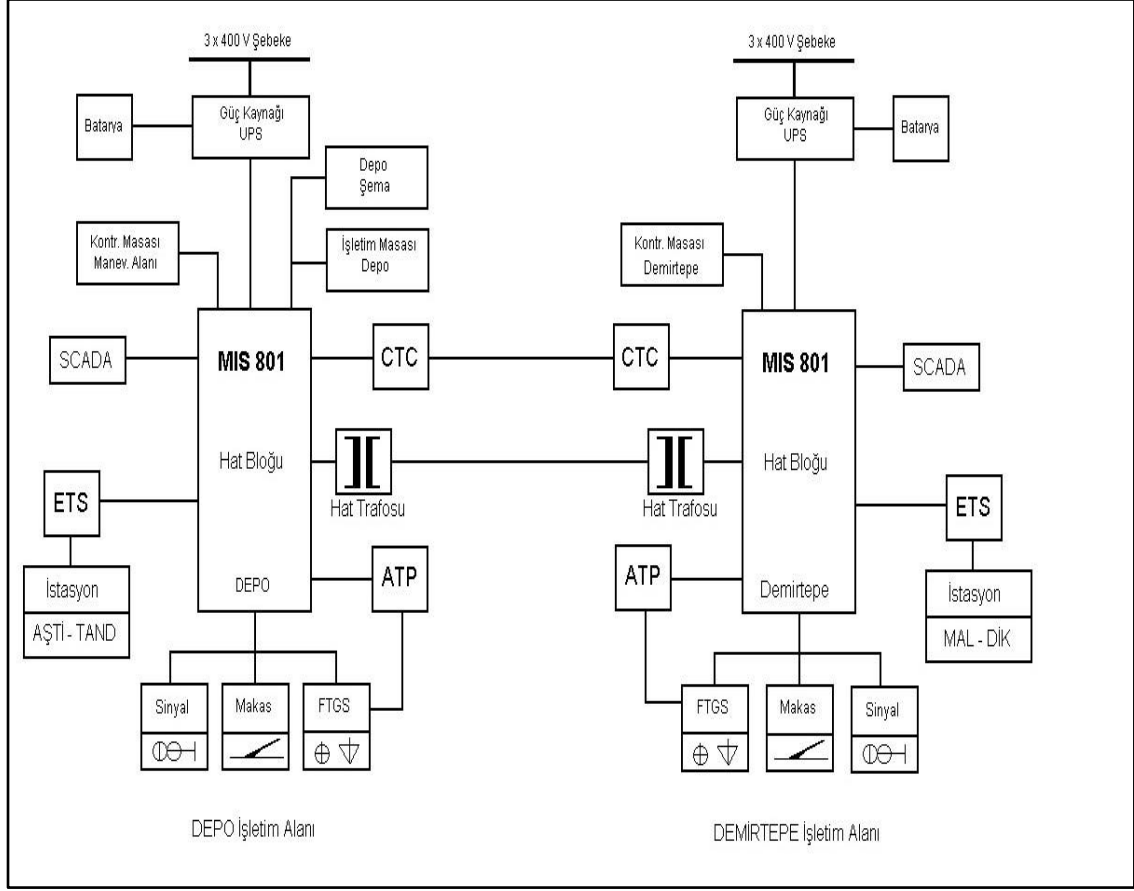
MIS 801'de kullanılan sistemler rölelerin farklı uygulama kombinasyonlarından oluşmaktadırlar. Sinyal sistemleri; kendilerine ait odalarda sınırlı sayıda teknik insanın girebileceği yerlerde kontrol merkezi ile koordineli olarak tren trafiğini idare etmektedirler.

MIS 801 sinyalizasyon sisteminin temelidir. Sistemle tüm tren hareketlerinin güvenli çalışması temin edilir. Yani iki trenin veya trenlerin güvenli gitmesini, hattın boş / dolu olduğunu, hattın arızalı veya kullanılabilir olduğunu, makas bölgelerinin tren geçişlerine uygun bir şekilde ayarlanabilmesini vb. hareketleri temin ve kontrol eder. Sistemde; Ana Kontrol Odası ile direkt irtibat sağlanarak, hat boyunca bulunan sinyal ekipmanları ile koordine sağlanmaktadır. Bu koordinasyon neticesinde kontrol merkezince manuel ya da otomatik olarak verilen komutları denetlenerek, tren hareketlerinin emniyetli bir şekilde sürdürülmesi temin edilmektedir. (J.Schmitt, 1982)

Kontrol merkezinde bulunan kumanda masası üzerinden hangi butonlara basılırsa, onlarla ilgili olan röle grupları devreye girer ve gerekli işlemler sistem tarafından sürdürülür. Eğer sahadaki sinyallerde bir arıza varsa, bu arıza röle odasına ve oradan da kontrol merkezine sistem ekipmanları tarafından bildirilerek, hem görsel, hem de akustik olarak kontrol merkezindeki operatörler uyarılır.

Daha önceki uygulamalarda pek çok röle grupları kullanıldığı için sistemler oldukça karmaşık olmaktadır. Sonraki yıllarda uygulamalara daha fazla elektronik sistem girdiği için, daha az sayıda röle grupları kullanılmış; daha avantajlı ve daha güvenli sistemler tasarlanmıştır. Şekil 2.1'de Ankaray raylı sistem işletmesi için tasarlanan sinyalizasyon sisteminin blok şeması verilmiştir.

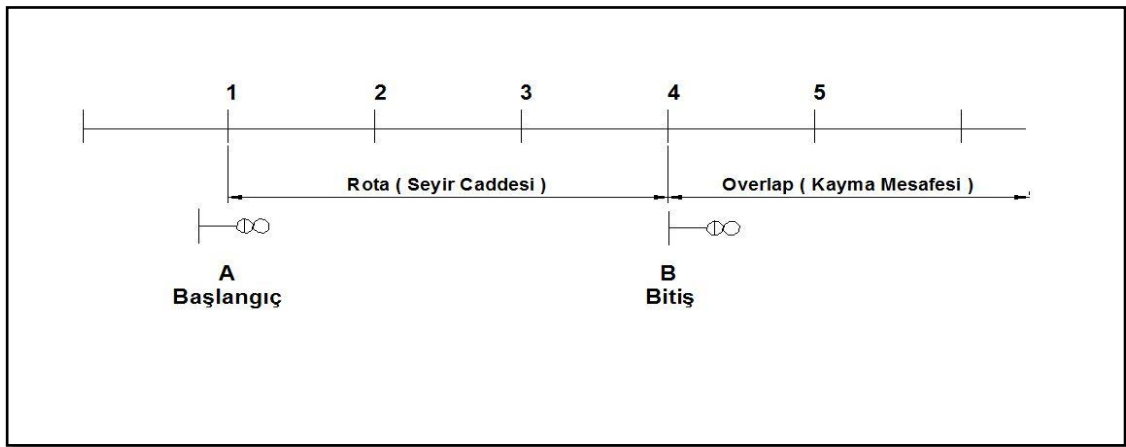
Şekil 2. 1 Anlaşman Sistemi Blok Diyagramı



Kaynak: Siemens MIS 801 Sistem Dokümantasyonu

Başlangıç ve bitiş noktası A ve B olan bir hat parçası ele alınarak sistem ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir. Şekil 2.2’de Raylı bir sistemde, temel bir hat parçası verilmiştir.

Şekil 2. 2Raylı Bir Sistemde Temel Bir Hat Parçası



Kaynak: Siemens MIS 801 Sistem Dokümantasyonu

Temel bir hat parçasında şu kontroller mutlaka yapılmaktadır.

- i. Seyir hattı (rota) ve fren mesafesi (overlap) kontrolü yapılır.
- ii. Hedef (bitiş) noktasındaki sinyal lambasının pozisyonunun doğruluğu kontrol edilir.
- iii. Eğer seyir hattı üzerinde makas varsa, makas pozisyonu kontrol edilir.
- iv. Makas bölgelerinde karşı yöndeki hattın durumu kontrol edilir.

Overlap (kayma mesafesi): Araç frenlediği veya durması gereken kırmızı sinyali kazara geçtiği zaman emniyetli olarak durması gereken mesafedir. Kısaca buna fren mesafesi de diyebiliriz.80 km/s hızda, boş olan 120 tonluk bir tren dizisinin(Ankaray araçları için) durma mesafesi yaklaşık olarak 150 metredir. Genel olarak sinyalizasyonda farklı röle grupları ile uygulamalar gerçekleştirilir. Sinyal grubu, ray grubu, seyir hattı grubu, makas grupları vb. Hat grupları denilince akla makas ve sinyal grupları gelir. Sistem kontrol merkezinde bulunan kumanda masası üzerindeki butonlar ile kontrol edilebilmektedir. Mesela; herhangi iki sinyal lambası noktalarındaki butonlara en fazla 1 sn. ara ile aynı anda basılırsa ve hat geçişi müsait ise seyir hattı kurulur.(J.Schmitt, 1982)

MIS 801 fonksiyonel olarak 4 temel röle ünitesine ayrılmıştır.

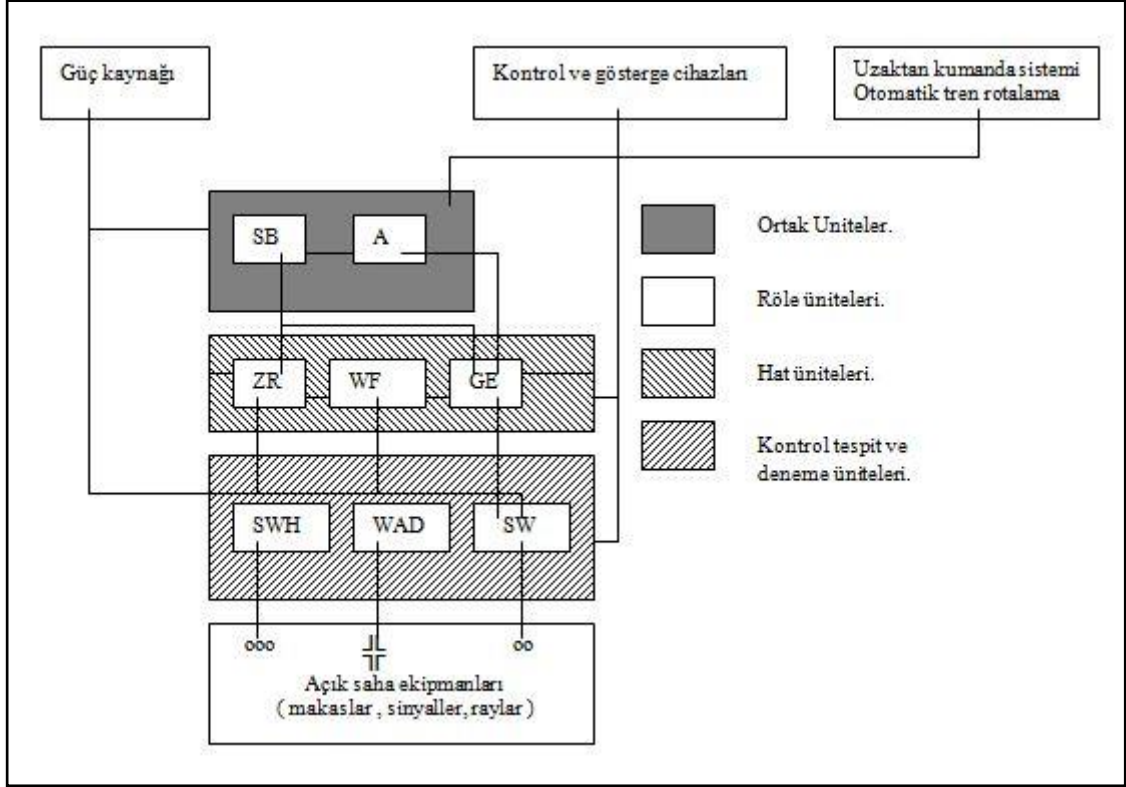
- a. Ortak üniteler.
- b. Hat (İstasyon) üniteleri.
- c. Hat blok üniteleri
- d. Kontrol, tespit ve deneme üniteleri

Ortak Üniteler: Başlatma ünitesi (A ünitesi), Otomatik röle çağırma ünitesi (SB) ve hat kablolarından oluşur.

A ünitesi: MIS 801 sisteminin kontrol ettiği her bölgede bir adet A ünitesi vardır. Bu ünite tren seyir hattında herhangi bir işlem yapılırken işin başından sonuna kadar kontrolü yapan birimdir. Yani A ünitesi bir nevi teyit ünitesidir. Bu üniteye bağlı olan röle gruplarında sistem işlevlerinin kontrolü yapılır. Bu kontroller; seyir hattı tanzim edilmesi, makas yönü kontrolü, sinyal lambalarının kontrolü gibi temel saha elemanları

ile kontrol merkezindeki kumanda masası butonları ve lambalarından ibarettir. Şekil 2.3'te röle gruplarının fonksiyonel seviyeleri blok halinde gösterilmiştir. (J.Schmitt, 1982)

Şekil 2. 3 Röle Gruplarının Fonksiyonel Seviyeleri



Kaynak: Siemens MIS 801 Sistem Dokümantasyonu

Mesela, kayma mesafesi içerisinde tren varsa, trenin bulunduğu bölge başlangıcındaki sinyal lambası kırmızı olur ve bu lamba ile şu kontroller sağlanır.

- Hattın boş olup olmadığı,
- Kayma (fren) mesafesinin güvenliği.

A ünitesi tüm sistem içerisinde en önemli gruptur. Kontrol merkezi ile A ünitesi arasında bir bağlantı vardır. Şekil 2.4'te A ünitesinin temel fonksiyonları verilmiştir.

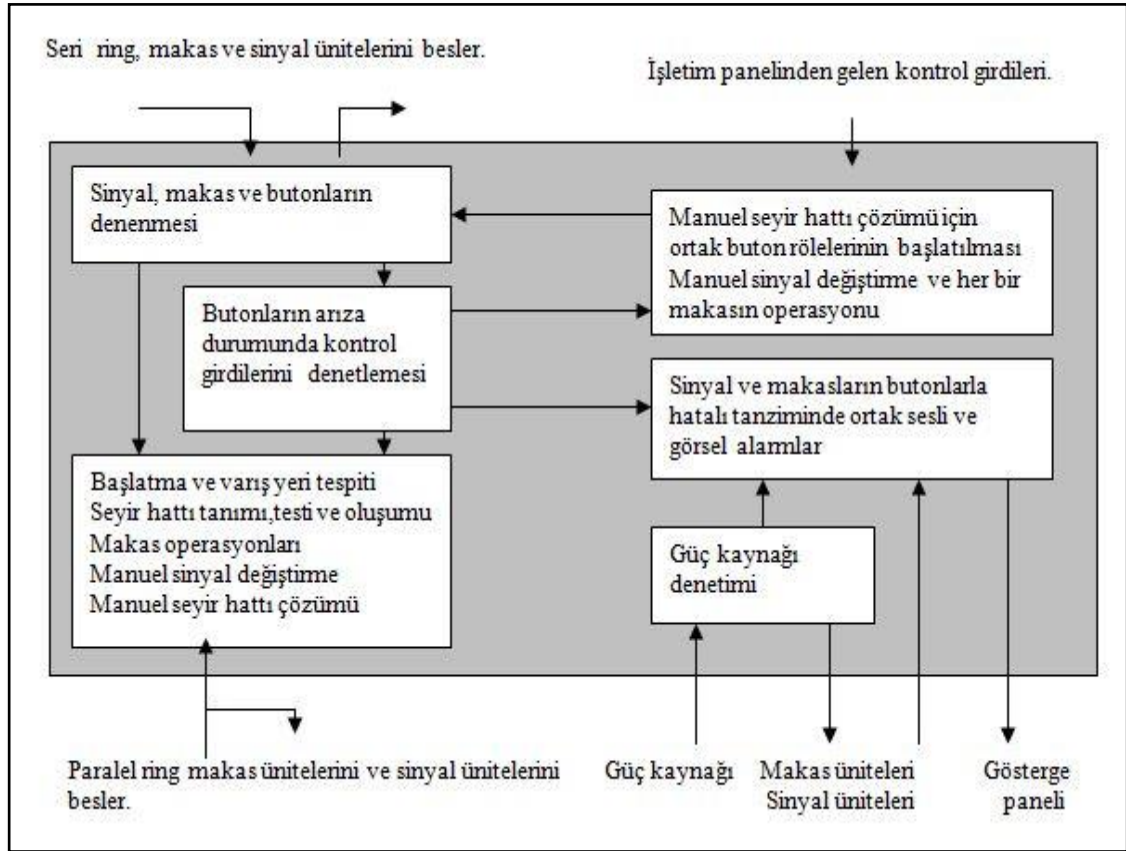
A ünitesi, hat ünitelerine 20 damarlı özel kablolarla bağlıdır. Bu kablolar bazı ünitelerde seri, bazı ünitelerde paralel bağlıdır. Paralel ring bağlantısı: Başlatma ünitesi kontrol sinyallerini, hat üniteleri ve kontrol ünitelerine gönderir. (J.Schmitt, 1982)

Seri ring bağlantısı: Ünitelerin devre dışı bırakılması ve bilgilerin merkezi işleme için kullanılacak olan başlatma ünitesine göndermek için kullanılır.

A ünitesi manuel müdahalelerde devreye giren ara birim olarak da görülebilir. A ünitesini kısaca özetlenirse;

- i. En önemli görevi, kontrol merkezindeki kumanda masası tuş takımları ile röle grupları arasındaki irtibatlardır.
- ii. Hat boyunca meydana gelen arızalar (A ünitesine bağlı olan, lamba, makas vb.) A ünitesine bildirilerek bir değerlendirme yapılır. Bu değerlendirmeler kontrol merkezindeki gösterge lambaları ile takip edilmektedir.
- iii. Seyir hattının kontrolü yapılır. Yani makasa yön vermek, seyir caddesi kurmak, bir işlemi iptal etmek gibi manuel müdahaleler gerçekleştirilir. (J.Schmitt, 1982)

Şekil 2. 4 MIS 801'deki A Ünitesinin Temel Fonksiyonları



Kaynak: Siemens MIS 801 Sistem Dokümantasyonu

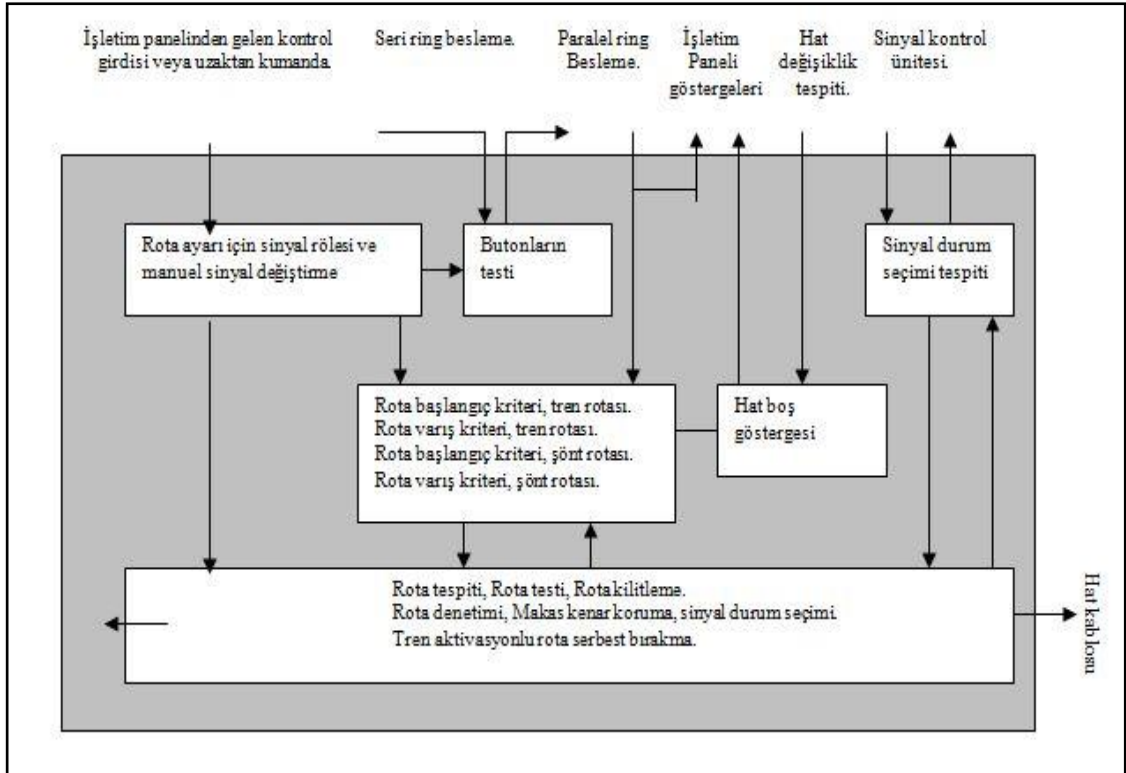
Otomatik rota çağırma ünitesi (SB) : Trenin seyir hattına yaklaşması üzerine önceden tanımlanmış bir rota oluşturmak için gerekli ekipmanları içerir.

Hat kabloları: 20 damarlı spoor kablolarıdır. Her bir spoor kablosu özel bir rota fonksiyonunu yerine getirir.

Hat Üniteleri (İstasyon Üniteleri):

- i. ZR Rota ünitesi; Seyir yolunun başlangıç veya bitiş yeri olarak sinyallerin kontrolünde kullanılır. (Şekil 2.5)
- ii. ZRE Ana rota ünitesi, ZRI İki yön için rota ünitesi, FL Kenar koruma ünitesi, DW Bindirme ünitesi, WF Makas ünitesi, GA Ray devresi ünitesini içermektedir. (J.Schmitt, 1982)

Şekil 2. 5 ZR Sinyal Ünitesinin Temel Fonksiyonları



Kaynak: Siemens MIS 801 Sistem Dokümantasyonu

Hat Blok Üniteleri:

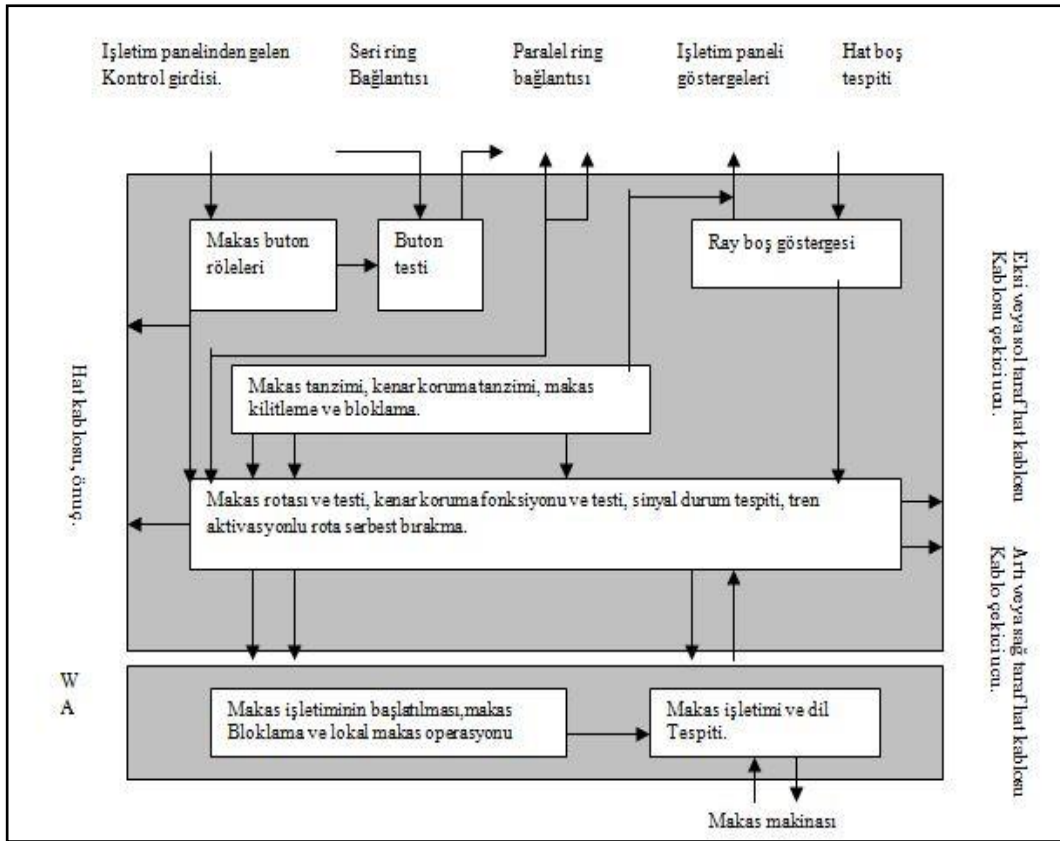
- i. STB Merkezi hat blok ünitesi; Ana rotalar için başlangıç veya varış ünitesidir. Hat bloğundaki ana sinyallerin kontrolü için bütün ekipmanları içerir. Bu röle grubu ile makas olmayan bölgelerde blok sinyallerinin tanzimi kontrol edilir.
- ii. STR yön hat bloğu ünitesi, STG Ray kontrol ünitesi, STUE Ara birim blok ünitesi içermektedir. (J.Schmitt, 1982)

Kontrol, Tespit ve Deneme Üniteleri:

Sahadaki ekipmanları kontrol etmek, denemek ve çalıştırmak için 20 damarlı sistem kabloları vasıtasıyla ekipmanlar birbirlerine bağlanmıştır. Rota üniteleri ile sinyaller ve makaslar arasında ara bağlantıyı sağlar.

- i. WAD Makas kontrol ünitesi; Makas makinalarının çalıştırılması ve denenmesi için gerekli komponentleri içerir.(Şekil 2.6)

Şekil 2. 6 WF Makas Kontrol Ünitesinin Temel Fonksiyonları



Kaynak: Siemens MIS 801 Sistem Dokümantasyonu

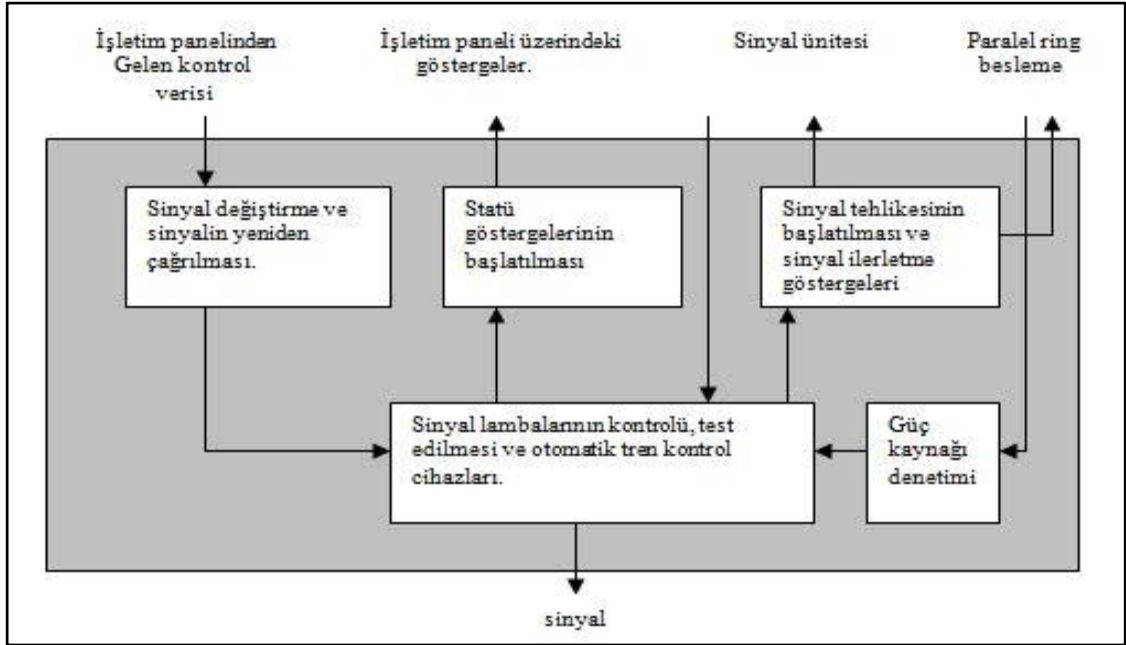
ii. SWH Ana sinyal kontrol ünitesi; sinyal lamba devrelerini kontrol eder. Gerektiğinde flaman çevirme işlemi yapar ve arıza durumunda her iki flamanı kontrol eder. (Şekil 2.7)

SWH2 Ek durum kontrol ünitesi; Flamanların kontrolünü yapmakla beraber çalışan sinyallerin durumlarını kontrol eder. Yardımcı röle üniteleri; Ana ünitelere ek olarak bütün fonksiyonlar ve tekrar röleleri ile ara birimler için, yardımcı üniteler kullanılır. Bu ünitelerde herhangi bir sistemi kontrol etme veya harekete geçirme yoktur. Yardımcı röle üniteleri şunlardır:

FRM Tek bobinli röleler: Bu ünite 20 damarlı serbest kablolanmış tek bobinli röle içerir. Kontaklarda serbest kablolanmıştır.

FRB Çift bobinli röleler: Bu ünite 10 adet serbest kablolanmış tek bobinli röle 10 adette serbest kablolanmış kilitleme rölesi içerir.

Şekil 2. 7 SWH Ana Sinyal Ünitesinin Temel Fonksiyonları



Kaynak: Siemens MIS 801 Sistem Dokümantasyonu

2. 1. 2 Bağlantı Hatlarının (Spoorların) Fonksiyonları

SPOOR: Seyir gruplarının birbirlerine 20 damarlı kablolar vasıtasıyla bağlanmalarından oluşan hatlardır. Her hattın birbirlerinden farklı fonksiyonları vardır. 20 damarlı kablolardaki her bir damarın fonksiyonları da ayrı ayrıdır.

FA HATTI: Bu hat vasıtasıyla başlangıç ve bitiş noktalarındaki seyir caddesinin hazır olup olmadığı anlaşılmış olur. Yani başlangıç ve hedef noktalarındaki butonlara basıldığı vakit hedefteki sinyalin pozisyonu, kayma mesafesinin kontrolü gibi kontroller yapılır. Bu kontrollerden sonra hat müsait ise A ünitesine teyit sinyali gider.

FP HATTI: Bu hat ile seyir caddesi üzerinde makas varsa; makas pozisyonunun kontrolü yapılır. Makas dilinin sağ veya sol pozisyon kontrollerinin yapıldığı hat FP hattıdır. Ayrıca komşu hattaki makas pozisyonu da kontrol altında tutulmaktadır.

FÜ HATTI: Bu hat ile seyir hattı sürekli kontrol altında tutulmaktadır.

DÜ HATTI: Bu hat, duruş noktasının arkasındaki kayma mesafesinin kontrolü yapılır.

ANM HATTI: Bu hat ile trenin bulunduğu yer gösterilir.

HA HATTI: Bu hat manuel olarak seyir yolunun çözülmesinde kullanılır.

DA HATTI: Bu hat çözücü hat olarak kullanılır.

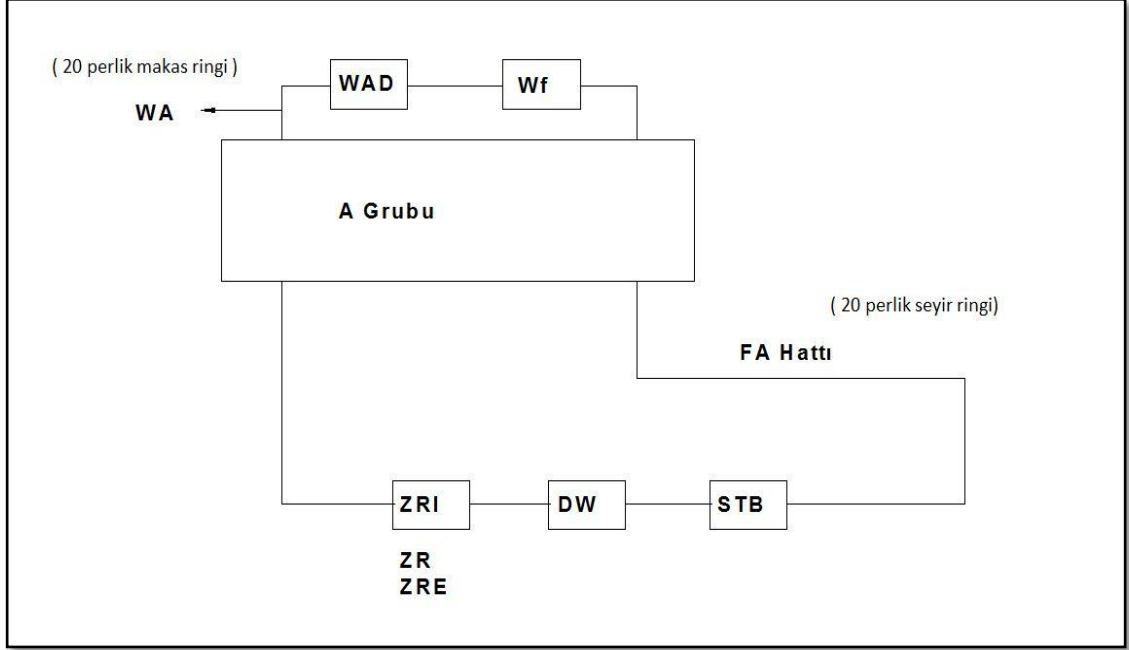
PR HATTI: Sadece hattın serbest olup olmadığını kontrol eder.

FLAn-FLÜ HATTI: Bu gruplar makas kenar korumalarında kullanılır. Makasların açık kapalı pozisyonları kontrol edilir.(J.Schmitt, 1982)

2. 1. 3 Ring Bağlantı Şeması

Mevcut olan seyir hattını kontrol etmek için değil; mevcut olan tuş takımları, makasların bağlantı özellikleri, hata durumlarının tespiti ve hataların toplanması için kullanılmaktadır. Meydana gelen arıza durumlarını bildirmektedir. Bütün bunlar A grubuyla bağlı olan kablolar vasıtasıyla yapılan bilgi iletiminden sağlanmaktadır. Noktalar tek tek incelendiğinde, makas ve seyir hattı üzerindeki bağlantı noktaları olduğu görülür. Tuş takımlarının hepsi A grubu üzerinden kontrol edilmekte ve Spoor kablosu vasıtasıyla röle grupları irtibatı sağlanmaktadır.

Şekil 2. 8 Tipik Bir Ring Bağlantı Şeması

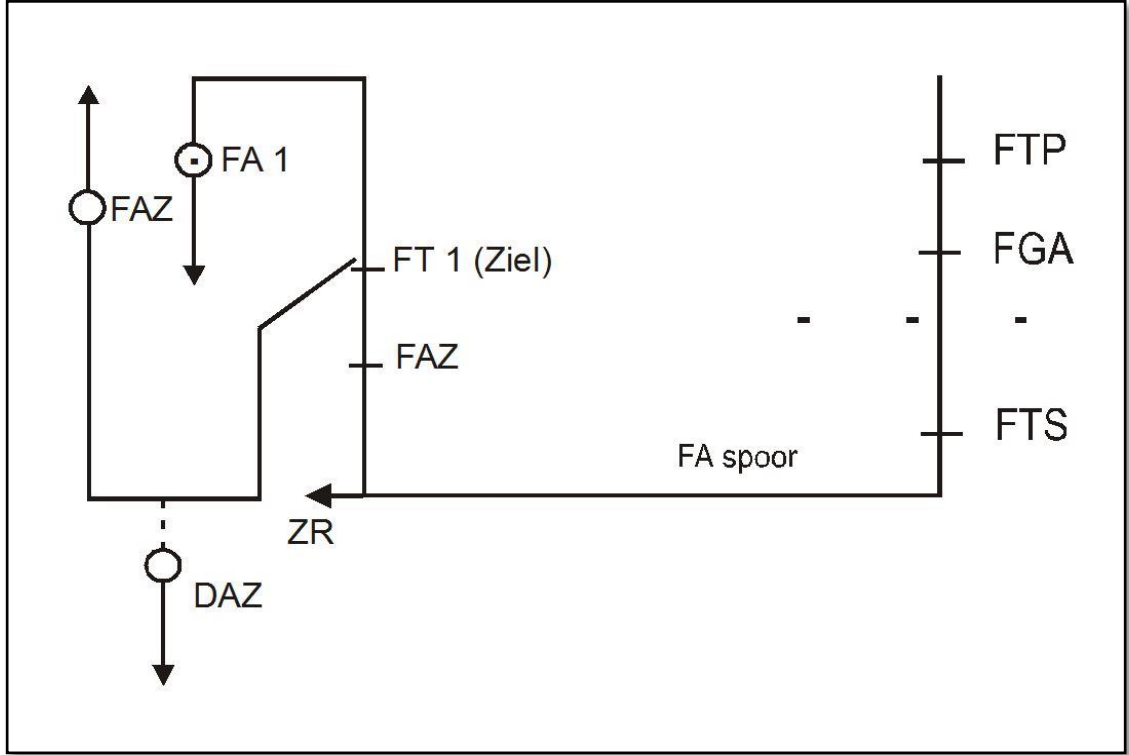


Kaynak: Siemens MIS 801 Sistem Dokümantasyonu

2. 1. 4 Seyir Hattı Oluşumu Ve FA Hattı

Burada amaç FA1 rölesinin çekmesidir. İlk pozisyonda FTP rölesi çekili, FGA ve FTS röleleri çekili değildir. Seyir hattının oluşturulacağı hattın başlangıç ve bitiş butonlarına iki saniye süre ile aynı anda basılınca FTP rölesi bırakır, FGA ve FTS röleleri çeker. Dolayısıyla devre akımı grupları kontrol ederek hattı açar. Burada gruplardan kastedilen, kurulan seyir hattının başlangıç ve bitişinde sinyallerin kontrolü, kayma mesafesi kontrolü ve hat üzerinde makas varsa makas tanziminin kontrolünü yapan röle gruplarıdır. Sonuç itibariyle bu işlem neticesinde FA1 rölesi çektirilmiş olur.

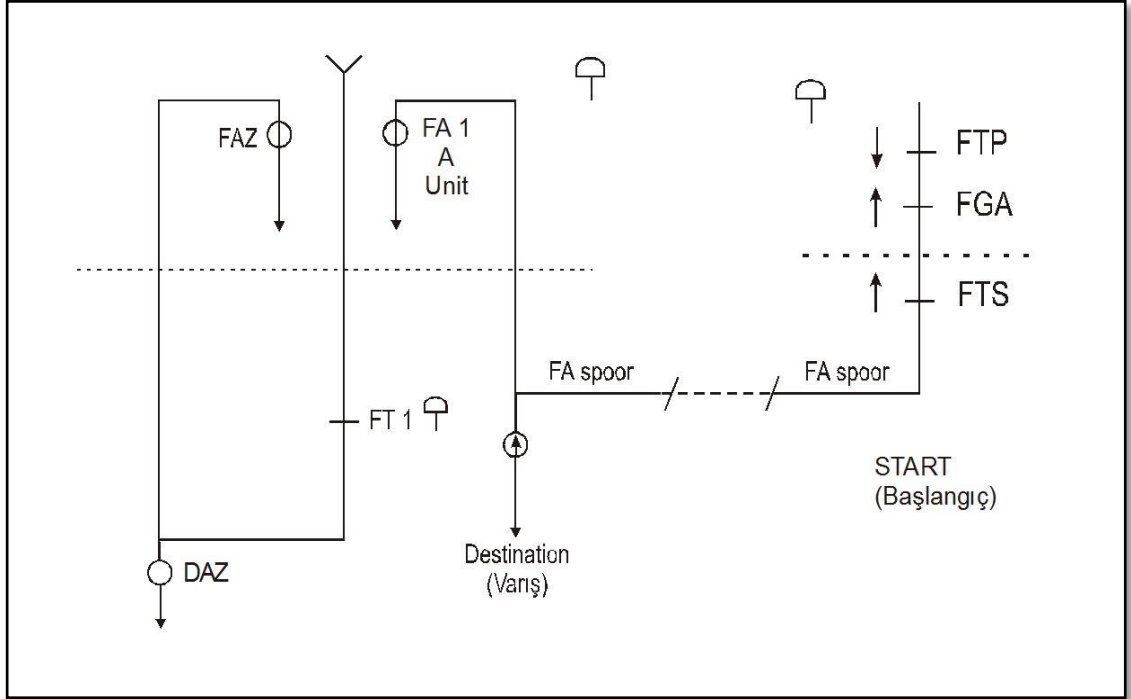
Şekil 2. 9 Ring Bağlantı Şemasında Seyir Hattı Oluşumu



Kaynak: Siemens MIS 801 Sistem Dokümantasyonu

FA1 rölesi çektiği anda FAZ rölesi de çekerek devreye girer. FAZ rölesi, Overlap olarak tarif edilen kayma mesafesi veya fren mesafesi kontrolünü yapan DW röle grubu içindir. Şekil 2.10'da seyir hattı oluşumu esnasında fren mesafesinin devreye girmesini göstermektedir.

Şekil 2. 10 Seyir Hattı Oluşumunda Kayma Mesafesinin Devreye Girmesi



Kaynak: Siemens MIS 801 Sistem Dokümantasyonu

Böylelikle, oluşturulacak seyir hattının başlangıç ve bitiş butonlarına basılınca, gruplar kontrol edilerek A ünitesinin teyit vermesi beklenir.

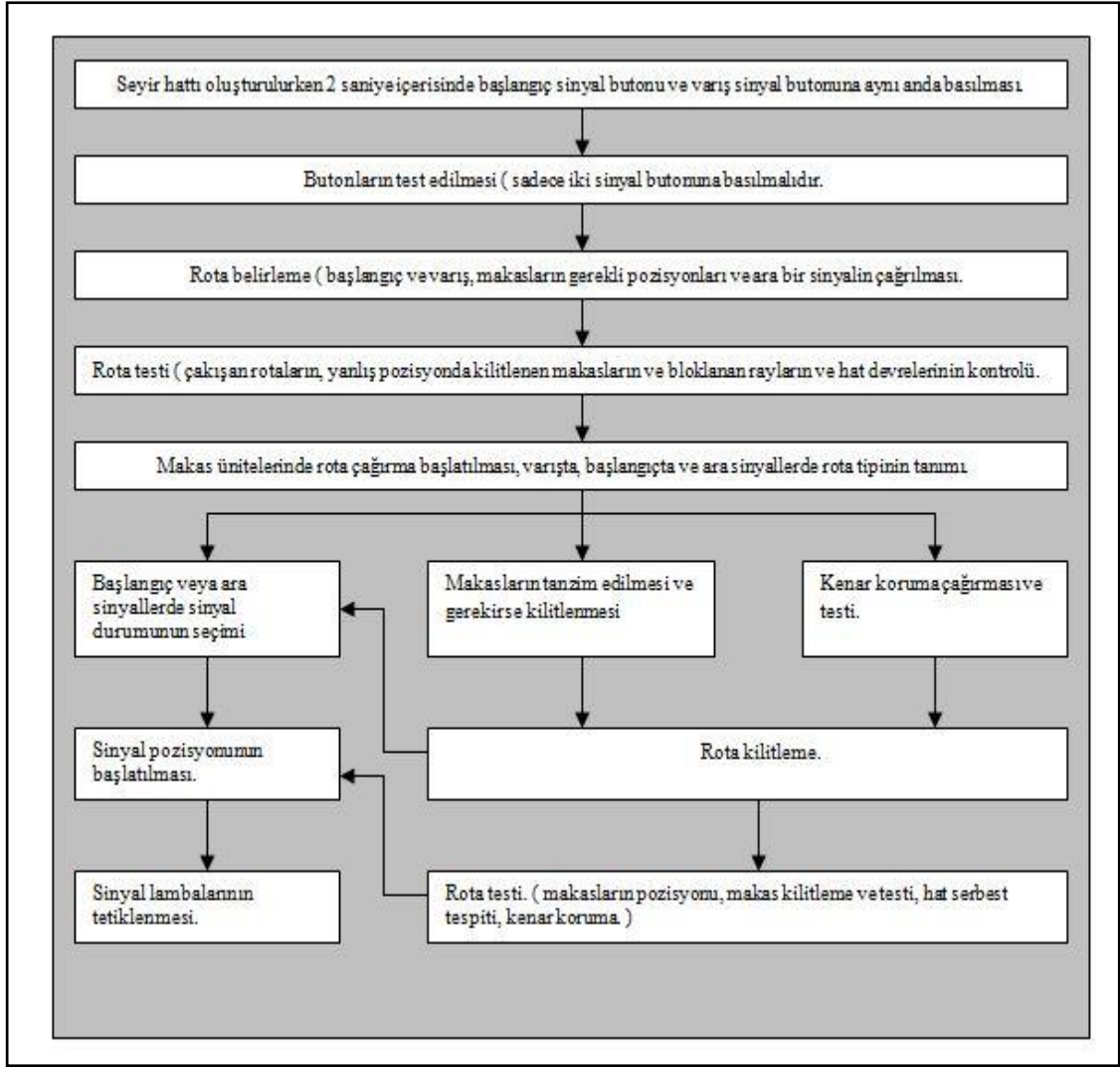
Yukarıdaki işlemler FA spoorunun işlevlerini göstermektedir. Aynı anda birden fazla FA spoorunun kullanılabilmesi hatırlanmalıdır. Kısaca özetlenirse sırasıyla şu işlemler yapılır.

- Kurulacak seyir hattının başlangıç ve varış noktasına ait butonlara basılınca, tüm gruplar kontrol edilir. Başlangıçtaki ve bitişteki sinyal grupları, kayma mesafesi ve varsa makas grupları kontrol edilir. Bu esnada hat gruplarında hata yoksa FA1 rölesi çeker.
- Arkasından sırasıyla FA2, FA3 röleleri çeker. FA3 rölesi çekince FA2 rölesi tekrar bırakır.
- Bu esnada FA1 ve FA3 röleleri çekili olduğu için FA4 röleside çeker. Bu kademedeki butonların kontrolü yapılır. Aynı zamanda çeşitli bilgiler yüklenir.
- FA4 çekince FTP röleside çeker. Böylelikle FP hattı devreye girerek start ünitesinde bulunan FPS rölesi çektirilerek seyir hattı oluşturulur.

Başlangıç ve bitiş butonlarından el çekilince, A ünitesi içerisinde bulunan FA1, FA2, FA3, FA4, FTP ve FGA röleleri eski pozisyona dönerler.

Aşağıda şekil 2.11’de FA hattının fonksiyon sırası şematik olarak verilmiştir.

Şekil 2. 11 Tren Rota Fonksiyon Sırasının Kurulması (FA Hattı)



Kaynak: Siemens MIS 801 Sistem Dokümantasyonu

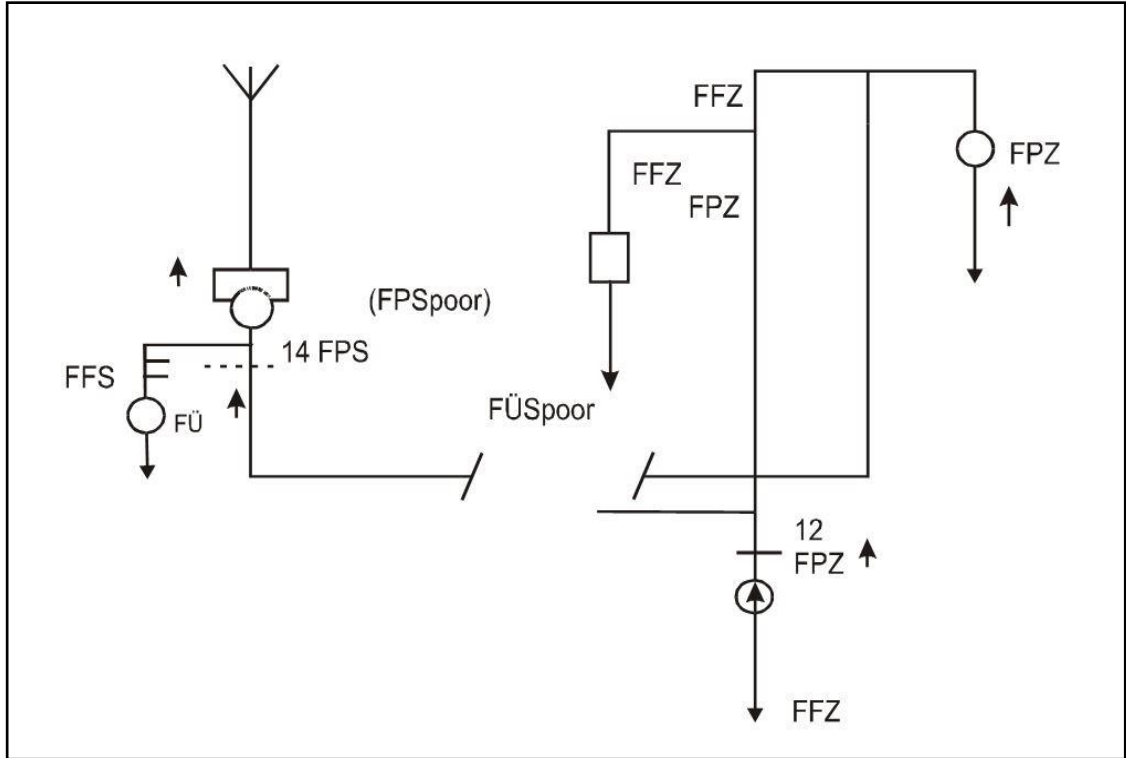
2. 1. 5 FÜ-DÜ Hatları

Bu hatlar emniyet spoorlarıdır. İlk anda FFS ve FPS röleleri çekilidir. Akım yoluna devam ederek FPZ rölesini çektirir. FPZ rölesi çektiği zaman FFZ aktif hale gelir. FFZ

aktif hale gelince direnç devreye girerek akımın ters akmasına sebep olur. O zaman FÜ hattı devreye girer.

Kısaca; FP spooru üzerinden FPS rölesi tetikleniyor. 14 nolu kontak çekiyor. FPZ aktif hale geliyor. Bu aşamada FFS çalışmıyor ve başlangıç grubu içerisinde. Bitiş grubu içerisinde, 12 nolu kontak (FPZ) aktif olduğunda FFZ' yi aktif hale getirir. FFZ rölesi devrede. 5 nolu kontakımız aktif hale geliyor. Böylece R2 direnci FPZ rölesine paralel olarak bağlanıyor. Bu sayede akım değerimiz yükseltiliyor. Böylece FPZ kontakımız düşüyor. Bunlar bitiş grubunda olmaktadır. Bu anda FPZ' de devre dışı olur. Başlangıç grubundaki FFS rölesi devre dışı kalır. FPZ'nin düşmesi sonucunda başlangıç grubu içinde bulunan FÜ rölesi aktif hale gelir.

Şekil 2. 12 FÜ-DÜ Hatlarının Oluşumu



Kaynak: Siemens MIS 801 Sistem Dokümantasyonu

2.2 SİNYAL DEVRELERİ

Temel olarak emniyetli bir sürüş temin etmek ve daha seri olarak hareket edebilmek için sinyal devreleri kullanılmaktadır. Genel kullanımı itibari ile kırmızı sinyal dur manasında, yeşil sinyal geçiş serbest manasında, sarı sinyal ise kontrol et sonra geç manasında kullanılır.

Hat boyunca seyir yolu düz ve hat müsait ise sinyallerimiz yeşildir. Yön değiştirilecek bölgede sinyal sarı olur. Yani makaslardan önce kontrol et öyle geç talimatı verilmiş olur. Ek olarak gelen üçüncü lamba ile tren hızının düşürülmesi sürücüyü hatırlatılır.

Tünellerde kullanılan lambaların voltajı gündüz 160 volt, geceleri 120 volt olarak kullanılmaktadır. MIS 801 içten kilitleme devrelerinde olduğu gibi sinyal devreleride modüler dizaynlıdır. Farklı tip sinyaller ve flamanlar için farklı modüller gereklidir. Rota modülleri 20 perli kablolar ile sinyal modüllerini kontrol eder. Diğer taraftan, sinyal modül devresi bir sinyal hattı aracılığıyla rota modül devresine birleştirilmiştir.

2. 2. 1 Sinyal Devresinin Fonksiyonları

- i. Rota ayarlanmamışken, sinyal kumanda verilerinin rota ayarlama devresine iletimi.
- ii. Akan bir sinyalin akış durumu şalterinin kontrolü.
- iii. Şebeke arızası durumunda sinyal verilerinin saklanması.
- iv. Sinyal bloklama ve sinyalin tehlike durumuna (kırmızı) getirilmesi.
- v. Rota ünitelerinin 60 V DC işletim akımı ve 24 V AC ışıklandırma akımı ile beslenmesi.

2. 2. 2 Sinyal Lamba Devrelerinin Fonksiyonu

- i. Sinyal kontrolünün programlanması.
- ii. Sinyal durumu için gerekli sinyal lambalarının programlanması.
- iii. Kumanda paneli ışıklandırmasının kontrolü.

- iv. Ana ve yardımcı flaman test göstergelerinin değerlendirilmesi.
- v. Birbirini takip eden röle devreleri için akım temini.

2.3 MAKASLAR

Raylı sistem işletmelerinde ki makaslar ile trenlere yol tanzimi yapılarak, araçların bir hattan başka bir hatta geçmesi temin edilmektedir.

Makaslar sinyalizasyon sistemleri ile bağlantılı çalışmaktadır. Sistemler ile makas pozisyonları, makasın yerine oturup oturmadığı gibi durumlar kontrol edilmektedir. Arıza durumlarında görsel ve akustik olarak kontrol merkezi uyarılır.

Makas röle grupları iki devreye ayrılmaktadır. WF röle grubu ile makas bulunan rotanın oluşturulması ve oluşturulan rotanın serbest bırakılması işlemleri yapılır. WAD röle grubu ile de makası kontrol etme ve anahtarlama işlemleri yapılır. (J.Schmitt, 1982)

2.3.1 Uzaktan Kumandalı Makaslar

Bu makaslar elektrik motoru ile donatılmıştır. Kumanda masası ile uzaktan kumanda ile çalıştırılırlar. 26 volt DC ya da 380 V AC gerilimle çalışırlar, kumanda masalarında bu makasların hangi pozisyona tanzim olduğunu belirten ışıklı göstergeler vardır.

2.3.2 Yerinden Elle Kumandalı Makaslar

Bu makasları da ikiye ayırmak mümkündür:

- i. Dil ucu kontrolü yapan devre kontrollü makaslar: Bu makaslar toplu makaslar olup, makas üzerine monte edilmiş devre kontrolü adı ile tanımlanan bir kontaktör düzeneğinden ibarettir. Kumanda masalarında pozisyon lambaları yoktur, 10 V. gerilim uygulanır.
- ii. Elle kullanılan elektrik kilitli makaslar: Bu makaslarda, toplu makaslarda olup, dil ucu kontaktörüne ilaveten elektrik kilidi denilen bir mekanizma ile donatılmıştır. Bu makaslarda da 10 V. DC gerilim uygulanır. Makasın

pozisyon durumu için kumanda masasında ışıklı göstergeler vardır. Makas bölgesi meşgul iken bu tür makaslar tanzim edilemezler, elektriki kilitlemelidir. Elektrik kilit mekanizmasında kilitli - kilitsiz durumunu gösteren bir işaret vardır, makas tanzim edileceği zaman mekanizma üzerinde bulunan kol önce kilitsiz duruma getirilir. Sonra makas miline kumanda edilerek makas istenilen pozisyona alınır.(J.Schmitt, 1982)

2. 3. 3 Bir Makasın Çalıştırılabilmesi İçin Gerekli Şartlar

- i. Makasa ait izole bölge herhangi bir raylı sistem aracı tarafından işgal edilmemiş olmalı, hat bölgesinin rölesi herhangi bir sebeple düşmemiş olmalıdır.
- ii. Tanzim edilecek makasla ilgili herhangi bir seyir yolu tanzim edilip, bu yoldan seyir edecek bir raylı sistem aracına sinyal açılmış olmamalıdır.
- iii. Makası elle tanzim edebilmek için kol takılmamış olmalıdır.
- iv. Bir raylı sistem aracına seyir yolu tanzim edildikten sonra, makasa ait izole bölgeye aracın yaklaştığı anda, makasa herhangi bir hata ile müdahale olmaması için makas mutlaka kilitlenmelidir.(J.Schmitt, 1982)

2. 4 OTOMATİK TREN KORUMA (ATP)

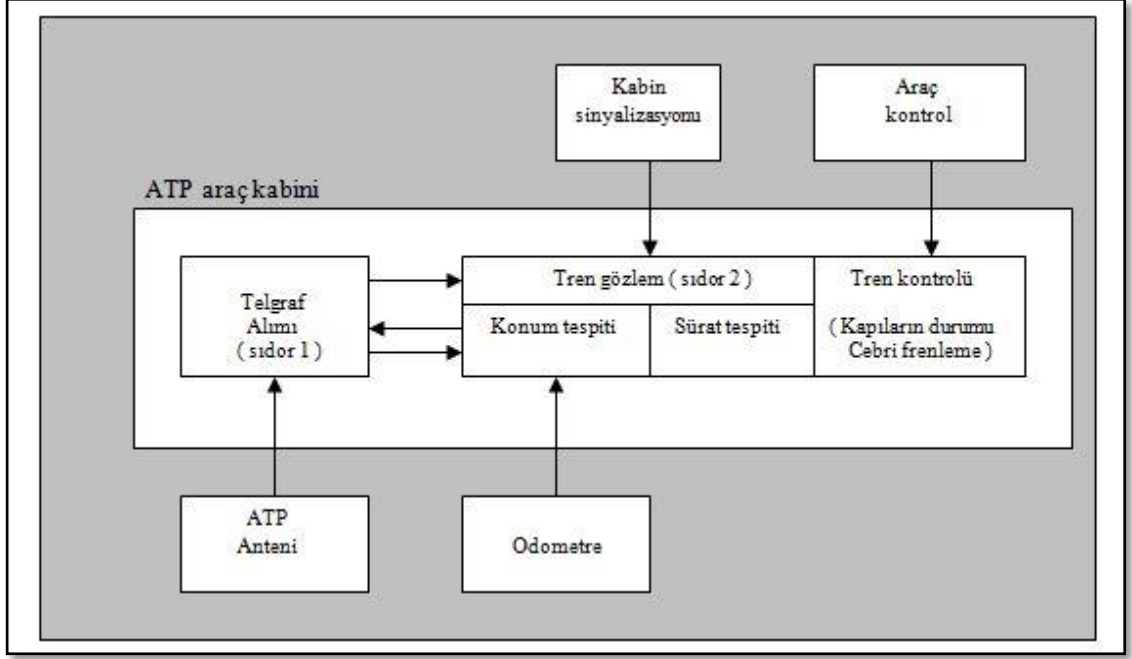
Otomatik tren koruma sistemi ATP (automatic train protection), tren sürücülerinin tayin edilen hız limitini aşması durumunda devreye girerek trenleri emniyetli bir mesafede durduran sistemdir. Araçlar röle odalarından raylara gönderilen telegramlar ile kontrol edilmektedir. Röle odalarındaki LZB (telegramların gönderildiği yazılım programı) ünitesi hattaki ray üzerine telegramları gönderir. Bu telegramların içinde ATP hız kontrol komutu vardır. Bu komutlar araçların konumlarına göre hız bilgilerini içermektedir. Hat üzerinde buldukları yolun durumuna göre farklı hız limitleri uygulanır. Trenlerin sürücü kabinlerinin altında bulunan ATP antenleri vasıtasıyla bu bilgiler alınarak, tren bojisine monte edilmiş olan odometrelerdeki gerçek hız ile karşılaştırılır. Karşılaştırma sonucunda, trenin müsaade edilen hız limitini aşıp-aşmadığı kontrol edilerek, trenin frenlemesine gerek olup-olmadığına karar verilir. ATP hat

boyuncadır ve geri dönüş vermez. Yani ATP uygulaması tek yönlüdür.(C. Schlosser, 1995)

ATP tren üstü ekipmanı; araç dışında, Odometre ve ATP antenlerinden; araç içinde ise ATP araç kabini ve ATP sürücü masası ekipmanlarından oluşmuştur. Şekil 2.15’de ATP tren üstü ekipmanının genel fonksiyonu gösterilmiştir.

- a. ATP antenleri ile alınan FTGS sinyalinin seçimi, kuvvetlendirilmesi ve demodülasyonu.
- b. Alıcı frekanslarının kontrolü.
- c. Çalışacak frekansın arama işlemi kontrolü (Dolu ray devresi frekansının belirlenmesi için)
- d. Ray devresinin gerçek frekansına ayarlanması.
- e. Ray devresi değişikliği tespiti.
- f. Alınan telgrafların değerlendirilmesi.
- g. Teker çapının girişi ve işlenmesi.
- h. Hız ve pozisyonun sürekli denetimi.
- i. Mesafe ve gerçek hızın ölçümü.
- j. Gerçek frenleme mesafesi.
- k. Gerekli frenleme mesafesi ile gerçek frenleme mesafesinin karşılaştırılması.
- l. Acil durum freninin aktivasyonu.
- m. Acil fren için rölelerin kontrolü.
- n. Kabin sinyalizasyonu ile haberleşme. (C. Schlosser, 1995)

Şekil 2. 13 ATP Tren Üstü Ekipmanının Genel Fonksiyonu



Kaynak: Siemens ATP Sistem Dokümantasyonu

ATP araç ekipmanı iki üniteden oluşmaktadır. ATP ünitesi ve kabin sinyalizasyon ünitesi. ATP ünitesi hatasız işletimden sorumludur ve odometre ile ATP anteninden bilgi almaktadır.

Şekil 2. 14 ATP Antenlerinin Görünümü



2.4.1 Otomatik Tren Koruma Ünitesi

ATP ünitesinde; raydan gelen telgrafların alınması, deşifre edilmesi ve aktarılması işlemleri; odometreden gelen darbe işaretlerinin alınması ve aktarılması; sürücü ve aracın işlemlerinin kontrolü yapılır. (M. Obermann, 1994)

ATP araç kabininde değişik fonksiyonlu iki adet bilgisayar kullanılmaktadır. SIDOR 1' in fonksiyonları: Ray devreleri değişikliği tespiti, hat telgraflarının kontrolü ve işlenmesi gerçekleştirilir. SIDOR 2' in fonksiyonları: Aracın gerçek noktası ve hızının tespit edilmesi, işletim modunun tespit edilmesi, araç hızının kontrolü, kabin değişikliğinin tanımlanması gibi işlemler gerçekleştirilir. (M. Obermann, 1994)

2.4.2 Kabin Sinyalizasyon (CS) Ünitesi

CS ünitesi; kabin sinyalizasyon göstergelerinden olan lambalar, takometre ve ziller ile operatör girdilerini kontrol ederek sürücü ve emniyet tesisatları arasındaki arabirimi oluşturmaktadır.

ATP otomatik tren koruma ile CS kabin sinyalizasyon ünitesi arasındaki veri transmisyonu 1200 baudluk bir seri ara birimle sağlanmaktadır. (M. Obermann, 1994)

2. 5 MANYETİK TREN KONTROL (MTC)

ATP koruma sistemine ek olarak düzenlenmiş bir koruma sistemidir. Manyetik tren kontrol sistemi MTC (magnetic train control) ile tren trafiği koruma altında tutulur. Bir araç durma halindeki bir sinyali geçerse acil durum frenleme otomatik olarak başlatılır ve araç sinyalin ötesindeki güvenlik bölümü içinde durur. (M. Obermann, 1994)

Hattan araca iletim yolu olarak manyetik alanlar kullanılır. Bu nedenle, her bir sinyal yerleşiminden önce manyetik iletici (hat magneti) yerleştirilir. Araçların ön alt taraflarında da araç magnetleri monte edilmiştir. Sinyal kırmızı pozisyonda iken hat magnetinde belli bir voltaj vardır. Eğer araç bu durumdaki hat magneti üzerinden

geçerse araç üzerindeki araç magnetinde bir etki meydana gelir. Bu durumda araç kabininde bulunan MTC ekipmanları vasıtasıyla aracın hızı sıfırlanarak cebri frenlemeye geçilerek araç durdurulur. Yani tren hareket rölesinin enerjisi kesilerek, aracın cer motorlarının devre dışı kalması sağlanıp, trenin acil frenlemesi başlatılır. Sinyal yeşil pozisyonda iken, hat magneti üzerinden geçen tren hiçbir etkilenmeye uğramaz. Sinyal sistemine bağlı olarak, sinyalin yeşil pozisyona geçtiği anda hat magnetine voltaj gönderilerek hat magnetinde bulunan magnetik alan etkisi ortadan kaldırılır. Bu durumda hat magneti üzerinden tren geçtiği anda etkilenme olmaz. Yani araç herhangi bir cebri frenleme almaz.(M. Obermann, 1994)

Yolcu taşımacılığı esnasında tren, ATP ve MTC tarafından durdurulduğunda, tren sürücüleri kontrol merkezinin talimatını almadan hareket edemezler. Kontrol merkezi gerekli incelemeyi yaptıktan sonra talimat vererek trenlerin 15 km /s hızla ilerlemelerini sağlar. Tam bir hat devresi geçinceye kadar tren düşük hızla hareket eder, sonra normal işletim hızına ulaşır. Trenler koruma sistemleri tarafından durdurulduğu takdirde, tren bilgisayarı bu durumu kaydeder. Aynı zamanda sürücü tarafından seyir esnasında herhangi bir kırmızı sinyal ihlal edilmiş ise bu durum araç içerisinde bir sayaç tarafından kaydedilir. (M. Obermann, 1994)

3.HAT DEVRELERİ

3.1 GİRİŞ

Bu bölümde, raylı sistem işletmelerinde kullanılan hat devreleri ayrıntılı bir şekilde incelenmektedir. Şehir içi ulaşımda kullanılan toplu taşıma işletmeleri ile şehirlerarası ya da istasyon ara mesafeleri daha uzun olan işletmelerde kullanılan toplu taşıma işletmelerine yönelik iki farklı ray devresi ele alınmıştır.

3. 2 SES FREKANSLI HAT DEVRELERİ (FTGS)

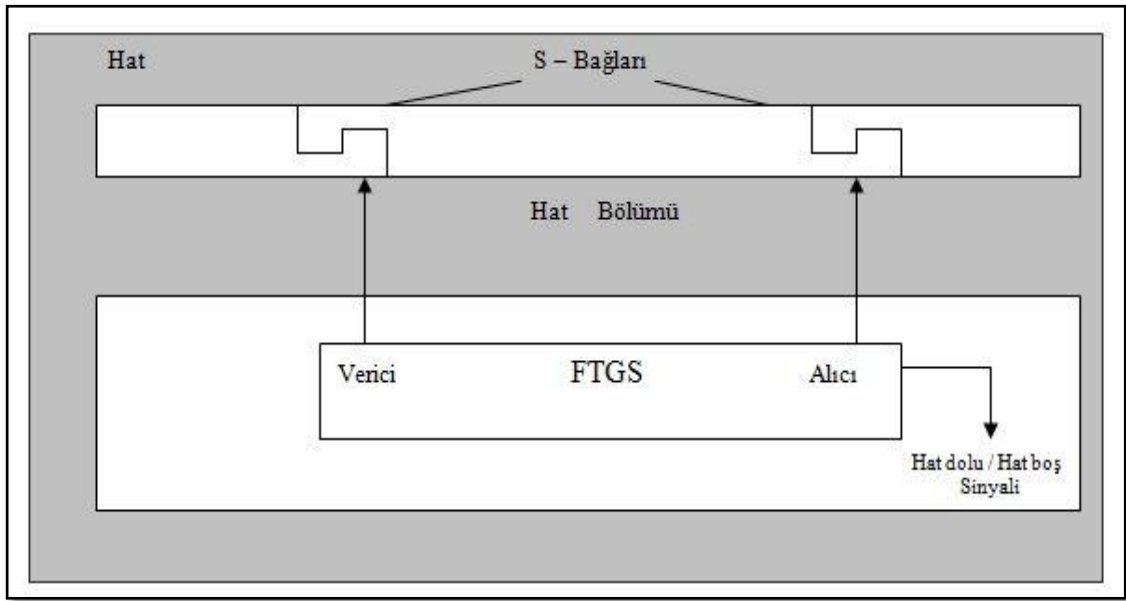
FTGS hat devreleri bütün dünyada şehir içi veya şehir dışı toplu taşıma sistemlerinde demiryollarının güvenliği için kullanılmaktadır. FTGS tanımı, Siemens tarafından uzaktan beslemeli ses frekans hat devreleri için verilen bir kısaltmadır.(J.Hansen, 1990)

Hat serbest tanımı için, hatlar alt devrelere bölünürler. FTGS sisteminde bölünmüş bu alt devrelerin her birinin başında kodlu ses frekans değişken akımı beslenir ve en son tarafta alınır. Böyle bir hat bölümüne giren araçların dingilleri raylar arasında kısa devre yapılmasına sebep olurlar. Bu kısa devre, voltajı azaltarak o bölüm için hat dolu sinyalinin alınmasına sebep olur. FTGS sisteminde hattın serbestliğinin tespiti için, hat elektriksel olarak bölümlere ayrılmıştır. Standart konfigürasyonda (Şekil 3.1) tamamıyla elektrikli, mekanik olmayan, hat bölümlerinin ayrılması S bağları denilen S şeklindeki bağlar sayesinde yapılır.(J.Hansen, 1990)

Hat bölümünün en başında, verici mevcut hatlara bir ses frekans değişken akımı gönderir; bölüm sonundaki alıcı gelen akımı değerlendirir. Değerlendirmenin sonucuna bağlı olarak, *hat boş* veya *hat dolu* sinyali alınır. Alıcı ve vericiler hat boyunca monte edilmiş olan kontrol kabinleri içerisinde yer almaktadır.

Hat devresine beslenen değişken akım, geri dönme akımındaki parazit miktarından dolayı elektriksel girişimlerden etkilenmemesi için frekans modülelidir. Her bir hat bölümünde, beslenen değişken akım bir sonraki bölümden ayrılmasını sağlayan ve hat devre frekansı denilen bir özel taşıyıcı frekansına sahiptir. Bu hat devre frekansları kullanılan hattın uzunluk ve coğrafi yapısına göre değişiklik göstermektedir. Tespit edilen frekans daima o hat bölgesi için kullanılmaktadır. (J.Hansen, 1990)

Şekil 3. 1 FTGS Standart Konfigürasyonu



Kaynak: Siemens FTGS Dokümanı

Kullanılan S bağlarının uzunluklarına göre farklı tipte FTGS modelleri ile hatlar kontrol altına alınır. Mesela;

FTGS 46 modeli ile : 1500 metreye kadar olan mesafelerde, 4.75 kHz, 5.25 kHz, 5.75 kHz, 6.25 kHz frekansları hat devrelerine tahsis edilir.

FTGS 917 modeli ile : 800 metreye kadar olan mesafelerde, 9.5 kHz, 10.5 kHz, 11.5 kHz, 12.5 kHz, 13.5 kHz, 14.5 kHz, 15.5 kHz, 16.5 kHz frekansları hat devrelerine tahsis edilir.

Hat devre frekansları farklı bitlerde kodlanarak frekans modüleli hale getirilmiş olup vericilerin alıcılara belirgin bir şekilde tahsis edilmesini sağlar.

Hat serbest tespit işlemi üç aşamada meydana gelir.

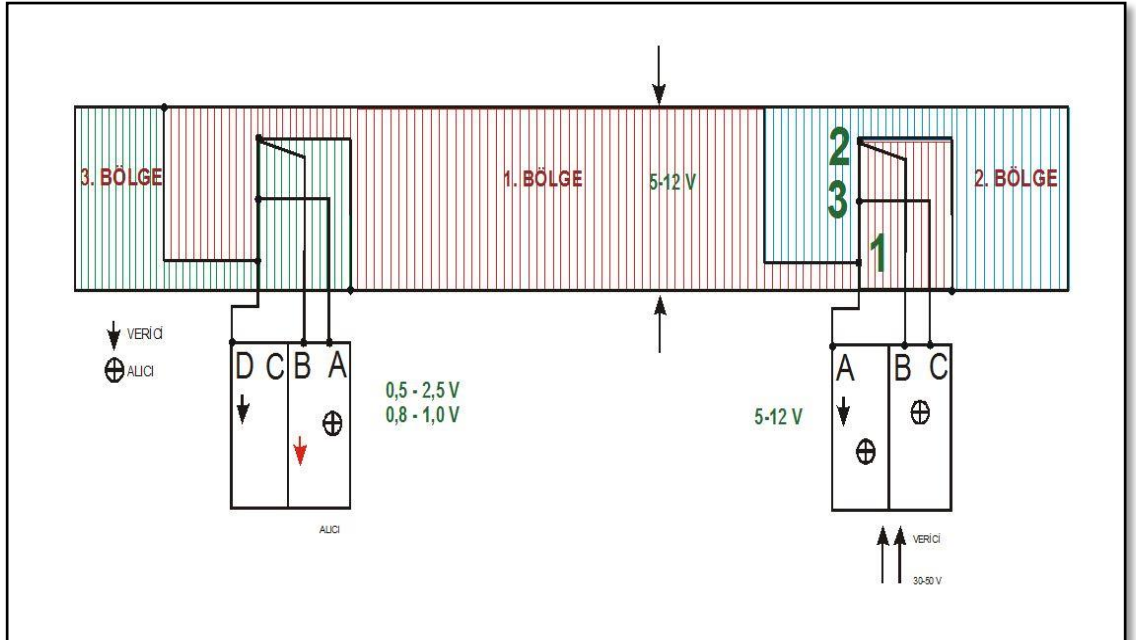
- Genlik değerlendirme.
- Modülasyon kontrolü.
- Kodlama kontrolü.

Alıcı ekipmanı, alıcının hat voltaj genliğini yeteri kadar yüksek olarak değerlendirdiğinde, hat bölümü için sadece hat boş sinyali alır ve demodülatör iletilen kodlu modülasyonu doğru olarak tanımlar. Durum böyle olunca, hat röleleri hat bölümü boş sinyali verirler.

Hat bölümü bir araç dingili ile dolu olduğunda, ortaya çıkan kısa devre, alıcının tonlama ünitesindeki ses frekans akımını alıcının daha fazla cevap veremeyeceği bir değere düşürür. Bölümün hat meşgul sinyali hat rölesinin uyarısının kapatılmasıyla alınır.

Şekil 3.2’de gösterilen temel bir hat bölümündeki S bağlarını inceleyerek konuyu ayrıntılı bir şekilde ele alalım.

Şekil 3.2 Temel Bir Hat Bölümündeki S Bağları



Kaynak: Siemens FTGS Dokümanı

FTGS 'lerde hattı belirlemek için ve sistemin özelliğinden dolayı kablolar S şeklinde bağlanmıştır. Böylece hat üzerinde birbirinden farklı frekanslara sahip hat bölgeleri oluşturulmuştur. Şekil 3.2'de görüldüğü gibi hat bölgelerinin başlangıç ve bitiminde alıcı ve verici ünitelerinin bulunduğu panolar mevcuttur. Verici kısmından 5-12 voltluk bir AC gerilim ilgili olduğu hat bölgesine uygulanır. Şeklimize göre 1. hat bölgesine 5-12 volt AC gerilim uyguluyoruz. Aynı zamanda belirlenmiş bir frekans da hatta uygulanır. Bu frekanslar transmisyon filtresinden çıktıktan sonra raya yüklenmektedir. Gönderilen bu frekansa ve bölgenin uzunluğuna göre 5-12 volt AC gerilim; bölgenin sonunda 0.5-2.5 volt AC gerilim arasında bir değere düşer.

Hat üzerinde yapılan ölçümlere bakılırsa;

A1 – B2 : 5 – 12 volt AC

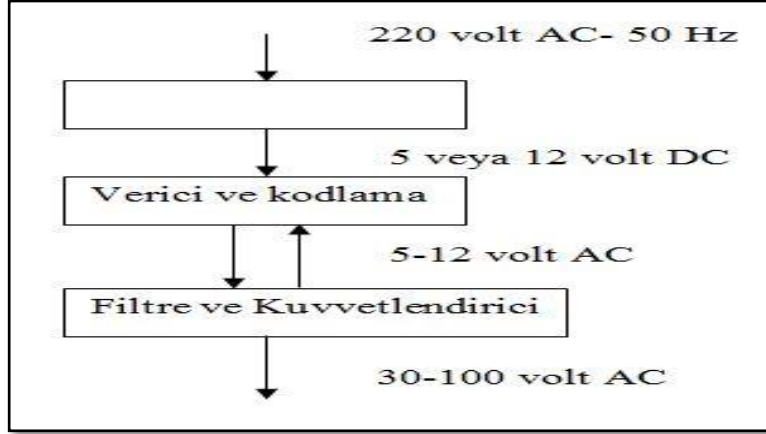
A1 – C3 : 5 – 12 volt AC

B2 – C3 : Komşu hattın voltaj değerini verir.

Yukarıda anlatıldığı gibi, 5 – 12 volt AC değeri bölge sonunda uzunluğa ve frekansa göre 0.5 ile 2.5 volt değerine düşüyordu. İşte bu voltaj 0.8 ile 1.0 volt değerlerine ya yükseltilir veya düşürülür. Buradaki voltaj değeri maksimum 1.5 volt AC mertebesinde olmalıdır. Bölgelerin başlangıç ve sonunda bulunan hat kenarı panoların içerisinde bir takım elektronik devreler mevcuttur.

Bu panolar içerisinde, Röle odasından uygulanan 30–50 Volt AC gerilimi 5–12 Volt AC gerilim seviyesine düşüren trafolar mevcuttur. Buradaki gerilim hat bölgesine uygulanmaktadır. Hat devrelerinin hem başlangıcında ve hemde sonunda kullanılan bu panolarda hem verici ve hemde alıcı devreleri vardır. Yani bir bölge başlangıcındaki pano kendine ait bölgenin vericisi olduğu gibi, bir önceki bölgeninde alıcısıdır. Bölgenin sonunda elde edilerek ayarlanan, 0.8 ile 1.0 volt mertebesindeki (en fazla 1.5 volta müsaade edilir) gerilim pano üzerinden tekrar röle odasına gelir. Bu gerilim FTGS modüllerine uygulanır. Burada dikkat edilmesi gereken, 1.5 volt üzerindeki gerilimlerin modüllere uygulanmamasıdır.

Şekil 3. 3 FTGS Hat Devresine Uygulanan Gerilimlerin Durumu

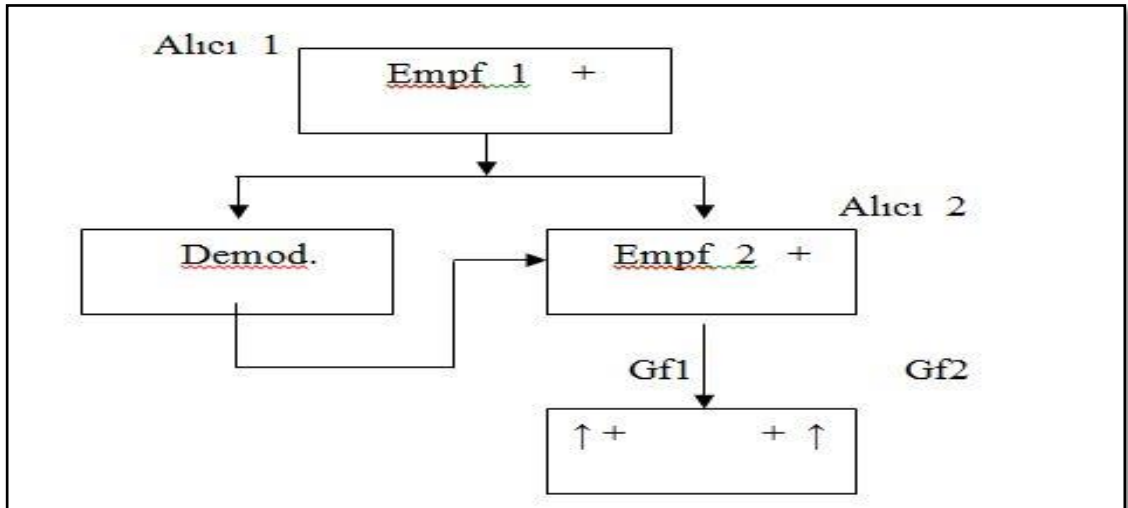


Kaynak: Siemens FTGS Dokümanı

Şekilde görülen verici ve kodlama kısmında gerilim üzerine frekans yüklenir ve kodlama yapılır. Çünkü aynı frekans tekrar kullanıldığında ayırılması gerekir.

30 ile 100 volt arasındaki AC voltaj hat başındaki panonun girişine uygulanır. Gerilim, iletim kablosundaki uzunluktan dolayı düşebilir. Röle odasına gelen 0.8 ile 1.0 volt civarındaki gerilim şu işlemlere sebep olur.

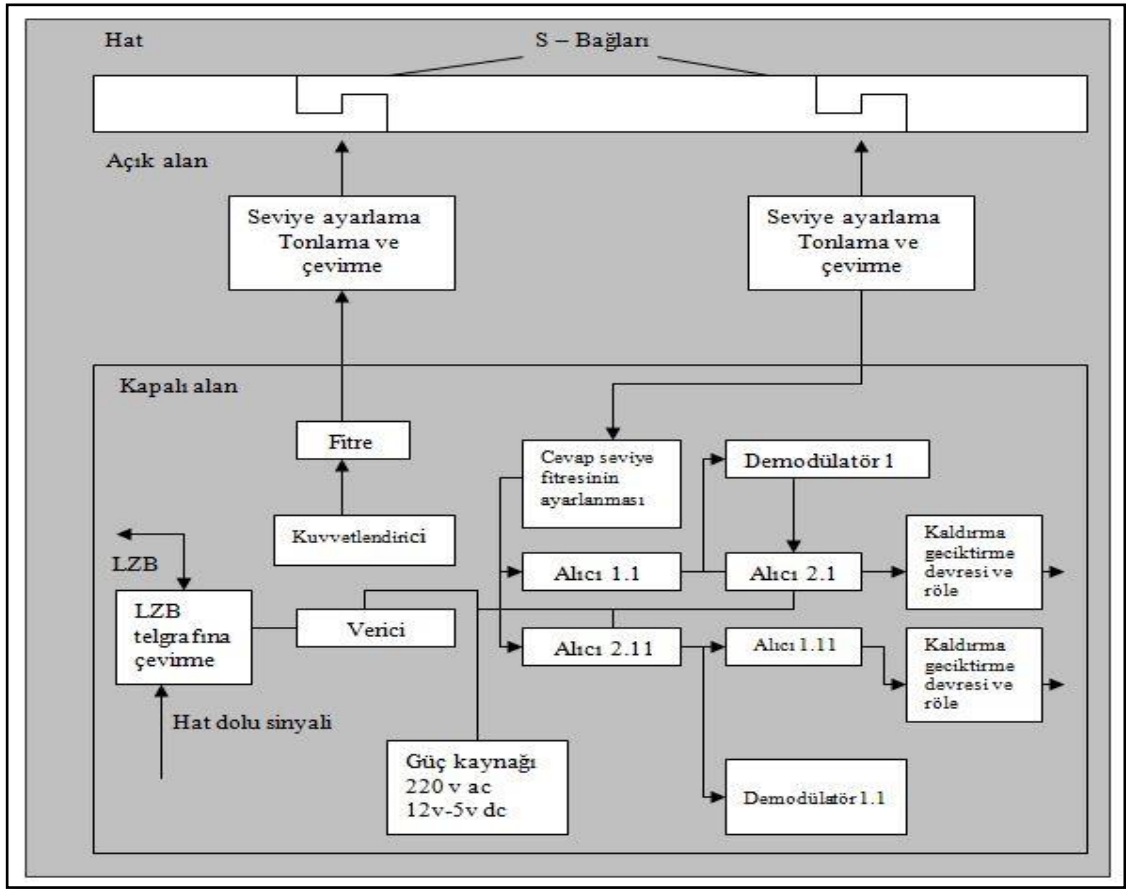
Şekil 3. 4 FTGS Hat Devresinden Röle Odasına Gelen Gerilimin İşlevleri



Kaynak: Siemens FTGS Dokümanı

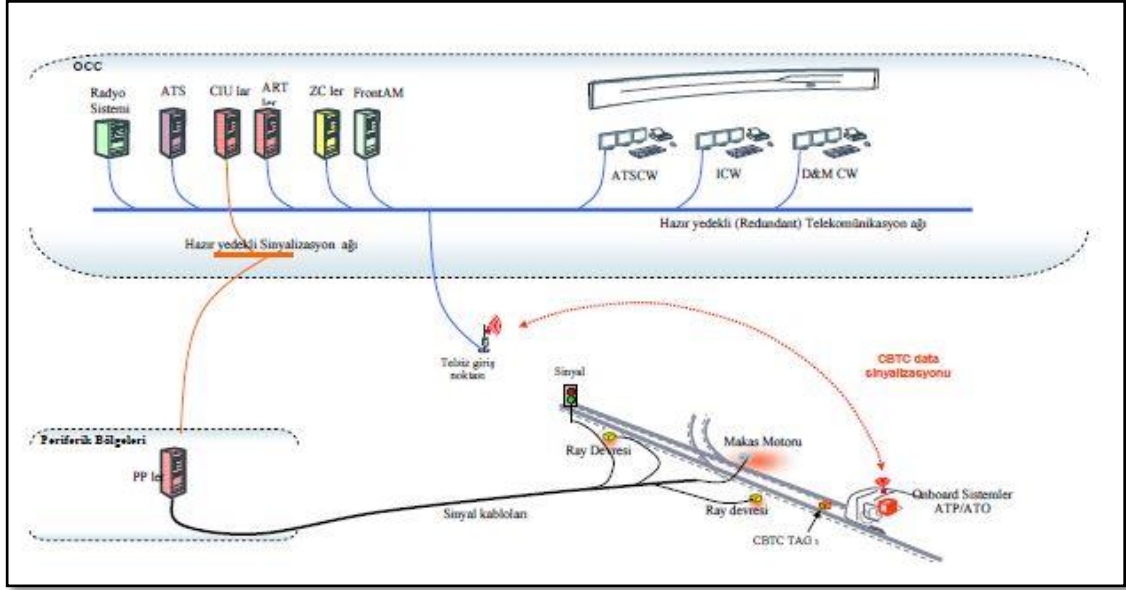
Alıcı 1 kısmında, gönderilen gerilimin frekansı ayrılır. Demod kısmında kod ayrılır. Alıcı 2 kısmında sadece gerilim kalır ve röleleri tetikler. Tren hatta iken röleler çekik değildir (hat dolu). Tren hatta değil iken röleler çekiktir (hat boş). Trenler hatta iken röleler çekik olmadığı için, ATP devreye girerek hız bilgilerini göndermektedir. Bilgi akışı (frekans ve voltaj), trenlerin hareket yönlerine ters olarak gönderilmektedir. Aksi takdirde aksların, hattı önceden kısa devre etmesinden dolayı bilgi tam olarak alınamayacaktır. Bununla beraber, trenlerin ters yönden geldikleri makas bölgelerinde yani hat değişiminin yapıldığı çift geçişli alanlarda çevirici modüller devreye girmektedir. LZB ünitesi trenin tersten geldiğini tespit ettiği anda FTGS modülü ile beraber bulunan çevirici modül uyarılır. O zaman sistem ilgili bölgede ters yönde çalışmaya başlar. Bunun haricinde, trenlerin hatta ters girmesi durumlarında ATP sistemi devreye girmeyecektir. Şekil 3.5’de FTGS hat devrelerinin blok diyagramı verilerek, hat devrelerinin çalışması incelenmiştir. (J.Hansen, 1990)

Şekil 3. 5FTGS Blok Diyagramı



Kaynak: Siemens FTGS Dokümanı

Şekil 4. 2 Sistem Genel Görüntüsü



Kaynak: Ansaldo M1, M2, M3 Metro Hattı Sistem Dokümantasyonu

4.2 RCBTC HATTAKİ YOL TARAFI EKİPMANLARI

4.2.1 Tag'lar

Tag (Baliz) kimlik kodu(ID) içeren bir pozisyon işaretleyicisidir. Hat boyunca mevcut olan bütün tag pozisyonları On-board veri tabanında kayıtlıdır. Bir tag kimliğini okuyan bir tren o tagın veri tabanındaki pozisyonuna göre kendi pozisyonunu belirleyebilir. Taglar aynı zamanda trenin platforma göre pozisyonunu belirlemek için de kullanılırlar. (EGO-Ansaldo,2009)

Tag (Baliz) kimlik kodu(ID) içeren bir pozisyon işaretleyicisidir. Hat boyunca mevcut olan bütün tag pozisyonları On-board veri tabanında kayıtlıdır. Bir tag kimliğini okuyan bir tren o tagın veri tabanındaki pozisyonuna göre kendi pozisyonunu belirleyebilir. Taglar aynı zamanda trenin platforma göre pozisyonunu belirlemek için de kullanılırlar. (EGO-Ansaldo,2009)

Şekil 4. 3 Tag'lar



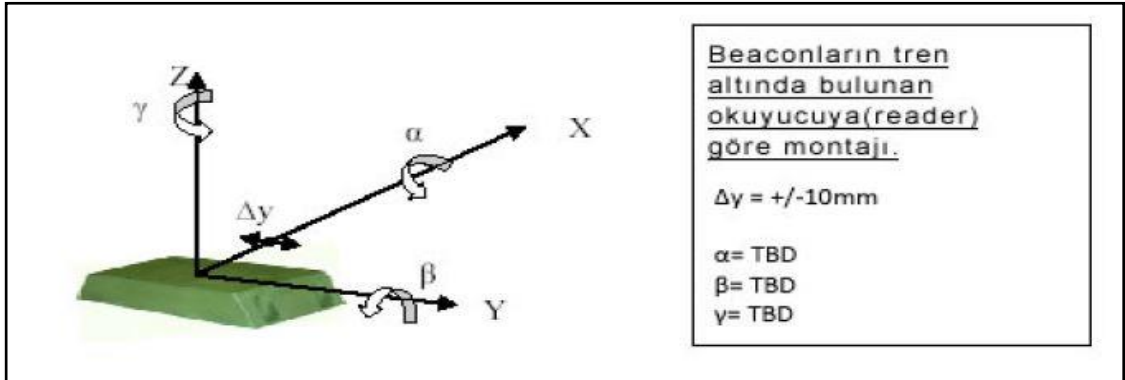
Kaynak: EGO-Ansaldo Sistem Dokümantasyonu

RCBTC sistemi demiryolu uygulamaları için aşağıdaki özelliklere sahip sadece okunabilir yeniden programlanabilir elektronik tag'ları kullanacaktır:

- Hafıza kapasitesi: 144 bits
- Bataryasız
- Uzaktan enerjilendirilebilir.
- Uzaktan okunabilir
- Boyutları(mm) : 240 x 80 x 40

Emniyetli yer tespit tag'ı sadece emniyetli yer tespit tag'ı okuyucusu tarafından okunabilir ve elde taşınan bir cihaz tarafından yazılabilir.

Şekil 4. 4 Tag Montajı



Kaynak: EGO-Ansaldo Sistem Dokümantasyonu

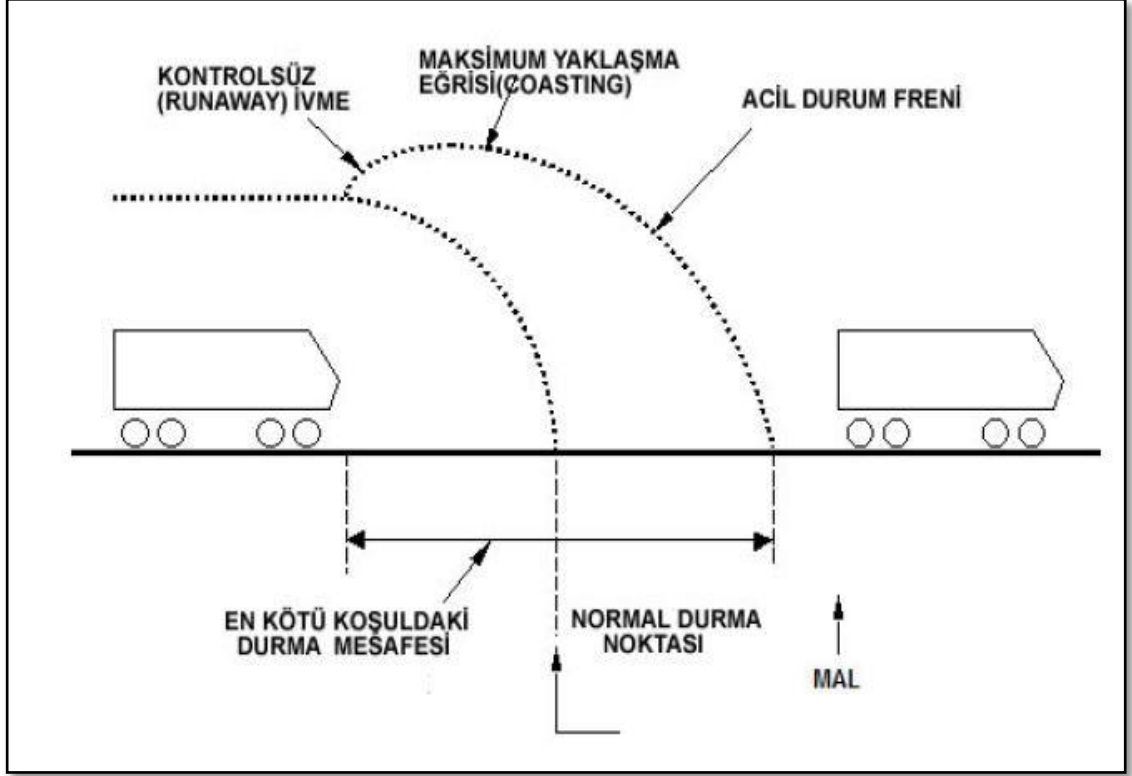
4.3 CBTC SİSTEM PRENSİPLERİ

4.3.1 Hareketli Hedef Prensipleri

Geleneksel sinyalizasyon sisteminin tasarım hedefi kritik hat boyu sinyallerini, tren duraklarını ve dikkatli sürücüleri kullanarak bir trenin işgal ettiği bloğa başka bir trenin girmesini önleyerek trenlerin birbirinden ayırımını sağlamaktır. CBTC tabanlı hareketli hedef sisteminin öncelikli tasarım hedefi ise geliştirilmiş pozisyon bilgilerini, hareket yetkisi bilgilerini, güncelleme hızı ile sistem emniyetini koruyarak daha fazla kapasite sağlanması ve trenler arasındaki yaklaşım mesafelerinin düşürülmeye çalışılmasıdır. Sistemin temel prensibi “gidilebilecek kadar git” tir. Carborne Kontrolörü, hat boyu zone kontrolörü tarafından yayımlanan Hareket Yetkisi Sınırlamaları(MAL) içerisinde, emniyetli tren hareketinden sorumludur. MAL izni, trenin önündeki fiili engele kadar verilir. Carborne Kontrolörü, oluşturulan hız profili için bütün emniyet gerekliliklerinin dahil edilmiş olduğundan emin olur. Buna en kötü durumdaki fren mesafesi ve ilerdeki engelin pozisyon belirsizlikleri de dahildir. (EGO-Ansaldo,2009)

Hareketli hedef sisteminde, Zone kontrolörü “rapor edilen tren pozisyonuna” bağlı olarak en kötü durum senaryosuna ve belirsizlik toleransına göre trenin sahip olması gereken pozisyonunu hesaplar. Daha sonra, alan kontrolörü söz konusu treni bir sonraki tren için engel kabul eder ve takip eden tren için önde gitmekte olan trene ne kadar yaklaşabileceğini belirten MAL’ı hesaplar.

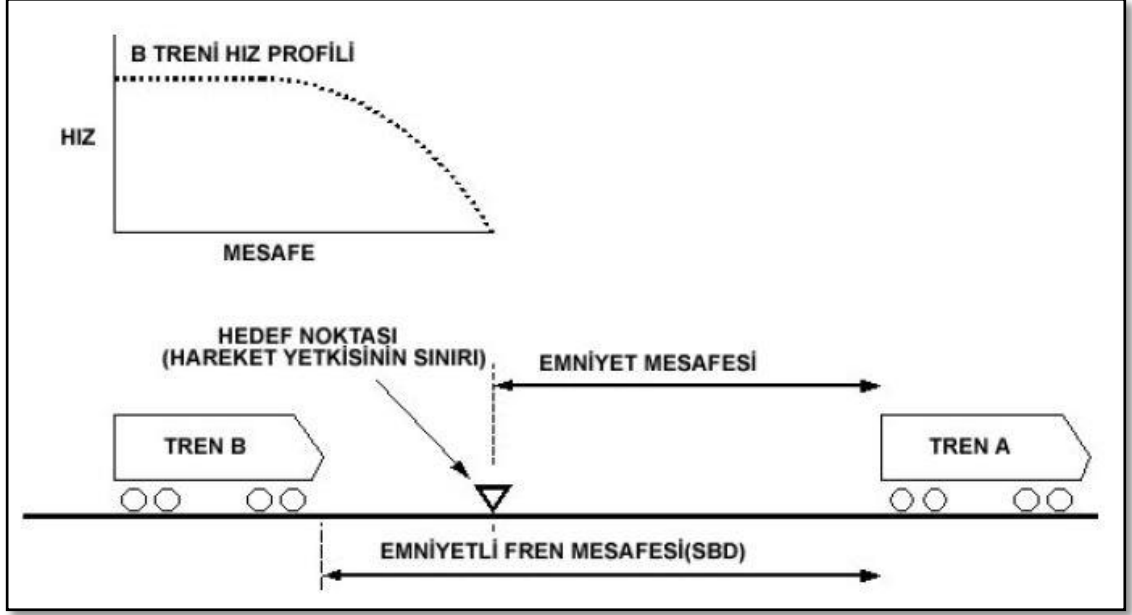
Şekil 4. 5 Hareketli Hedef Prensibi



Kaynak: EGO-Ansaldo Sistem Dokümantasyonu

Hareketli hedef prensibi, önde giden trenin en son arka noktası ile diğer trenler arasında izin verilen maksimum işletme hızı, frenleme eğrileri ve tren lokasyonu parametreleri kullanılarak hesaplanmış güvenli mesafedir. Pozisyon raporlamanın yüksek hassasiyeti nedeni ile takip eden tren seyir istikametindeki bu hat bölümü için müsaade edilen maksimum hız temel alınarak öndeki trenin arkasının son (doğrulanmış) yerine kadar olan emniyet fren mesafesine kadar mesafeyi kısaltabilir. (EGO-Ansaldo,2009)

Şekil 4. 6 Emniyetli Tren Mesafesi



Kaynak: EGO-Ansaldo Sistem Dokümantasyonu

Araçlar arasında "Emniyet Mesafesi" muhafaza edilir. Emniyet Mesafesi, takip eden trenin komut verilen durma noktası ile önde giden trenin teyit edilmiş arka noktası arasındaki sabit bir mesafedir. Bu mesafe, muhtemel birçok kötü durumda bile hala güvenli ayırma mesafesi muhafaza edilebilecek şekilde seçilir. (EGO-Ansaldo,2009)

CBTC sisteminin sistem tasarım prensipleri şunları içerir :

- CBTC Carborne kontrolörü vasıtasıyla tren yerinin hassas bir şekilde tespit edilmesi.
- Tren yeri bilgisinin ve diğer tren lokasyon bilgilerinin (CBTC trenden-Hat boyu ekipmanlarına data iletim hattı üzerinden) CBTC hat boyu ekipmanlarına iletilmesi.
- Her bir CBTC-teçhizatlı tren için Hareket Yetkisi Limit Bilgilerinin, tren yer bilgileri ve harici anlaşılan girdileri temel alınarak CBTC hat boyu ekipmanı tarafından tespit edilmesi.
- Bu yetki limitlerinin ve diğer tren kontrol verilerinin, ilgili trene (CBTC yol tarafından-trene) veri iletim hatları üzerinden iletilmesi.
- CBTC Carborne kontrolörü tarafından ATP hız/mesafe profilinin tespit edilmesi ve zorunlu kılınması

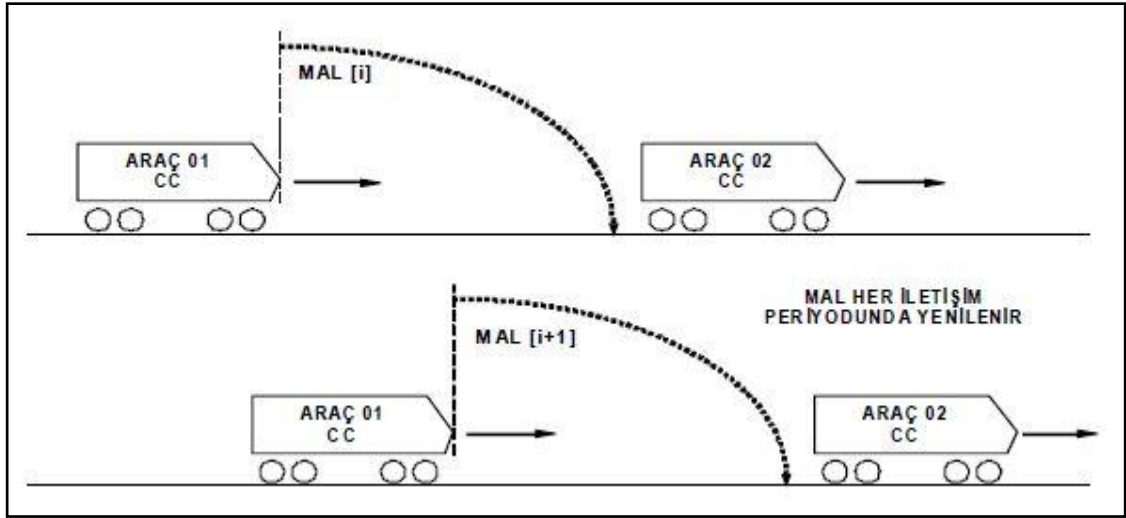
- f. CBTC geçersiz kılma komutlarının, hat boyu ekipmanlarından harici anlaşılan sistemine iletimi,

CBTC(işletmesinin desteklenmesi) statü bilgilerinin, harici anlaşılan sisteminden hat boyu ekipmanlarına iletilmesi. (EGO-Ansaldo,2009)

4.3.2 Hareket Yetkisi Limiti (MAL)

Hareket Yetkisi Limiti (MAL) trenin belirlenmiş istikamette hattın belirli bir bölümüne girmesi ve orada seyretmesi yetkisidir. Hareket Yetkileri her bir iletişim çevriminde atanır, denetlenir ve güncellenir. Ayrıca Hareket yetkisi; CBTC sistemi tarafından trenler arasındaki emniyet mesafesini oluşturmak ve anlaşılan sistemi vasıtası ile koruma sağlamak için zorunludur. (EGO-Ansaldo,2009)

Şekil 4. 7 Yenilenen “MAL”

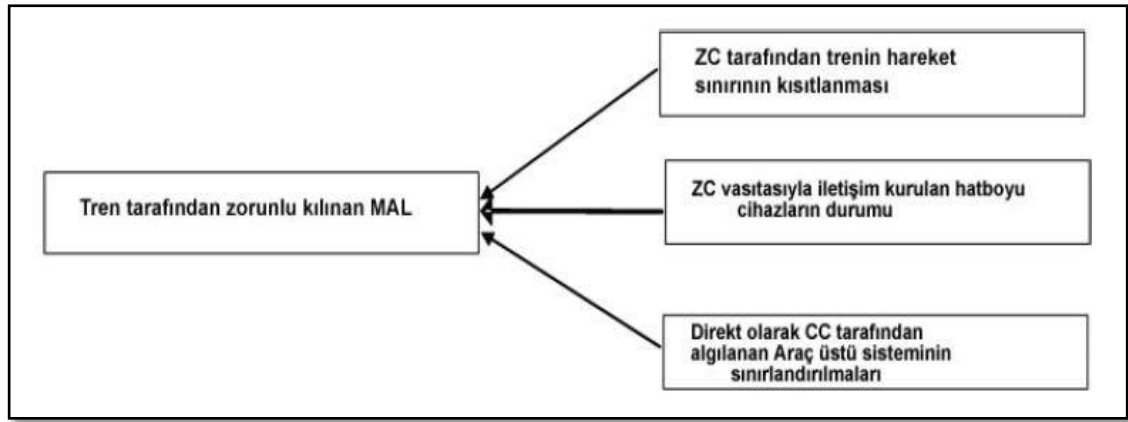


Kaynak: EGO-Ansaldo Sistem Dokümantasyonu

MAL hem kritik (V_MAL) hem de kritik olmayan (NV_MAL) veri bileşenlerini içerir. MAL bileşenleri şöyle tasnif edilmişlerdir: ZC tarafından belirlenen tren hareketlerini sınırlayan kısıtlamalar, hat boyu cihazlarının statüleri ZC tarafından CC'nin dahili database'ni kullanarak kontrol edilen ve kısıtlamaları belirlenen tüm trenlere iletilir.

CC, trenin lokalizasyonunu ve işletme modunu göz önüne alarak tren hareketi üzerindeki kısıtlamaları belirler.(Örnek : Tren CBTC kapsamı içerisindeki bir saha da seyrederken ki kısıtlamalar ile böyle bir sahada dışındaki kısıtlamaların karşılaştırılması) ZC, aynı hattaki karşı karşıya hareket eden trenlerin yönü,, derayman, yan yatmalar da dahil olmak üzere gerekli koruma tedbirlerini tanımlar. ZC bütün Hat boyu cihazlarının statülerini (mesela makas pozisyonlarını) tüm trenlere iletir ve trenin kendi CC'si hat boyu cihazlarının tren hareketi üzerine bir etkisi olup olmayacağına karar verir. (EGO-Ansaldo,2009)

Şekil 4. 8 MAL Bileşenleri

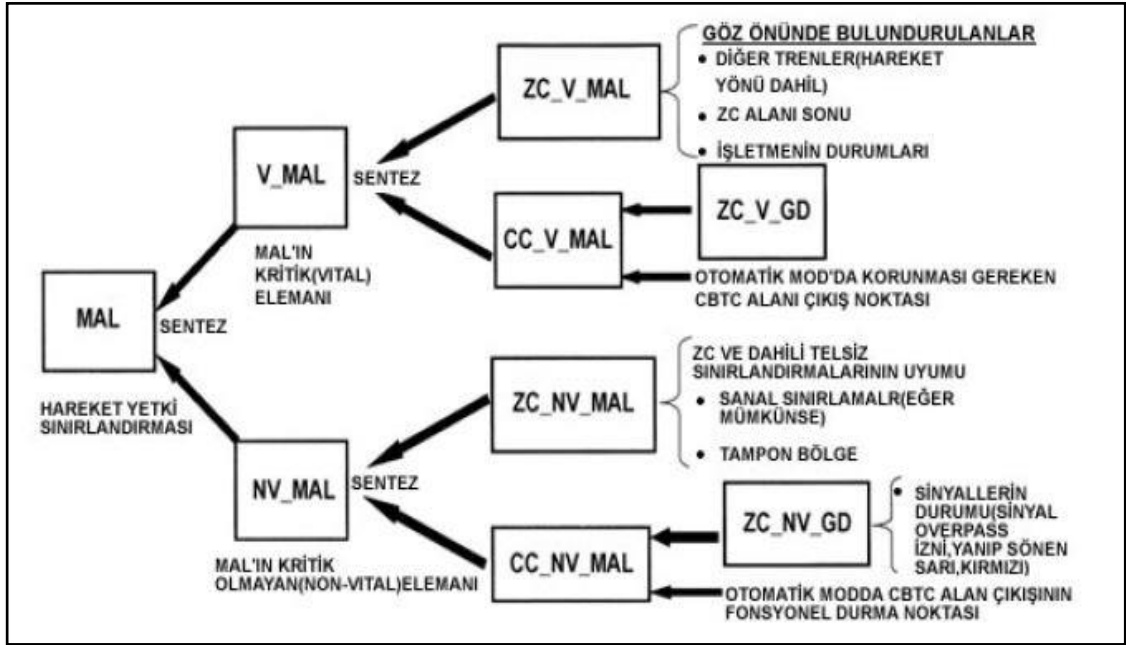


Kaynak: EGO-Ansaldo Sistem Dokümantasyonu

Hareket yetkilerinin üç bileşeni bulunur:

- ZC her bir tren için bir “ZC_MAL” üretir. Bu ZC_MAL iki elemandan oluşur: ZC_MAL; ZC_V_MAL olarak tanımlanan kritik bir eleman ve ZC_NV_MAL olarak tanımlanan kritik olmayan bir elemanı içerir.
- ZC bütün trenlere ZC_GD şeklinde isimlendirilen bir mesajı içeren tüm tren lokasyon bilgilerini iletir. (mesela makas pozisyonu) Bu data kritik data olan ZC_V_GD yi ve kritik olmayan ZC_NV_GD data'yı içerir.
- CC tarafından tespit edilen carborne MAL bileşeni CC_MAL'dir. CC_MAL; CC_V_MAL olarak tanımlanan kritik bir eleman ve CC_NV_MAL olarak tanımlanan bir elemanı içerir. (EGO-Ansaldo,2009)

Şekil 4. 9 MAL Elemanlarının Sınıflandırılması



Kaynak: EGO-Ansaldo Sistem Dokümantasyonu

Yukarıdaki Şekil 4,9'da gösterilen V_MAL, kritik(vital) hareket yetkisi alanının limiti olup, kritik(vital) maksimum hız EB(acil fren) profilinin hesaplanmasında kullanılır. NV_MAL ise kritik(vital) olmayan hareket yetkisi alanının limiti olup sürücü masasındaki ekrandan görülen hız profilinin hesaplanmasında ve otomatik tren işletmesi kapsamındaki kritik(vital) olmayan hız profilinin hesaplanmasında kullanılır. ZC; ZC_MAL ile trenlerin emniyetli yaklaşma mesafelerini (ayrılmalarını) garanti eder. ZC; ZC_MAL ile donatılmış trenleri kendi kontrolü altında ilgili hat bölümlerine sevk eder. ZC_MAL belirli bir trene atanmıştır ve tekrarlanan bir şekilde özel bir mesaj olarak CC'ye bilgi gönderir. Her bir trendeki, ZC_MAL verileri ZC_V_MAL ve ZC_NV_MAL'dan meydana gelir. (EGO-Ansaldo,2009)

ZC-V-MAL aşağıdaki bilgileri içerir:

- Yer(lokyon) : Yetki limitlerinin lokasyonu (ray bölgesinin bir belirleyicisi veya ilgili ray bölgesindeki bir sapma miktarı belirleyicisi olarak)
- Yön: Trafik yönü
- Tip: Ayırt edici gösterge
- Tip AT: Hareket yetkisiyle donatılmış bir tren tarafından sınırlanmıştır,

- e. Tip MTc: Hareket Yetkisi manuel kumanda edilen donatılmış bir tren tarafından sınırlanmıştır,
- f. Tip UT: Hareket Yetkisi ray devreleri tarafından izlenen bir tren tarafından sınırlanmıştır. (arızalıya da teçhiz edilmemiş tren)
- g. Ana sinyal: Ana sinyallerin görünümü.
- h. Ray Limitleri Tipi: Hareket Yetkisi herhangi bir diğer sabit engel tarafından sınırlanmıştır.
- i. Default : Engel tipi belirlenemediği zaman MAL'a atanan değer.
- j. ZC_NV_MAL Hat bölümünün bir belirleyicisi şeklinde veya ilgili bölge üzerinde yetki limitinin yer bilgisini içerir. (EGO-Ansaldo,2009)

CC, ZC tarafından CC'ye iletilmiş olan bilgileri temel alarak CC_MAL aracılığı ile sınırlamaları(kısıtlamaları) kararlaştırır. ZC, CC'ye makas pozisyonunu iletir (sağa, sola, bilinmiyor). CC, sürekli olarak, trenin hareketi için ZC_MAL'dan(ihtimaldir ki) daha sınırlayıcı olabilecek durumdaki trenin önündeki hattın durumunu kontrol eder.Şayet tren ile ZC_MAL arasında bir makas pozisyonu kaybı tespit edilecek olursa, makas pozisyonu tekrar ZC_MAL ile uyumlu hale gelinceye kadar tren bir acil durum fren talebi ile durdurulur. (EGO-Ansaldo,2009)

ZC_MAL şunları dikkate almakta çok gelişmiştir:

- a. Hareketli engeller (trenler).
- b. Hat sonları/ tampon durdurucunun sonu
- c. CBTC donanımlı bölge sonu
- d. Hareket istikameti
- e. Makas pozisyonları.
- f. Ray devresi (Manuel/ Donatılmamış/ arızalı bir trenin arkasında)
- g. Diğer sinyallerle alakalı yerler.

4.4 EMNİYETLİ FRENLEME MODELİ

Emniyetli Fren Mesafesi (SBD) modeli; tamamıyla durmak üzere hız düşürme sürecinde olan trenin arıza senaryoları ve etkileyici en kötü durum faktörlerinin kombinasyonunu da hesaba katarak ortaya çıkan(tren) davranışlarının analitik bir

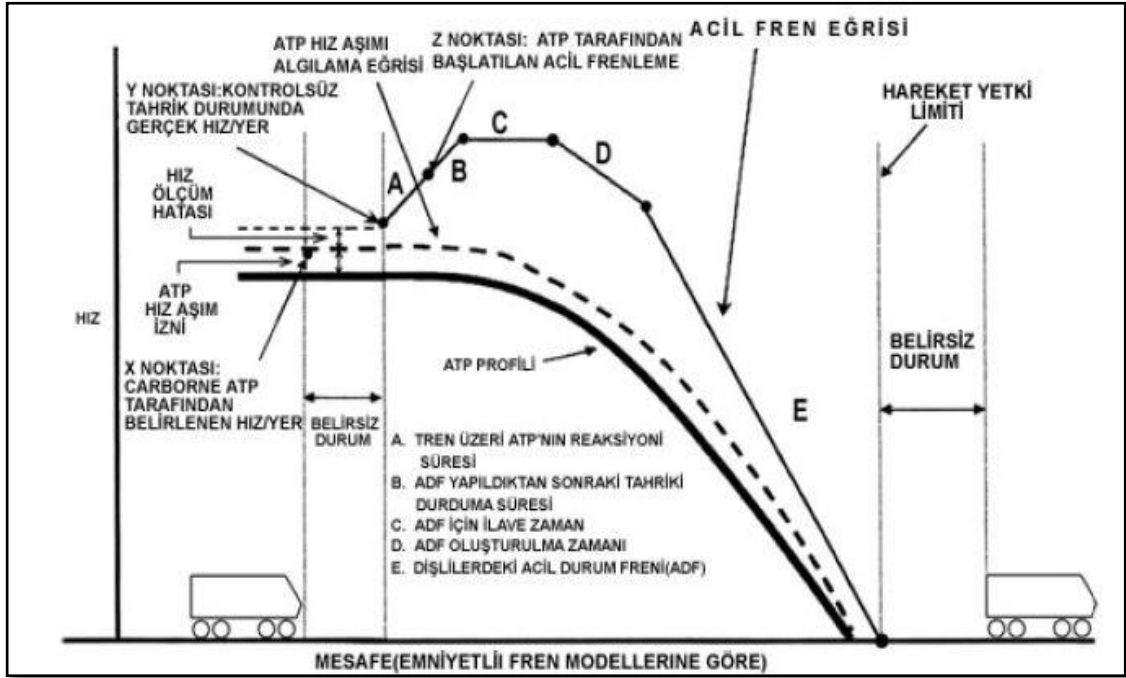
sunumudur. CBTC donanımlı bir tren, emniyet freni modelinde garanti edilen mesafeye eşit veya ondan daha kısa bir mesafede duracaktır. Sistem için tipik bir emniyetli fren modülü Şekil 4.10' da açıklanmıştır. (EGO-Ansaldo,2009)

SBD modeli, IEEE, CBTC spesifikasyonlarını esas almaktadır. Eğim parametreleri, kalıcı hız kısıtlamaları, geçici hız kısıtlamaları, tren uzunluğu, inşaata bağlı hız sınırlamaları ve tren performans karakteristikleri bilgilerinin hepsi CC içinde tutulan hem statik hem de dinamik veri tabanlarında saklanırlar. Eğer hattın inşai durumu trenin nominal hızını sınırlayacak durumda ise, CC ilgili bölge için trenin hızını hattın inşai durumunun müsaade ettiği oranın altında tutacak şekilde hesap yapar. Böylece tren hattın inşai durumunun uygun olmadığı yerlerde kendi maksimum hızını kullanamaz. Daha iyi anlaşılması için ölçeksiz olan Şekil 4.10'da tipik bir CBTC emniyetli fren modülünün basit bir eğrisi gösterilmiştir. Bu eğri sabit eğimli düz bir hat için tanımlanmıştır. Rampa veya kurplar için ayrıca ayarlanmalıdır. Şekil 4.10' da, acil durum fren eğrisi, ATP bir acil durum fren uygulamasını başlattıktan sonra trenin takip edeceği en kötü durum, açık döngü, hız/mesafe eğrisidir. Bu acil durum fren eğrisi her zaman için emniyet hız eğrisine eşit ya da ondan az olmalıdır. Burada güvenlik hızı kritik(vital) hasar risklerinin oluşabileceği hız olarak tanımlanmıştır (raydan çıkma veya çarpışma). (EGO-Ansaldo,2009)

Bu modelde acil durum fren eğrisi için emniyet faktörleri, tren pozisyon belirsizlikleri, CTBC sistem tasarımında işe dahil edilmiş olan diğer ilave ölçüm toleransları hesaba katılmış olup ilave başka güvenlik marjlarına ihtiyaç yoktur. ATP aşırı hız tespit eğrisi; ATP alt sistemlerinden tren lokasyonunu ölçerek hızın aşıldığı durumda hemen bir acil frenleme uygulamasını başlatan hız- mesafe eğrisidir. ATP alt sistemi bir acil durum fren uygulaması başlattığı zaman, ATP alt sistemi artık kontrol döngüsünde olmayacak ve tren acil durum frenini acil fren eğrisine göre veya bu eğrinin içerisinde kalacak şekilde uygulamaya sokacaktır. Acil durum fren eğrisi, tahrik devre dışı kalana kadar geçen bir ilk tahrikle gidiş süresini de içerir. (EGO-Ansaldo,2009)

ATP profil eğrisi; ATP aşırı hız tespit eğrisinin altında kalan ATP aşırı hız toleransını ifade eden bir hız mesafe eğrisidir. ATP profili, ATP alt sistemi tarafından kullanılan temel eğridir.

Şekil 4. 10 Tipik Güvenli Frenleme Mesafesi Modeli



Kaynak: EGO-Ansaldo Sistem Dokümantasyonu

i. Carborne CBTC Tepki Zamanı (A)

Şekil 4.10, CBTC sisteminin tren hızı ve tren yerini (hareket yetkisi limiti'ne göreceli olarak)ölçeceği ve her A saniyede bir (en kötü durum) ölçülen hızı, ölçülen yerdeki ATP profil hızı ile karşılaştıracağı varsayılmıştır. Şekil 4.10, X noktası CBTC tarafından ölçülen hızın ATP ölçüm noktasındaki ATP hız aşımı tespit eğrisinin altında olduğu durumu göstermektedir yani ATP ölçüm hızı ATP profili'nin üzerinde olmasına rağmen, ATP hız aşım toleransının içerisinde. Bu durumda da, CBTC sistemi bir acil durum frenlemesi başlatmayacaktır. (EGO-Ansaldo,2009)

Ancak, en kötü durum hızı ve yer ölçüm hataları (pozisyon belirsizliği) nedeniyle, trenin gerçek hızı ve gerçek yeri muhtemel bir Y noktasındadır. Bu esnada tren operatörü ve/veya ATO alt sistemi normal olarak tren hızını ATP hız profiline doğru aşağıya çekmeye çalışırken, fren yerine tren hızının artması ile sonuçlanan bir hata meydana geldiği varsayılır. A saniye sonra bu durum CBTC sistemi tarafından tespit edilecektir(Şekil 4.10'daki Z noktası), CBTC, ölçülen hızın ATP hız aşımı tespit

eğrisinin üzerinde olmayacağından derhal bir açık-döngü acil durum fren uygulaması başlatacaktır. Bu nedenlerle "Z" noktasındaki hız, CBTC sisteminin en kötü durum cevap süresi ve ölçüm hatalarına bağlı olarak trenin ATP profili üzerinde varabileceği maksimum hızdır. Bu noktada, emniyetli frenleme modelinin etkisi sadece araç karakteristikleri tarafından tespit edilir. (EGO-Ansaldo,2009)

ii. Tahrik Kesme Tepki Zamanı (B)

Emniyetli frenleme modülünün bu bileşeni esnasında (B olarak etiketlenmiştir), tren tahrik sistemi, bir acil durum fren uygulaması başlatan CBTC sistemi tarafından devre dışı bırakılıncaya kadar, tren hız kazanmaya devam eder. (EGO-Ansaldo,2009)

iii. Boşta Seyir Zamanı (C)

Emniyetli frenleme modülünün bu bileşeninde(C olarak etiketlenmiştir), trenin gücünün kesilmesinden önceki eriştiği maksimum hız ile boşta seyretmekte olduğu varsayılır. Emniyetli frenleme modülünün bu bileşeni acil durum frenleme devreye girinceye kadar devam eder. (EGO-Ansaldo,2009)

iv. Acil Durum Fren Yapılandırma Zamanı (D)

Emniyetli frenleme modülünün bu bileşeni esnasında (D olarak etiketlenmiştir), acil durum frenleme oranı sıfırdan GEBR'e kadardır. (EGO-Ansaldo,2009)

v. GEBR (E) de Acil durum Frenleme

Güvenli frenleme modelinin bu bileşeni esnasında (E olarak etiketlenmiştir), tren sıfır hıza gelene kadar GEBR ile hız azaltmaya devam eder. Dikkat: D ve E bileşenleri tek bir fren eğrisi içerisine birleştirilebilirler. (EGO-Ansaldo,2009)

vi. Pozisyon Belirsizliği

Emniyetli frenleme modülü, takip eden ve edilen trenlerin her ikisi içinde CBTC sistemindeki ölçüm hatalarından kaynaklanan maksimum mesafeleri kapsamak zorundadır. (EGO-Ansaldo,2009)

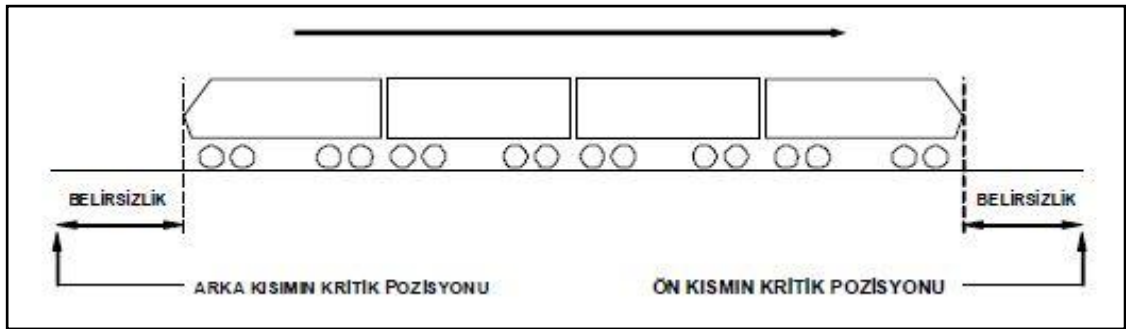
4.5 CBTC TREN İZLEME

Bu işlev ZC ve CC alt sistemlerini kapsar: ZC, trenlerin birbirilerine ve hattaki sabit diğer engellere bağlı olarak yerlerini tespit eder. Tren izlemenin ana amacı, güvenli tren ayırma için veri temin etmektir. Bu veriler rapor veren ve vermeyen trenlerin yerleştirildiği ve veya görüntülediği bir ağ haritasında izlenebilir. (EGO-Ansaldo,2009)

Tren-işgal haritası ZC tarafından şunlara göre tesis edilir:

- IXL tarafından sağlanan ray devreleri meşguliyeti
- Makasların pozisyonları
- Her bir CC, tren kimliğini, arka ve ön uçlarının yerlerini ve kritik olmayan hesaplanmış tahmini pozisyon belirsizliği vb. raporları sağlar. Tren kimliği "CC ID" aslında her bir araçta iki CC'nin aynı numarayı almaması şartı ile kritik sabit kodla yazılmıştır.
- Belirsizlik söz konusu olduğu zaman, ZC, trenin "kritik" en ön ve an arka noktalarının pozisyonlarını, CC' den gelen kritik olmayan pozisyon raporunu ve raporlanmış olan pozisyon belirsizliğini kullanarak hesaplar. Bu durum, tren uzunluğunu maksimuma çıkarmayı garanti eder.(tren aralığı tespiti için "en kötü durum").

Şekil 4. 11 Pozisyon Belirsizliği



Kaynak: Ansaldo M1, M2, M3 Metro Hattı Sistem Dokümantasyonu

4.5.1 Hat Veri Tabanı Yönetimi

Hat veri tabanı hem Carborne hem de yol tarafı CBTC alt sistemleri tarafından kullanılır. Her bir CC'nin hafızasında ilgili hat bölümünün database'i vardır. Bakım durumunda (veri tabanı muhtevasının değişimi) veya bir treni seyrek kullanılan bir bölgeye yönlendirirken CC bilgisini yenilemek ya da tamamlamak için Carborne veri tabanının güncellenmesi gereklidir. Muhtelif ağ elemanları sabit karakteristikler (kalıcı hız kısıtlamaları gibi ray durumuna bağlı özellikler. (PSR), vs) ve değişken karakteristikler (ray tarafı sinyal durumu vs) gösterirler. Bu elemanlar CBTC sisteminin alt sistemleri tarafından ATP, ATO ve denetim işlevlerine ulaşabilmek için kullanılırlar. (EGO-Ansaldo,2009)

Aşağıdaki bölümlerde, modelin sabit karakteristikleri CBTC veri tabanına referanstırlar. Aşağıda tanımlanan Segment (Segment) ve Hat Kesimi (Section) kavramlarına dayanırlar. Referans noktası ray eksenidir. (şuna dikkat edilmelidir ki segment uzunlukları veya nesnelere arasındaki mesafeler ve segment başlangıcı veya tren yeri tespitinin temelleri gibi ölçümlerde ray eksenini ile mukayese edilir.)

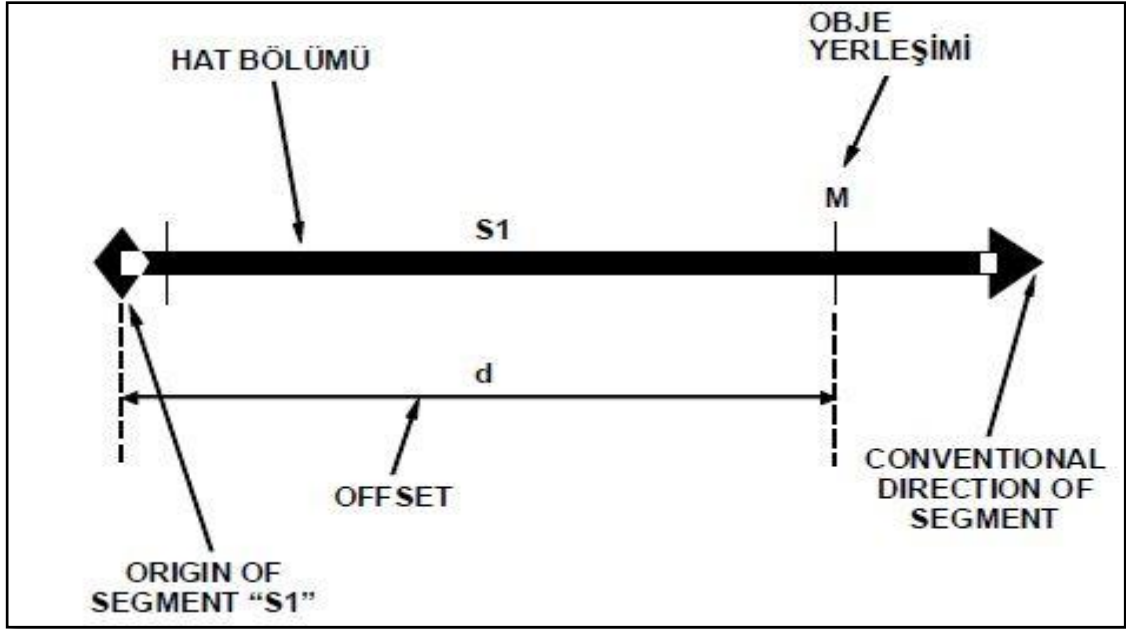
4.5.2 Demiryolu Ağının Tanımlanması

ATS demiryollarındaki muhtelif sabit elemanların (makaslar, istasyonlar gibi), hareketli elemanların (trenler), ve diğer CBTC sinyalizasyon sistem ekipmanlarının (alıcı vericiler- transponders) yerlerini tespit etmek için bir lokasyon noktası modeli kullanılır. Bu model her bir hat için bir eksen ve normal tren işletmesi yönü tarafından tanımlanır. Herhangi bir elemanın yeri o elemanı model eksenden ayıran mesafe ile tanımlanır (kilometre cinsinden). Bu model ATS tarafından mesela trenlerin yerini belirlemek veya geçici hız sınırlamalarını tesis etmek için kullanılır. (EGO-Ansaldo,2009)

Segmentler: Ağ tanımı birbirine bağlanmış segmentler ile yapılmıştır. Bir segment; bir numara, bir eksen, bir normal yön (yön belirleme) ve bir uzunluk ile tanımlanan doğrusal hat kısmı olarak tanımlanır. Her bir segmentin tek bir numarası vardır. (yani iki ayrı segment aynı numarayı alamazlar). Trenin her bir noktası ve her bir hat

karakteristiğinin yer belirlemesi ray segmenti numarasına ve segment üzerindeki bir offset (o noktanın yeri ile ray segmenti orijini arasındaki mesafe.) göre yapılır. (EGO-Ansaldo,2009)

Şekil 4. 12 Segment Tanımı

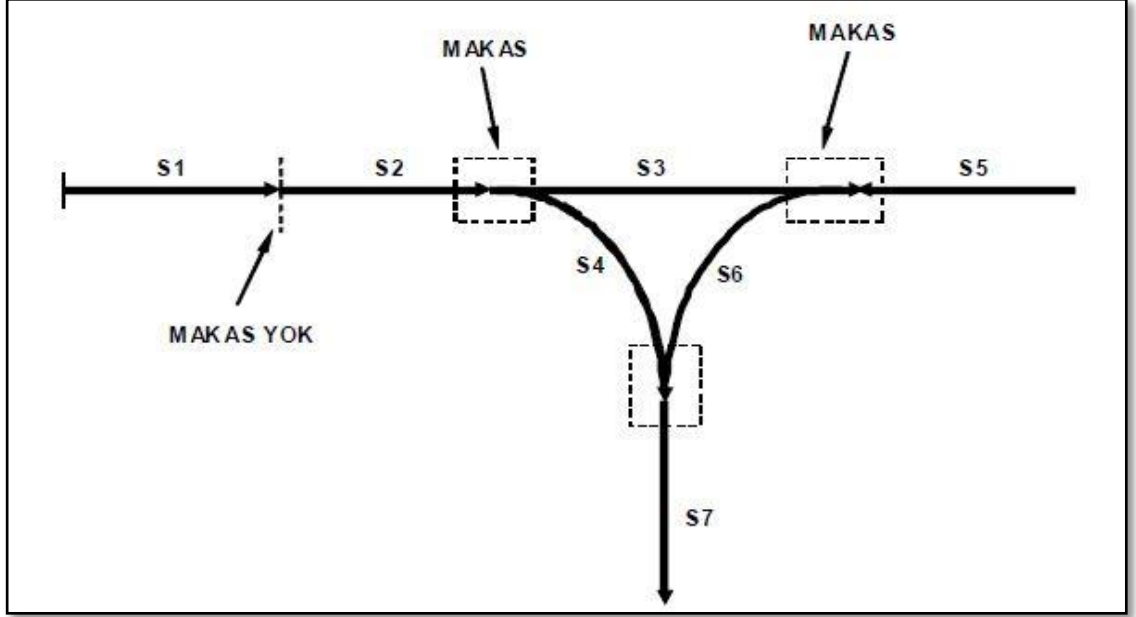


Kaynak: EGO-Ansaldo Sistem Dokümantasyonu

Şekil 4.12. de , “M” noktası yeri [S1 (Segment numarası); D (segmentteki offset mesafesi)] ile tanımlanmıştır. Hat segmentlerinin bağlanmalarının kuralları tanımlanmalıdır, mesela, bir hat segmentini terk eden (yada bitişik segmente dahil olan) trenin yerini güncellemek mecburiyetinde olan veya yol tarafından aldığı sınırlamaların (durma noktaları olarak) yer tespitini yapması gereken CC için. (EGO-Ansaldo,2009)

Segmentin sonu bir ayırıcı makasa geldiği zaman burada yön, makas bildirimine göre tanımlanır (ilk önce anlaşılan ile ZC ye AVS’ ye daha sonra ZC aracılığı ile CC’ ye iletilir). Aşağıdaki Şekil 4.13 de S2 nin S3 veya S4 ile zincirlenmesine bakınız. Segmentin sonu bir birleştirici makasa geldiği zaman, yön belirli olarak kabul edilir: “Varış Noktası” hep aynıdır. (Aşağıdaki Şekil 4.13’de S4 ün S7 ile zincir bağlantısı). Makasların olmadığı durumda iki segment arasındaki bağlantı sabittir. (aşağıdaki Şekil 4.13 te olduğu gibi S1’in S2 ile zincir bağlantısı).

Şekil 4. 13 Segmentlerin Zincirlemesi



Kaynak: EGO-Ansaldo Sistem Dokümantasyonu

Yöne Göre Yönlendirme: Hattın non-polarizasyon kısıtlamalarını dikkate alabilmek için segmentler değişik yönlere yönlendirilebilirler. (yani bitişik iki segmente farklı değişik yönler tanımlanabilir.) Konfigurasyonun sabit verileri bitişik segmentlerin göreceli yönlendirmelerini ortaya koyar.

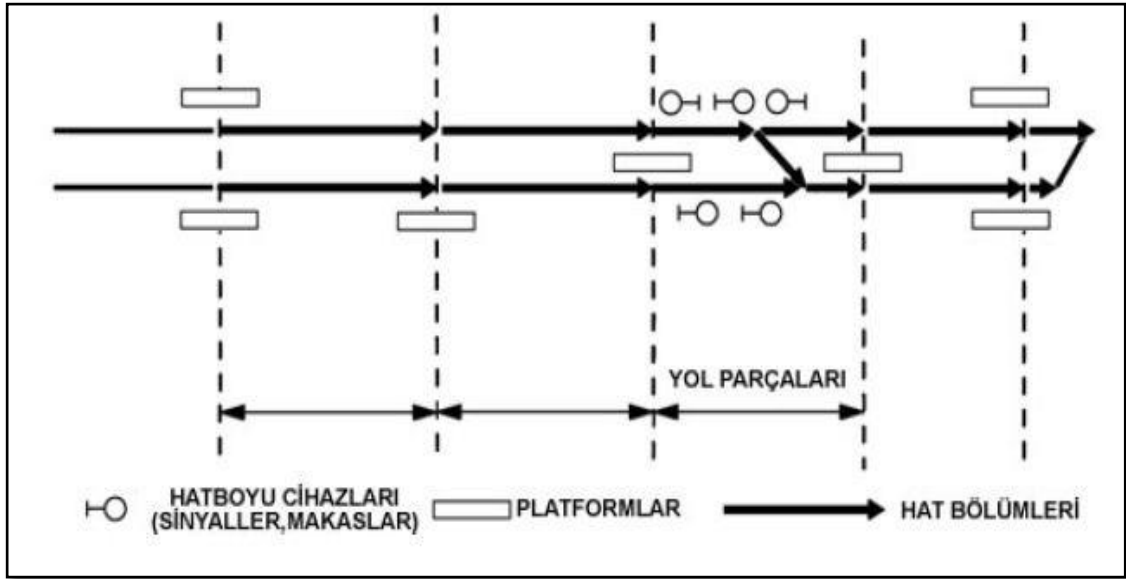
Örneğin, yukarıdaki Şekil 4.13 de:

- S2 ve S4' te aynı göreceli yönlendirme vardır.
- S2 ve S3' te aynı göreceli yönlendirme vardır
- S4 ve S7' te aynı göreceli yönlendirme vardır.
- S7 ve S6' te aynı göreceli yönlendirme vardır.
- S6 ve S5' te aynı göreceli yönlendirme vardır.
- Fakat S3 ve S5' de karşıt göreceli yönlendirme vardır.

Bu nedenle CBTC yazılımı tarafından her ne zaman bir yön kullanılır ise, verilmiş bir segment ile ilgilidir.(yani belirlenmiş bir yerel konvansiyona bağlıdır). (EGO-Ansaldo,2009)

Hat Kesimleri: Hat kesim kavramı yerleşik veri tabanı tarafından kullanılır. CC için hattı (ve ek elemanları) tanımlayan sabit veri tabanı setler halinde hazırlanmıştır. Her bir set “Hat kesimi” olarak adlandırılır ve hat segmenti tanımlamaları, transponder’ler, eğimler ve sinyallerin pozisyonları gibi bilgileri içerir. Hat kesimleri veri tabanı ile demiryolu ağı konfigürasyonunu tanımlamayı mümkün kılan dataları ihtiva eden temel setlerdir. Hat kesimi istasyonlar arasını belirtir.(genellikle ana hatlar üzerinde bir platformdan diğerine kadar). Şuna dikkat edilmelidir: Coğrafi olarak bir hat kesimi bir set ray segmentlerine tekabül eder. Yerleştirilmiş olan veri tabanının yönetiminde aynı şekilde hat kesimleri seviyesinde yürütülür, yani her kesimin kendi tanımlama versiyonu vardır. (EGO-Ansaldo,2009)

Şekil 4. 14 Hat Kesimi Mantık Haritası



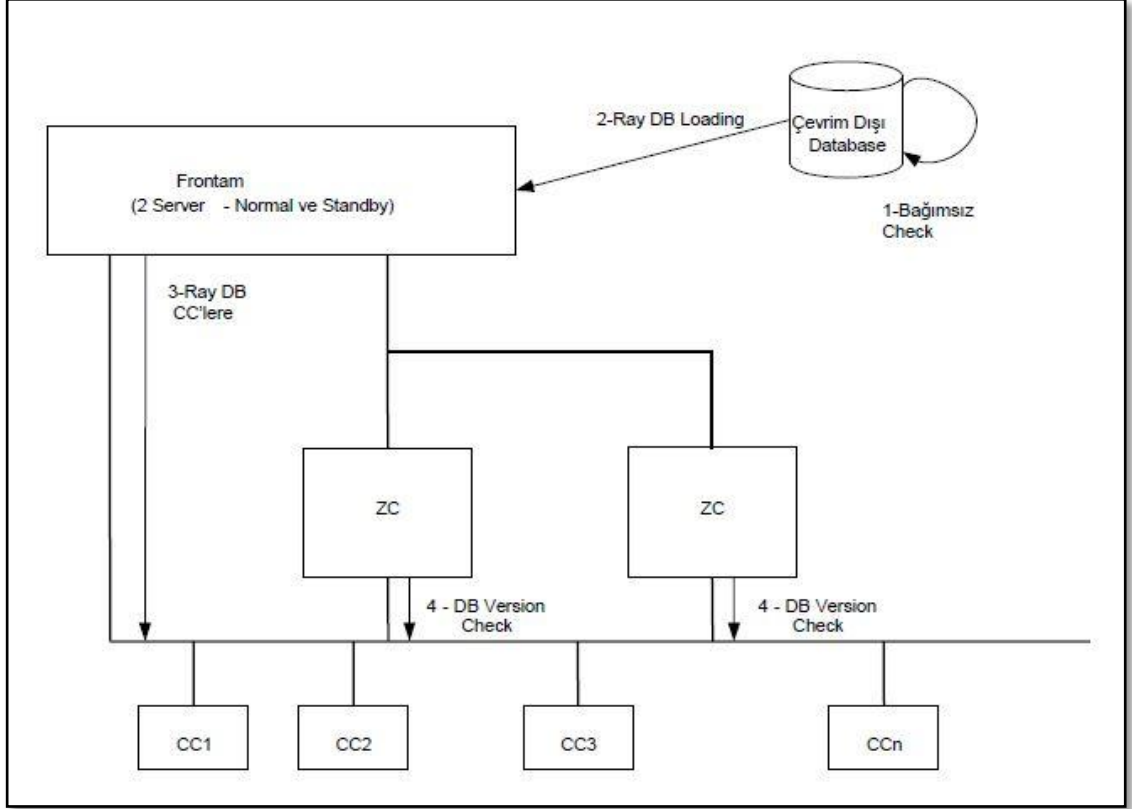
Kaynak: EGO-Ansaldo Sistem Dokümantasyonu

Hat kesimi kavramı ZC/CC interfazları tarafından kullanılır. Kolaylık olsun diye ve radyo (DCS) kullanımındaki verimliliği sağlamak için, ZC'den CC'ye iletilen verilerin büyük bir bölümü hat tarafı ekipmanı ve hat bölgelerini kapsayan setler halinde organize edilmiştir. Bu setlerin alt bölümleri hat bölümlerindeki alt kısımlara tekabül eder.

Segmentler/Bölümler/Hatlar'ın Sınıflandırılmaları: Segment sınıflandırılmalarının prensibi şöyledir: Segment kimliği, hat kesim kimliğinden ve hat kesimi üzerindeki segmentin göreceli numarasından üretilir. Hat kesim kimliği ise hat kimliği ve hat kesiminin hat üzerindeki göreceli numarasından üretilir.

Hat Veri Tabanı Güncellemesi: Hat veri tabanları FrontAM'de yerleşiktir ve CC'ler tarafından talep edilmeleri halinde trenlere indirilebilirler. Her bir CC periyodik olarak kullanmakta olduğu veri tabanının versiyon numarasını veri tabanı sunucusu ile karşılaştırır. Eğer CC bir güncelleme ihtiyacına karar verirse, veri tabanı sunucusundan yeni versiyonu indirme talebinde bulunur. Eğer bir CC özel bir hat verisini isteyecek olur ise, veri tabanı sunucusu bu istek için istenilen datayı içeren bir seri mesaj göndererek cevap verir. Hat veritabanı (DB) bir offline veritabanı kullanılarak meydana getirilir. Bu veri tabanı işlevsel bilgiler içeren dosyalar ve veri tabanı bütünlüğünü kontrol etmeye yarayan kontrol değerleri içerirler. Bu veri tabanı kritik(vital) bilgiler içerdiği için, bağımsız olarak doğrulanır Hat veri tabanı FrontAM sunucularından indirilir (2). Periyodik olarak, normal sunucu (3) hat veri tabanını Carborne Kontrolörlere (CC) gönderir. Bu hat veri tabanı CC tarafından alındığında, kontrol değerlerini yeniden hesaplar ve bunları o anda aldığı veri tabanının kontrol değerleri ile kıyaslar. Eğer kontrol sonucupozitif ve veri tabanı versiyonu yetkilendirilmiş bir versiyon ise (ZC(4) ile çapraz çek yapılır) , CC bu veri tabanını kullanır. CC'ler FrontAM'a bir hat veri tabanı talebi gönderebilir. Front AM buna bir hat veri tabanı güncellemesi ile tepki verir. (EGO-Ansaldo,2009)

Şekil 4. 15 Hat Veri Tabanı Yönetimi



Kaynak: EGO-Ansaldo Sistem Dokümantasyonu

4.5.3 Bilgisayar Anlaşman Sisteminin Ana Karakteristikleri

Bilgisayar Anlaşman Sisteminin ana karakteristikleri aşağıdaki gibidir:

- Hattın tüm istasyonları/durakları için İşletim Kontrol Merkezinde toplanan anlaşman fonksiyonları.
- Sinyalizasyon durumunun arızasız ilkelerle gösterilimi için Merkezi İnsan Makine Arayüzü (MMI).
- Kritik(vital) Uzaktan Kontrollerin merkezi kontrol ünitesiyle entegrasyonu.
- Merkezi Ekipman diyagnostik Bilgilerinin izlenmesi.
- Merkezi Kronolojik Olay Kaydedicisi.
- RCBTC ile merkezi güvenli iletişim.
- ATS/CTC ile merkezi iletişim.

h. Merkezi acil durum yönetimi. (EGO-Ansaldo,2009)

Ayrıca, benimsenen mimari, ilerde yeni fonksiyonların ve/veya hat uzatmanın entegrasyonu için uygun bir yapıda olacaktır.

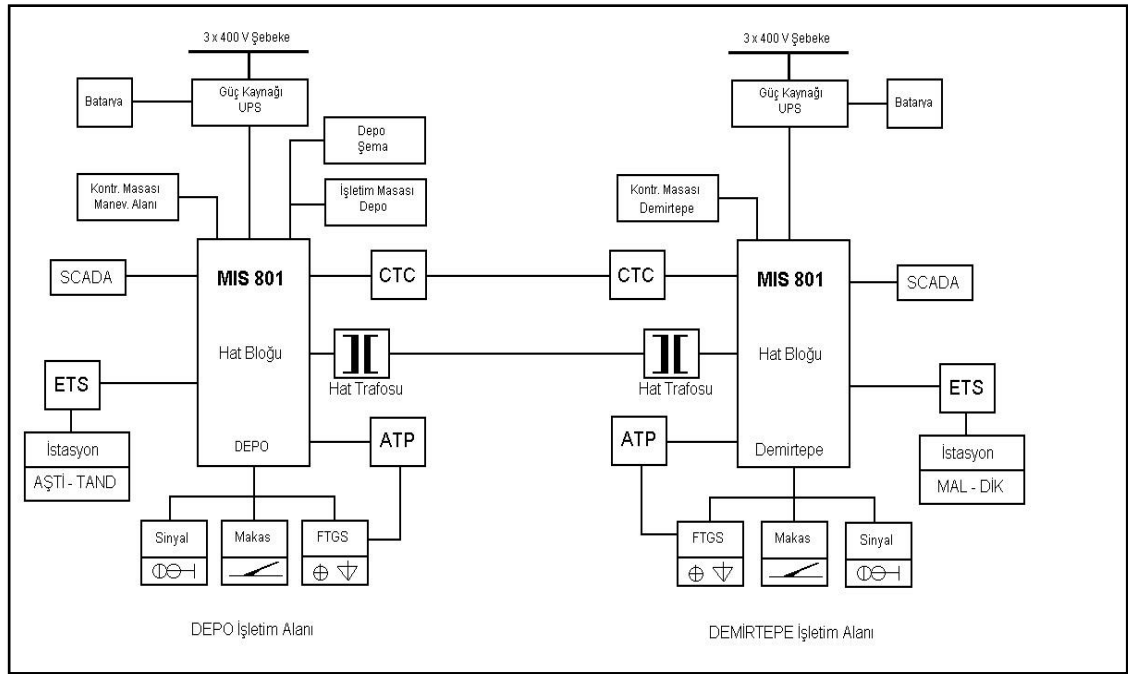
Ana Fonksiyonlar: Bilgisayar Anlaşman Sistemi, tüm istasyonların trafiğinin otomatik veya manuel olarak yönetecektir. Saha cihazları ve hat ekipmanlarının doğrudan kontrolü ve izlenmesi, Periferik İstasyonlar vasıtasıyla yönetilecektir. Sistemdeki tüm saha cihazları ve bunların durumları, bir MMI vasıtasıyla Kontrol Merkezinde ekranda gösterilecek ve izlenecektir (Arıza Yönetimiyle birlikte).

Bilgisayar Anlaşman Sistemi, aşağıda sıralanmış olan temel fonksiyonları yönetecektir:

- a. Güzergâh komutları ve koruma fonksiyonlarının (örn: yol kenarı koruması) işlenmesi,
- b. Operatör ara yüzlerinin yönetimi,
- c. Sinyalizasyon ekipmanı ve bileşenlerinin diyagnostik izlenmesi,
- d. Alarmların ekranda gösterilmesi,
- e. Olay kaydı,
- f. Denetim sistemiyle veri alışverişi.
- g. Bakım yönetimi. (EGO-Ansaldo,2009)

Yapılan incelemeler ve çalışmalar sonucunda Ankaray da kullanılmakta olan MIS 801 sinyalizasyon sistemine ek yapılamama durumu ortaya çıkmıştır. Bu alanda faaliyet gösteren firmalar kendilerine ait protokol ve interfacer kullandıkları için MIS 801 sistemine çözüm üretememektedir. Ayrıca teknolojideki hızlı değişimden dolayı sistem sağlayıcıları ilerleyen yıllarda kendi üretmiş oldukları sistemlere gerekli destekleri sağlayamamaktadır. Söz konusu olan MIS 801 içinde uzatma ve ekipman desteği alınamamaktadır. Ankaray’da kullanılmakta olan anlaşılan sisteminin blok diyagramı Şekil 5.2 de verilmiştir.

Şekil 5. 2 MIS 801 Anlaşılan Sistemi Blok Diyagramı



Kaynak: Siemens MIS 801 Sistem Dokümantasyonu

Blok diyagramda tüm hattı sinyalli hale getirmek için iki adet röle merkezi kurulmuştur. Sistemin iki kısma ayrılmasının sebebi hat devrelerinin 6.5 km’lik mesafede sinyal eşik seviyesinin düşümünden dolayı yeni bir merkezin kurulmasına ihtiyaç duyulmuştur. İki sistemin haberleşmesi ve diyagnostik verilerin iletimi için CTC kullanılmıştır. CTC ile trafik kontrol merkezinde bulunan dispeçerin iki bölgeyi de kontrol etmesi sağlanmıştır. Anlaşılan sisteminin diğer alt birimleri ayrıntılı olarak bölüm 2 ve 3 de ayrıntılı olarak

anlatılmıştır. MIS 801 sistemi elektromekanik rölelerden oluşmaktadır. Röleler sistemin ana omurgasını oluşturuyor. Rölelerden kaynaklanacak sistem karmaşıklığını ortadan kaldırmak için röleler gruplandırılmış ve üniteler halinde sunulmuştur. Geliştirilen bu ürünle rölelerin tek tek bağlantısıyla yapılacak anlaşılan sisteminin karmaşık yapısının önüne geçilmesi amaçlanmıştır. Üniteler arasındaki bağlantıları sağlamak için “spoor” adı verilen 20 damarlı kablolar kullanılmıştır. Anlaşılan sisteminde kullanılan röle üniteleri ile modüler bir yapı elde edilmiştir. Sistem bütünü göz önüne aldığımızda büyük bir elektromekanik bilgisayarla karşı karşıya olduğumuzu görmekteyiz.

Şekil 5. 3 Sinyalizasyon Röle Üniteleri



MIS 801 sistemini oluşturan zincirin en zayıf halkasını röleler oluşturmaktadır. Rölelerden oluşan bir sistemde arıza takibi, bakım ve onarım oldukça güçtür. Sistemde her hangi bir değişim yapma gereği duyulduğunda montaj ve bağlantı şeklinin değişimine gerek duyulmaktadır. Ayrıca bu tip röleler her firmanın kendi sistemine

özgün üretmiş olduğu bir ergonomiye sahiptir. Aynı zamanda yapacağımız iş ünitenin kontak sayısı ile sınırlıdır. Tüm bu koşullar göz önünde bulundurulduğunda sistemin daha sağlam bir alt yapıya kavuşması kaçınılmazdır. Kullanacağımız ürün hem röleli sistemin olumsuzluklarını ortadan kaldırmalı hem de işletmenin kapalı bir sistemden açık ve birden çok ürün sağlayıcının hizmet sunacağı bir yapıya kavuşturma ihtiyacı ortaya çıkmıştır.

5.2 ÇÖZÜM MİMARİSİ

- i. Öncelikle mevcut yatırımın korunması amaçlanmıştır. Ankaray sinyalizasyon sisteminin modernizasyonunu tamamen sistem değişimine gerek kalmadan ve mümkün oldukça mevcut alt yapıyı kullanarak çözüm geliştirmek.
- ii. Yapılacak olan bu uygulama ile maksimum alt yapı kullanımı ve minimum değişikliği ön görmektedir.
- iii. Çalışmadaki kritik sistem parçaları olan LZB 703 ve MIS 801 kısımlarının IEC 61508 ile uyumlu PLC ekipmanıyla değişimi yapılacaktır.
- iv. LZB 703-MIS 801 sistemlerinin değiştirme tasarımı ve uygulaması EN 50126 da öngörüldüğü gibi V-döngüsü yaklaşımına göre yapılacaktır.

Önerilen çözüm kullanılmakta olan anlaşılan sisteminin yerine 1:1 geçecektir. Bundan dolayı tüm hat kenarı ekipmanları, kablolar ve bazı arayüzlerde herhangi bir değişikliğe ihtiyaç duymadan kullanılabilir. İşletmenin gereksinimlerine dayalı olarak MIS 801 ve LZB 703'ün değişiminde iki farklı seçenek ele alınmıştır.

İlk çözümde tren rotası ve headway'inde hiçbir değişim yapmadan sistem modernizasyonu. Bu çözümde mevcut hız eğrileri olduğu gibi uygulanacaktır.

- a. Headway optimizasyonu
- b. Duruş noktalarında değişiklik
- c. Hız kısıtlamalarında değişiklik

- d. Trenlere farklı frenleme karakteristiklerinin tanımlanması
- e. Yeni hız profili değişiklik yapılmayacaktır.

İkinci çözümden ise tren rotalarında mevcut hız eğrilerinde istenen değişiklikler yapılabilecektir. Aynı zamanda olası yeni istasyon ve rotalar eklenebilecektir. Bu eklemeler için daha uzun süreler ihtiyacı olacaktır.

- a. Headway optimizasyonu
- b. Duruş noktalarında değişiklik
- c. Hız kısıtlamalarında değişiklik
- d. Trenlere farklı frenleme karakteristiklerinin tanımlanması
- e. Yeni hız profili oluşturulacaktır.

Çalışma öncesinde aşağıda sıralanan hususlar incelenip işletmenin gereksinimleri karşılanacaktır.

- a. Mevcut ekipmanların analizi
- b. İhtiyaçların/Gereksinimlerin tanımı
- c. Gereksinimlere göre donanım/yazılım tabanlı mimarinin ayrıntıları
- d. Tren hız eğrileri ve rotaların yenilenmesi
- e. Bağımsız bir kuruluşça doğrulama ve tasdikleme
- f. Protokol ve test
- g. Devreye alma plan ve programı
- h. Anlaşman arayüzleri

5.3 MODİFİKASYON ADIMLARI

Günümüz teknolojisinde röleli sistemlere karşı alternatif oluşturan PLC'ler üretilmektedir. PLC kullanarak röle ünitelerini devreden çıkarabiliriz. PLC ile yapılacak sistem bize birçok avantaj kazandıracaktır. Öncelikle tek bir üreticiye bağımlılık ortadan kalkacaktır. Ayrıca sisteme ilerleyen yıllarda yapılacak ilaveler için yeni bir alt yapı elde edilecek bu yapıda değişiklikler yapmak eski sisteme oranla daha ekonomik ve

kolay olacaktır. PLC'lerin sahip olduğu güvenilirlik ile sistem daha da güçlenmiş olacak ve bakım-onarım açısından basit bir yapıya kavuşacaktır. Sistemin omurgasında bu değişikliği yapmak için elimizde yeterince veri ve tecrübe oluşmuştur. Tersine Mühendislik (Reverse Engineering) ile rölelerin sağladığı senaryolar PLC'lere aktarılacaktır.

5.3.1 Yenilenen Sürekli Tren Kontrolü (LZB 703)

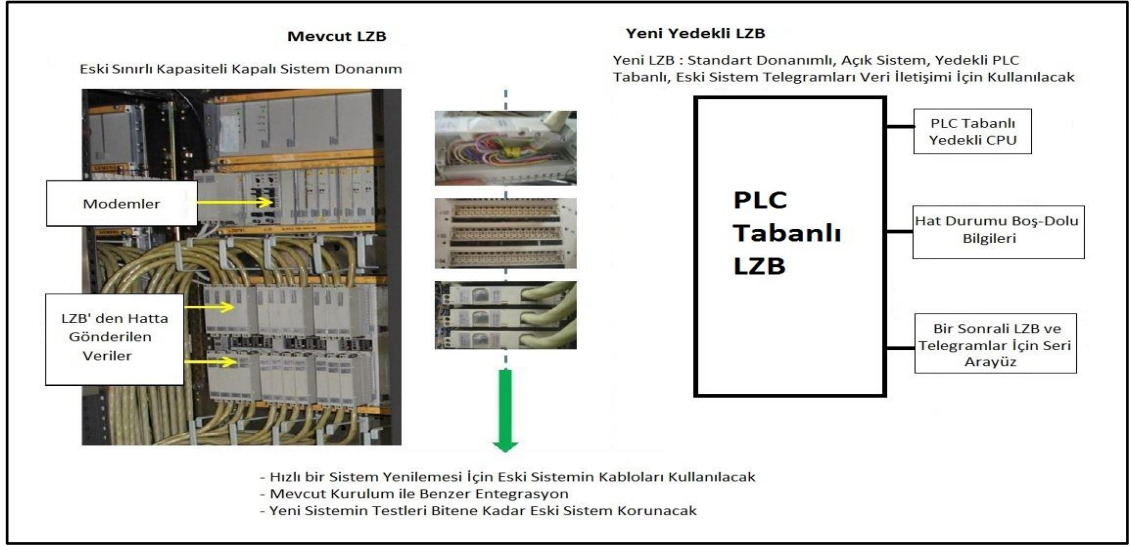
MIS 801 sistemi yedekli bir yapıya sahip değildir. Örneğin LZB 703 sisteminde yaşanabilecek bir arıza sistemin bütününe etki etmekte ve işletmenin kısıtlı servis sunmasına neden olmaktadır.

LZB 703 tarafından araçlara dolayısıyla sürücüler aşağıda sıralanan kritik bilgiler gönderilmektedir.

- a. Nominal Hız
- b. Sürücü Talimatları
- c. İstasyonlarda durma noktaları
- d. Araç frenleme eğrileri
- e. Kayma mesafeleri
- f. Gidilecek yerin mesafesi
- g. Gerçek pozisyon
- h. Acil durumlar

MIS 801 sisteminde sayısal veri barındıran iki sistem vardır. Bu sistemler ATP ve LZB 703 tür. Bu kritik bilgiler PLC'nin sahip olduğu yedekli yapı ile kesintisiz bir iletişim sunacaktır. Ayrıca yapılacak genişlemelerde sistem modülerliğinden dolayı sorunsuz bir altyapı sağlayacaktır.

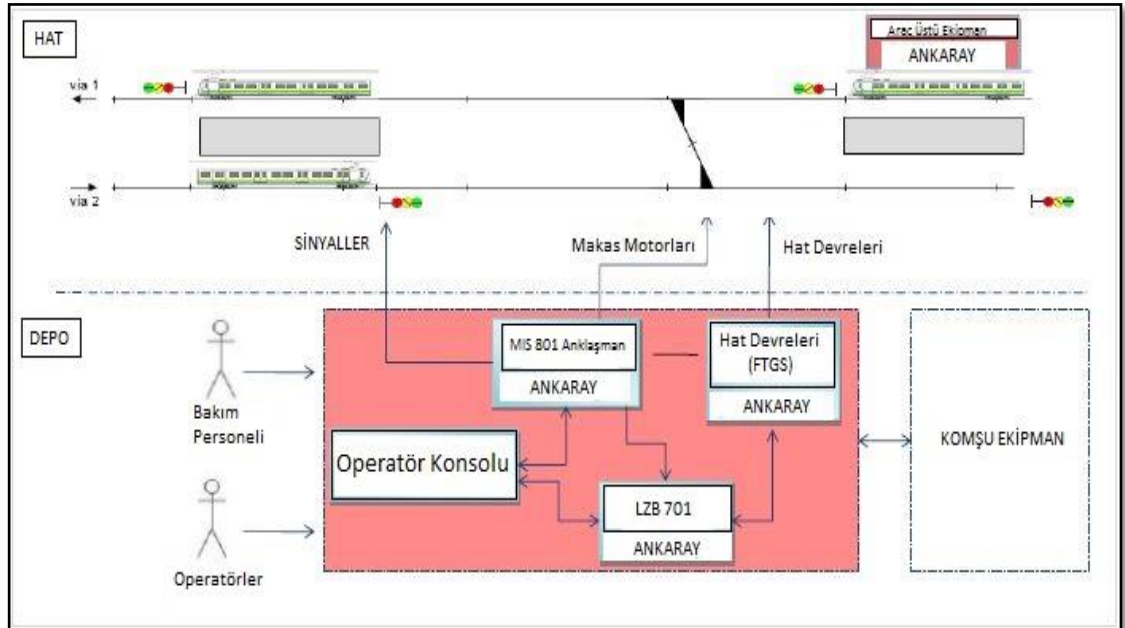
Şekil 5. 4 Yeni Yedekli LZZ



5.3.2 Yenilenme Sürecinde Hat Devreleri (FTGS)

LZZ 703'ün üretmiş olduğu dijital sinyallerin hattın bölünmüş parçalarına gönderilmesi için mevcut hat devreleri yine kullanılacaktır. Modülasyon işleminin yapıldığı alt sistemimiz bölüm 3 de anlatılan FTGS yani ses frekanslı hat devreleridir. Şekil 5.4 de görüldüğü gibi FTGS'nin temel görevi bilgi sinyalini LZZ 703'ten alıp güvenli bir şekilde hattın bölünmüş parçalarına iletmektir.

Şekil 5. 5 Telegram Akışı



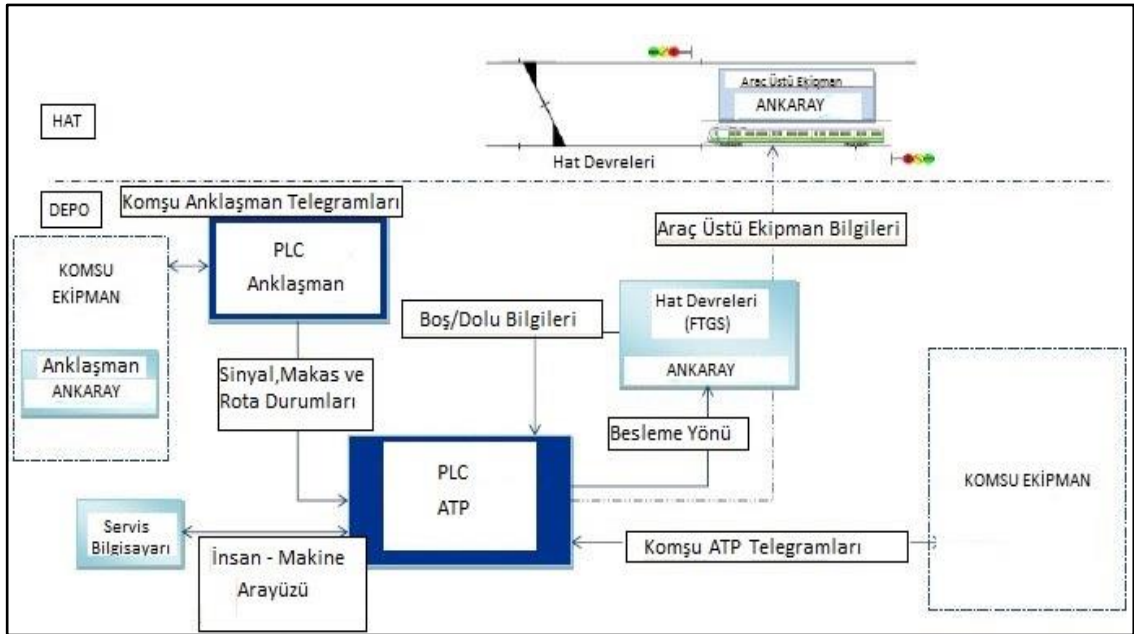
FTGS'nin modifikasyondan sonra kullanılabilir olması ekonomik açıdan katkı sağlasa da sabit blok yapısını devam ettirmemiz açısından dezavantaj sunmaktadır. Sabit blok yapısı ile servis sıklığında bir iyileştirme sağlayamayacaktır. İşletmenin sahip olduğu önceki hız profilleri aynı şekilde kalmış olacaktır. Hız profillerinde değişim yapabilmek için sistemin hareketli hedef prensiplerine göre yeniden irdelenmesi gerekecektir.

Hattımız S-Bantları ile parçalara ayrılmıştır. Ses frekanslı hat devreleri tren aksı tarafından kısa devre edildiğinde sistem üç kritik değerlendirme yapmaktadır.

- Genlik değerlendirme
- Modülasyon kontrolü
- Kodlama kontrolü

Buradan anlaşılacağı üzere ses frekanslı hat devreleri anlaşılan sistemi ile trenler arasında bir iletişim altyapısı sağlamaktadır. İletişim tek yönlüdür sadece hattan araçlara veri akışı mümkündür. Hattın sabit bölümlere ayrılmasından dolayı ve araçların birbirleriyle haberleşmemesinden ötürü sistemin sunmuş olduğu servis sıklığı kısıtlanmış olmaktadır.

Şekil 5. 6 Modifikasyon Sonrası Telegram Akışı



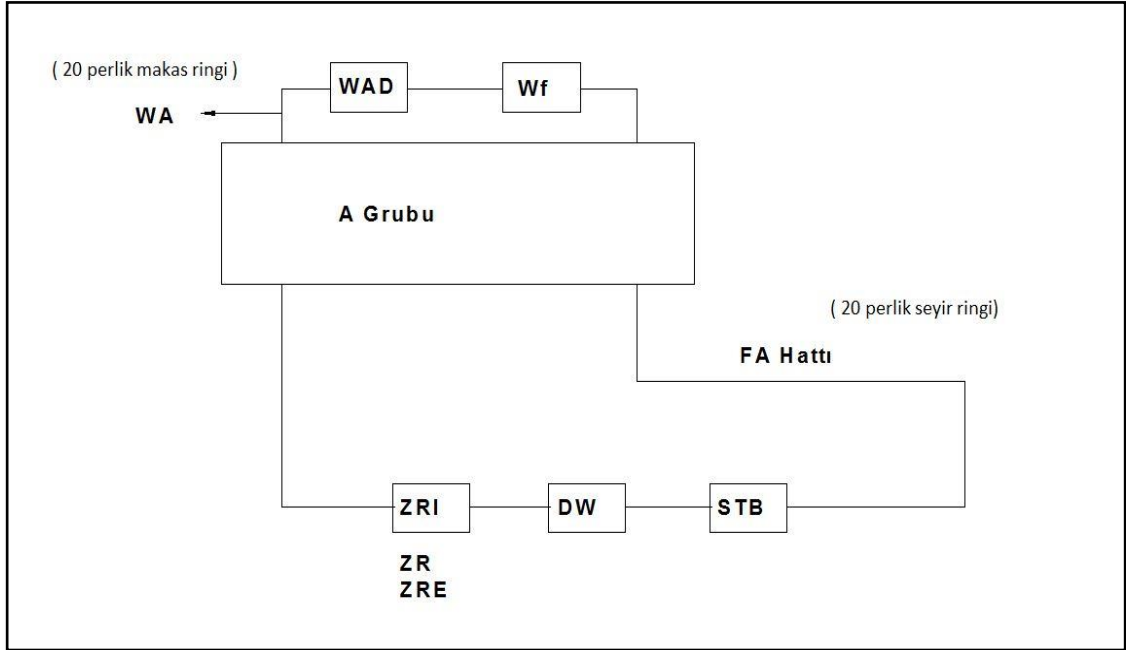
Şayet ilerleyen yıllarda sistemin daha sık servis aralığına ihtiyaç duyması halinde modifikasyonu yapılacak sistem yedek anlaşıman sistemi olarak da değerlendirilebilecektir.

5.3.3 Röle Ünitelerinin PLC'lere Dönüşümü

Mevcut sinyalizasyon sistemi ile trafik kontrol merkezinden seyir caddesi (rota kurulumu) oluşturmak için kontrolör masasında bulunan tuşların kullanımıyla gerçekleştirildiği önceki bölümlerde açıklanmıştır.

Sinyalizasyon sisteminde kullanılan röle grupları şekil 5.7'deki gibi bir ring halindedir. İlgili üniteler daha önce anlaşıman tablolarından elde edilen veriler çerçevesinde hattın ve trafik kontrol merkezinin göndermiş olduğu verileri kontrol eder ve seyir caddesinin kurulmasına olanak sunar.

Şekil 5. 7 Röle Üniteleri Ring Yapısı

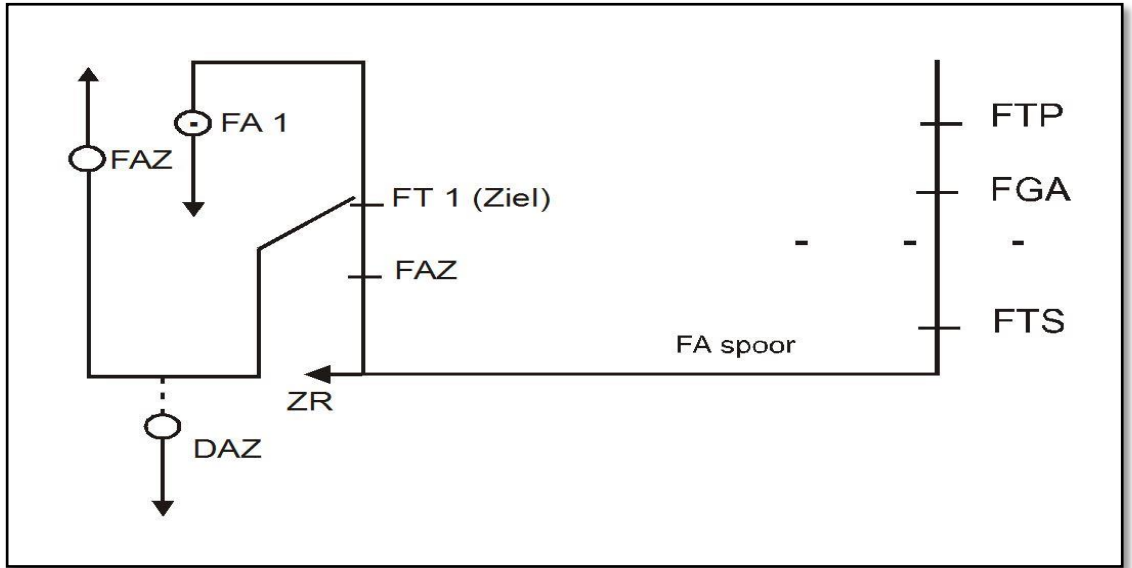


Kaynak: Siemens MIS 801 Sistem Dokümantasyonu

Röle ünitelerinin işlevlerini kontak seviyesine indirgeyerek sistemin çalışmasını ele alırsak sistemin modifikasyonunu daha hızlı bir şekilde gerçekleştirebiliriz. Bunun için rota kurulumunu ve FA hattının durumunu kontak şeması ile inceleyelim.

Burada amaç FA1 rölesinin çekmesidir. İlk pozisyonda FTP rölesi çekili, FGA ve FTS röleleri çekili değildir. Seyir hattının oluşturulacağı hattın başlangıç ve bitiş butonlarına iki saniye süre ile aynı anda basılınca FTP rölesi bırakır, FGA ve FTS röleleri çeker. Dolayısıyla devre akımı grupları kontrol ederek hattı açar. Burada gruplardan kastedilen, kurulan seyir hattının başlangıç ve bitişinde sinyallerin kontrolü, kayma mesafesi kontrolü ve hat üzerinde makas varsa makas tanziminin kontrolünü yapan röle gruplarıdır. Sonuç itibariyle bu işlem neticesinde FA1 rölesi çektirilmiş olur.

Şekil 5.8 Rota Kurulumu (Seyir Hattı Oluşumu)



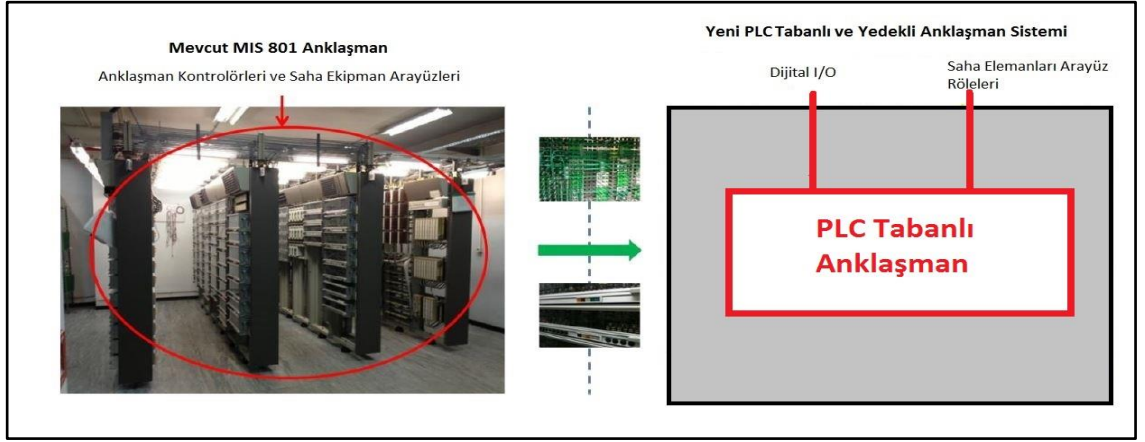
Kaynak: Siemens MIS 801 Sistem Dokümantasyonu

FA1 rölesi çektiği anda FAZ rölesi de çekerek devreye girer. FAZ rölesi, Overlap olarak tarif edilen kayma mesafesi veya fren mesafesi kontrolünü yapan DW röle grubu içindir. Şekil 5.9’da seyir hattı oluşumu esnasında fren mesafesinin devreye girmesini göstermektedir.

- e. Başlangıç ve bitiş butonlarından el çekilince, A ünitesi içerisinde bulunan FA1, FA2, FA3, FA4, FTP ve FGA röleleri eski pozisyona dönerler.

Rota kurulumu esnasında hattın belirli bir kısmı ele alınmış ve gerçekleşen olaylar incelenmiştir. Modifikasyon sonrasında teknik odada Şekil 5.11 de görüldüğü gibi bir değişim gerçekleşecektir.

Şekil 5. 10 Yeni PLC Tabanlı Anlaşman Sistemi



6. SONUÇ

Bu tez çalışması; Ankaray Hafif Raylı Toplu Taşıma İşletmesi'ne yeni bir istasyon ilave edilmesi kapsamında yapılan çalışmalarda mevcut sinyal sistemine ek yapılamaması nedeniyle ortaya çıkan soruna çözüm üretme amacıyla yapılmıştır. Bu vesileyle sinyal sisteminde kullanılan eski teknolojinin genişletilmesi yapılamadığı için alternatif bir teknoloji önerisi yapılmış, bu öneri ile beraber genişleme sürecinde ortaya çıkan sorunların çözülebileceği gösterilmiştir.

Eski teknoloji röleli bir alt yapıya sahip olduğundan, ürün temini, imalatı, bakım ve onarım zorlukları bu sistemin sürdürülebilir olmadığını göstermektedir. Dolayısıyla bu yapının genişletilmesi mümkün görülmemektedir.

Bu durumda mevcut teknolojinin fonksiyonel yapısını değiştirmeden bunu bir PLC tabanlı sistem üzerinde gerçekleştirmek en ucuz ve kısa vadeli çözüm önerisi olarak görülmektedir.

Bu değerlendirmeye bağlı olarak PLC tabanlı çözüm geliştirilmiştir ve bu çalışmada Söğütözü İstasyonunun sinyal sistemine ilave edilmesi ile birlikte ortaya çıkan genişletilme ihtiyacının nasıl karşılanabileceği gösterilmiştir.

Bu yaklaşım, ülkemizde gelişmekte olan Raylı Sistem İşletmelerinin bakım ve onarım faaliyetlerinin yanı sıra, sistem bileşenlerinin yerli ar-ge gücü ile geliştirme ve üretmenin ne kadar önemli olduğu fikrine dayalı olarak yapılmış bir deneme çalışması olması itibarıyla anlamlıdır.

KAYNAKÇA

Kitaplar

Aksoy, S., 2004. *Programlanabilir Lojik Denetleyiciler ve Mühendisi*. İstanbul: Değişim Yayınları, ss. 7-18.

Karabacak, M., 2005. *İleri Kumanda Teknikleri*. İskenderun, ss. 96-106.

Kurtulan, S., 2008. *PLC ile Endüstriyel Otomasyon*. İstanbul: Birsen Yayınevi.

Kurtulan, S., 1999. *PLC ile Endüstriyel Otomasyon*. İstanbul: Birsen Yayınevi, ss. 1-13.

Diğer Yayınlar

C. Schlosser, M. Obermann 1995, *Automatic Train Protection*, Siemens AG

EGO-Ansaldo,2009, *Ankara Metrosu ATCS Sistemi Genel Teknik Spesifikasyonları*

Ga.Beckendorf, 1995, *Sinyal işaretleri*, Siemens AG.

Gündoğdu, F. ve Söyler H., 2008: Demiryolu sinyalizasyon sistemlerinde tasarım kriterleri ve fail-safe kavramı , *Kentiçi Raylı Sistemler Bülteni*, sayı 8.

Gündoğdu, F. ve Söyler H., 2005: Raylı sistemlerde emniyet standartları ve makas otomasyon sistemine uygulanması, *Elektrik – Elektronik – Bilgisayar Mühendisliği 11. Ulusal Kongresi ve Fuarı*, İstanbul, 22– 25 Eylül.

J.Schmitt, 1982, *Modular Interlocking System*, Siemens AG.

J.Hansen, C. Schlosser, 1990, *Ses Frekanslı Hat Devreleri*, Siemens AG.

M. Obermann, 1994, *Magnetic Train Protection*, Siemens AG.

Özdemir S., 2000: Yüksek Lisans Tezi: Demiryollarında sinyalizasyon, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ocak.

Türk S., 2010. Raylı Ulaşım Sistemleri İçin Otomatik Anlaşman Algoritması Ve Kodu Üretme Yöntemi *Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul: İ.TÜ. F.B.E