

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİR RAYLI ULAŞIM SİNYALİZASYON SİSTEMİ GERÇEKLEŞTİRME

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Yeliz GÜLENER

Anabilim Dalı : Mekatronik Mühendisliği

Programı : Mekatronik Mühendisliği

HAZİRAN 2009

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİR RAYLI ULAŞIM SİNYALİZASYON SİSTEMİ GERÇEKLEŞTİRME

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Yeliz GÜLENER
518051012**

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 04 Mayıs 2009

Tezin Savunulduğu Tarih : 04 Haziran 2009

**Tez Danışmanı : Doç. Dr. Salman KURTULAN (İTÜ)
Diğer Jüri Üyeleri : Doç. Dr. Mehmet Turan SÖYLEMEZ
(İTÜ)
Yrd. Doç. Ramazan ÇAĞLAR (İTÜ)**

HAZİRAN 2009

ÖNSÖZ

Bu çalışmada beni yönlendiren, bana her konuda yardımcı olup bilgi ve tecrübelerini benden esirgemeyen kıymetli hocam, tez danışmanım Doç.Dr. Salman KURTULAN' a sonsuz teşekkür ederim.

Ayrıca bu zamana kadar yetişmeme katkısı olan, bu mesleği bana kazandıran tüm hocalarıma teşekkürlerimi sunarım.

Tüm yaşamım boyunca benim için her türlü fedakarlığı yapmaktan çekinmeyen aileme ve dostlarıma şükranlarımı sunarım.

Haziran 2009

Yeliz GÜLENER
Elektrik-Elektronik Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	iii
İÇİNDEKİLER	v
KISALTMALAR	vii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	ix
ŞEKİL LİSTESİ.....	xxi
ÖZET	xiii
SUMMARY	xv
1. GİRİŞ	1
1.1 Tezin Amacı	1
1.2 Literatür Özeti	2
2. RAYLI SİSTEMLERİN TARİHSEL GELİŞİMİ	5
2.1 Dünyada Raylı Sistemlerin Tarihsel Gelişimi	5
2.2 Türkiyede Raylı Sistemlerin Tarihsel Gelişimi.....	6
2.3 Sinyalizasyon Sistemlerin Tarihsel Gelişimi	11
3. SİNYALİZASYON SİSTEMİNE GENEL BAKIŞ.....	15
3.1 Sinyalizasyonun Raylı Sisteme Uygulanması.....	15
3.1.1 Merkezden kontrolün faydaları.....	16
3.1.2 Merkezi trafik kontrol sistemi.....	16
3.2 Sinyalizasyonun Temel Öğeleri	18
3.2.1 Sinyaller	18
3.2.1.1 Sinyal sisteminde kullanılan bazı tanım ve semboller.....	18
3.2.1.2 Sinyal bildirileri.....	19
3.2.1.3 Sinyal tipleri.....	19
3.2.1.4 Blok sinyal devreleri.....	23
3.2.1.5 İstasyon içlerinde sinyal bildirileri ve trenlerin ilerlemesi.....	24
3.2.2 Ray devreleri (Tren algılama).....	25
3.2.2.1 İzole ray devreleri.....	25
3.2.2.2 Kodlu ray devreleri.....	27
3.2.2.3 Aks sayıcı ray devreleri.....	28
3.2.2.4 Hareketli blok (moving block)ray devreleri.....	28
3.2.3 Makaslar.....	29
3.2.3.1 Basit makas.....	30
3.2.3.2 Bileşik çift makas.....	30
3.2.3.3 Çapraz makas.....	31
3.2.4 Röleler.....	32
3.2.5 Tren üstü (on-board) ekipmanları.....	33
3.2.6 Merkezi anlaşıman(interlocking).....	33
3.3 Sinyalizasyon Teknikleri.....	35
3.3.1 Röle kitleme esaslı sinyalizasyon sistemi	35
3.3.2 Sabit blok manuel sürüş sinyalizasyon sistemi	36

3.3.3 Sabit blok otomatik sürüş sinyalizasyon sistemi.....	38
3.3.4 Hareketli blok otomatik sürüş sinyalizasyon sistemi.....	38
3.3.4.1 Hareketli mesafe bloku.....	39
3.3.4.2 Hareketli zaman bloku	39
3.3.4.3 Minimum hareketli blok	39
3.3.5 Tam otomatik sürücüsüz sinyalizasyon sistemi.....	41
4. SİNYALİZASYON SİSTEMLERİNDE TASARIM KRİTERLERİ VE EMNİYET STANDARTLARI.....	43
4.1 Tasarım Kriterleri	43
4.1.1 "Fail-safe" kavramı.....	44
4.1.2 İç kilitleme (Interlocking).....	45
4.1.3 Kapalı devre prensibi.....	46
4.1.4 Yedeklilik ve çiftleşlilik (Redundancy&Duality).....	47
4.2 Raylı Sistemlerde Emniyet Standartları	47
4.2.1 Giriş.....	47
4.2.2 Emniyet.....	48
4.2.3 Fonksiyonel emniyet.....	48
4.2.3.1 Fonksiyonel emniyet örneği.....	49
4.2.4 Emniyet standartları.....	49
4.2.5 Tehlikeli durum belirleme ve risk analizi.....	50
4.2.6 Risk değerlendirme ve kabul edilebilirlik.....	50
4.2.6.1 ALARP.....	50
4.2.6.2 GAMAB.....	51
4.2.6.3 MEM.....	51
4.2.7 Emniyet bütünlüğü seviyesi (SIL)	51
5. SİNYALİZASYON SİSTEMİ ÖRNEĞİ İÇİN KONTROL UYGULAMASI	53
5.1 PLC Bölümü.....	54
5.1.1 Giriş.....	54
5.1.2 Uygulamadaki yeri	56
5.2 SCADA Bölümü	59
5.1.1 Giriş.....	59
5.1.2 Uygulamadaki yeri	60
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	73
KAYNAKLAR	75

KISALTMALAR

ALARP	: As low as reasonably practicable
AREMA	: American Railway Engineering and Maintenance of Way Association
ATC	: Automatic Train Control
ATP	: Automatic Train Protection
ATS	: Automatic Train Stopping
CBTC	: Communication Based Train Control
CENELEC	: European Committee for Electrotechnical Standardization
CTC	: Centralized Traffic Control
E/E/PE	: Electrical/Electronic/Programmable Electronic
GAMAB	: Globalement au moins equivalent
GSM-R	: Global System for Mobile Communications for Railway
HMB	: Hareketli Mesafe Bloğu
HT	: Headway time
HZB	: Hareketli Zaman Bloğu
IEC	: International Electrotechnical Commission
KBS	: Kumandalı Blok Sinyali
MEM	: Minimum Endogeneous Mortality
MHB	: Mesafe Hareketli Bloğu
PLC	: Programmable Logic Controller
SCADA	: Supervisory Control And Data Acquisition
SIL	: Safety Integrity Level
THR	: Tolerable Hazard Rate
TOS	: Tam Otomatik Sürücüsüz
WinCC	: Windows Control Center
ALARP	: As low as reasonably practicable
GAMAB	: Globalement au moins equivalent
MEM	: Minimum Endogeneous Mortality
THR	: Tolerable Hazard Rate

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : 1923 – 1940 Yılları Arasında Yapılan Demiryolu Hatları	8
Çizelge 2.2 : 1947 – 1948 Yılında Türkiye ve Komşu Ülkelerin Mevcut Demiryolu Kapasitesi	9
Çizelge 2.3 : 2007 Yıl Sonu itibariyle TCDD Hat ve Yol Uzunlukları	11
Çizelge 4.1 : Yön Doğruluk Tablosu	46
Çizelge 4.2 : SIL seviyelerine göre THR	51

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1.a: Türkiye' nin Günümüzdeki Mevcut Demiryolu Kapasitesi.....	10
Şekil 2.1.b: Türkiye' nin Günümüzdeki Mevcut Demiryolu Kapasitesi.....	10
Şekil 3.1 : Sinyal Çeşitleri. İkili ve Üçlü Cüce Sinyaller.....	20
Şekil 3.2 : Sinyal Çeşitleri. Üçlü ve Dörtlü Yüksek Sinyaller.....	20
Şekil 3.3 : Giriş Sinyali.....	20
Şekil 3.4 : Çıkış Sinyali	21
Şekil 3.5 : Blok Sinyalleri.....	21
Şekil 3.6 : İki blok boşsa, giriş bloktaki sinyal yeşil yanar	22
Şekil 3.7 : Çıkış sinyalleri tek blok boşsa, blok giriş sinyali sarı yanar	22
Şekil 3.8 : Çıkış sinyalleri blok doluysa, blok giriş sinyali kırmızı yanar	22
Şekil 3.9 : Yaklaşma Sinyalleri	22
Şekil 3.10 : 3 bloklu ve 2 sinyal bildirimli blok sinyal devresi	23
Şekil 3.11 : 3 bloklu ve 2 sinyal bildirimli, kontrollü blok sinyal devresi	23
Şekil 3.12 : 4 bloklu ve 3 sinyal bildirimli, kontrollü blok sinyal devresi	24
Şekil 3.13 : Ana hattın istasyona sapmasız girişi	24
Şekil 3.14 : Ana hattın istasyona sapmalı girişi	25
Şekil 3.15 : İzole ray devresinin prensip elektriki şeması.....	26
Şekil 3.16 : İzole ray devresinin prensip şeması	26
Şekil 3.17 : Cebire ve Cebire Blonu	27
Şekil 3.18 : İzoleli Cebire	27
Şekil 3.19 : Basit bir ses frekanslı ray devresi örneği.....	28
Şekil 3.20 : Aks Sayıcı Örnekleri.....	28
Şekil 3.21 : Hareketli Blok sistem şeması	29
Şekil 3.22 : Basit bir makas sinyalizasyonu uygulaması.....	30
Şekil 3.23 : Basit Makas.....	30
Şekil 3.24 : Bileşik Çift Makas.....	31
Şekil 3.25 : Çapraz Makas	32
Şekil 3.26 : Röle elektrikselsel gösterimleri	32
Şekil 3.27 : Kumanda Merkezi	34
Şekil 5.1 : Kontrolü Yapılan İstasyon Görüntüsü.....	53
Şekil 5.2 : PLC genel yapısı.....	55
Şekil 5.3 : Makas Atama Programı.....	56
Şekil 5.4 : Ray Devreleri Atama Programı.....	57
Şekil 5.5 : Sinyal Lambaları Atama Programı.....	58
Şekil 5.6 : Sistem Giriş Sayfası Görüntüsü.....	61
Şekil 5.7 : Kullanılan Saha Elemanları ile İstasyon Görüntüsü.....	61
Şekil 5.8 : Sinyal Lambaları ve Makaslar için Tag Atamaları.....	62
Şekil 5.9 : Ray devreleri için Tag Atamaları.....	62
Şekil 5.10 : Ray devreleri Tag Atamaları.....	64
Şekil 5.11 : Yol 1 atanmış durumda ekran görüntüsü.....	65

Şekil 5.12 : Yol 1 atanmış durumda L1 lambası yeşil, diğer lambalar kırmızı	65
Şekil 5.13 : Yol 1 atanmış durumda tüm lambalar kırmızı konumda.....	66
Şekil 5.14 : Yol 8 atanmış durumda ekran görüntüsü.....	67
Şekil 5.15 : Yol 8 atanmış durumda L2 lambası yeşil, diğer lambalar kırmızı.....	68
Şekil 5.16 : Yol 8 atanmış durumda tüm lambalar kırmızı konumda.....	68
Şekil 5.17 : Yol 12 atanmış durumda ekran görüntüsü.....	69
Şekil 5.18 : Yol 12 atanmış durumda L6 lambası yeşil, diğer lambalar kırmızı.....	70
Şekil 5.19 : Yol 12 atanmış durumda tüm lambalar kırmızı konumda	71
Şekil 5.20 : Makasların aktif durumu.....	71
Şekil 5.21 : Makas kapat butonunun aktif durumu.....	72

ÖZET

BİR RAYLI ULAŞIM SİNYALİZASYON SİSTEMİ GERÇEKLEŞTİRME

Günümüzde sürekli artan nüfus, bununla beraber artan hava kirliliği ve enerji tüketimi ulaşımı içinden çıkılmaz bir hale getirmiştir. Raylı ulaşım bu sorunların en aza indirilmesinde tek çıkış yolu olarak görünmektedir. Özellikle büyük kentlerdeki toplu taşımada, trafik sıkışıklığına neden olmaması, aynı anda daha fazla kişinin taşınmasına olanak sağlaması ve daha emniyetli olması nedeniyle raylı ulaşım en uygun çözüm olarak karşımıza çıkmaktadır.

Demiryolunda, ulaşımın güvenli ve hızlı yapılabilmesi için iyi bir sinyalizasyon sistemi zorunludur. Ülkemizde, önümüzdeki yıllarda, demiryolu ulaşımının daha da yaygınlaşacağı düşünülerek sinyalizasyon sisteminin yerli kaynaklarla gerçekleştirilmesi büyük önem kazanacaktır.

Bu tezde, endüstriyel otomasyon sistemlerinin gerçekleştirilmesinde kullanılan programlanabilir kontrolör (PLC) ve bu tür sistemlerin izlenmesinde kullanılan SCADA yazılımlarından yararlanılarak bir sinyalizasyon sisteminin nasıl gerçekleştirileceği konusu incelenmiş ve bir uygulama gerçekleştirilmiştir.

Sinyalizasyon sistemleri birçok bileşenden oluşur: Ray devreleri, makas sistemleri röleler ve sinyal lambaları temel bileşenlerdir. Tezde bu bileşenler ayrıntılı olarak tanıtılmış ve incelenmiştir. Son olarak, Siemens PLC ve SCADA programları kullanılarak sinyalizasyon tasarımında göz önüne alınan belirli kurallara göre TCDD bağlı Afyon Şehir garı için bir sinyalizasyon sistemi tasarımı ve benzetimi yapılmıştır.

Sinyal lambaları ve makas sistemlerinin kumandasına ilişkin ‘interlocking’ işlemleri Siemens S7-300 CPU 315-2DP işlemcili PLC’de gerçekleştirilmiştir. Tüm sistemin izlenmesi ve ‘interlocking’ işleminin başarımının sınanması amacı ile tasarlanan SCADA sistemi ise Siemens WinCC SCADA programı kullanılarak oluşturulmuş ve sistemin çalışması izlenmiş ve başarımı değerlendirilmiştir.

SUMMARY

A RAILWAY SIGNALLING SYSTEM DESIGN

Air pollution related with continuously increasing of population and energy consumption have occurred transportation an unsolvable state. Railway system is seen a whole solution to minimize these matters. Especially community transportation in huge cities; because of not causing disordered traffic, being available for transporting more people at the same time and being more safer makes the railway transportation the most appropriate solution.

On railways, to obtain a safe and fast transport, a good signalling system is a must. In the next years, due to become widespread of railway transportation in our country, signalling system establishment by native sources would be so important.

In this thesis, by using PLC (PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER) on industrial automation systems and SCADA (SUPERVISORY CONTROL AND DATA ACQUISITION) what for the observation of these sort of softwares are investigated and applicated about how a railway signalling system design can design.

Signalling systems are combined of lots of components: Track circuits, railroad switches, relays are the main components. These components are detailed represented and investigated. At last, according to the regular rules which are using for signalling design with Siemens PLC and SCADA programmes, for TCDD Afyon City Station signalling system designed and assimilated.

Related to 'interlocking' processing; Siemens S7-300 CPU 315-2DP processor PLC is used for relays and railroad switches systems command. To follow all the systems and try the success of 'interlocking' process was Siemens WinCC SCADA. The system is observed and success is utilized.

1. GİRİŞ

Günümüzde, toplu yaşam alanlarında ulaşım, en önemli ve en büyük sorun haline gelmiştir. Büyük kentlerde yoğun nüfus artışı, hava kirliliği ve enerji yetersizliği gibi büyük sorunlar, ulaşımında raylı sisteme geçişi kaçınılmaz hale getirmiştir. Dünya çapında birçok gelişmiş ülkede raylı sistemlere önem verilmiş ve ulaşım problemi büyük anlamda çözülmüştür.

Raylı sistem taşımacılığında, yatırım maliyetleri yüksek olmakla birlikte, işletme maliyetleri karayolu taşımacılığına göre daha düşüktür. Diğer taraftan, düşük enerji tüketimi, daha az personel gereksinimi, daha düşük kaza yapma olasılığı, trafik sıkışıklığına neden olmaması raylı taşımacılığı karayolu taşımacılığına göre daha avantajlı hale getirmiştir. Aynı zamanda raylı sistemlerde taşıma kapasitesi, karayolu taşımacılığına göre çok daha yüksektir. Bütün bu şartlar göz önüne alındığında, karayolu taşımacılığının yetersiz kaldığı yerlerde özellikle de büyükşehirlerde raylı taşımacılığın yaygınlaştırılması gerekmektedir.

Raylı sistem teknolojilerinde başlangıç hedef kazaları önlemektir. Bu nedenle sinyalizasyon sistemleri geliştirilmiştir. Sinyalizasyon sistemlerinin ana teması demiryollarındaki emniyeti sağlamak aynı zamanda hat kapasitesini arttırmak ve personel isdihtamını azaltmaktır.

Bu tezde, raylı ulaşım sistemlerinin geçmişten günümüze gelişimi, sinyalizasyon sisteminin doğuşu, sinyalizasyon sisteminde yer alan öğeler, sinyalizasyon sistemleri tasarım kriterleri ve gerekli emniyet standartları ayrıntılarıyla anlatılmıştır. Tüm bu konular ışığında Afyon Şehir istasyonunun bir bölümü üzerinde anlaşılan sistemi tasarımı yapılmıştır.

1.1 Tezin Amacı

Raylı Ulaşım sistemlerinde sinyalizasyon sistemleri üzerine farklı bir uygulama anlatılmıştır.

Bu yöntem dünya çapında gelişmiş lkelerde kullanılmasına rağmen lkemizde ancak son yıllarda, büyükşehirlerdeki metro sistemlerinde kullanılmaktadır. Pekçok alanda kullanımı rağbet gören PLC’ ler ile sinyalizasyon sistemleri anklarıman yazılımının da tasarlanabildiği gösterilmiştir.

1.2 Literatür zeti

Raylı Sistemlerde Emniyet Standartları ve Makas Otomasyon Sistemine Uygulaması; Demiryolu emniyet kriterleri, CENELEC ve IEC standartlarında yeterli bir seviyeye gelmiş ve uygulamalarda bu standartlarkullanılmaya başlanmıştır. Bu standartların amacı, olabilecek tehlikeleri, kazaları risk analizleri ile tesbit edip gerekli tedbirleri alarak uygulama aşamasında bu riskleri kabul edilebilir düzeye indirmektir. Yurdumuzda ve dünyada yaşanan demiryolu kazaları bu standartlara uymanın ne derece önemli olduğunun açık bir göstergesidir.

Demiryolu sistemleri; kendilerini oluşturan alt-sistemlere sahiptirler, örneğin sinyalizasyon sisteminin alt-sistemleri; makas ekipmanları, sinyal lambaları, ray devreleri, rölelerdir. Bir sistemin emniyet bütünlüğünden bahsetmek için sistemin bütün parçalarının aynı emniyet seviyesine ve kriterlerine sahip olması gerekmektedir. Sistemde olacak bir “zayıf halka” sistemin emniyet bütünlüğünü zedeleyeceğinden o sistem, güvenli bir sistem olmaktan çıkacak ve sistemin güvenliği “zayıf halka” nın emniyet seviyesine eşdeğer olacaktır. Bu durumda tüm sistemin emniyet bütünlüğünden bahsetmek mümkün olmayacaktır. [1]

Demiryolu Sinyalizasyon Sistemlerinde Tasarım Kriterleri Ve “Fail-Safe” Kavramı; Sinyalizasyon sistemleri, demiryolu taşımacılığında, ulaşımın emniyetli ve planlanan zamanında gerçekleştirilmesi ve sistem emniyetinin sağlanması açısından en önemli parçasıdır. Sinyalizasyon sistemlerinin birincil amacı trenler arasındaki kazaların önlenmesidir. Gerek dünyada gerekse ülkemizde meydana gelen kazalar sinyalizasyon sisteminin önemini açıkça göstermektedir. Sinyal sistemi tasarımı ve uygulaması yapan firmalar ciddi Ar-ge yatırımlarıyla projelerini desteklemekte ve meydana getirilen sistemler uzun süre test edilerek uygulama esnasında oluşabilecek hatalar ortadan kaldırılmakta, hata olduğunda ise sistemin en emniyetli duruma geçmesi sağlanarak tehlikeli durumlar minimize edilmektedir. Sinyalizasyon sistemlerini konvansiyonel sistemlerden ayıran en önemli özellik sistemin “fail-safe” prensiplerine göre tasarlanmasıdır. [2]

Raylı Toplu Taşımda Sinyalizasyon Sistemleri; ilk olarak sinyalizasyon sistemlerinin tarihi gelişimi verilmiş, daha sonra şu anda kullanılmakta olan çeşitli sinyalizasyon sistemleri ve bu sistemleri oluşturan temel sinyalizasyon öğeleri kısaca anlatılmıştır. Sinyalizasyon sistemlerinin birbirlerine göre avantaj ve dezavantajları verilip, son yıllarda giderek yaygınlaşmakta olan tam otomatik sürücüsüz sistemlerin diğer sistemlere göre sağladığı avantajlar ve üstünlükler verilmiştir. Yeni kurulacak raylı sistemlerde kapasite açısından TOS sistemlerin kurulmasının getireceği avantajlar verilmiştir. Çoğu zaman kapasiteyi arttırmak için yapılacak inşaat veya diğer masraflar sinyalizasyon sistemine yapılacak maliyetin yanında karşılaştırılamayacak kadar büyüktür. Teknolojinin gelişmesi ile beraber otomatik sürüş ile manuel sürüşlü sinyalizasyon sistemleri arasındaki fark da %10-15' ler seviyesine inmiştir. Eğer kurulacak raylı sistemin kapasitesinin yüksek olması isteniyorsa, sabit blok yerine hareketli blok sinyalizasyon sistemleri tercih edilmelidir. Eurobalise, GSM-R, CBTC gibi uluslararası standartlara göre açık kodlu sistemlerin kullanılması ilerdeki uzatmaların kolaylaşması, trenlerin aynı hatta sürülebilmesi vb. avantajlar açısından önemlidir.[3]

IEC 61508, Functional Safety of Electrical/Electronics/Programmable Electronic safety-related systems; Elektrik, Elektronik ve Programlanabilir Elektronik sistemlerdeki güvenlik uygulamalarında gittikçe artış vardır. Bu sistemler genellikle kompleks olduğundan, pratikte meydana gelebilecek her hatasını önceden tahmin etmek yada tüm durumları test edebilmek mümkün değildir. Sistem test edilmesine rağmen güvenlik performansını tahmin etmek zordur. Burada amaç sistem dizayn ederken tehlikeli hataları önlemek yada meydana geldiğinde kontrol altına alabilmektir. Tehlikeli hatalar, yanlış yazılım yada donanım, kaynak voltajı, çevresel etki (sıcaklık, elektromanyetik etki gibi) yada insan hatası gibi sebeplerden ortaya çıkar. IEC 61508, E/E/PE sistemlerde meydana gelebilecek hataları minimize etmek için gerekli şartları içerir. Bu standart, pek çok uygulamada geçerlidir. Pekçok uygulamada elektromekanik teknoloji yada röleli elektronğin yerini programlanabilir elektronik almıştır. Tıp, kimya, havacılık, otomobil sektörlerinde geçerli olduğu gibi raylı sinyalizasyon sistemlerinde de uygulanmaktadır. [4]

IEC 61508, E/E/PE sistemlerde uygulamalara özel yedi farklı standartta incelenir.

Bu standartlardan ilk üçü E/E/PE ürünlerinin yazılım ve donanım kısımlarının yönetimi ile ilgilidir. Diğer dördü ise tanımlamalar, uygulamalar ve enformasyon ile ilgili standartlardır.

The International Electrotechnical Commission (IEC); elektrik elektronik ve ilgili teknolojiler için uluslar arası standartlar hazırlayıp yayınlayan 1906 yılında kurulmuş dünya çapına geçerli bir komisyondur. Altmıştan fazla ülke bu komisyona üyedir. [5]

Railway Signal and Traffic Control Systems Standarts, Bu standartlar AREMA; American Railway Engineering and Maintenance of Way Association tarafından oluşturulmuştur.

Bu standardın tasarım şartları şöyledir;

- Sinyalizasyon sisteminde kullanılan “rota kilitleme - bölge meşguliyeti” ekipmanları; ray devreleri, aks sayıcılar gibi sistemler tren makas bölgelerinden geçerken, makasın hareket etmesini engelleyecek, mekanik kilitleme şeklinde tasarlanmalıdır.
- Sinyalizasyon sistemlerindeki, sistem emniyetini etkileyecek tüm elektrik/elektronik kontrol devreleri, normalde açık ya da normalde kapalı, “kapalı devre” prensibine uygun olarak tasarlanmalıdır.
- Demiryolu sinyalizasyon sistemleri ve kontrol merkezleri “fail-safe” prensiplerine uygun olarak tasarlanmalıdır.
- Sinyalizasyon sistemi tasarlanırken, sistemin herhangi bir bölümünde hata oluşması durumunda sistem “fail-safe” kuralına göre, o bölüm için belirlenmiş/gerekli olan en kısıtlayıcı, güvenli duruma geçecek şekilde tasarlanmalıdır.
- Tecrübeli ve eğitimli personel istihdam edilmelidir.
- Railway Signal and Traffic Control Systems, mekanik, elektrik, elektronik sinyal sistemlerinde iç kilitleme, otomatik blok sinyal sistemleri, trafik kontrol sistemleri ve benzer uygulamaları kullanır.
- Tasarım sürecinde ve sonrasında sistem test edilerek fail-safe rutinlerin çalışması kontrol edilmelidir. [6]

2. RAYLI SİSTEMLERİN TARİHSEL GELİŞİMİ

2.1 Dünyada Raylı Sistemlerin Tarihsel Gelişimi

Fransız ihtilali ile başlayan sanayi devriminde fabrikalaşma ile üretimin artması, ham madde ihtiyaçları, üretilen mamul ve yarı mamullerin pazarlanması ulaşımı zorunlu hale getirmiştir. Buhar makinesinin bulunması ulaşımı hem kolay hem ucuz hem de kolay kılmıştır. 1769 yılında Fransız Nicolas Cugnot, 1786 yılında ise İngiliz William Murdock buhar gücünü kara yolu ulaşımında denemiş, 1801 yılında ise Richard Trevichick buhar gücü ile çalışan lokomotif demir yolu üzerinde denemiştir. Ancak kullanılan demir rayların lokomotif ağırlığı altında kolayca kırılması ve lokomotif yapımında kullanılan malzemenin dayanıksız olması demir yollarının gelişimini engellemiştir. Bu konuda asıl gelişme George Stephenson tarafından gerçekleştirilmiştir. Stephenson daha sağlam ray ve lokomotif yapmayı başarmış, bunu takiben Darlington maden ocağını Limanına bağlayan hattın yapımını gerçekleştirmiştir.

Bu başarı İngiltere’de büyük bir ilgi uyandırmış, bunun sonucunda 1829 yılında “ROKET” adı verilen lokomotifin yapımından sonra Stephenson’a Liverpool – Manchester hattının yapımı teklif edilmiştir. Bu gelişmeler atlı araba sahiplerini, su yoluyla ulaşım yapanları ve hattın geçeceği arazi sahiplerini rahatsız etmiş, bu grupların tüm engellemelerine rağmen 15 Eylül 1830 yılında Liverpool - Manchester hattı işletmeye açılmıştır.

Daha sonraki yıllarda diğer Batı devletlerinde de demir yolu yapımına başlanıldığını görmekteyiz. Fransa’da ilk demir yolu hattı 1832 yılında St. Etienne-Lyon arasında, Almanya’da 1835 yılında Nürnberg-Furth arasında, Belçika’da 1835 yılında Brüksel - Malines arasında ilk demir yolları yapımları gerçekleştirilmiştir. 1852 yılında İngiltere’de demir yolunun ulaşmadığı sadece 3 şehir kalmıştır.

Demir yolu aracılığı ile 19.yy.da dünya küçülmeye başlamış, ulaşılan her bir nokta sanayileşmenin gelişimini sağlayan bir unsur olmuştur.

Gelişmiş ülkeler bir yanda kendi ülkelerinde demir yolu yaparken, diğer bir yanda bugün üçüncü dünya ülkesi olarak adlandırılan (o zamanın sömürge yada yan sömürgesi olan) ülkelerde demir yolu yapımına başlamışlardır. Demir yolu inşasını yapan ülke, o ülkedeki en ücra noktaların dahi kendi sermayesine açılmasını sağlamıştır.

Değişik amaçlarla yapılmış olsa da demiryolları dünya üzerinde süratle yaygınlaşmıştır. Nitekim 1850 yılında 38,600 km olan Dünya demiryollarının uzunluğu, 1860 yılında 108,000 km'ye, 1870 yılında 209,000 Km'ye, 1880 yılında 372,500 km'ye, 1890 yılında 612,200 km'ye, 1905 yılında 860,000 km'ye, 1913 yılında ise 1,110.000 km'ye ulaşmıştır. [7]

2.2 Türkiyede Raylı Sistemlerin Tarihsel Gelişimi

Osmanlı yönetimi demiryolunu; erişimin, bütünleşmenin, ekonomik kalkınmanın ve merkeziyetçiliğin temel aracı olarak görüyordu. Demiryolunun artması ile İmparatorluğun askeri yönden güçleneceğine, isyan ve eşkiyacılığın anında asker sevkıyatı ile önleneceğine, tarım ürünlerinin pazara sevki ile halkın üretim gücünün ve dolayısıyla zenginliğinin artacağına inanılıyordu. Ancak, demiryolu yapımının İmparatorluğun elindeki olanakların çok ötesinde olduğu da kabul ediliyor ve yabancı sermayeyi çekecek imtiyazlar veriliyordu.

1856 yılında bir İngiliz şirketine Anadolu' da İzmir – Aydın, Rumeli' de Köstence – Çernovoda arasında demiryolu yapımı ve işletmesi imtiyazı verilmiştir. Yaklaşık on yılda bitirilen İzmir – Aydın hattı 1866' da işletmeye açılmıştır. 1869' da bitirilen Rumeli' deki demiryolu hatları, Avrupa hatlarıyla bağlantılarının bulunmaması nedeniyle yerel hat özelliğini taşıyorlardı. Bunu çok önemli bir sakınca olarak gören Osmanlı idaresi, Avrupa' ya demiryolu ile bağlanma konusunun daha fazla geciktirilmemesi görüşü ile daha fazla demiryolu yapımını ve demiryolu ağının kurulmasını öncelikli devlet meselesi olarak ele almıştır. 1869' da Baron Hirsch' e, İstanbul – Edirne – Filibe – Sofya – Niş Piriştine hattı ve bu hattın Bosna – Hersek üzerinden Avusturya demiryoluna bağlanması, Dedeoğlu – Selanik ve Burgaz ile bağlantı yapılmak üzere ayrıca bir branşman hattı yapımı konusunda imtiyaz verilmiştir. Rumeli Demiryolu Şirket – i Şahane' sini kuran Hirsch yaptığı hatların ucuza çıkması için büyük yarma ve tünellerden kaçınmış, küçük çapta kurplar tesis ederek hattın boyunu uzatmıştır.

Sonuçta çok küçük nitelikte bir demiryolu hattı ortaya çıkmıştır. Yapılan hattın çok düşük nitelikte ve oldukça pahalıya mal olması nedeniyle Osmanlı yönetimi en azından Anadolu ‘daki demiryollarını kendi olanaklarıyla yapmayı düşünmüştür. 1871 – 1873 yılları arasında Haydarpaşa – İzmit arasında 91 km. , Turgutlu – Alaşehir arasında 76 km demiryolu yaptırmıştır. Ancak yapılan bu hatlardan da iyi sonuç alınmamıştır.

Osmanlı İmparatorluğu’ nda demiryolu yapımı, Batı devletleri arasında çekişmelere ve zorlu mücadelelere neden olmuştur. Devletlerin stnlğ ve İmparatorluk zerindeki nüfuzları dönem dönem değişiklik göstermişse de, sonunda bu devletler kendi aralarında anlaşmaya vararak, paylaştıkları etki alanlarından en etkin şekilde yararlanma yollarına gitmişlerdir.

Demiryolu yaparak İmparatorlukta rant kapma mücadelesindeki dönüm noktası, 1880’ lerde Almanya’ nın bu mücadeleye dahil olması ve Berlin – Bağdat Demiryolu imtiyazını almasıdır. 1888 yılında kilometre garantisi ile bir Alman şirketine İstanbul – Ankara hattının yapım imtiyazı verilmiştir. Bu hat 1893 yılında tamamlanmıştır. 2064 km’ lik Konya – Basra hattının imtiyazı ise Bağdat Demiryolu şirketi’ ne verilmiştir. Ülkeyi bir uçtan bir ua birleştirmesi, ekonomik ve politik yapılanmaya hizmet etmesi, olası tehlikeler karşısında merkezi idarenin ülkeyi daha etkin savunmasını sağlaması yönünden Bağdat Demiryolu, Osmanlı İmparatorluğu için oldukça önemliydi.

Osmanlı İmparatorluğu döneminde yapılan demiryolları, hattın imtiyazının verildiği devletin çıkarlarına hizmet etmek amacıyla yapıldığı için yıllarca çekilen sıkıntılara ve ağır mali bedele karşın Anadolu topraklarında bir demiryolu ağı olduğunu söylemek çeşitli nedenlerden dolayı imkansızdı. Hatların herbirinde farklı malzemeler kullanılmış, standardizasyon ve uyumluluk aranmamış, bazı yerlerde birbirine geçit vermeyen hatlar meydana gelmiş, ayrıca, daha fazla denek alma kaygısıyla güzergahlar gereksiz yere uzatılmış, böylece hızlı ulaşım olanağı ortadan kalkmıştır.

Uzun savaş yıllarından sonra harab olmuş bir ülke devralan Cumhuriyet yöneticileri, demiryolunu milli savunmanın ve ülke bütünlüğünün en gerekli aracı olarak kabul ediyorlardı. Demiryolu ile sağlanacak olan ulaşım olanağı, i ve dış güvenlik açısından büyük önem taşımaktaydı.

Demiryolu ağı ile, sınırlara olan uzaklığı kısaltmak ve böylece dışarıdan gelecek bir saldırı olasılığını azaltmak öncelikli hedef olarak tanımlanıyordu. Bununla beraber Demiryolu' nun ülke sınırları içerisinde yaşanan asayişsizliğe son vermede ve ülke bütünlüğünü sağlamada etkili olacağına inanılıyordu. Demiryolu yapımının, ağırlık merkezinin Doğu Anadolu' ya kaydırılması, bu bölgenin imarı ve dolayısıyla da bölgede sürüp giden asayişsizliğe son verme çerçevesinde açıklanıyordu.

Demiryolu politikası, yabancı şirketlerin elindeki hatların millileştirilmesi ve aralarında malzeme, tarife ve işletme bütünlüğü olmayan hatların da devlet elinde ve bir idare altında toplanması amacını da içermiştir. 1924' te başlayıp, 1927' den sonra ivme kazanan ve 1939' a doğru sona eren demiryolu politikası, Cumhuriyet' in kuruluş dönemini simgeleyerek yeni rejim ile özdeşleşmiştir. Uygulanan bu politika sonucunda Türkiye demiryollarında büyük ilerleme kaydedilmiştir. 1927 – 1937 yılları arasında, işletme uzunluğunda %191, tren sayısında %304, yolcu sayısında %203, yolcu gelirinde %155 oranında bir artış olmuştur. Büyük fedakarlıklar yapılarak uygulanan demiryolu politikası sonucunda, yurdu uzunlamasına baştan başa kesen iki paralel hat ve bunları genişliğine kesen hatlar ile uzun mesafede kitle nakliyatı başlamıştır. Bu hatlar ile Türkiye kuzeyden güneye, batıdan doğuya demiryolları ile bağlanmıştır. [8]

1939 yılında başlayan İkinci Dünya Savaşı demiryolu yapım faaliyetlerini de etkilemiştir. Ancak genel olarak baktığımızda Cumhuriyet döneminde Demiryolu için öngörülen hedefe büyük ölçüde ulaşılmıştır. 1920 – 1930 arasındaki on yıllık dönemde 633 km, 1930 – 1940 arasında ise 2484 km yeni demiryolu hattı yapılmıştır. Hat yapımı yanısıra, lokomotif ve vagon bakım ve onarımına yönelik atölyeler kurulmuştur.

1923 – 1947 yılları arasında yapılan demiryolu hatları aşağıda Çizelge 2.1' de gösterilmiştir.

Çizelge 2.1 : 1923 – 1940 Yılları Arasında Yapılan Demiryolu Hatları

HATTIN ADI :	UZUNLUĞU (km) :
SAMSUN – SİVAS	377
ANKARA – KAYSERİ	379
KAYSERİ – SİVAS	222
IRMAK – ZONGULDAK – KOZLU	419
FEVZİPAŞA – YOLÇATI – D.BAKIR – KURTALAN	62

Çizelge 2.1 : (devam) 1923 – 1940 Yılları Arasında Yapılan Demiryolu Hatları

HATTIN ADI :	UZUNLUĞU (km) :
KÜTAHYA – TAVŞANLI – BALIKESİR – TUNÇBİLEK	267
KARDEŞGEDİĞİ – BOĞAZKÖPRÜ	171
AFYON – KARAKUYU	112
SİVAS – ÇETİNKAYA	111
ÇETİNKAYA – ERZURUM	435
MALATYA – ÇETİNKAYA	139
YOLÇATI – ELAZIĞ – GENÇ	157
KÖPRÜAĞZI – MARAŞ	29
HADIMKÖY – KURUKAVAK	11
BOZANÖNÜ – ISPARTA	13
BALADIZ – BURDUR	23
ÖDEMİŞ – ŞEHİR	1,5
GENİŞ	3.535
İLİCA – PALAMUTLUK	
SAMSUN – ÇARŞAMBA	
DAR	67
TOPLAM	3603

Ödün verilmeden uygulanan demiryolu politikasında gelinen nokta, mevcut koşullar çerçevesinde büyük başarı olsa da 1947 – 1948 yılında Türkiye’ nin sahip olduğu demiryolu uzunluğu komşu ülkeler ile kıyaslandığında, sahip olunan uzunluğun ancak birkaç geri kalmış ülkeden daha iyi durumda olduğu ortaya çıkmaktadır.

Çizelge 2.2 : 1947 – 1948 Yılında Türkiye ve Komşu Ülkelerin Mevcut Demiryolu Kapasitesi

ÜLKE ADI	DEMİRYOLU UZUNLUĞU (KM)	HER 100KM²’YE DÜŞEN DEMİRYOLU
ÇEKOSLAVAKYA	10.527	7,5
YUGOSLAVYA	9.471	3,8
ROMANYA	11.216	5,8
BULGARİSTAN	3.405	3,1
YUNANİSTAN	2.650	2
SURİYE & LÜBNAN	1.100	0,9
FİLİSTİN & ÜRDÜN	1.003	0,8
İRAN	1.500	0,1
MISIR	3.619	0,4
TÜRKİYE	7.625	1



Şekil 2.1.a : Türkiye’ nin Günümüzdeki Mevcut Demiryolu Kapasitesi (10991 km)[9]



Şekil 2.1.b : Türkiye’ nin Günümüzdeki Mevcut Demiryolu Kapasitesi (10991 km)[9]

Çizelge 2.3’ de TCDD’ e ait hat ve yol uzunlukları verilmiştir. Söz konusu toplam hattın %22’ si elektrikli, %27’ si sinyalli ve %5’ i de çift hatlıdır.

Çizelge 2.3 : 2007 Yıl Sonu itibariyle TCDD Hat ve Yol Uzunlukları [9]

HAT VE YOL UZUNLUKLARI		
Hat Uzunlukları	Birimi	2007 Yılı
A. ANA HATLAR		
Elektriksiz	Km.	6693
Elektrikli	Km.	1564
Toplam	Km.	8257
B. İKİNCİ HATLAR		
Elektriksiz	Km.	84
Elektrikli	Km.	356
Toplam	Km.	440
ANA HATLAR TOPLAMI		
Elektriksiz	Km.	6777
Elektrikli	Km.	1920
Toplam	Km.	8697
C. TALİ HATLAR		
Elektriksiz	Km.	1940
Elektrikli	Km.	354
Toplam	Km.	2294
D. TOPLAM YOL UZUNLUKLARI		
Elektriksiz	Km.	8717
Elektrikli	Km.	2274
Toplam	Km.	10991

2.3 Sinyalizasyon Sistemleri Tarihsel Gelişimi

Demiryolu ilk gelişmeye başladığı yıllarda sadece hızlı bir ulaşım aracı olarak kabul ediliyor ve kaza vs problemler için herhangi bir önlem almak lüzumsuz görülüyordu. Hat ve kavşak sayısı azdı ve tren katarları/dizileri de az sayıda araçlardan oluşmakta idi. Ayrıca trenlerin hızıda çok düşük olduğu için kontrol daha kolay oluyordu. Yol boyunca yolun açık olduğu ve önde tren olmadığı varsayılıyordu.

Fakat zamanla yaşanan kazalardan ve problemlerden sonra çözüm amacıyla özel işaretlerin belirlenmesi ve belirli noktalara yerleştirilmesi, el veya bayrakla işaret veren işaretçi görevliler hat üzerine konulmaya ve bu şekilde tren işletmeleri yapılmaya çalışılmıştır.

Ancak, tren hız ve ağırlıklarının ve aynı zamanda trenlerin bağlandığı araç / vagon sayılarının artması, makinistlerin görüş mesafesi içinde trenlerin durdurulması veya emniyetli şekilde ilerletilmeleri problem olmaya başlamıştır. Bu nedenle, tehlikeli bölgelerden önce işaretlerin tekrar edilmesi ihtiyacı doğmuştur. Fakat işaretlerin veya flamaların uzaklardan görülememesi tren hareketlerini kısıtlamış ve işaretçilerin arttırılması ihtiyacını doğurmuştur.

1840'lı yıllarda hız, emniyet ve ekonomi bakımından zaman aralığı yöntemi uygulanmaya başlanmıştır. Buna göre trenler için belli aralıklar tespit edilmiş ve bu müddetlerde karşılaşma noktalarına varmaları talimatı verilmişti. Fakat bu yöntemde trenlerin aksi veya aynı istikamette yol alan diğer trenlerden haberi olmamakta idi.

Bu eksiklik düşünülerek zaman aralık metodu yerine mesafe aralık yöntemine geçildi. Bu yöntemde demiryolu hattı kısımlara bölünmüş yani bloklar oluşturulmuş ve her bloğun başına bir işaret konmuştur. Bu işaretler vasıtası ile makinistler girmekte oldukları blokların işgal edilmiş olup olmadığını anlıyorlardı.

Mesafe aralık yönteminin uygulanması sabit hat sinyallerinin keşfine yol açmıştır. Telgrafın keşfi ile beraber zil ve telgraf beraber kullanılmış ve sinyal operatörleri bir sonraki istasyona blokların durumunu bildirerek trenlerin hareketlerini yönlendirmişlerdir. Bir evvelki sinyal operatörü bir sonraki istasyondan müsaade istiyor ve memur devreye yol verdikten sonra müsaadeyi veren memur kendi istasyonundaki sinyal devresini çalıştırabiliyordu.

Trenler arasını belirli miktarlarda mesafelendirmek düşüncesi ile tatbik edilen sinyal sistemi 1900'lü yıllarda, Kontrol operatörleri tarafından elle çalıştırılan blok sistemi, kontrollü elle çalıştırılan blok sistemi, yarı otomatik blok sistemi, Otomatik blok sistemi, mekanik blok sistemi gibi değişik sistemlerle gelişmeye devam etmiştir.

Türkiye'de ilk sinyalizasyon uygulamaları Sirkeci-Halkalı banliyö hattının 1955 yılında kurulması ile başlamış ve 1968 yılında da Haydarpaşa – Ankara hattının sinyalizasyonu ile devam etmiştir. [3]

2007 yılında Merkezi Kumandalı Sinyal Sistemi (CTC) ile kontrol edilen hatların uzunluğu 3.022 km' dir. (anahat 2267 km, 2. 3. ve 4. yollar 329 km, istasyon yolları 426 km) Toplam hattın %28'i CTC sistemi ile kontrol edilmektedir.

Otomatik blok sinyal sistemi ile kontrol edilen hatlarımızın uzunluğu 76 km. (anahat 28 km, 2. 3. 4. yollar 28 km, istasyon yolları 20 km.) ve otomatik korumalı hemzemin geçit sayısı 667 adettir. [9]

3. SİNYALİZASYON SİSTEMİNE GENEL BAKIŞ

3.1 Sinyalizasyonun Raylı Sisteme Uygulanması

Raylı ulaşım, önemli bir ihtiyaca cevap vermek suretiyle nakil vasıtaları arasında yerini ve önemini korumaktadır. Raylı ulaşımında trafik emniyetini temin etme mecburiyeti ve bu mecburiyetin arz ettiği iktisadi değerler, demiryollarında işaretler sisteminin doğmasına ve gelişmesine neden olmuştur. İşaretleşme maksadı ile kullanılan ışıklar ve elektrikli telgraf, demiryolu sinyalciliğinin başlangıcıdır. Zamanla özel işaretlerin belirlenmesi ve belirli noktalara yerleştirilmesi, trafik emniyeti ve tren süratlerini arttırmıştır. Daha sonra işaretlerin ve demiryolu makaslarının istasyonlarda belirli bir yerden idare edilmesi çareleri araştırılmıştır.

Makara ve kasnaklar üzerinden gerilen çelik teller aracılığıyla simaforların (mekanik sinyal) uzaktan idareleri mümkün kılınmış, sonra da makas ve simaforların kilitlenmeleri temin edilerek çok daha emniyetli bir sistem meydana getirilmiştir. Bu sistemlere elektriğin verilmesi ile yarı elektrikselsel, yarı mekanik emniyet sistemleri geliştirilmiştir. Bu durum, trafik emniyetini personel elinden kurtardığı gibi daha az sayıda personel istihdamına neden olmuştur. Makas ve simaforlar elektrik kumandalı motorlar ile çalıştırılmıştır. Gelişim devam ettiğinden simaforların yerini elektrik lambalı sinyaller almıştır. Buradan hareketle trenlerin dur işaretini gösteren bir sinyali geçmelerini önlemek amacıyla, manyetik olarak çalışan tren durdurucuları geliştirilmiştir.[10]

Bütün bu çalışmalar yardımıyla tren işletmeciliğinin gelişmesi karşısında daha çok tren işletebilmek, daha az personel kullanmak, trenlerin istasyonlardan yol alıp verme metoduyla sevklerinden doğan gecikmeleri önlemek amacıyla tren trafiğinin merkezden kontrolü sağlanmıştır.

3.1.1 Merkezden kontrolün faydaları

Sinyalizasyonun amacı, hat ve işletme kabiliyetinin artırılması, her türlü ulaşımın daha süratli yapılması, mevcut araçlardan maksimum yarar sağlanması, trafikle ilgili birçok yazılı emre gerek duyulmadan en az personel ile trafiğin düzenlenmesi ve ilgili personele bölgedeki sinyallerin görünüşlerine göre nasıl hareket edeceklerini göstermek suretiyle akıcı, ekonomik ve emniyetli bir işletme sisteminin uygulanmasıdır. [10]

Demiryollarında sinyalizasyon, ilgili personele demiryolu vasıtalarının seyirleriyle ilgili yapılan manevralar, yolun durumu vb hakkında talimat veren bir tesistir. Bu anlamda sinyalizasyona kendine özgü bir haberleşme aracı olarak bakılabilir. Sinyalizasyon tesislerinde yukarıda sayılan bilgiler, tesislerin sinyal olarak adlandırılan ekipmanlarıyla bildirilirler. Yani sinyaller belirlenmiş olan bilgi ve talimatları ilgili personele bildirirler.[10]

Merkezden kontrolün faydaları aşağıda maddeler halinde verilmiştir :

- Zaman kısalır.
- Mevcut demiryolu hattının kapasitesi artar.
- İşletme kolaylaşır ve işletme emniyeti artar.
- Personel sayısı azalır.
- Emirler, zaman ve her türlü şartlar trafik ile kaydedilir.

3.1.2 Merkezi trafik kontrol sistemi

Merkezi Trafik Kontrol (C.T.C) sistemi belirli bir demiryolu bölgesinde elektrikli sinyaller vasıtasıyla uzaktan kumanda esasına dayanarak, tren emirleri olmaksızın, trenlerin bir merkezden sevk ve idaresi demektir.

CTC genel olarak şu temel grupları içerir:

- Makas ve sinyallerin yönlendirilmesi için bir kontrol makinesi
- Sinyaller, röleler, elektrikli makaslar, izole ray devreleri gibi CTC hat boyu tesisleri
- CTC kablo hattı

CTC hat boyu kilitleme devreleri, istasyonlar ve istasyonlar arasında kalan kısımlar olmak üzere iki kısma ayrılırlar. Herbir istasyon, sistemin çalışmasındaki fonksiyonlar bakımından doğu ve batı olarak iki gruba ayrılmıştır.

İstasyonlar arasında kalan kısımlar ise, trafik yoğunluk ve hızını arttırabilmek amacıyla belirli hat parçalarına ayrılıp, her bir parçaya blok denir. Bloklar birbirinden izole contalarla ayrılmışlardır.

İstasyonlarda anahat ile irtibatlı içtinap hatları mevcuttur. İçtinap hatları vasıtasıyla, gelen bir treni istasyonda uygun hatta alıp, istasyonda beklenen diğer bir treni de çıkarma işlemi yapılabilmektedir. [10]

Kumanda makinesi, kumandalı makas ve sinyaller ile hat kesimin durumunu gösteren hat modelini, kumanda ve haberleşme sistemlerini içeren bir sistemdir.

CTC sisteminin uygulandığı trafiğin yürütülmesi için kumandalı makas ve sinyallerin düzenlendiği, gerekli talimatların verildiği, kumanda makinesinin bulunduğu yere kumanda merkezi denir. Kumanda bölgesi, bir kumanda makinesine bağlı olan hat kesimidir.

Aynı anda içinde yalnız bir tren veya makinenin bulunmasına izin verilen, içinde tren, makine seyirlerinin sinyal bildirileri ile idare edildiği ve sınırları kumandalı veya otomatik sinyallerle belirli yol kesimine blok denir.

Makas bölgeleri ve iki makas bölgesi arasındaki sinyalli yollar ile hat civarındaki bloklar üzerinde tren, makine veya vagon bulunup bulunmadığını kumanda makinesine ulaştırılan elektrik devreli kısma ray devreli hat kısmı denir.

Sinyal açma işi makas bildirisi alındıktan sonra yapılır. Sinyal tanzimi için o yola ait trafik tanzim rölesi düşük olmalıdır. İstenilen sinyal tanzimi klavye vasıtasıyla yazıldıktan sonra merkezden sahaya gönderilir. Gönderilen komutu alan istasyonda sırasıyla şu işlemler gerçekleştirilir. [10]

1. Seçilen yol tanzimine göre pozisyon alması gereken makaslara ait kumanda röleleri çeker sonra açılması istenen sinyal grubuna ait kumanda rölesi çeker.
2. Makasların istenilen pozisyonu almasından sonra sinyal kumanda rölesinin tekrarlayıcısı çeker.
3. Seçilen yol üzerindeki makas kilit röleleri düşerek makaslar istenilen pozisyonda kilitlenir.

3.2. Sinyalizasyon Sisteminin Temel Öğeleri

Sinyalizasyon sistemi genel olarak iki temel öğeden oluşur. Birincisi, saha ekipmanları; ray devreleri, sinyal lambaları, makaslar, röleler. İkincisi ise Merkezi yazılım ve interlocking (Anlaşman sistemi) dir. Bu temel öğeler aşağıda detaylandırılmıştır.

3.2.1. Sinyaller

Trenlerin ilerlemesini sağlayan ışıklı, renkli bildirim veren sistemlerdir. Makinist yol boyunca (gidiş yönüne göre sağda) bulunan sinyallerin verdiği renk bildirimlerine göre hareket eder.

3.2.1.1 Sinyal sisteminde kullanılan bazı tanım ve semboller

- **Fren yapma uzaklığı (D) (metre) :** Bir hatta maksimum hızda giden trenin durabileceği uzaklık olarak tanımlanır. Saatteki hızı 160 km/h olan trenlerin yaklaşık durma uzaklığı 2039 metredir. TCDD' nin hatlarında çalışan trenlerin fren uzaklığı 800-1000m arasındadır. Trenin hızı arttıkça bu uzaklıkta artar. Frenleme uzaklığını belirlerken, trenin ivmesinin bilinmesi gerekir.
- **Görüş noktası (GN) :** Sürücünün kırmızı ışıkta durmak için frene başladığı nokta olarak tanımlanır. İngiliz demiryollarında bu süre 10 saniyedir. Trenin hızı 160km/h olduğunda bu uzaklık 450 metredir. İkaz olarak 4' lü sinyallere sarı üstü sarı, 2 ve 3'lü sinyallerde ise sadece sarı bildirimdir. Hızlı tren hatlarında bu nokta fren yapma uzaklığı +%30 fazlalığı olarak alınır.
- **Görüş müsaadesi (G) :** Görüş noktasından ilk ikaz sinyaline olan uzaklıktır. (Sarı ışık ilk ikazdır.)
- **Overlap (O) :** Kırmızı sinyalin hemen arkasındaki blokta bulunan trenin sinyale olan uzaklığıdır. Kötü hava koşullarında (Sisli havalarda) sinyalin geçilmesine karşılık sürücüyü koruyan bir uzaklıktır. Bu İngiliz demiryollarında 183 metredir. TCDD' de ise 2-3 metredir.
- **Trenin uzunluğu (L) :** Trenin uzunluğudur. Yük trenleri yolcu trenlerine göre daha uzun teşkil edilirler
- **İlerleme uzaklığı (X) :** Aynı hatta birbirlerinin arkasından birbirlerini takip eden trenler arasındaki minimum uzaklıktır.

- **İlerleme zamanı (T) :** İlerleme uzaklığını almak için geçen zamana denir.
- **Limit mesafesi (LM) :** Ana hattaki tren ile içtinap hattındaki trenin birbirine temas etmeden güvenli olarak seyir edebileceği mesafeye limit mesafesi denir.

3.2.1.2 Sinyal bildirileri

Yeşil ışık; ilerle, sarı ışık, kontrollü ilerle (İlk ikaz olarak da algılanmalıdır.) Kırmızı ışık kesinlikle dur anlamındadır. Genelde sarı ışık ve kombine renkleri trenin kontrollü ilerlemesini ikaz eder.

Kırmızı ve kombinasyonları duracak şekilde ilerlemeyi ikaz eder. Yeşil ve sarı kombinasyonları ise ilerlemeyi bildirir. Yanar söner ışıklarda manevra bildirimini verebilir.

Üçlü sinyallerin renk anlamları :

Yeşil : Gireceği blok (veya istasyon çıkışı) serbesttir, durmadan geç.

Sarı : Gireceği blok (veya istasyon çıkışı) serbest, fakat sonraki blok meşgul. Sinyalin ait olduğu bloğa yavaşlayarak gir.

Kırmızı : Gireceği blok (veya istasyon çıkışı) meşgul, dur.

Dörtlü giriş sinyallerin renk anlamları :

Dörtlü sinyallerde iki sarı bir kırmızı birde yeşil lamba vardır.

Yeşil : Ana hattan durmadan geç.

Sarı : Ana hatta yavaşlayarak gir.

Kırmızı : Dur.

Sarı üzeri yeşil ışık : Başka yola sapmak suretiyle blok serbesttir. Makaslardan sapma yaparak izin verilen hızda ilerle.

Sarı üzeri sarı ışık : Başka yola sapmak suretiyle blok serbesttir. Makaslardan saparak, izin verilen hızla ve ilk sinyal önünde durabilecek şekilde ilerle.

Sarı üzeri kırmızı ışık : CTC harici yola gir

3.2.1.3 Sinyal tipleri

• Görünüşlerine göre sinyal tipleri

Sinyaller görünüşlerine göre cüce ve yüksek sinyal olmak üzere ikiye ayrılırlar.

Cüce sinyaller ikili veya üçlü olurlar. Üçlü cüce sinyallerin yukarıdan aşağıya doğru renk sırası kırmızı, yeşil, sarı; ikili cüce sinyallerin renk sırası üstte kırmızı altta yeşil şeklindedir. Şekil 3.1’ de İkili ve Üçlü Cüce Sinyaller görülmektedir.



Şekil 3.1: Sinyal Çeşitleri. İkili ve Üçlü Cüce Sinyaller

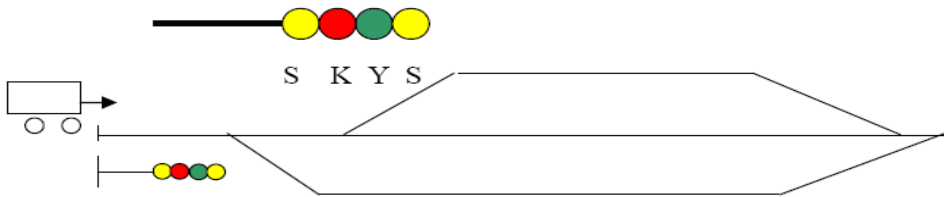


Şekil 3.2: Sinyal Çeşitleri. Üçlü ve Dörtlü Yüksek Sinyaller

Yüksek sinyaller üçlü veya dörtlü olur. Üçlü yüksek sinyallerin yukarıdan aşağıya doğru renk sırası yeşil, sarı, kırmızı şeklindedir. Şekil 3.2’de Üçlü ve Dörtlü Yüksek Sinyaller görülmektedir.

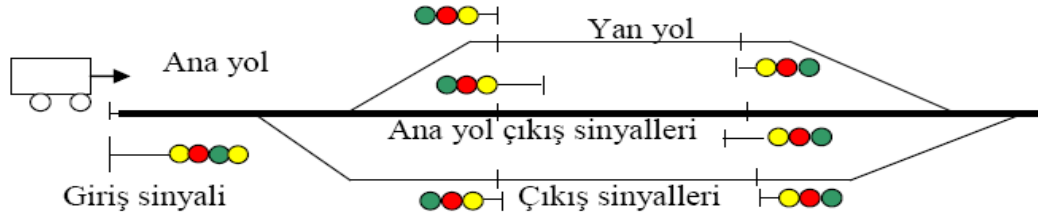
• Fonksiyonlarına göre sinyal tipleri

Giriş sinyalleri, Çıkış sinyalleri, Blok sinyalleri, Yaklaşma sinyalleri, Koruma sinyalleri, Tekrarlama sinyalleri.



Şekil 3.3 : Giriş Sinyali

Giriş sinyalleri; Genelde istasyonun doğu ve batı olarak adlandırılan her iki girişinde bulunan, giriş sinyalleri dörtlü yüksek sinyallerden oluşmuştur. İstasyon hatlarına tren kabul etmeye yararlar. Merkezden direkt kumanda edilebilirler. Alttan itibaren sarı, kırmızı, yeşil, sarı renkler üst üste dizilmiştir.

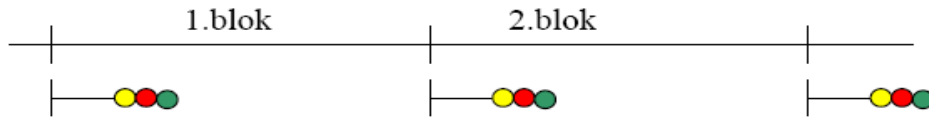


Şekil 3.4 : Çıkış Sinyali

Çıkış sinyalleri; İstasyonun her iki çıkış tarafında bulunur. Ana hat üzerinde; Üç renkli yüksek, çift hatlı ise dört renkli yüksek olurlar. Yan yolların çıkışlarında ise üç renkli cüce sinyaller bulunur.

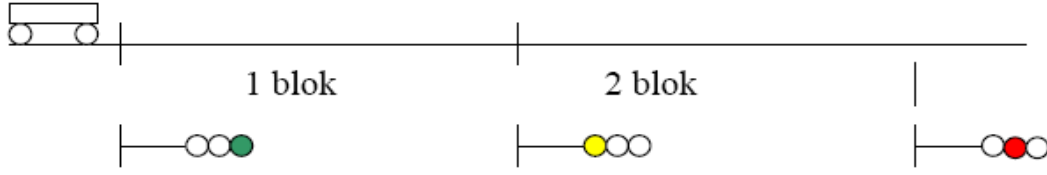
Blok sinyalleri; İstasyonlar arasında açık hatta bulunan, blokların girişine konmuş olan 3'lü yüksek sinyallerdir. Bir trenin seyrinde makinisti ilgilendiren ve görebildiği işaretler daima sağında kalan sinyallere ait olacağından, her blok, doğudan batıya ve batıdan doğuya gidişte işareti almak amacıyla bir blok sinyaline sahiptir. Bu sinyaller kendinden bir sonraki sinyalin durumuna göre otomatik olarak renk bildirisi verir. Bloklar yaklaşık 2 km uzunluğundadır.

Kullanış bakımından sinyaller kumandalı ve otomatik olmak üzere ikiye ayrılırlar. İstasyon sinyalleri kumandalı olur. Blok sinyalleri kumandasızdır.



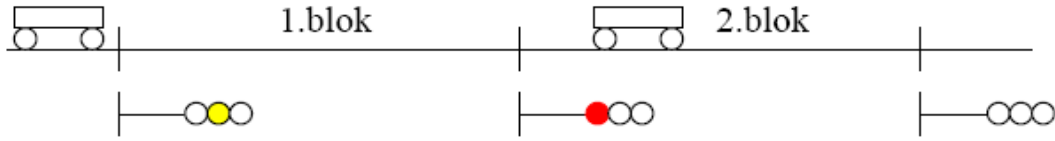
Şekil 3.5 : Blok Sinyalleri

Otomatik bloklarda ilerleyen trenler, blokların meşguliyetlerine göre renk bildirisi veren blok sinyallerine göre ilerler.

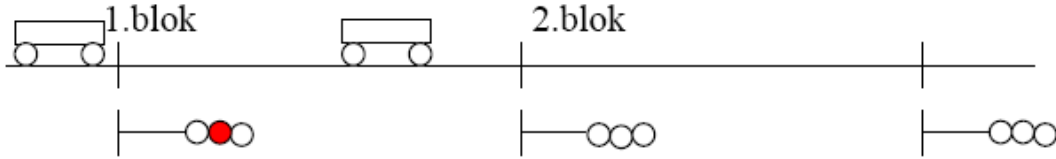


Şekil 3.6 : İki blok boşsa, giriş bloktaki sinyal yeşil yanar.

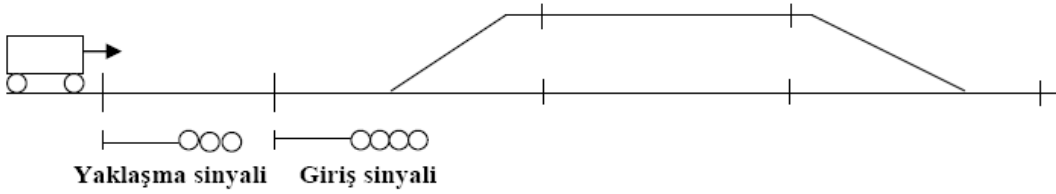
Blok sinyallerinin tren hareketlerine göre renk bildirileri aşağıda Şekil 3.6, Şekil 3.7, Şekil 3.8’ de gösterilmiş ve durum kısaca belirtilmiştir.



Şekil 3.7 : Çıkış sinyalleri tek blok boşsa, blok giriş sinyali sarı yanar.



Şekil 3.8 : Çıkış sinyalleri blok doluysa, blok giriş sinyali kırmızı yanar.



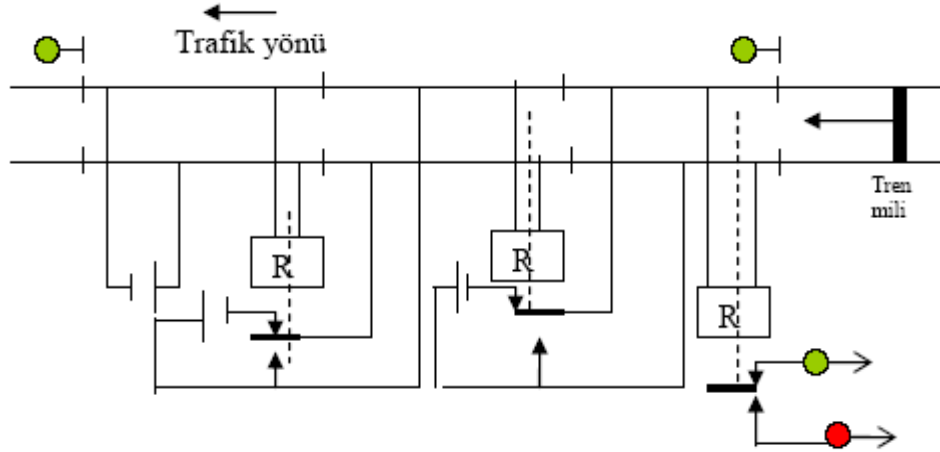
Şekil 3.9 : Yaklaşma Sinyali

Yaklaşma sinyalleri; Her istasyon giriş sinyalinin bir öncesinde bulunan kumandalı blok sinylidir. Yaklaşık giriş sinyaline uzaklığı 1500 m kadardır.

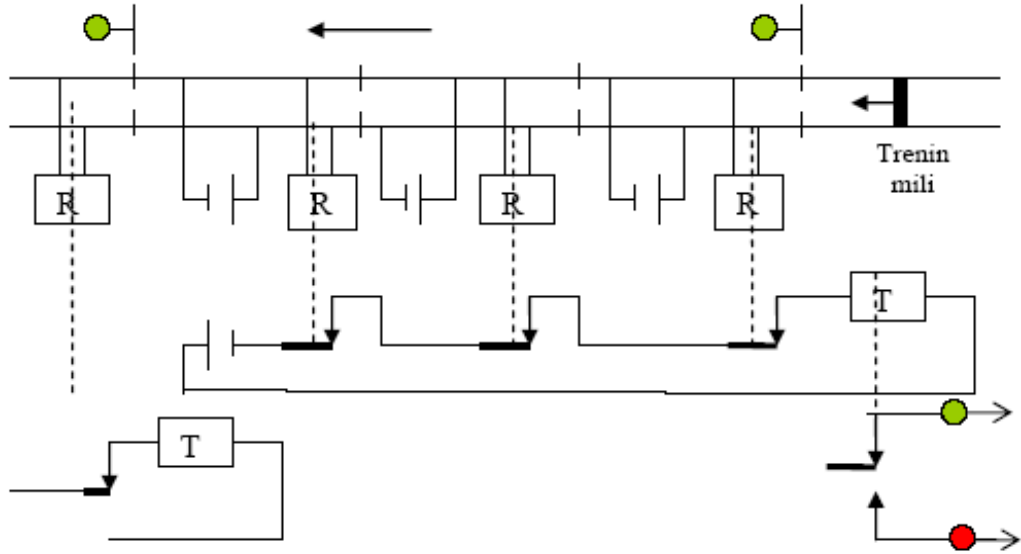
Tüm sinyaller normal hava koşullarında yaklaşık 1000 m uzaklıktan görünecek şekilde dizayn edilmişlerdir. İstasyon içi mesafe 1000 m’ den az ise yaklaşma sinyali sarı renk bilgisi verir. Giriş sinyali sarı üzeri kırmızı olursa CTC harici yola girileceği anlaşılır. Ray devresiz kısımlı hatta CTC harici hat denir.

Otomatik blok sisteminde bloklar sinyaller, kabin sinyaller veya her ikisi birden otomatik olarak idare edilir. Bu sinyal sistemini yapabilmek, idare edebilmek için değişik düzenlemelere ihtiyaç vardır.

3.2.1.4 Blok sinyal devreleri



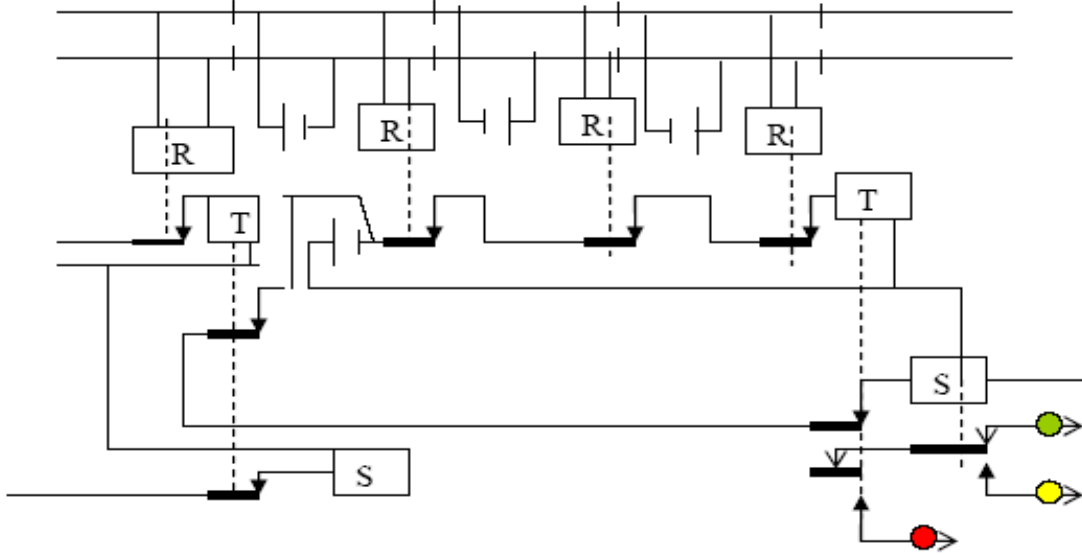
Şekil 3.10 : 3 bloklu ve 2 sinyal bildirimli blok sinyal devresi



Şekil 3.11 : 3 bloklu ve 2 sinyal bildirimli, kontrollü blok sinyal devresi

Bir sinyalden diğerine ulaşabilmek ve bilgi gönderebilmek için arada birden fazla blok (ray devresi) kullanılabilir. Şekil 3.10' da görüleceği gibi tren bloğa girince röle (R) kısa devre ediyor. Bu arada batarya bloğu besliyor. Blok sinyali kırmızıya dönüyor. Tren bloğu terk edinceye kadar kırmızı kalıyor. Şekil 3.11' den de anlaşılacağı gibi T rölesi blokları kontrol eden röle görevini görür.

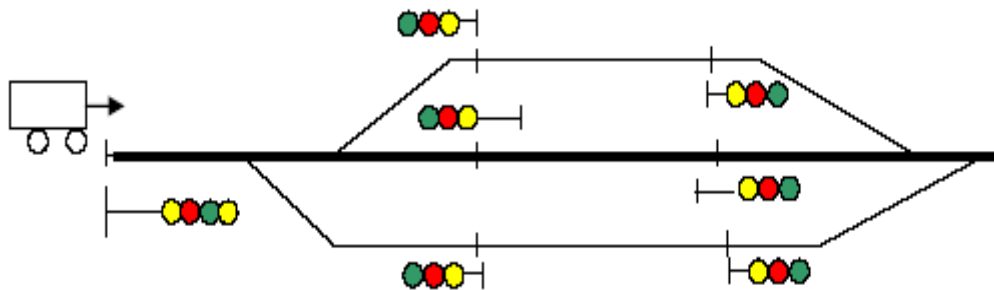
Tren, bloğu terk edinceye kadar devre trenin hareketini sürekli kontrol etmekte ve bloğu terk edinceye kadar trenin bloğa giriş blok sinyali kırmızı bildiriyi vermektedir. Toplamda 3 farklı blok vardır. T rölesi sayesinde, tren iki sinyal arasında hangi blokta olursa olsun girişten kırmızı bildirisi verecektir. Tren ancak son bloğu terk ettikten sonra girişten yeşil bildirisi verilecektir.



Şekil 3.12 : 4 bloklu ve 3 sinyal bildirimli, kontrollü blok sinyal devresi

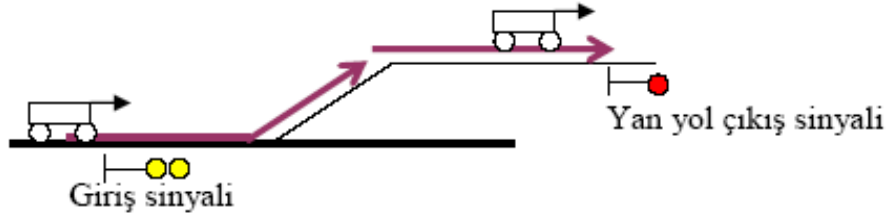
Normalde yeşil olan blok sinyali trenin bloğa girmesi sonucunda kırmızı, sonra sarı ve bloğu geçince sinyal yeşile dönmektedir. Tren son bloğa geçince T rölesini düşürerek sinyali sarıya çevirmekte, tren bloğu terk edince T rölesini düşürmesi sonucu sinyal yeniden ilk konumuna gelmektedir. Yani yeşil bildirim verir.

3.2.1.5 İstasyon içlerinde sinyal bildirileri ve trenlerin ilerlemesi



Şekil 3.13 : Ana hattın istasyona sapmasız girişi

Giriş sinyali yeşil veya tek sarı ise tren ana hat çıkışına kadar gelir. Eğer sinyal kırmızı ise bekler. [11]



Şekil 3.14 : Ana hattan istasyona sapmalı giriş

Giriş sinyali çift renkli ise (sarı üstü sarı, sarı üstü yeşil, sarı üstü kırmızı vb.) tren ana yoldan saparak kontrollü bir şekilde ilişkin bloğun çıkış sinyaline kadar ilerler.

3.2.2 Ray devreleri (Tren algılama)

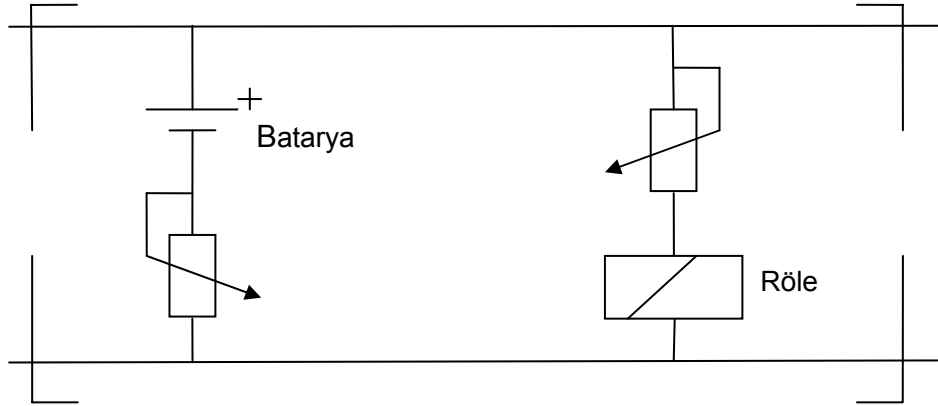
Ray devreleri, bir kısım rayların teşkil ettiği bir elektrik devresi olarak tanımlanabilir. Ray devresinin esas fonksiyonu, trenlerin varlığını hissetmek ve bunu takip eden trenlere bildirmektir. Bir ray devresi açık makasları, istenirse kırık rayları ve tahrip olmuş izole contaları da kontrol edecek şekilde düzenlenebilir.

Tren yerlerinin belirlenmesinde kullanılan bu ekipmanlar değişik tiplerde olabilmektedir.

3.2.2.1 İzole ray devreleri

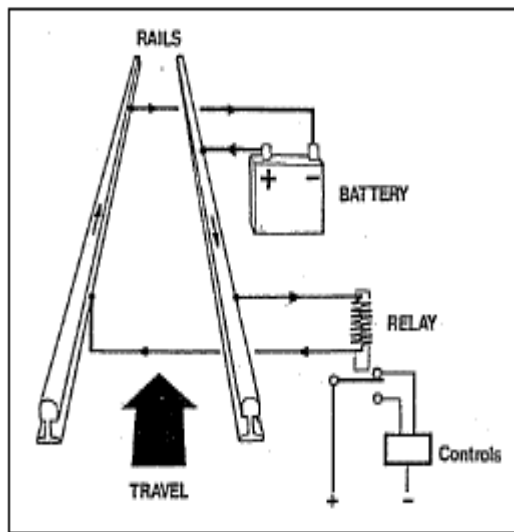
İzole cebireler ile birbirinden elektriki olarak ayrılmış ray bölgelerine uygulanan gerilimin kontrol edilmesi ile trenin varlığı anlaşılır. Ray hattı izole cebire ile belli bölgelere ayrıldıktan sonra bu bölgelerin herhangi bir tarafından bir besleme gerilimi verilir ve ray bölgesinin diğer tarafından gerilim kontrol edilir. Eğer izole edilmiş bölgeden uygulanan gerilime göre bir geri dönüş gerilimi alınıyorsa ray bölgesinde tren yoktur. Tren bir ray bölgesine girince iki ray arasını kısa devre eder. Bu durumda raya uygulanan gerilimden geriye dönüş olmayacağı bölgede trenin varlığı anlaşılır. Burada tren algılama sistemi ters mantıkla çalışır. Yani gerilim varsa tren yok, gerilim yoksa tren var olarak kabul edilir. Bunun sebebi ise hata emniyetli şekilde çalışma mecburiyetidir. Herhangi bir sebepten (kablo kopması, kısa devre, ekipman arızası vs) dolayı uygulanan gerilim geri alınamazsa o bölgede trenin olduğu sayılır ve sistemde arıza olsa dahi en emniyetli duruma geçeceği için kazalar önlenir.

Özellikle eski sistemlerin tamamı Ray Devrelidir. İstanbul LRT hattı, İzmir Metrosu ve TCDD banliyö ve şehirlerarası hatlarında izole cebireli ray devreleri kullanılmaktadır. [3]



Şekil 3.15 İzole ray devresinin prensip elektriki şeması

Ray devresinde esas olarak, Şekil 3.15 ve Şekil 3.16’ da resmedildiği üzere, demiryolunun izole bir kısmı, bir ucunda akümülatör ve akım sınırlayıcı reosta, diğer ucunda hat rölesi ve sinyallere giden ikincil devre bulunur. Eğer izole ray devresini bulunduran kısım üzerinde bir tren varsa, tekerlek ve dingil direnci, ray ve röle direncine göre küçük olduğundan akım devresini bu yoldan tamamlayacaktır. Böylece şöntlenmiş röle enerjisiz kalacak ve düşecektir. Aynı anda şöntlenmiş akümülatör bataryası deşarj haline geçeceğinden, bunu önlemek amacıyla, bataryaya akım sınırlayıcı seri bir reosta bağlanmıştır.



Şekil 3.16: İzole ray devresinin prensip şeması [12]

Rayları iki ucundan birbirlerine bağlamak için kullanılan demir çubuklara ‘cebire’ denir. Cebireler, yumuşak çelikten, haddeden geçirilmek suretiyle yapılır. Yol içinde ve dışında kalan kısımları, aynı veya farklı şekilde olabilir. Delik sayısı, ray başlarındaki delik sayısına göre 4 veya 6 olur. Şekil 3.17’ de Cebire ve Cebire Blonu gözükmemektedir.



Şekil 3.17 : Cebire ve Cebire Blonu

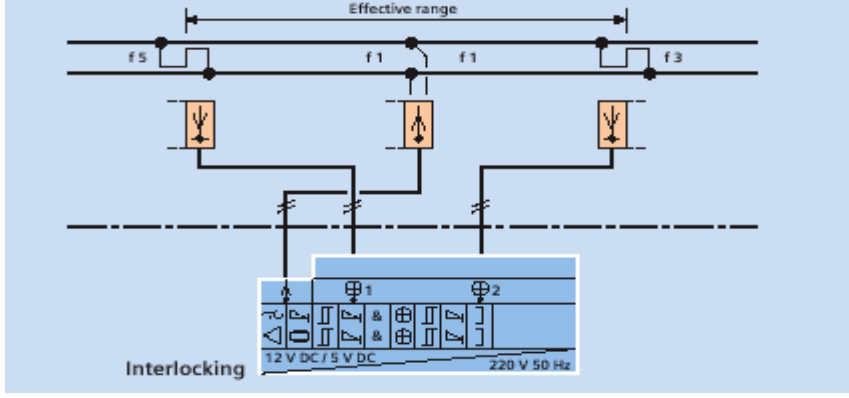


Şekil 3.18 : İzoleli Cebire

Sinyalli bölgelerde veya ray devrelerinin ayrıldığı otomatik kumandalı hat kesimlerindeki hemzemin geçitlerde ‘İzoleli cebire’ kullanılır. Bu cebireler ray ile temas etmemesi için plastik malzeme ile izole edilmiştir. Şekil 3.18’ de İzoleli Cebire örneği verilmiştir.

3.2.2.2. Kodlu ray devreleri

Kodlu ray bölgelerinde rayları izole cebire ile ayırmaya gerek yoktur. Onun yerine ray bölgeleri arasında kapasitif ayırıcılar kullanılır. Şekil 3.19’ da gösterildiği üzere Ray bölgesinin bir ucundan verici vasıtası ile raya verilen ses frekansı ray bölgesinin diğer ucundan bir alıcı vasıtası ile alınır ve ölçülür. Eğer frekansta bir sapma varsa fail-safe mantığına göre tren varmış gibi düşünülür ve bölge kilitlenir. Son yıllarda inşa edilen olan sabit bloklı sistemlerde, ses frekanslı ray devreleri kullanılmaktadır. Özellikle kısa mesafeler de aracın algılanmasını gerektiren düşük zaman aralıklı tren işletmesi yapılan sistemlerde kullanılması avantajlıdır. Ayrıca ray kesintisiz olduğu içinde yolculuk konforu artar ve bakım maliyeti düşer. Son zamanlarda işletmeye açılan Ankaray raylı sistemler ve Taksim – 4 Levent İstanbul Metrosu’ nda kodlu ray devresi kullanılmaktadır. [3]



Şekil 3.19 : Basit bir ses frekanslı ray devresi örneği

3.2.2.3. Aks sayıcı ray devreleri

Ray bölgesine giren çıkan aksları sayarak trenin bölgede olup olmadığını anlayan ray devresidir. Eğer bölgeye giren aks sayısı bölgeden çıkana eşit değilse fail-safe mantıkla bölgede tren var kabul edilir. Özellikle şehirlerarası raylı sistemlerde Ray Devresi yerine yeni sistemlerde Aks Sayıcı tercih edilmektedir. Şekil 3.20’ de bir örneği gösterilmiştir. Aks sayıcı sistemde izole cebire kullanmadığından bakımı kolaydır ve ray kesintisiz olduğu için yolculuk daha konforludur. Ülkemizde ise Aks sayıcı ray devresi Bursaray hattında kullanılmıştır. Dünya da ise özellikle şehirlerarası hatlarda hızla yaygınlaşmaktadır. [3]



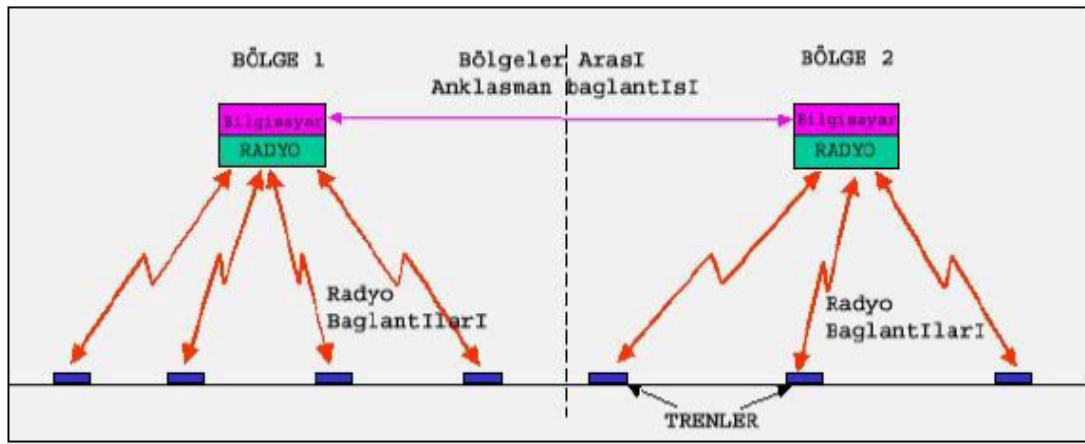
Şekil 3.20 : Aks Sayıcı Örnekleri [13]

3.2.2.4 Hareketli blok (moving block) ray devreleri

Hareketli blok sinyal sisteminde ray devreleri sanaldır ve uzunluğu trenin hızına, durma mesafesine, fren gücüne, bölgenin kurp ve eğim parametrelerine göre değişir. Kumanda merkezindeki program her trenin önündeki mesafeyi otomatik olarak ayarlar ve trenin hızını düşürür veya yükseltir. Bu şekilde ray devresi olarak kullanılan mesafe kısa olacağı veya gereksiz yere uzun tutulmayacağı için hattın kapasiteside artar.

Genellikle 90 sn ve altındaki hat kapasitelerinde kullanılması daha ekonomiktir. Ülkemizde Ankara metrosunda hareketli blok sinyalizasyon sistemi kullanılmıştır. [3]

Hareketli blok sistemi olan bir demiryolunda, hat bölgelere ayrılmıştır. Şekil 3.21’ de bu durum gösterilmiştir. Bölgeler bilgisayar kontrolü altındadır ve haberleşme sistemine sahiptir. Buna göre, her tren konumunu, hızını ve yönünü sisteme gönderir. Bu kontrol merkezi gerekli hesaplamaları yaparak aynı hattan gelen diğer trene bilgileri iletir. Her bir tren radyo bağlantısı ile sürekli olarak durum bildirir. Bu sistem, ‘Komünikasyon Bazlı Tren Kontrolü’ dür.

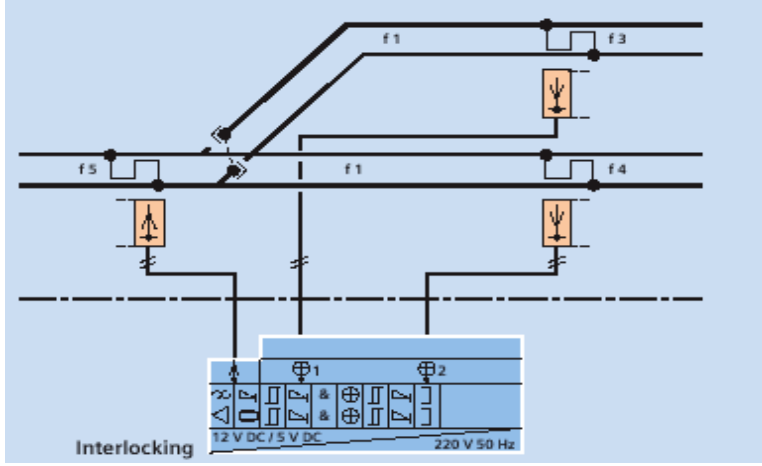


Şekil 3.21 : Hareketli Blok sistem şeması [14]

3.2.3. Makaslar

Trenlerin yön değişimleri makaslar yardımı ile olur. Makaslar da sinyalizasyon sisteminde yine fail-safe mantığına göre bölgede araç olduğu veya geçtiği durumda komut almaz ve makasların konumu ile ilgili bir şüpheli durum olduğunda da yine makasın kumandasına izin verilmez. [3] Şekil 3.22’ de basit bir makas sinyalizasyonu resmedilmiştir.

Makasın dil ucu istikametinde bakıldığında içtinap hattı ana hattın solunda kalıyorsa, makas “sol makas” sağında kalıyorsa “sağ makas” olarak adlandırılır. Makaslar devreleri bakımından, seri veya paralel hat devreli olabilir. Daha çok seri olanlar tercih edilir, çünkü seri hat devreli makaslar iki çift izole conta gerektirmelerine rağmen, devrenin herhangi bir noktasındaki kırılmada, röle enerjisiz kalacağından arızayı ihbar ederler. Trenlerin sevkinde arzulanan makas pozisyonunun gerçekleştirilmesine “makas tanzimi” denir. [10]

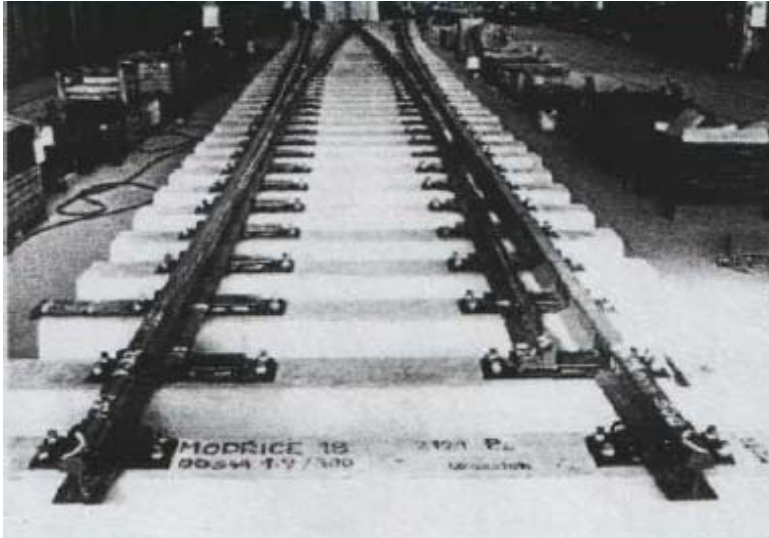


Şekil 3.22 : Basit bir makas sinyalizasyonu uygulaması

Makasın ana hat veya içtinap hattına geçişi, makas motoru sayesinde, kontrol merkezinden yapılır. 3 çeşit makas vardır. [7]

3.2.3.1 Basit makas

Trenlerin yalnız iki yol değiştirmesini sağlar. Doğru yoldan sapan yola veya sapan yoldan doğru yola kumanda eder. Geçiş sağa sapıyorsa Basit Sağ Makas, sola sapıyorsa Basit Sol Makas'tır. Bu makasların kilitleme sistemi yoktur. Şekil 3.23' de örnek bir basit makas gösterilmiştir.

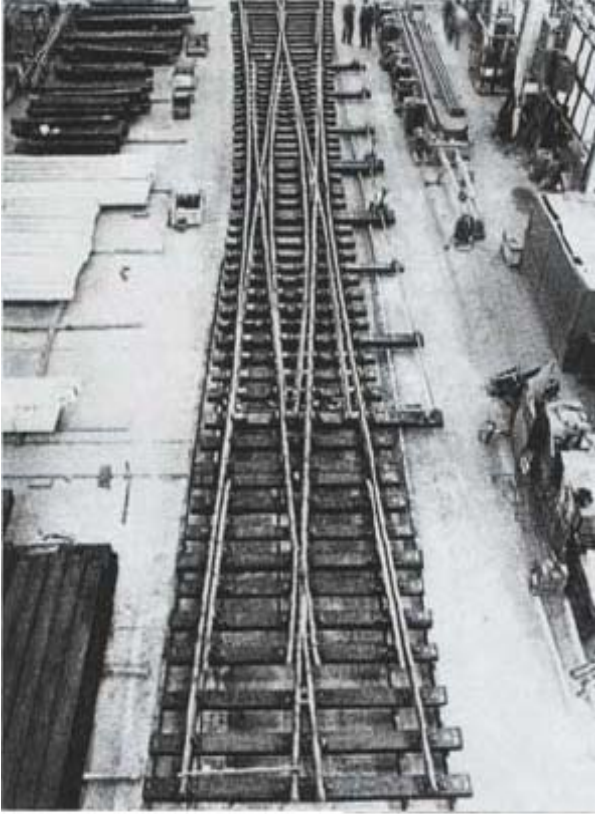


Şekil 3.23 : Basit makas

3.2.3.2 Bileşik çift makas

İç içe iki basit makastan meydana gelmiştir. Bir yoldan üç yola geçiş yapılabilir. Bir doğru yolu iki sapan yolu vardır. Depo ve istasyon sahalarında kullanılır.

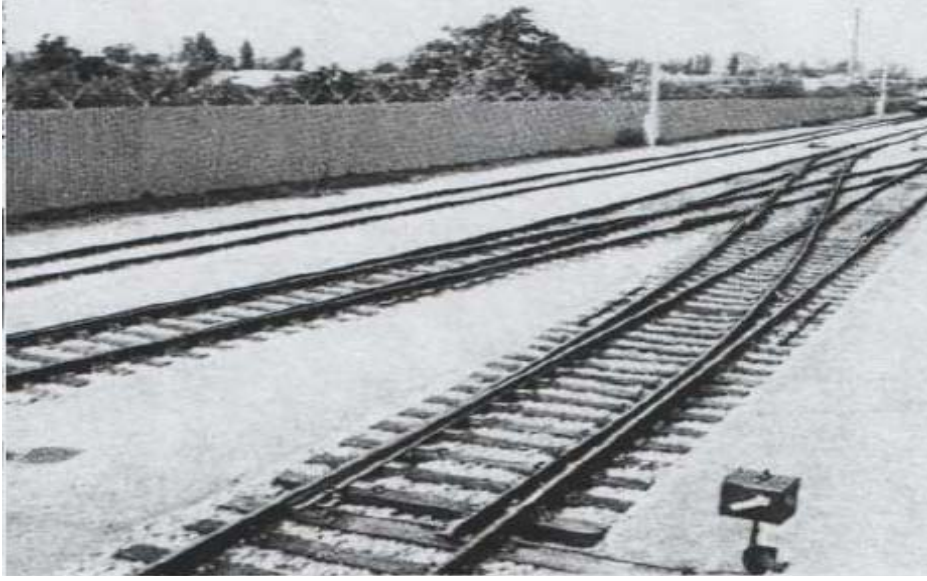
İşletim hattında kullanılmaz. Şekil 3.24’ de örnek bir bileşik çift makas gösterilmiştir.



Şekil 3.24 : Bileşik çift makas

3.2.3.3 Çapraz makas

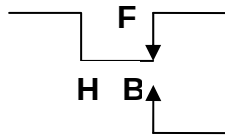
Bu makaslar kesişen iki yolda karşılıklı geçişi sağlar. Birden fazla yöne geçiş sağlar. Üç veya dört basit makasla sağlanabilecek geçişi temin ettiklerinden atölye, istasyon ve gar sahalarında manevra sahalarını etkin kullanmak ve araziden tasarruf amacı ile kullanılır. Bu makaslarda yön değiştirmesi olmaz. Şekil 3.25’ de örnek bir çapraz makas gösterilmiştir.



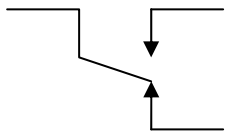
Şekil 3.25 : Çapraz makas

3.2.4. Röleler

CTC hat boyu kilitleme devrelerinde kullanılan bir kısım röleler, hayati rölelerdir. Gereken ayar işlemleri gerçekleştirilip montajları yapıldıktan sonra ihtiyaç duyulmadıkça bu rölelere dokunulmaz. Diğer bir kısım röleler ise, kumanda makinesi başında bulunan şahıs (dispeçer) tarafından kontrol edilebilir. Şekil 3.26’ da Röle elektriksel ifadeleri gösterilmiştir.



Enerjili pozisyon, ön kontak kapalı arka kontak açık
H (heel) : ökçe, F (front) : ön kontak B (back) : arka kontak



Enerjisiz pozisyon, ön kontak açık, arka kontak kapalı

Şekil 3.26 : Röle elektriksel gösterimleri

Bazı rölelerin kontak adedi gerektiği kadar olmaz. Arzulanan kontak adedini temin amacıyla, bu rölelerin tekrarlayıcıları kullanılır. Kilitleme devreleri incelenirse görülür ki, röle devreleri bazen farklı batarya kutupları arasında kurulmuştur.

Mesela bir bataryanın (+) kutbundan itibaren takip edilen röle devresi uzakta diğer bir bataryanın (-) kutbunda tamamlanır. Bu iki bataryanın aynı voltajda olmaları arzulandığı gibi, herhangi bir bataryanın da nominal voltajını muhafaza etmesi istenir.

3.2.5 Trenüstü (On-board) ekipmanları

Trenlerin üzerinde sinyalizasyon sisteminden gelen bilgileri alan ve ona göre treni hareket ettiren veya hareketini yönlendiren elektronik ünedir. Trenin sinyale göre hareket etmesinde sistemin en önemli bileşenidir. On-board ekipmanları makinistin treni sürdüğü sistemlerde hız sınırına veya diğer emniyet kurallarına uyulmadığı zaman önce makinisti uyarırlar ve tren üzerinde emniyetle ilgili bir eksiklik (kuplaj kopması, kapıların açılması, fren sisteminde bir arıza vs) veya sinyal sistemine göre bir hata (hat üzerinde bir engel algılanması, tanımlanmış maksimum hızı aşma vs) gördükleri an treni durdururlar. Otomatik sistemlerde ise makinisti uyarma olmayacağı için güvenlik ölçme metodları biraz daha geliştirilmiş ve acil durum olduğunda yine güvenlik amaçlı tren durdurma yapılmaktadır. Sinyalizasyon sistemlerindeki kazaların bir çoğu on-board ekipmanları kapatarak yapılan manuel sürüşlerde meydana gelmektedir. [3]

3.2.6 Merkezi anlaşıman (Interlocking)

Elektronik kilitleme sistemi; röleli kilitleme devrelerinin yerine kullanılan daha güvenilir, daha hızlı, daha ileri kilitleme sistemidir. Elektronik kilitleme, bilgisayarlı ve tam elektronik kilitleme sistemidir. Modüler donanım ve yazılım dizaynı sayesinde, hat planındaki değişikliklerin adaptasyonu kolaylaşmaktadır. Sistemin ara birimleri istasyon kontrol panosu, kilitleme işlemcisi, giriş/çıkış kontrol ünitesi ve hat boyu sinyalidir. [10]

Kumanda merkezinde tüm hat boyu ekipmanlarının bilgileri toplanır ve bu bilgilere göre bir trenin bir ray bölgesine girmesine izin verilir verilmeyeceğine karar verilir. Bir makas veya ray bölgesine herhangi bir tren girdiğinde o tren bu ray bölgesini terk edene kadar bölge kilitlenir ve bölgede herhangi bir işlem yapılmasına izin verilmez. Bu şekilde trenler izin verilen bloktan diğer bloğa giremeyeceği, girmek istese bile ATC (Automatic Train Control), ATP (Automatic Train Protection) tarafından durdurulacağı için trenlerin karşılaşması/çarpışması engellenir. [3]

Merkezi kilitleme sistemi ilk önceleri röleler vasıtası ile yapılmakta idi. Yani meşgul olan bölgenin rölesi çeker ve diğer komutlar uygulanamazdı. Yeni sistemlerde ise artık fail-safe (Safety Integrity Level 3-4) yazılımsal anlaşılan sistemleri kullanılmaktadır. Merkezi kilitleme sistemleri en az 2 adet endüstriyel bilgisayardan oluşur ve yapılan işlemler her iki bilgisayarda ayrı ayrı yapılır ve sonuçlar karşılaştırılır. Eğer sonuçlarda farklılık varsa komut uygulanmaz.

Kilitlemenin fonksiyonları:

- Trenin gideceği güzergah dışındaki bütün yollar Merkezi Interlocking – anlaşman tarafından kilitlenir.
- Trenin yön değiştireceği her noktada rota kilitleme ile yol tanzimi yapılır. Bütün elektrik motorlu makaslar doğru pozisyona alınır ve mekanik olarak kilitlenir.
- Sinyal ataması yapılan yani trenin seyredeceği bölgede trenin varlığının takibi yapılır.
- Kilitlenen bölgeden trenin geçişi ile beraber diğer trenlerin geçişine müsaade edilebilmesi için otomatik serbest bırakılır.

Trenin hareket edeceği güzergahtaki sinyallerin ve makasların atamasından sonra tren geçene kadar durumu muhafaza eder. Şekil 3.27’ de Kumanda merkezi gösterilmiştir.



Şekil 3.27 : Kumanda Merkezi

3.3 Sinyalizasyon Teknikleri

İşletmelerde en önemli etken olarak emniyetin sağlanması dışında, sinyalizasyon sisteminin diğer kullanım gereksinimleri; hat kapasitesini arttırmak, zaman çizelgesi iyileştirmesi yapmak, enerji tüketimini asgariye indirmek şeklindedir.

Bu bölümde 5 tip sinyalizasyon tekniğinden bahsedilecek. Birincisi ülkemizde TCDD’ de halen yaygın olarak kullanılmakta olan Röle kilitleme sistemidir. Diğer teknikler ise daha çok hafif metro ve metrolarda kullanılan ileri sinyalizasyon teknikleridir.

Günümüzde kapasiteyi arttırmak ve emniyetli sürüş yapmak için tramway sistemlerinde de kendine özgü bölgesel sinyalizasyon sistemleri kullanılmaktadır. Tramvay sistemlerinde düz yolda karma trafiğin uygulandığı bölgelerde görerek sürüş, makas ve tünel bölgelerinde ise interlocking ile emniyet sağlanır. Tünel bölgesinde sinyal konmasının mantığı; tünelin girişinde aydınlıktan karanlığa geçildiğinden önde durmuş olabilecek trenin veya kurplarda duran trenlerin farkedilemeyeceği için 15 km’ nin üstünde hız yapılacak tünel alanlarında sinyalizasyon sistemi kurulmasıdır. [3]

3.3.1 Röle kilitleme esaslı sinyalizasyon sistemi

Röle kilitleme sistemi parçaları; istasyon kumanda masası, röle rakları, cihaz rakları, yol boyunca cihaz dolapları ve bağlantı kutularından oluşmaktadır. Rak, herhangi bir malzemenin toplu olarak bulunduğu düzene denir. Ayrıca istasyon aralarındaki otomatik blok sinyalleri için blok kontrol röle devreleri bilgi iletim uydusu (kumandalı blok sinyali KBS için) ray devresi alıcı ve verici cihazları, enerji besleme cihazları ile hemzemin geçit koruma devre ve cihazları, yol boyu otomatik durdurma (ATS) sistemi devre ve ekipmanları da bu sistem içinde vardır.[10]

Röle kilitleme sistemi aşağıdaki fonksiyonları yerine getirir:

- Trenin gideceği güzergah dışındaki bütün sinyal tanzimlerinin kilitlenmesi
- Bütün elektrik motorlu makasların kontrolü, doğru pozisyonda tanzimi ve kilitlenmesi
- Bütün elektrik kilitli ve dedektörlü makasların yol doğrultusunda kontrolü ve kilitlenmesi

- Sinyal tanzimi olacak bölgede tren varlığının kontrolü (sarı üzeri kırmızı sinyal tanzimi hariç)
- Sinyal kilitlenmesinin trenin geçişi ile otomatik olarak serbest bırakılması
- Tanzim edilmiş olan yol tren tarafından meşgul edilmedikçe dispeçer ve istasyon masasındaki operatör tarafından tanzim iptal edilirse 1-3 dakika yol kilitlenmesinin olması ve bu zamandan sonra kilitlemenin kalkması
- Eğer bir bölge üzerinde tren varsa bu bölgedeki herhangi bir makas tanzimi veya başka bir sinyal tanziminin mümkün olmaması

3.3.2 Sabit blok manuel sürüş sinyalizasyon sistemi

Şehirlerarası hatlarda ve metro sistemlerinde geniş çapta kullanılan sinyalizasyon sistemidir. Blok uzunluğu, maksimum tren hızına ve en düşük servis frenleme değerine göre tayin edilir. İşletme durumunda, sadece bir tren bir bloğu işgal edebilir ve arkadaki tren, blok giriş sinyalleri sayesinde önündeki blok durumuna göre hareket eder.

Blok mesafelerinin belirlenmesi bakımından, sabit blok sinyalizasyon sistemi çeşitlilik gösterir: hız ve yol sinyal sistemi. Hız sinyal sisteminde; bloklar boyunca, sürücüye blok hız limitleri coğrafik duruma ve öndeki trenin pozisyonuna göre iletilir. Yol sinyal sisteminde ise sadece öndeki blok durumu sinyal konumları vasıtasıyla sürücüye bildirilir. Blok uzunluğu tayini işletimdeki farklılık yüzünden her iki sinyal sisteminde değişik metodla yapılır.

Hız sinyal sisteminde;

$$l_b = \max(f(V_m, V_1), f(V_1, V_2), \dots, f(V_n, 0)) \quad (3.1)$$

Yol sinyal sisteminde;

$$l_b = \frac{1}{(n-2)} * f(V_m, 0) \quad (3.2)$$

şeklinde blok uzunlukları tespit edilir. Burada l_b blok uzunluğunu, $f(V_1, V_2)$ fonksiyonu V_1 hızından V_2 hızına geçiş esnasında servis frenleme mesafesini, n sinyal konum sayısını (kırmızı, sarı, yeşil vb.) ve $(n-2)$ birbirini izleyen iki tren arasındaki minimum sinyal blok sayısını gösterir.

Hat kapasitesinin etkili bir şekilde kullanılması ve iyi bir trafik regülasyonun yapılabilmesi; hız sinyal sisteminde sürücünün hız bildirilerine uymasına, yol sinyal sisteminde ise sürücünün tamamıyla yol bilgisine bağlıdır. Ekspres, banliyö ve yük trenlerini içeren karışık bir hat için her bir trene ait belli hızlar olduğu gibi aynı zamanda hat kapasitesi optimizasyonu içinde optimum hızlar mevcuttur. Hız sinyal sistemi; bu tür sistemlerde kompleks olmasına karşın, etkili bir işletim açısından bir çok demiryolu sisteminde kullanılmaktadır.

Blok uzunluğu formülünde bulunan $f(V_m, 0)$ fonksiyonu maksimum izin verilen hızda giden bir trenin tamamıyla durması için gerekli olan fren mesafesidir. Hat boyu değişik trenlerin bulunduğu bir sistemde en uzun fren mesafesi dikkate alınır.

Sabit blok sinyalizasyon sistemi sinyaller ve/veya yol boyu yerleştirilen bilgi iletim birimleri (beacon veya transponder) vasıtasıyla, hat boyu trenler arasında emniyetli mesafeyi temin eder. Yeşil, sarı, sarı-yeşil, kırmızı vs. ışık kombinezon konumlarını içeren sinyaller, hat durumunu sürücüye anlaşılan sistemiyle bildirir. Ray devresi ile tespit edilen blok meşguliyeti veya merkezden yapılan yol tanzimi sinyallerin konumunu otomatik olarak değiştirir. Yol boyu yerleştirilen bilgi iletim birimleri de hat durumuna bağlı olarak, hat hız limitlerini (konumlarını) değişik rezonans frekanslarını kullanarak üzerinden geçen trene manyetik olarak aktarır. Bilgi iletimin konum sayısına göre, sinyalizasyon sistemi 2' li 3' lü vs. konumlu olarak isimlendirilir. [15]

Günümüz metro ve hafif metro sistemlerinde, genelde 10 dakikanın altında sefer aralığı olan sistemlerde zaman çizelgesi uygulama mecburiyeti doğmuştur. Bir sistemde 10 dakikanın altında bir sefer aralığı (Headway Time - HT) varsa trenler arasındaki mesafenin korunması gerekmektedir. Sabit bloklu manuel sürüş sistemlerinde trenler arasını tam olarak ayarlamak mümkün olmadığından sefer aralıklarını tutturmak pek mümkün olmamaktadır. Bu tür sistemlerde genelde sefer aralıklarını maksimum oranda tutturmak için makinistlerin deneyimlerine güvenilmektedir. (örneğin İstanbul ve İzmir Hafif Metro hatları) Fakat makinist tecrübelerine göre bir sürüş eğer hattın kapasitesi 10 dakikalık headwayden düşükse tren aralıkları tutturulamamakta ve Makinist Bilgilendirme Sistemleri (DIS) ve Araç Takip Sistemleri kullanılması gerekmektedir. (örneğin Ankara ve Bursa Hafif Metro hatları) [3]

3.3.3 Sabit blok otomatik sürüş sinyalizasyon sistemi

Otomatik tren işletme sistemine sahip bu sistemlerde trenler kumanda merkezi tarafından bilgisayar vasıtasıyla otomatik olarak sürülmektedir. Zaman çizelgesine göre tren hareket saatleri işletme programına kaydedilir. Trenin hangi hızda nasıl gideceği bazen blokların başında veya devamlı trenle haberleşme yoluyla alınmaktadır. Merkezi interlocking trenlerin konumunu algılar ve durması gerektiği noktayı ve nasıl güvenli olarak duracağını trene bildirir. Trende aldığı bilgiye göre duracağı yeri, uygulaması gereken fren gücünü hesaplar ve ona göre bir fren gücü uygular. Eğer tren çalıştırma sıklığı düşük tutulmak isteniyorsa sinyalizasyon sisteminin ilk dizaynı sırasında (örn. HT= 90 sn. veya 120 sn.) ray devrelerinin uzunluğu kısa tutulmalıdır. Düşük tren aralıklarında uygulanması zor olmakla beraber 2 dk. civarındaki tren aralıklarına kadar uygun bir çözümdür.

Manuel sürüş sinyalizasyon sistemine göre %10-15 daha fazla maliyetli olmakla beraber, sürüş senkronizasyonu, enerji ve personel tasarrufu düşünüldüğünde uygun bir çözümdür. Taksim – 4.Levent arasındaki İstanbul Metrosu bu sistemi kullanmaktadır. [3]

3.3.4 Hareketli blok otomatik sürüş sinyalizasyon sistemi

Özellikle metro sistemlerinde, yolcu talebinin sürekli olarak artması varolan sabit blok sinyalizasyon sistemlerinin hat limitlerinin zorlamıştır. Sinyalizasyon tekniğindeki gelişmelerle uygulamaya konulan hareketli blok sistemler hat kapasitesini arttırmak olanağını vermiştir.

Hareketli blok sinyalizasyon tekniğinde trenlere sürekli olarak otomatik tren işletimi ve koruması için veri iletimi sağlanır. Bu sürekli veri iletimi sayesinde trenler arası mesafe, ani trenleme mesafelerinden az olmamak şartıyla kontrol edilir. Aynı zamanda tren hızı ve pozisyonu bilgileri yol boyu işlemciler vasıtasıyla merkeze iletilir. Bu iki yönlü veri iletimi, sistemin temelini oluşturduğundan bu sistemler iletim tabanlı sinyalizasyon olarak ta isimlendirilir.[15]

Hareketli blok sinyalizasyon sistemi; trenler arası mesafenin kontrolündeki farklılık bakımından değişik sistemleri içerir.

3.3.4.1 Hareketli mesafe bloku (HMB) :

Birbirini izleyen iki tren arasındaki minimum mesafe, maksimum hat hızında durmak için gerekli fren mesafesidir. İşletim boyunca kontrol edilen bu mesafe;

$$M = \frac{V_m^2}{(2 * d)} \quad (3.3)$$

V_m = Maksimum hat hızı

d = Frenleme ivmesi

Bu tür bir sistemde, izleyen trene yalnızca kendi pozisyonuna ilişkin öndeki trenin pozisyonu bilgisi iletilir. İşletim mesafesi sabit olup trenlerin çalışma hızlarından bağımsızdır.

3.3.4.2 Hareketli zaman bloku (HZB) :

Hat boyunca herhangi bir noktayı geçen iki tren arasındaki zaman farkı bu tür hareketli blok sistemi işletiminde sabittir ve öndeki trenin çalışma hızından bağımsızdır.

Trenleri ayıran minimum mesafe,

$$M = \frac{V_m * V_2(t)}{(2 * d)} \quad (3.4)$$

$V_2(t)$ = izleyen trenin t zamanındaki çalışma hızıdır.

3.3.4.3 Minimum hareketli bloku (MHB) :

Sabit blok sistemlerinde konum sayısının arttırılması; blok uzunluklarını kısaltır ve dolayısıyla trenler arasında minimum mesafenin azalmasını, hat kapasitesinin artmasını sağlar. Blok uzunluklarının sıfır olması durumunda, bir trenin pozisyonu tam olarak bilinir ve emniyet sınırları içerisinde trenler arası mesafeyi mutlak minimuma indirmek mümkündür. Birbirini izleyen iki tren arasındaki mutlak mesafe, izleyen trenin hızına bağlı olarak değişen ani frenleme mesafesidir. Gerekli olan bilgi iletimi trenlerin relatif pozisyonları ve izleyen trenin hızıdır.

Bu sistemde trenler arası minimum mesafe;

$$M = \frac{V_2(t)^2}{(2 * d)} \quad (3.5)$$

M, bir çarpışma olmaması için gerekli minimum mesafedir. Öndeki trenin ani olarak birden bire durabileceği prensibine göre hesaplanır.

Hareketli blok sistemleri, otomatik tren işletimi ve yol boyu kontrol teçhizatları arasındaki iki yönlü bilgi alışverişine bağlıdır. Bu sistemlerde, ray devreleri; yalnızca raydan trene bilgi sağladıkları ve sınırlı tren pozisyonu saptama olanağı verdiği için uygun değildir. Aynı zamanda hareketli blok sistemleri için gerekli büyük miktarda bilgiyi iletebilecek kanal kapasitesini ray devreleri sağlamayabilir. Bu nedenlerden ötürü, rayların arasına bir anten fonksiyonu gören endüksiyon iletim halkaları döşenir ve düzenli aralıklarla çarpazlanır. Tek kanalda iki yönlü iletim kullanımı ve uygun kodlama tekniği ile tren ve yol boyu işlemcileri arasında iki yönlü veri alış verişi endüktif iletim halkaları düzeneği ile sağlanır. Her bir tren pozisyonunu , hızını ve yönünü periyodik olarak iletir. İletim halkasının çarpazlandığı yerde iletilen sinyalin faz değiştirmesi ile tren pozisyonu saptanır. Çarpazlama noktaları arasındaki mesafe aynı zamanda dingile monte edilmiş bir takojenaratör tarafından da hesaplanabilir.

Trenler arasındaki emniyetli fren mesafesinin sağlanması için her bir trene yol boyu işlemcileri tarafından kumanda bilgisi iletilir. Kablo band genişliği sayesinde çok fazla bilginin iletimi örneğin sürekli ve geçici hat hız limitlerinin iletimi de mümkündür.

Sürekli tren kontrol sistemi, Avrupa' da, Kuzey Amerika' da ve Japonya' da şehiriçi ve şehirlerarası demiryolu işletmeciliğinde yaklaşık 21 yıldır kullanılmaktadır.[15]

Kablosuz ağ yoluyla trenle haberleşilen sistemlerde sinyalizasyonun güvenlik seviyesinin yüksek olması gerektiğinden haberleşme sistemi yedeklidir yani çift kanal haberleşme kullanılır ve sahadan gelen bilgiler tren üzerinde karşılaştırılır. Trenlerin hangi hattın hangi noktası üzerinde olduğu (dopler radar, GPS, aracın km sayacı vs. yardımı ile bu konum belirlenir) tren tarafından kumanda merkezine gönderilir.

Her trenin, önündeki trene ne kadar yaklaşacağı trenin hızına, fren gücüne ve yol durumuna göre her zaman yeniden hesaplanır ve trene gönderilir ve buna göre trenin hızı yeniden ayarlanır. Her trenin bulunduğu bölge ayrı ayrı kilitlenir ve her trenin hızı ayrı ayrı hesaplanır.

Genelde 90 sn. ve daha az sefer aralıkları için cazip bir sinyal sistemidir. 90 saniyenin üstündeki sefer aralıklarında bir sinyal sistemi için bazen pahalı kalmakla beraber genelde yolcu yoğunluğu olan hatlarda uygundur. Özellikle son yıllarda IEEE tarafından açık kod olarak standarta giden Haberleşme Tabanlı Tren Kontrolü (Communication Based Train Control – CBTC) sistemleri tek firmaya bağlı kalmama yönünden de avantajlıdır. Yani bir firmanın yapmış olduğu sinyal sistemini diğer sinyal firması da uzatabilir ve böylece özellikle uzatma projelerinde rekabet ve fiyat avantajı oluşur.[3]

3.3.5 Tam otomatik sürücüsüz sinyalizasyon sistemi (TOS)

Sinyalizasyon sistemlerindeki gelişimin ulaştığı son noktadır. 1960’ larda başlayan ilk araştırmalar ve denemelerden sonra ilk Tam Otomatik – Sürücüsüz Raylı Sistem 1983 yılında Lille, Fransa’ da Siemens tarafından inşaa edilerek hizmete açılmıştır. Günümüze kadar bütün büyük raylı sistem üreticileri bu sistemler üzerinde çalışarak geliştirmeye devam etmişlerdir. Günümüzde ise haberleşme sistemini CBTC ile yaparak gelişmesine devam etmektedir. [3]

Raylı toplu taşımada sürücüsüz veya tam otomatik sistemler yaygınlaşmaktadır. Hem hareketli blok hem de sabit blok sistemlerde tam otomatik bilgisayar kontrollü tren sürüşü mümkündür. Yıllardır yapılan testler ve uygulamalar başarı ile sonuçlanmıştır.

TOS sisteminin avantajları aşağıda verilmiştir:

Güvenlik ve Emre Amadelik

- TOS sistemler insan hatasını engellemektedir. Mevcut sistemlerde kazaların bir çoğu insan hatasından kaynaklanmaktadır.
- Ayrılmış yol kullanımı yaya ve araç ile çarpışmaları önlemektedir.
- Platform kapıları kullanılması durumunda hatta insan düşmesini ve yolcuların sebep olduğu gecikmeleri önlemektedir.

Yüksek Kalitede Hizmet

- TOS sistemler ile trenler arasındaki Headway süresi minimuma indirilerek yolcuların bekleme süreleri kısaltılmaktadır.
- Aktarma noktalarında bekleme süresi kısaltılabilmektedir.
- Yüksek ticari hız, kısa yolculuk süreleri ve dakiklik toplu taşımanın yolcu çekim etkisini arttırmaktadır.

Yüksek İşletme Esnekliği

- Değişkenlik arz eden yolculuk taleplerine gerçek zamanlı olarak hatta araç sokma veya hattan tren çekme şeklinde cevap verebilme özelliği.
- Araç içinde sürücülerin/personelin olmaması personel verimliliğini arttırmaktadır. Tabi araca makinist konup konmaması işletmeciliği yapan firmanın seçimine bağlıdır. Trende bulundurulacak personeller yolcuların hizmet kalitesini artırıcı şekilde örneğin yolculara yardımcı olacak şekilde çalıştırılabilir.

Düşük Bakım Maliyeti

- TOS sistemlerde eğer hareketli blok kullanılırsa (özellikle CBTC' de) kullanılan saha ekipmanlarının az olması sebebiyle bakım ihtiyacı azdır ve maliyet düşüktür.
- Saha ekipmanı az olduğu için arızaya müdahale daha kolay ve arıza giderme süresi daha düşüktür.

Minimum Çevresel Etki

- Belirli yolculuk talebi için kullanılacak Headway süresinin kısaltılması demek daha kısa tren setlerinin kullanılması demektir. Bu altyapının boyutunun ve maliyetinin azalması demektir.
- Lastik tekerlekli versiyonlarda dik eğimleri rahatlıkla tırmanabilme ve daha az gürültü oluşturma özelliği.

4. SİNYALİZASYON SİSTEMLERİNDE TASARIM KRİTERLERİ VE EMNİYET STANDARTLARI

Sinyalizasyon sisteminin ana fonksiyonları ve amacını;

- Trenler arasındaki kazaların önlenmesi,
- Makasların yanlış yönlendirmesi ve kilitlenmesi sonucu oluşabilecek derayların (trenin raydan çıkması), kazaların önlenmesi,
- Rota yönlendirmesiyle çakışmayacak şekilde trene hareket etme yetkisinin verilmesi,
- Hemzemin geçişlerin korunması maddeleri oluşturur.

Sinyalizasyon sistemlerinde, Fail-Safe ve interlocking kavramları vazgeçilmez bir unsur olarak kabul edilerek, tasarlanacak sistemlerin “Fail-Safe “ tasarım kriterlerine uygun olarak yapılması gerekmektedir. [2]

4.1 Tasarım Kriterleri

Bir sinyalizasyon sisteminin tasarımı yapılırken aşağıdaki kurallara uyulur:

- Demiryolu sinyalizasyon sistemleri ve kontrol merkezleri “fail-safe” prensiplerine uygun olarak tasarlanmalıdır.
- Merkez ve saha kontrol ekipmanları çift eşli (yedekli) olarak tasarlanmalıdır.
- Sinyalizasyon sistemi tasarlanırken, sistemin herhangi bir bölümünde hata oluşması durumunda ilgili sinyal lambasının o bölüm için belirlenmiş/gerekli olan en kısıtlayıcı, güvenli duruma geçecek şekilde tasarlanmalıdır.
- Sinyalizasyon sistemlerindeki, sistem emniyetini etkileyecek tüm elektrik/elektronik kontrol devreleri “kapalı devre” prensibine uygun olarak tasarlanmalıdır.
- Demiryolu sinyali ve kontrol sistemi (sinyalizasyon sistemi) tren hareketini karıştıracak şekilde farklı durumları aynı anda göstermemesi için bir birine bağlı olarak (interlocking) çalışmalıdır.

- Sinyal sistemlerinde kullanılan “rota kilitleme-bölge meşguliyeti” ekipmanları; ray devreleri, aks sayıcılar gibi sistemler tren makas bölgelerinden geçerken, makasın hareketli kısımların hareket etmesini engelleyecek, mekanik kilitleme şeklinde tasarlanmalıdır.
- Tasarım sürecinde fonksiyonel emniyet ve sistem emniyeti için fail-safe durumlar belirlenmeli ve hata durumunda fail-safe rutinlerin çalışması sağlanmalıdır.
- Tasarım sürecinde ve sonrasında sistem test edilerek fail-safe rutinlerin çalışması kontrol edilmelidir.

4.1.1 “Fail – Safe” kavramı

“Fail – safe” kavramı demiryolu sinyalizasyon sistemlerinin temel tasarım prensibi olarak; sistemin tümünde ya da tek bir bileşeninde, tehlike ve hata oluşturabilecek unsurları ortadan kaldırmak amacıyla tanımlanmıştır. “Fail-safe” kavramı kısaca, sistem herhangi bir işlem yaparken “başarısız/hatalı-fail” olduğunda, sistemin “güvenli-safe” duruma ulaşmasıdır. Başarısız/hatalı bir işlem gerçekleştiğinde sistemin güvenlik bütünlüğü bozulmadan, o an için en güvenli olan pozisyona geçer.

Sistemlerin tasarımında, sistem emniyetine etki edecek tüm fonksiyonlar çıkarılarak her fonksiyon için fail-safe durumlar, rutinler, prosedürler oluşturulmalıdır. Fail-safe durumlar tespit edildikten sonra sistemde, sistem emniyetine etki edecek herhangi bir hata oluşması durumunda sistemin o fonksiyon için belirlenmiş olan fail-safe durumuna geçmesi garanti edilmelidir. Sistemlerin fail-safe olarak tasarlanması, sistemin emniyet seviyesinin (SIL- Safety Integrity Level) yükseltilmesinde önemli rol oynamaktadır. Sinyal sistemleri tasarlanırken, tasarlanacak olan sistemin emniyet seviyesi dikkate alınmalıdır. Emniyet seviyesi belirlenirken işletmelerin ihtiyacı ve talepleri de göz önünde bulundurularak, o sistem için gerekli olan seviye belirlenir. Sinyalizasyon sistemleri için en yüksek emniyet seviyesi, tolere edilebilir riskin minimum düzeyde, yolcu veya personel için maksimum risk miktarının normal yaşamdaki riske eşit seviyede olmasıdır. [2]

4.1.2 İç kilitleme (Interlocking)

“Interlocking” kavramı; tren hareketlerini kontrol eden sinyal sistemi ile birlikte sistemde bulunan tüm interlocking ekipmanlarının kilitlenmesi, birbiriyle ilişkili olarak hareket etmesi, bir birinin hareketini etkilemesi, biri hareket etmeden diğerinin hareket etmesinin önlenmesi olarak açıklanabilir.

Interlocking ekipmanları temel olarak makas ve sinyallerdir. Interlocking sistemi, koşulların güvenli ve uygun olduğu durumda sinyalizasyon sisteminin rota yönlendirmesi yapmasına izin verir, bunu yaptıktan sonra da rota ve güvenlik bütünlüğünü sağlar. Sinyal sistemi bir araca “Yol Serbest” sinyali verdiğinde başka bir araca sistem emniyetini bozacak şekilde aynı bölge için “Yol Serbest” sinyali vermesi interlocking sistemi sayesinde engellenmektedir. İç kilitleme genellikle mekanik olarak sağlanır, bu mekanizmanın kontrol ettiği sinyal ve makaslar hata ile birbiriyle çakışacak şekilde ayarlanamazlar. Yani iki trenin peş peşe aynı ray devresi bölgesine girmesi veya karşı karşıya gelecek şekilde makasların tanzim edilmesi kesinlikle mümkün olmamaktadır. Sinyaller ve makaslar böyle bir duruma izin verecek komutları kabul etmezler. Teknolojideki gelişmelere paralel olarak interlocking sistemleri de gelişim göstermiştir. Mekanik olarak 1800’ lü yıllarda başlayan interlocking sistemleri, Röleli Interlocking, Elektrik Interlocking ve Solid State Interlocking olarak uygulanmaktadır. Modern sistemlerde interlocking Elektronik – Solid State devrelerle sağlanmaktadır.

İç kilitlemeye örnek olarak makasın konumunu ve durumunu gösteren bir sistem incelenebilir. Makas dil uçlarına konulan sensörler, her yön için en az iki adet ve makasın mekanik olarak hareket etmesini sağlayan mafsallar üzerine veya makas yön çubukları üzerine konulan mekanik anahtar ile makasın konumu tespit edilsin. Bu makas sistemi için 3 durum bulunmaktadır. Makas sağa dayalı, makas sola dayalı ya da makas arıza durumundadır. Makasın yönünü tayin etmek için şu kontroller yapılmalıdır.

1. Makas arızalı mı?
2. Makas sağ yön sensörlerinden (her ikisinden de) bilgi geliyor mu?
3. Makas sol yön sensörlerinden (her ikisinden de) bilgi geliyor mu?

Her 3 durum için de kontroller yapılarak makasın durumu tespit edilir. Interlocking sisteminde, sistem mekanik ve elektrik olarak öyle tasarlanmalıdır ki hata ile veya harici müdahalelerle makas sağa yaslı iken sinyal lambası sol yönü göstermemelidir. Örneğin; makasın sağa yaslı olduğu bilgisi sol yöne ait sensör takımının ters kontağından geçmeli ki, herhangi bir nedenle makas sola yaslı iken sağ yönü göstermesin. Aşağıdaki doğruluk tablosunda S1, S2 sağ yöne ait sensörleri S3 , S4 ise sol yöne ait sensörleri göstermektedir. [2]

Çizelge 4.1 : Yön Doğruluk Tablosu

Doğruluk Tablosu	
$S_1 = 0, S_2 = 0, S_3 = 1, S_4 = 1$	Makas Sağa Yaslı
$S_1 = 1, S_2 = 1, S_3 = 0, S_4 = 0$	Makas Sola Yaslı
Diğer tüm durumlar	Arıza

4.1.3 Kapalı devre prensibi

Sinyal sistemlerinin tasarımında “kapalıdevre” prensibinin uygulanması, risk oranının minimize edilmesi açısından önemlidir. Kapalı Devre Prensibi; normal olarak enerjili olan bir devrede enerji kesildiği veya arıza durumundan dolayı enerji gittiği zaman kontrol fonksiyonlarının en kısıtlayıcı olanı uygulamasıdır. Buna göre sistem tasarlanırken, sisteme giren bilgiler kapalı kontak üzerinden normalde enerjili olarak alınır, enerji var ise lojik “0” enerji yok ise lojik “1” olarak değerlendirilir. Dolayısıyla herhangi bir nedenle enerji kesildiği zaman; kablo kesilmesi, kablo kopması, kısa devre vs. sistem o pozisyon için belirlenmiş olan en kısıtlayıcı duruma göre hareket eder. Örneğin, makas kontrol sistemi ve makas bölgesinde araç tespitini sağlayan ray devresi incelenebilir. Ray devresinden makas kontrol ünitesine gelen bilgi “kapalıdevre” prensibine göre geldiği kabul edildiğinde; eğer kontakta enerji varsa lojik “0” yani makas bölgesinde araç yok, makasın konum değiştirmesinde sistem emniyeti açısından risk yok. Eğer kontakta enerji yoksa lojik “1” bu durumda ya makas bölgesinde araç var, bölge meşgul ya da sistemdeki herhangi bir hata nedeniyle kontrol panosuna bilgi gelmiyor. Bu durumda makasın hareket etmesi riskli olduğundan kontrol ünitesi makas bölgesinde araç var kabul ederek o pozisyon için gerekli olan en güvenli duruma geçerek kendini ve sistemi koruma altına alır. [2]

4.1.4 Yedeklilik ve çiftelik (Redundancy & duality) prensibi

Sinyalizasyon sistemlerinde sinyal lambaları, makaslar, ray devreleri gibi saha ekipmanları failsafe (hata emniyeti) prensibine göre çalışmaktadır. Yani saha ekipmanlarında herhangi bir hata veya arıza durumunda sistem o pozisyon için en emniyetli pozisyona geçer. Sinyal sistemlerindeki diğer haberleşme ve merkez ekipmanları en az 2 yedekli ve çiftelikli seçilir. Sistemin birinde problem olması durumunda herhangi bir kesinti olmadan diğer sistem devreye girer. Interlocking bilgisayarı 2 farklı kanaldan oluşur ve her kanalda sahadan gelen bilgiler ayrı ayrı işlenerek sonuçlar karşılaştırılır. İşlem sonuçlarında farklılık varsa komutlar işlenmez. Bu durumda sistem kendini koruma altına alır. Sahadan merkeze gelen komutlarda aynı mantıkla kontrol edildikten sonra uygulamaya konur. [2]

4.2 Raylı Sistemlerde Emniyet Standartları

4.2.1 Giriş

Demiryolu teknolojilerinin gelişiminin başlangıç hedefi kazaları önlemektir. Bu amaca bağlı olarak sinyalizasyon sistemleri geliştirilmiştir. Araçların frenleme eğrilerine bağlı olarak emniyet blokları oluşturularak güvenli bir işletmenin gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır.

Demiryolu sistemlerinde emniyet, yolcu ve işletme açısından son derece önemlidir. Bu durum ülkemizde ve yurt dışında yaşanan demiryolu kazaları ile açıkça gözükmektedir. Demiryolu sistemleri; kendilerini oluşturan alt-sistemlere sahiptirler, örneğin sinyalizasyon sisteminin alt-sistemleri; makas ekipmanları, sinyal lambaları, ray devreleri, rölelerdir. Bir sistemin emniyet bütünlüğünden bahsetmek için sistemin bütün parçalarının aynı emniyet seviyesine ve kriterlerine sahip olması gerekmektedir. Sistemde olacak bir “zayıf halka” sistemin emniyet bütünlüğünü zedeleyeceğinden o sistem, güvenli bir sistem olmaktan çıkacak ve sistemin güvenliği “zayıf halka”nın emniyet seviyesine eşdeğer olacaktır. Bu durumda tüm sistemin emniyet bütünlüğünden bahsetmek mümkün olmayacaktır.

Demiryolu sistemlerinin sahip olması gereken emniyet kriterleri Uluslararası Standartlarda; CENELEC, IEC ile belirtilmiş ve ülkemizde de bu standartlar kabul edilmiştir. [1]

4.2.2 Emniyet

Emniyet; sistemlerin sahip olması gereken bir nitelik, özelliktir ve sistemin çevre ve insan sağlığına yönelik bir tehlike unsuru oluşturmamasıdır. [9] Sistemlerin emniyet seviyeleri; kabul edilemez risk oranı ile tesbit edilir. Bir sistemin kabul edilemez risk oranının ne kadar düşük olması isteniyorsa sistemin emniyet seviyesi o kadar yüksek olmalıdır. Yeni tasarlanacak olan bir sistemin; insan yaşamı ve çevre üzerine ilave bir risk getirmesi istenmiyorsa, uygulama aşamasında standartlarda belirtilen kriterler esas alınarak gerçekleştirilmelidir. [1]

4.2.3 Fonksiyonel emniyet

Sistemlerin emniyetli olabilmeleri için tüm alt fonksiyonlarını emniyetli bir şekilde gerçekleştirmeleri gerekir. Fonksiyonel emniyet, sistem emniyetinin bir parçasıdır ve sistemin, girdilerine göre doğru işlemleri yapmasına bağlıdır. [9] Örneğin; Termal sensör aşırı ısınmaya karşı koruma cihazıdır. Bu cihaz, bir motoru aşırı ısınmaya karşı korumak için kullanılmakta olsun. Motor ısısı normal çalışma düzeyinin üzerine çıktığında koruma cihazı devreye girerek motoru durdurur. Motorun sensör tarafından durdurulması “fonksiyonel emniyete” örnektir.

Sistemlerin, ekipmanların bağlı oldukları çevreye ve insana oluşturabilecekleri tüm tehlikeli durumlar ve risk analizleri belirlenir. Bu analiz çerçevesinde, oluşabilecek her tehlike için fonksiyonel emniyetin gerekli olup olmadığı tespit edilir. Eğer gerekli ise, tasarım aşamasında her tehlikeli durum için fonksiyonel emniyetin sağlanması için gerekli düzenlemeler yapılmalıdır.

Fonksiyonel emniyetin sağlanması, tehlikeli durumların elimine edilmesi yöntemlerinden biridir. Daha önemlisi, tehlikeli durumların ortadan kaldırılması, azaltılması ve kalıcı emniyetin sağlanmasının tasarım aşamasında gerçekleştirilmesidir.

Emniyet-ilişkili kavramı özel bir işlem veya işlemler yapılarak riskin makul seviyede tutulduğu sistemleri tanımlamak için kullanılır. Bu işlemler emniyet işlemleridir. İki tip emniyet işlemi vardır:

- Emniyet işlemleri gereksinimleri (işlemlerin ne yaptığı)
- Emniyet bütünlüğü gereksinimleri (emniyet işlemlerinin doğru gerçekleştirilme olasılığı)

Emniyet işlemleri gereksinimleri, tehlikeli durum analizleri, Emniyet bütünlüğü gereksinimleri ise risk değerlendirme sonucunda ortaya çıkar. [1]

4.2.3.1 Fonksiyonel emniyet örneği

Dönen demir bıçaklı, koruma kapağı olan bir makine. Makinada rutin temizlik işlemleri kapak kaldırılarak yapılabiliyor. Koruma kapağı interlocking (iç kilitleme) sistemine sahip, kapak açıldığı zaman elektrik kesici devre vasıtası ile motorun enerjisi kesildiğinden bıçaklar duruyor ve operatör güvenli bir biçimde temizlik işlemini gerçekleştirebiliyor.

Güvenliğin sağlandığından emin olmak için tehlikeli durum ve risk değerlendirme analizlerinin yapılması gerekir.

- Tehlikeli Durum Analizi; döner bıçakların temizlenmesiyle oluşacak tehlikeleri tanımlar. Bu durumda, koruma kapağı 5mm’ den fazla açıldığında acil frenleme devreye girerek makinayı durdurmalıdır. Daha ileri analizler kapak açıldığında makinanın 1 sn. içinde durdurulması sonucunu verecektir.
- Risk Değerlendirme Analizi; emniyet işlemlerinin performansını, başarısını belirler. Risk değerlendirmesinin amacı, emniyet bütünlüğünü sağlamak için gerçekleştirilen emniyet işlemlerinin, tehlikeli durumla ilgili kabul edilemez risk değerini aşmamasının sağlanmasıdır.

Emniyet işleminin hatası operatörün zarar görmesi ile sonuçlanabilir. Buradaki risk, koruma kapağının açılma sıklığıyla da ilgilidir. Gerekli olan Emniyet Bütünlüğü Seviyesi, SIL (Safety Integrity Level), yaralanmanın şiddeti ve tehlikeli durumun oluşma sıklığıyla artmaktadır. [1]

4.2.4 Emniyet standartları

Avrupa Elektroteknik Standartlar Enstitüsü, (European Committee for Electrotechnical Standards) CENELEC, tarafından geliştirilen EN 50126, EN 50128 ve EN 50129 standartları ile demiryolları standartları yeterli bir noktaya gelmiştir. Bu standartlar Demiryolları Standartları olarak kabul edildiğinden, Metro, Hafif Metro, Tramvay ve diğer demiryolu uygulamaları için de geçerlidir. Bu standartlar demiryolu sistemlerinde emniyet proseslerinin omurgasını teşkil ederler.

Bu standartların uygulama alanları şöyledir: EN 50126 tüm raylı sistemleri kapsar ve RAMS hesapları ile ilgilidir. EN 50129 emniyet ilişkili elektrik-elektronik, kontrol ve koruma sistemlerinde uyulması gerekli standartları belirler. EN 50128 emniyet ilişkili kontrol ve koruma sistemleri yazılımlarını kapsamaktadır. EN 50128 ve EN 50129 standartları, Uluslararası Elektrik-Elektronik, Programlanabilir Elektronik standardı IEC 61508' in raylı sistemlerle ilgili kısımların geniş yorumu ve raylı sistemlerdeki uygulamasıdır. [1]

4.2.5 Tehlikeli durum belirleme ve risk analizi

Risk analizinde ana amaç, sistemde oluşabilecek tehlikeli durumları sistematik bir şekilde tespit etmek ve riskleri kabul edilebilir seviyeye çekmektir. Tehlike; kazaya sebebiyet verebilecek durumlardır. Risk ise kazanın şiddeti ve sıklığının bileşkesidir.

Riskle ilgili öncelikle tekil ve toplam risk ayrıştırılmalıdır. Tekil risk olarak, inceleme esnasında sadece tekil risk etkisi olan teknik sistemler ele alınmalıdır. Toplam riskte ise; tehlikeli durum sonucunda oluşan kazadan etkilenen tüm kişiler ele alınır. Bundan dolayı toplam risk birden fazla ölümle sonuçlanan kazalar arasındaki farkları değerlendirir. Birkaç kişiyi etkileyen küçük sistemlerde tekil ve toplam risk birbirine yakın sonuçlar verir. [1]

4.2.6 Risk değerlendirme ve kabul edilebilirlik

Kabul edilebilir risk değeri, tolere edilebilecek tehlike oranı (Tolerable Hazard Rate, THR) kabul edilmiş bir prensibe dayalı olmalıdır. EN 50126 standardında, Avrupa ülkelerinde en çok benimsenen prensipler :

- ALARP,
- GAMAB,
- MEM' dir.

4.2.6.1. ALARP (As low as reasonably practicable)

Bu yöntemde toplam risk değerlendirilmiştir. Sistemden kaynaklanan ve sistemi kullanan insan üzerinde, çevrede oluşacak toplam risk hesaba dahil edilmiştir. ALARP Prensibi; oluşabilecek riskleri “sıklık” ve “şiddet” olarak sınıflandırmıştır. Her sınıftaki kaza ihtimali için aşılmayacak maksimum değerler belirtilmiştir.

Bu sınırın üstünde, ilaveten risk düşürme ölçümleri yapılmalı ve risk düşürücü tedbirler alınmalıdır. Kabul edilebilir tehlike oranı alt limit ve üst limit arasındaki bölge ALARP bölgesi olarak adlandırılmıştır. [1]

4.2.6.2. GAMAB (Globallement au moins equivalent)

Tüm sürücülü taşıma sistemleri, global olarak üretecekleri risk miktarı en çok varolan eşdeğer sistemin ürettiği risk kadar olmalıdır.

4.2.6.3. MEM (Minimum Endogeneous Mortality)

Bu prensip tekil risk baz alınarak geliştirilmiş ve insan için en düşük ölüm oranı dikkate alınarak THR hesaplanmıştır. Bu oran 15 yaşındaki bir kişi için $2 \cdot 10^{-4}$ 'dür. Teknik sistemlerin insan hayatı üzerine %5' den fazla bir risk getirmemesi gerektiğinden, teknik bir sistem yılda 10^{-5} 'den fazla o sistemi kullanan bir insanın ölümüyle sonuçlanan kaza oluşturmamalıdır.

4.2.7 Emniyet bütünlüğü seviyesi (Safety integrity level, SIL)

Demiryolu standartları; “tehlikeli durum” tanımlamasını sistemin yaşam süresinin başlangıç anından itibaren yapılmasını ister. Aynı zamanda risk analizlerinin de yapılması gerekir. Bu analizler sonucunda teknik sistemlerin oluşturabilecekleri risk değerleri bulunur. Bu değerler ışığında sistemin sahip olması gereken emniyet seviyesi bütünlüğü (SIL) belirlenir.

CENELEC raylı sistemler standartları kabul edilebilir risk değerlerini belirlemiştir. Risk analizi ve risk değerlendirme metodlarının uygulanmasıyla “emniyet seviyesi bütünlüğü, SIL” seviyeleri elde edilir. Bu değerler Çizelge 4.2' de verilmiştir.

Çizelge 4.2 : SIL seviyelerine göre THR

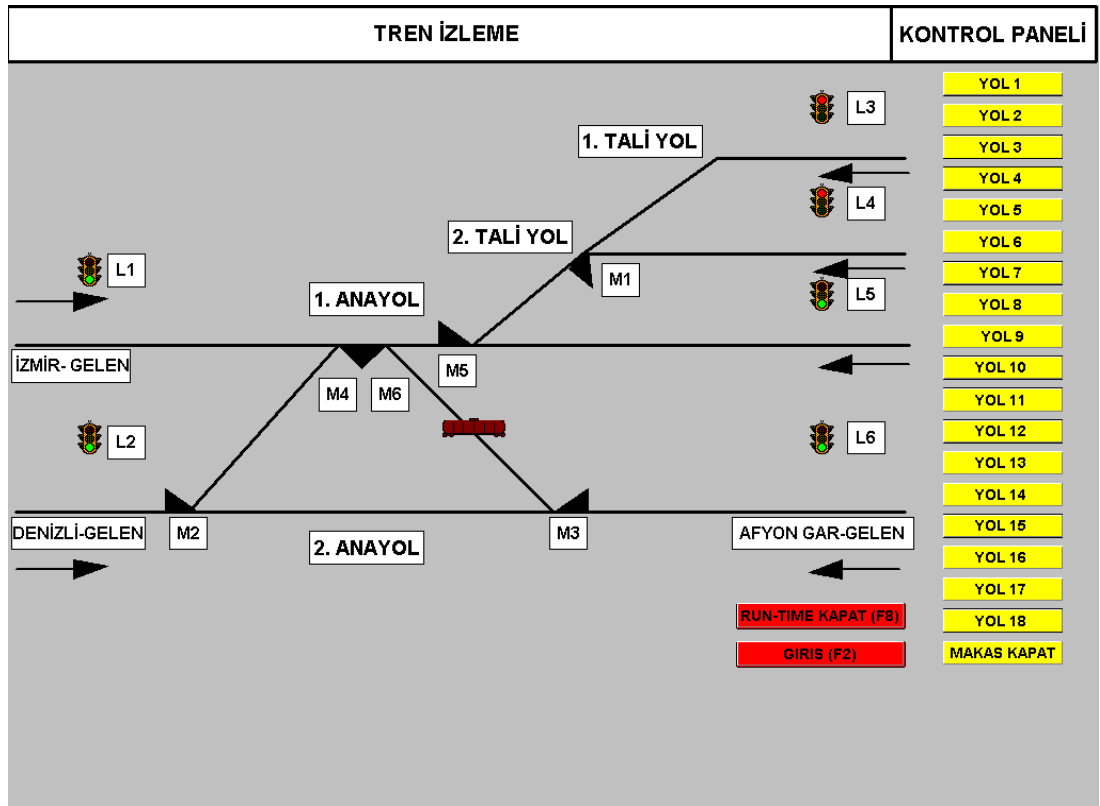
Tolere Edilebilir Tehlike Oranı, THR (Fonksiyon/h)	Emniyet Bütünlüğü Seviyesi, SIL
$10^{-9} \leq \text{THR} < 10^{-8}$	4
$10^{-8} \leq \text{THR} < 10^{-7}$	3
$10^{-7} \leq \text{THR} < 10^{-6}$	2
$10^{-6} \leq \text{THR} < 10^{-5}$	1

Genel olarak demiryolu sistemlerine bakıldığında, Metro sistemlerinde emniyet seviyesi SIL 4, Hafif Raylı sistemlerde SIL 2-3 olarak kabul edilmekte ve bu seviyelerdeki tolere edilebilir risk (THR) oranına göre tasarlanmaktadır. [1]

5.SİNYALİZASYON SİSTEMİ ÖRNEĞİ İÇİN KONTROL UYGULAMASI

Bu uygulamada Afyon Şehir Garı istasyonunun bir bölümü için sinyalizasyon sistemi canlandırılmıştır. İstasyon iki ana yol, iki tali yol olmak üzere toplam dört farklı yoldan oluşmaktadır. Konum belirleyici onsekiz ray devresi, yön (ray) değiştirme için kullanılan altı farklı makas, uyarıcı amaçlı altı farklı sinyal lambası vardır.

Şekil 5.1’ de, 1. Anayol Afyon garı ve İzmir istikameti, 2. Anayol Afyon garı ve Denizli istikameti arasındaki hatlardır. L1 lambası 1. Anayol sol taraftan yani İzmir istikametinden gelen trenler için, L2 lambası 2. Anayol sol taraftan yani Denizli istikametinden gelen trenler için, diğer lambalar; L3 1. Tali yol sağ taraftan – Afyon garından, L4 2. Tali yol sağ taraftan – Afyon garından, L5 Afyon garından gelen 1.Anayol ve L6 Afyon garından gelen 2. Anayol trenleri için uyarı işaretleridir.



Lambalarda kırmızı ve yeşil olmak üzere iki adet uyarıcı sinyal gösterilmiştir. Sarı lamba ancak daha fazla ray devresi kapsamında gerektiğinde devreye alınabilir.

Burada amaç, aynı ray hattı üzerinde seyreden trenlerin geçiş iznini tayin etmektir. Bu uygulama SCADA ekranı üzerinden gerçekleştirildi. Fail-Safe kuralları da dikkate alınarak güvenli bir seyahat için, Interlocking (kilitleme) işlemini gerçekleştiren algoritma PLC’ de oluşturuldu. PLC programı, SCADA programı ile senkronize edildi.

5.1. PLC Bölümü

5.1.1 Giriş

Programlanabilir lojik kontrolör (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 özel sayısal işlemci veya endüstriyel bilgisayar olarak tanımlanabilir.[16]

Bir PLC, en genel anlamda işlevsel üç temel birimden oluşur. Giriş birimi, işlemci birimi ve çıkış birimi. Giriş birimi çeşitli elektriksel özelliklerdeki kumanda yada geri besleme işaretlerinin PLC’ de işlenecek sayısal büyüklüklere dönüştürülmesini, çıkış birimi ise PLC’ de işlenen verilere ilişkin sayısal değerlerin kontrol edilen sisteme uygun elektriksel işaretlere dönüştürülmesini sağlayan birimdir. İşlemci birimi, PLC belleğindeki sistem programına göre çalışmayı düzenleyen ve kullanıcı programını yürüten en önemli birimdir. Kumanda amaçlı kullanılan bir PLC’ ye ilişkin genel yapı Şekil 5.2 ‘de gösterilmiştir.

İşlemci (mikrobilgisayar veya mikrokontrolör), PLC sistem programı ve kullanıcı programını yürüten, PLC’ nin çalışmasını düzenleyen birimdir.

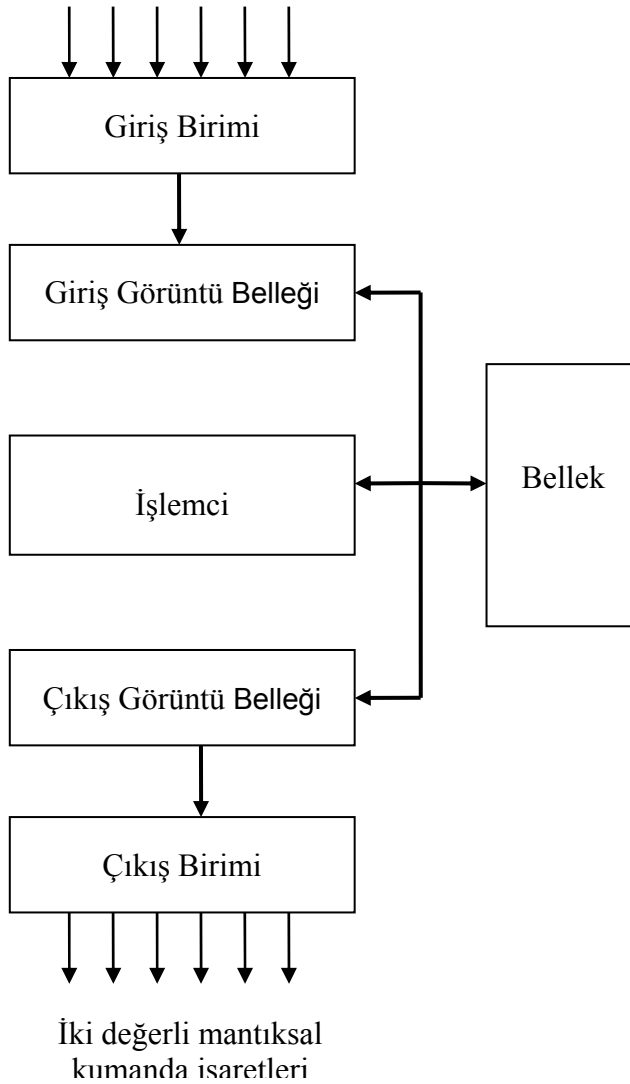
Bellek, işletim sistemi programının bulunduğu sistem program belleği ve veri belleği gibi bölümlerden oluşur. Sistem belleği ve PLC’ ye ilişkin değiştirilmeyen veriler için salt okunur kalıcı bellek; program belleği ve veri belleği için reasgele erişimli bellek kullanılır. Veri belleği giriş-çıkış işaret durumları, sayıcı ve zamanlayıcı işaretleri, özel amaçlı kaydedici içerikleri, analog işaretlere ilişkin sayısal değerlerin tutulduğu çeşitli bölümlerden oluşur.

Giriş görüntü belleği, programın yürütülmesi sürecinde, giriş birimindeki iki değerli işaretlerin mantıksal durumlarının (0-1) saklandığı bellek alanı; çıkış görüntü belleği ise kullanıcı programının yürütülmesi sürecinde çıkış noktalarına ilişkin hesaplanan mantıksal değerlerin saklandığı bellek alanıdır. Siemens tarafından üretilen PLC’ lerde giriş görüntü belleği için I0.0, I0.1, I0.2 gibi, çıkış görüntü belleği için ise Q0.0, Q0.1, Q0.2 gibi adresler kullanılır.

PLC’ lerde programda hesaplanana değerlerin saklandığı “marker”, “flag”, “internal output”, “auxiliary relay” gibi isimler verilen bellek alanları da kullanılır. Bu adres alanları için F, M, V gibi harflerle başlayan F0.0, F0.1, ...; M0.0, M0.1...; V0.0, V0.1 gibi adresler kullanılır. Bu tür verilere genellikle 1 bit, 8 bit, 16 bit yada 32 bit olarak erişilebilir. [16]

İki değerli mantıksal kumanda

giriş işaretleri



Şekil 5.2 : PLC genel yapısı

Kumanda ve kontrol problemlerinin çözümünde; problemin boyutuna göre, mantık işlemleri, bellek fonksiyonları, zamanlayıcı, sayıcı, karşılaştırıcı gibi elemanlara ihtiyaç duyulabilir. Tüm bu fonksiyonlar, PLC' ler içinde mevcuttur.

5.1.2 Uygulamadaki yeri

Bu tezde Siemens firmasının S7-300 serisi PLC seçilmiş, CPU 315-2 DP işlemcisi ve programlanması için "Simatic Manager" yazılımı kullanılmıştır.

Sistem tasarımında, birbiri ile bağlantılı üç program yazılmıştır. Makasların hangi durumlarda aktif, hangi durumlarda pasif olacağını atamak üzere Şekil 5.3' de görülen program yazılmıştır.

		"MAKAS"	
		EN	ENO
M10.1	YOL1	M6	Q7.6
M10.2	YOL2	M5	Q7.5
M10.3	YOL3	M4	Q7.4
M10.4	YOL4	M3	Q7.3
M10.5	YOL5	M2	Q7.2
M10.6	YOL6	M1	Q7.1
M10.7	YOL7		
M11.0	YOL8		
M11.1	YOL9		
M11.2	YOL10		
M11.3	YOL11		
M11.4	YOL12		
M11.5	YOL13		
M11.6	YOL14		
M11.7	YOL15		
M12.0	YOL16		
M12.1	YOL17		
M12.2	YOL18		
M12.3	MKSKPT		

Şekil 5.3 : Makas Atama Programı

Ray devrelerinin hangi durumlarda aktif olacağını atamak üzere Şekil 5.4’ de Ray Devreleri Atama Programı yazılmıştır.

"Ray Devreleri"				
	EN		ENO	
M10.1	YOL1		M800	M80.0
M10.2	YOL2		M801	M80.1
M10.3	YOL3		M802	M80.2
M10.4	YOL4		M803	M80.3
M10.5	YOL5		M804	M80.4
M10.6	YOL6		M805	M80.5
M10.7	YOL7		M806	M80.6
M11.0	YOL8		M807	M80.7
M11.1	YOL9		M810	M81.0
M11.2	YOL10		M811	M81.1
M11.3	YOL11		M812	M81.2
M11.4	YOL12		M813	M81.3
M11.5	YOL13		M814	M81.4
M11.6	YOL14		M815	M81.5
M11.7	YOL15		M816	M81.6
M12.0	YOL16		M817	M81.7
M12.1	YOL17		M820	M82.0
M12.2	YOL18		M821	M82.1

Şekil 5.4 Ray Devreleri Atama Programı

Sinyal lambalarının hangi durumlarda yeşil ışık, hangi durumlarda kırmızı ışık göstereceğini atamak üzere Şekil 5.5’ deki Sinyal Lambaları Atama Programı yazılmıştır.

"LAMBDA"			
	EN	ENO	
Q7.1	M1	L1_Y	Q4.0
Q7.2	M2	L1_K	Q4.2
Q7.3	M3	L2_Y	Q4.3
Q7.4	M4	L2_K	Q4.5
Q7.5	M5	L3_K	Q4.6
Q7.6	M6	L3_Y	Q5.0
I0.0	I00	L4_K	Q5.1
I0.1	I01	L4_Y	Q5.2
I0.2	I02	L5_Y	Q5.4
I0.3	I03	L5_K	Q5.6
I0.4	I04	L6_Y	Q5.7
I0.5	I05	L6_K	Q6.1
I0.6	I06		
I0.7	I07		
I1.0	I10		
I1.1	I11		
I1.2	I12		
I1.3	I13		
I1.4	I14		
I1.5	I15		
I1.6	I16		
I1.7	I17		
I2.0	I20		
I2.1	I21		

Şekil 5.5 : Sinyal Lambaları Atama Programı

5.2 Scada Bölümü

5.2.1 Giriş

SCADA adı "Supervisory Control and Data Acquisition" kelimelerinin ilk harflerinden oluşmuştur. Türkçe'ye "İzleme, Kontrol ve Veri Toplama Sistemi" olarak çevrilebilir.

SCADA sistemi, geniş bir alana yayılmış cihazların (elektrik makineleri, kesici, ayırıcı, trafo, vb.) bir merkezden bilgisayar aracılığıyla denetlenmesini, izlenmesini, önceden tasarlanmış bir mantık içinde işletilmesini ve geniş zaman birimine ait verilerin saklanması sağlayan sistemlerdir.

SCADA sisteminin birçok kullanım alanı vardır. Geniş bir coğrafi alana yayılmış, bölgesel ve yerel tesislerin bir çoğunda kullanılmaktadır. Elektrik Üretim ve İletim Sistemleri, Otomotiv Endüstrisi, Petrokimya Endüstrisi ve benzerleri SCADA sisteminin başlıca kullanım alanlarına örnek gösterilebilir. [17]

SCADA genel olarak üç ana kısımdan oluşur:

1.Uzak Uç Birim (RTU : Remote Terminal Unit) :

Bulunduğu merkezin sistem değişkenlerine ilişkin bilgileri toplayan, depolayan, gerektiğinde bu bilgileri kontrol merkezine belirli bir iletişim ortamı yolu ile gönderen, kontrol merkezinden gelen komutları uygulayan bir birimdir.

2.Kontrol Merkezi Sistemi (AKM - Ana Kontrol Merkezi / MTU – Master Terminal Unit)

Kontrol Merkezi geniş bir coğrafyaya yayılmış tesislerin, bilgisayar esaslı bir yapıyla uzaktan kontrol edildiği, izlendiği ve yönetildiği yer olarak tanımlanabilir. Kontrol Merkezi genelde SCADA sistemlerinin ve kontrol edilecek tesislerin merkezi bir yerine kurulur.

Kontrol Merkezleri kısaca bilgisayarlardan, giriş çıkış birimlerinden, insan ve makina ara biriminden (MMI:Man Machine Interface), RTU' larla haberleşme birimlerinden, bilgi depolama birimleri ve bunların ek birimlerinden oluşur.

Kontrol Merkezlerinin görevleri:

- Uzaktaki RTU birimlerinden verilerin toplanması
- Toplanmış verilerin yazılım programları ile işlenerek ekrana veya yazıcıya gönderilmesi
- Sistemde kontrol edilecek cihazlara kontrol komutu gönderilmesi
- Belli olaylar karşısında alarm üretme ve gelen alarmları operatöre en hızlı şekilde iletme
- Meydana gelen olayları ve verileri zaman sırasına göre kaydetme
- Başka bilgisayar sistemleri ile iletişimde olma
- Dağıtım Yönetim Sistemi (DYS) ve Enerji Yönetim Sistemi (EYS) gibi üst seviye uygulama programlarını çalıştırma
- Yazıcı, çizici, haberleşme, birimleri gibi ek birimlerin kontrolü

şeklinde sıralanabilir.

3.İletişim Sistemi

Kontrol Merkezinde ve RTU' larda ulaşılan önemli teknik gelişimlerin faydalı olabilmesi, iletişim sistemine bağlıdır

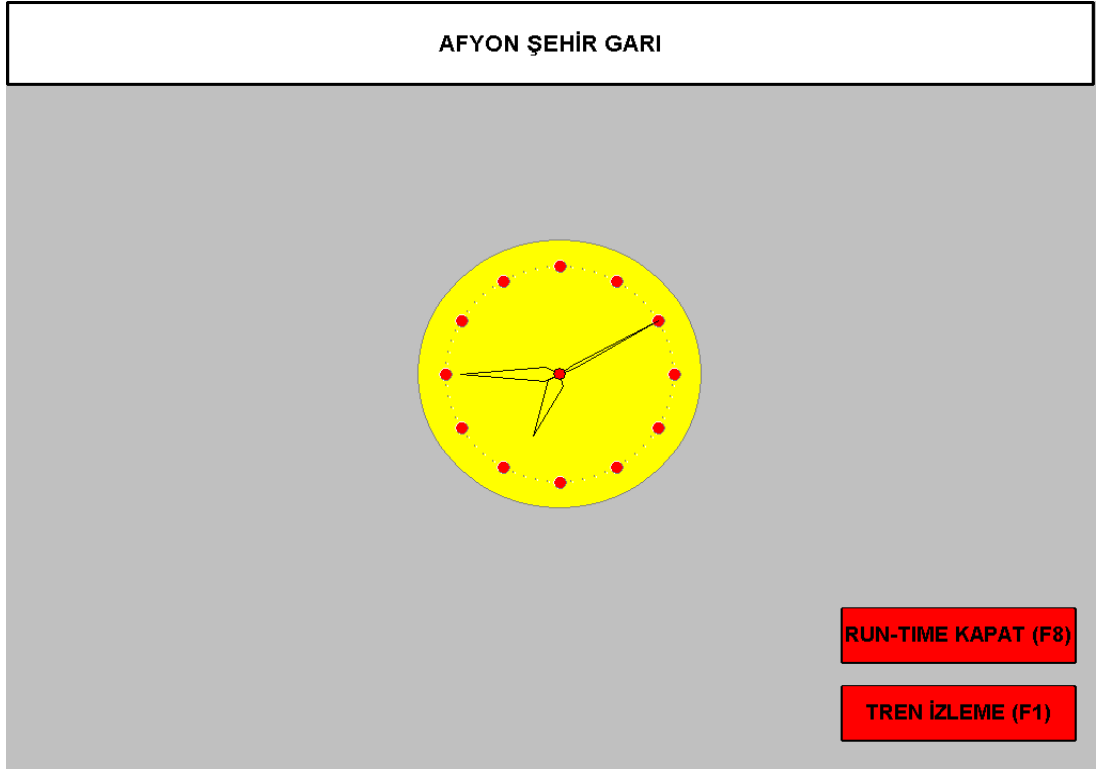
İletişim sisteminin elemanları şunlardır:

- 1) İletişim Ortamı (Gerilim hatları, Kiralanmış hatlar, Radyo frekansı)
- 2) Veri İletişim Cihazı (Modem)
- 3) İletişimi Sağlanan Cihazlar (AKM, RTU)

5.2.2 Uygulamadaki yeri

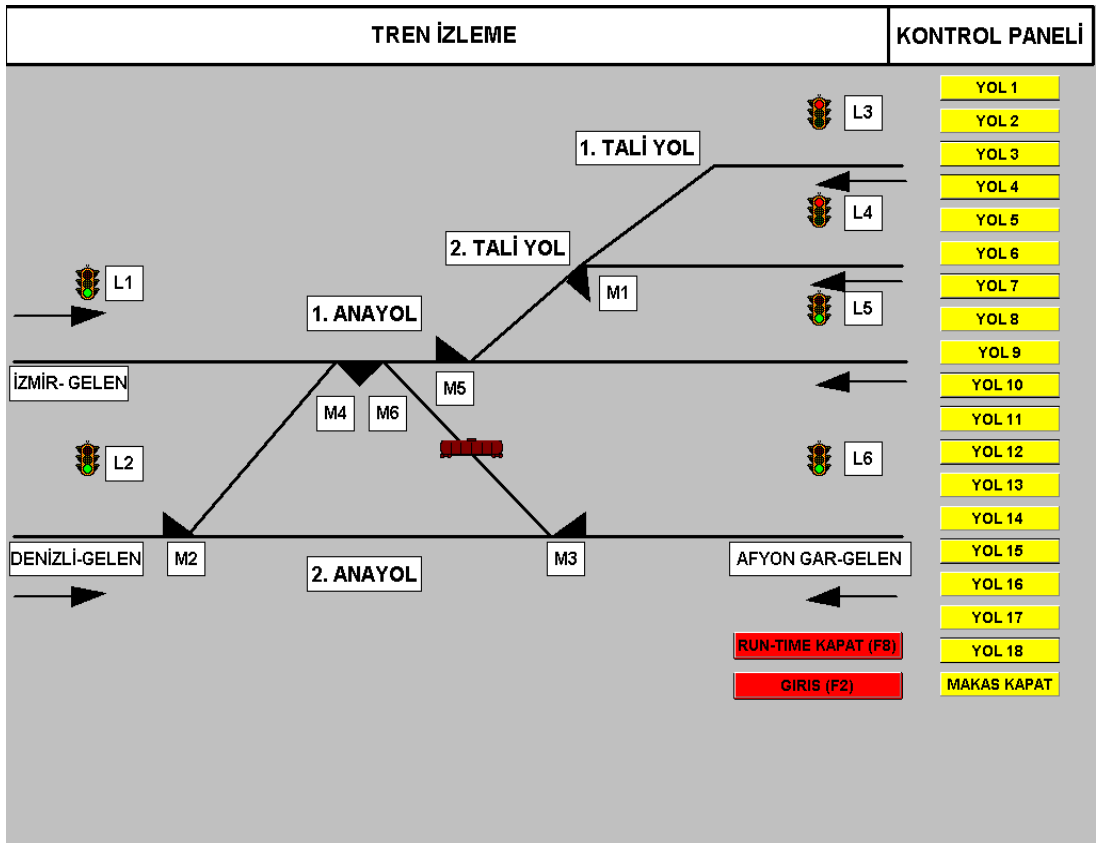
Bu tezde tasarlanan sistemde SCADA için yine Siemens firması ait WinCC adlı paket programı kullanılmıştır. WinCC, Windows Control Center kelimelerinin kısaltmasından oluşturulmuştur. WinCC programının V6.2 SP2 versiyonunda çalışılmıştır.

Bu çalışmada WinCC, Graphic Designer' da birbiri arasında geçiş yapılabilen iki adet sayfa oluşturulmuştur. Şekil 5.6' da giriş sayfası görülmektedir. Bu sayfada sistem saatini gösteren bir ikon, sistemin çalışmasını sonlandıran Run-Time Kapat butonu ve esas kontrolün izlendiği Tren izleme sayfasına geçiş yapabilen butonlar oluşturulmuştur. Bu butonlara erişim klavye ile sağlanabilmesi için atamalar yapılmıştır. Bu sayfa üzerine istenen opsiyonlar eklenebilir.



Şekil 5.6 : Sistem Giriş Sayfası Görüntüsü

Aşağıda Şekil 5.7' de tasarlanan sistemin SCADA ekran görüntüsü, kullanılan tüm saha elemanları dahilinde görülmektedir.



Şekil 5.7 : Kullanılan Saha Elemanları ile İstasyon Görüntüsü

Ekran görüntüsü incelendiğinde, 18 farklı muhtemel güzergah olduğu görülmektedir. Ekranın sağındaki butonlar hangi güzergahın kullanılacağını ve o güzergah üzerindeki işaretçilerin (makas ve ray devresi) pozisyonlarını ayarlamak ile görevlidir.

L1 ve L2 lambaları sol yönden gelen trenler için, diğerleri L3, L4, L5 ve L6 lambaları sağ yönden gelen trenler için uyarıcı işaretçidir. Farklı güzergahlara göre konum değiştiren 18 adet ray devresi ve 6 adet makas bulunmaktadır. Hangi güzergah aktif olmuş ise sağdaki butonlardan o seçili ve yeşil renkte olduğu diğer taraftan aktif olan rayların ve aktif olan makasların da yeşil renkte olduğu görülebilir.

Name	Type	Parameters
Q1	Binary Tag	A4.0
Q2	Binary Tag	A4.2
Q3	Binary Tag	A4.3
Q4	Binary Tag	A4.5
Q5	Binary Tag	A4.6
Q6	Binary Tag	A5.0
Q7	Binary Tag	A5.1
Q8	Binary Tag	A5.3
Q9	Binary Tag	A5.4
Q10	Binary Tag	A5.6
Q11	Binary Tag	A5.7
Q12	Binary Tag	A6.1
Q13	Binary Tag	A7.1
Q14	Binary Tag	A7.2
Q15	Binary Tag	A7.3
Q16	Binary Tag	A7.4
Q17	Binary Tag	A7.5
Q18	Binary Tag	A7.6

Şekil 5.8 : Sinyal Lambaları ve Makaslar için Tag Atamaları

SCADA ekran görüntüsünde gösterilen işaretçiler ile PLC arasındaki haberleşme TAG atamaları ile yapılır. Şekil 5.8’ de sinyal lambaları ve makasların adreslemesi için kullanılan Tag’ ler gösterilmiştir. Şekil 5.9’ da ray devrelerinin adreslemesi için kullanılan Tag’ ler gösterilmiştir. Şekil 5.10’ da ray devrelerinin adreslemesi için kullanılan Tag’ ler gösterilmiştir.

Afyon_Sehir Computer Tag Management Internal tags SIMATIC S7 PROTOCOL SUITE Industrial Ethernet Industrial Ethernet (II) MPI NewConnection M_Bellek Outputs Inputs Named Connections PROFIBUS PROFIBUS (II) Slot PLC Soft PLC TCP/IP Structure tag Graphics Designer Menus and toolbars Alarm Logging Tag Logging Recent Devices...	<table> <tr> <th>Name</th><th>Type</th><th>Parameters</th></tr> <tr><td>00</td><td>Binary Tag</td><td>E0.0</td></tr> <tr><td>01</td><td>Binary Tag</td><td>E0.1</td></tr> <tr><td>02</td><td>Binary Tag</td><td>E0.2</td></tr> <tr><td>03</td><td>Binary Tag</td><td>E0.3</td></tr> <tr><td>04</td><td>Binary Tag</td><td>E0.4</td></tr> <tr><td>05</td><td>Binary Tag</td><td>E0.5</td></tr> <tr><td>06</td><td>Binary Tag</td><td>E0.6</td></tr> <tr><td>07</td><td>Binary Tag</td><td>E0.7</td></tr> <tr><td>10</td><td>Binary Tag</td><td>E1.0</td></tr> <tr><td>11</td><td>Binary Tag</td><td>E1.1</td></tr> <tr><td>12</td><td>Binary Tag</td><td>E1.2</td></tr> <tr><td>13</td><td>Binary Tag</td><td>E1.3</td></tr> <tr><td>14</td><td>Binary Tag</td><td>E1.4</td></tr> <tr><td>15</td><td>Binary Tag</td><td>E1.5</td></tr> <tr><td>16</td><td>Binary Tag</td><td>E1.6</td></tr> <tr><td>17</td><td>Binary Tag</td><td>E1.7</td></tr> <tr><td>20</td><td>Binary Tag</td><td>E2.0</td></tr> <tr><td>21</td><td>Binary Tag</td><td>E2.1</td></tr> <tr><td>22</td><td>Binary Tag</td><td>E2.2</td></tr> <tr><td>23</td><td>Binary Tag</td><td>E2.3</td></tr> <tr><td>24</td><td>Binary Tag</td><td>E2.4</td></tr> </table>	Name	Type	Parameters	00	Binary Tag	E0.0	01	Binary Tag	E0.1	02	Binary Tag	E0.2	03	Binary Tag	E0.3	04	Binary Tag	E0.4	05	Binary Tag	E0.5	06	Binary Tag	E0.6	07	Binary Tag	E0.7	10	Binary Tag	E1.0	11	Binary Tag	E1.1	12	Binary Tag	E1.2	13	Binary Tag	E1.3	14	Binary Tag	E1.4	15	Binary Tag	E1.5	16	Binary Tag	E1.6	17	Binary Tag	E1.7	20	Binary Tag	E2.0	21	Binary Tag	E2.1	22	Binary Tag	E2.2	23	Binary Tag	E2.3	24	Binary Tag	E2.4
Name	Type	Parameters																																																																	
00	Binary Tag	E0.0																																																																	
01	Binary Tag	E0.1																																																																	
02	Binary Tag	E0.2																																																																	
03	Binary Tag	E0.3																																																																	
04	Binary Tag	E0.4																																																																	
05	Binary Tag	E0.5																																																																	
06	Binary Tag	E0.6																																																																	
07	Binary Tag	E0.7																																																																	
10	Binary Tag	E1.0																																																																	
11	Binary Tag	E1.1																																																																	
12	Binary Tag	E1.2																																																																	
13	Binary Tag	E1.3																																																																	
14	Binary Tag	E1.4																																																																	
15	Binary Tag	E1.5																																																																	
16	Binary Tag	E1.6																																																																	
17	Binary Tag	E1.7																																																																	
20	Binary Tag	E2.0																																																																	
21	Binary Tag	E2.1																																																																	
22	Binary Tag	E2.2																																																																	
23	Binary Tag	E2.3																																																																	
24	Binary Tag	E2.4																																																																	

Şekil 5.9 : Ray devreleri için Tag Atamaları

Afyon_Sehir

Computer

Tag Management

Internal tags

SIMATIC S7 PROTOCOL SUITE

Industrial Ethernet

Industrial Ethernet (II)

MPI

NewConnection

M_Bellek

Outputs

Inputs

Named Connections

PROFIBUS

PROFIBUS (II)

Slot PLC

Soft PLC

TCP/IP

Structure tag

Graphics Designer

Menus and toolbars

Alarm Logging

Tag Logging

Report Designer

Global Script

Text Library

User Administrator

Cross-Reference

Load Online Changes

Redundancy

User Archive

Time synchronization

Horn

Picture Tree Manager

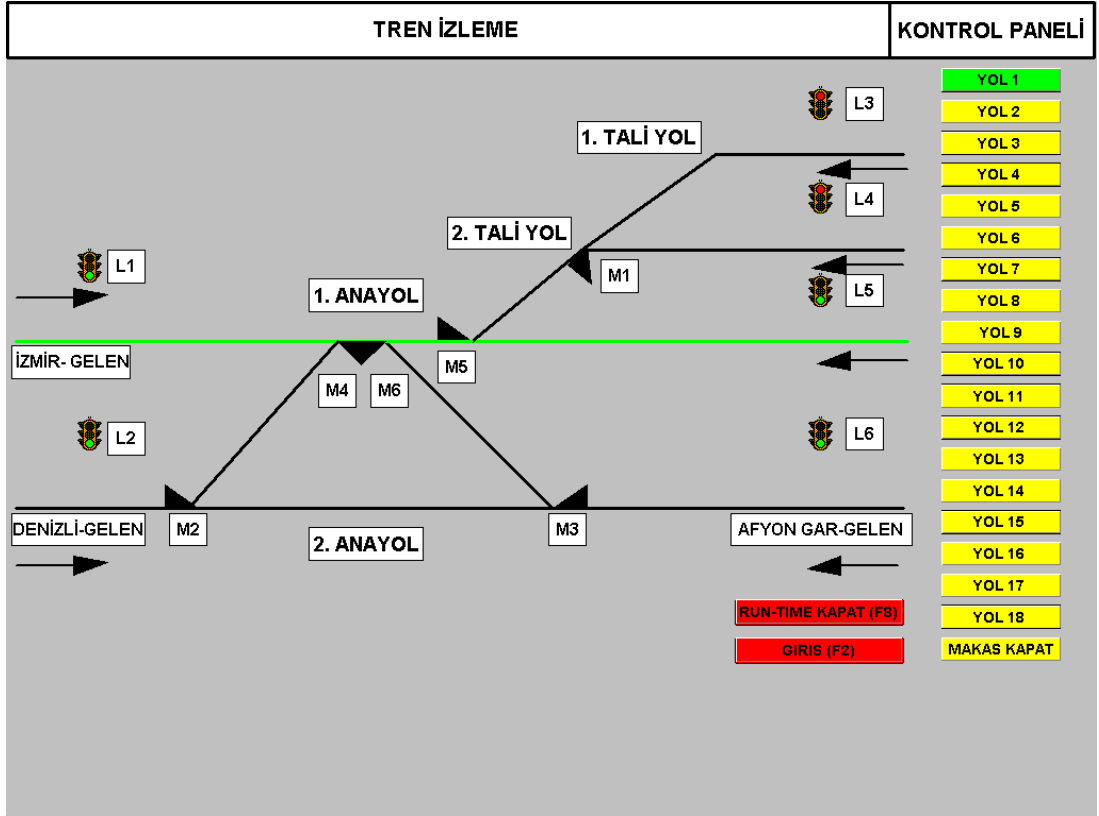
Lifebeat Monitoring

OS Project Editor

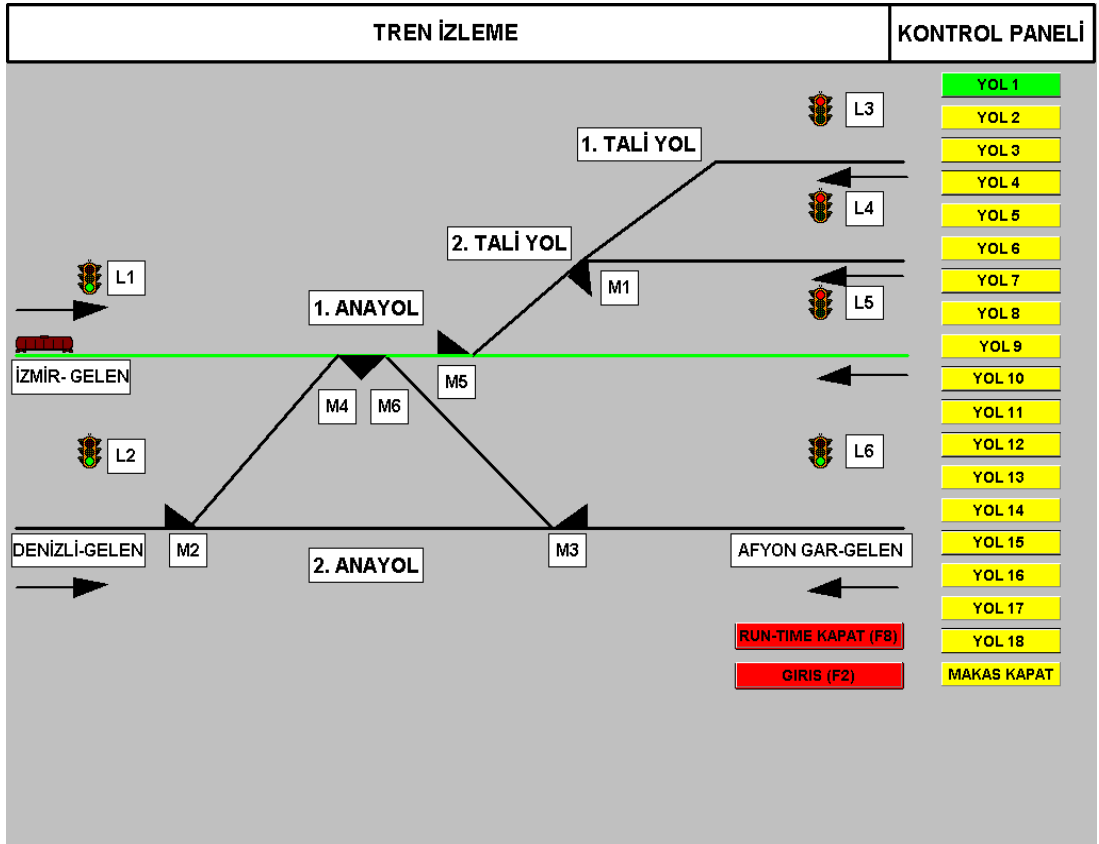
Name	Type	Parameters
M100	Binary Tag	M10.0
M101	Binary Tag	M10.1
M102	Binary Tag	M10.2
M103	Binary Tag	M10.3
M104	Binary Tag	M10.4
M105	Binary Tag	M10.5
M106	Binary Tag	M10.6
M107	Binary Tag	M10.7
M110	Binary Tag	M11.0
M111	Binary Tag	M11.1
M112	Binary Tag	M11.2
M113	Binary Tag	M11.3
M114	Binary Tag	M11.4
M115	Binary Tag	M11.5
M116	Binary Tag	M11.6
M117	Binary Tag	M11.7
M120	Binary Tag	M12.0
M121	Binary Tag	M12.1
M122	Binary Tag	M12.2
M800	Binary Tag	M80.0
M801	Binary Tag	M80.1
M802	Binary Tag	M80.2
M803	Binary Tag	M80.3
M804	Binary Tag	M80.4
M805	Binary Tag	M80.5
M806	Binary Tag	M80.6
M807	Binary Tag	M80.7
M810	Binary Tag	M81.0
M811	Binary Tag	M81.1
M812	Binary Tag	M81.2
M813	Binary Tag	M81.3
M814	Binary Tag	M81.4
M815	Binary Tag	M81.5
M816	Binary Tag	M81.6
M817	Binary Tag	M81.7
M820	Binary Tag	M82.0
M821	Binary Tag	M82.1
M123	Binary Tag	M12.3

Şekil 5.10 : Ray devreleri Tag Atamaları

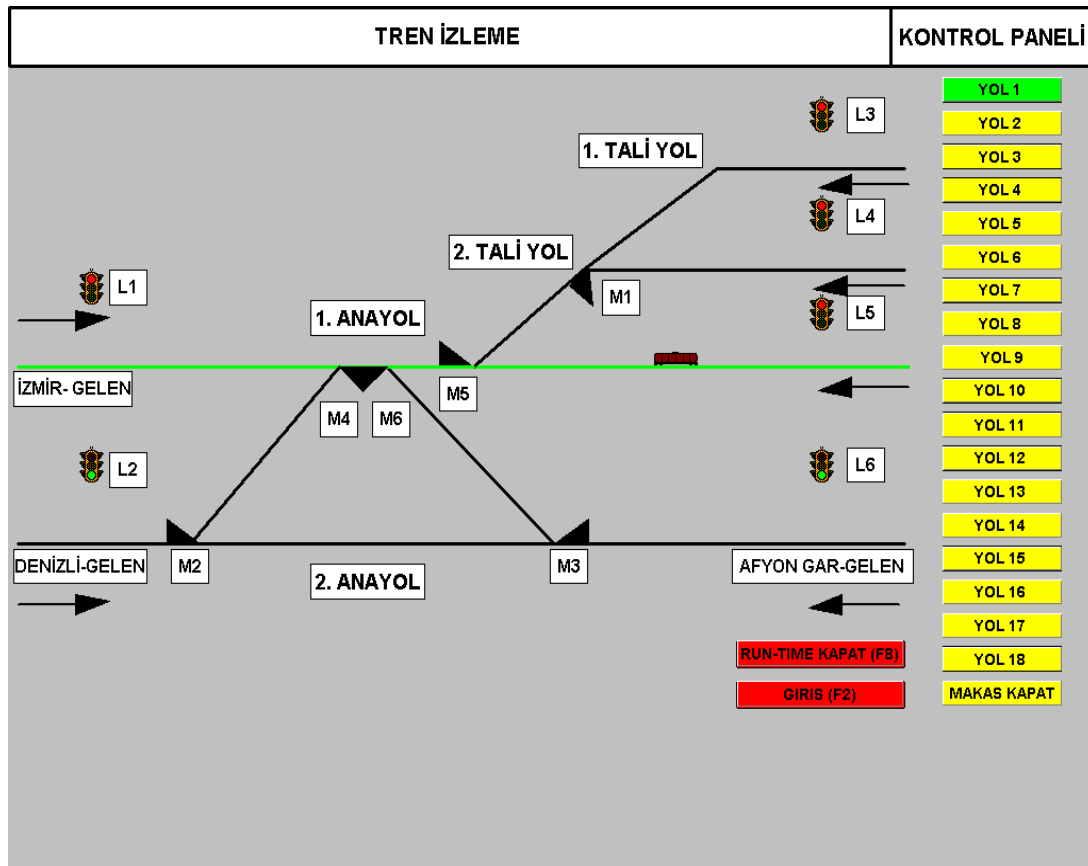
Şekil 5.11’ de Yol 1 atanmış durumda sistemin durumu gözükmemektedir. Bu güzergaha göre, CTC tarafından 1.Anayol (İzmir istikameti) dan gelen trenin aynı anayol üzerinde hiçbir sapma yapmadan Afyon Garı istikametine yani soldan sağa doğru gitmesi tayin edilmiş durumdadır. Buna göre, güzergah üzerinde bulunan ray devreleri aktif edilmiş ve yeşil renk verilerek farklılaştırılmıştır. Güzergah üzerinde bulunan M4, M6 ve M5 makasları kapalı durumdadır.



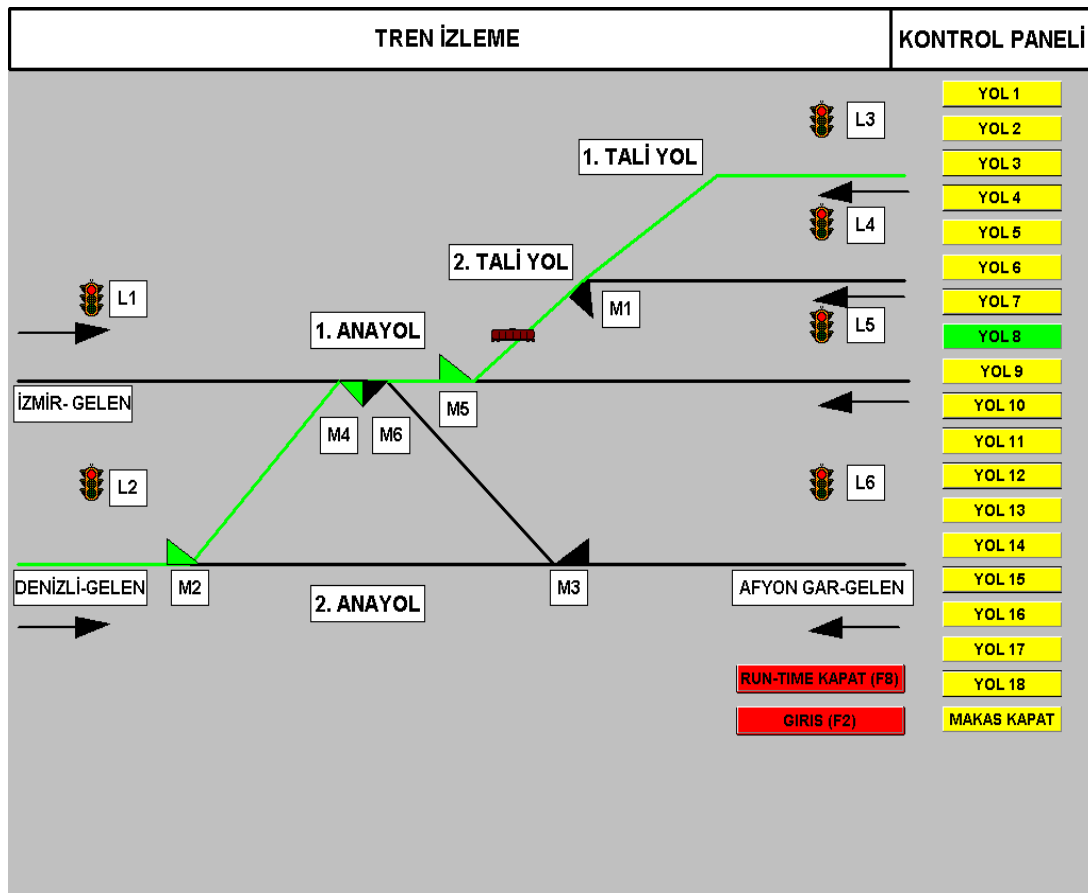
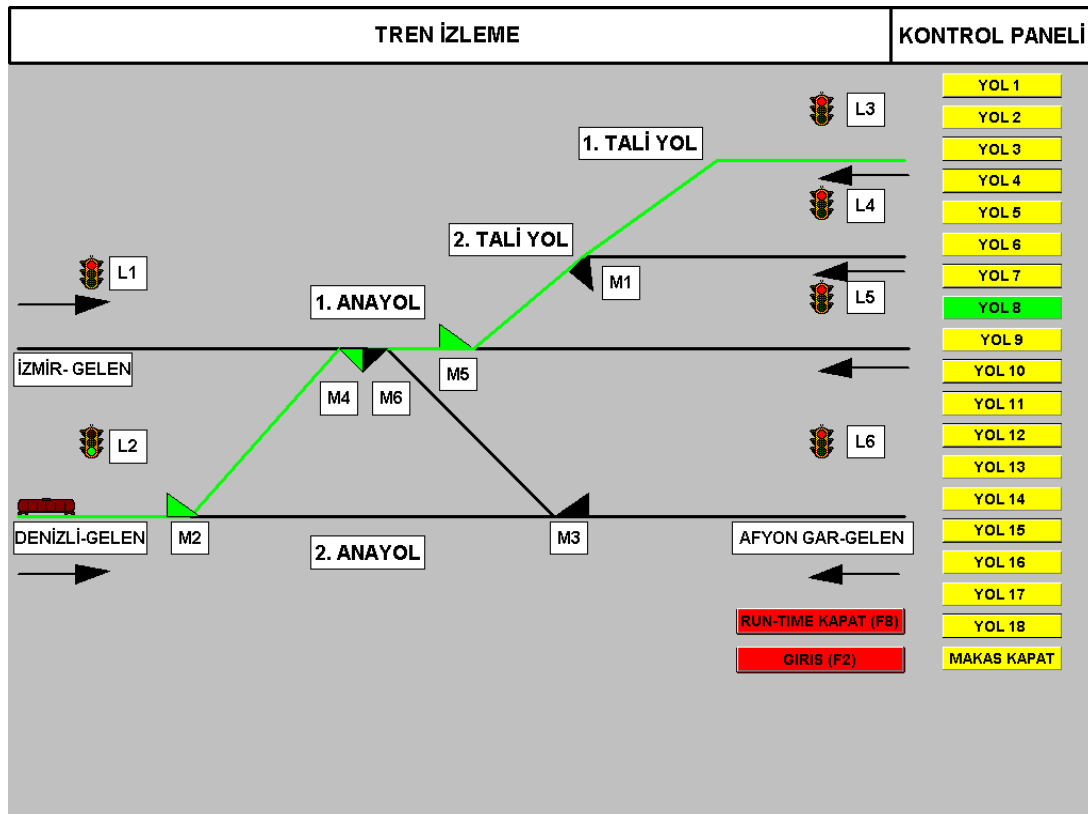
Şekil 5.11 : Yol 1 atanmış durumda ekran görüntüsü

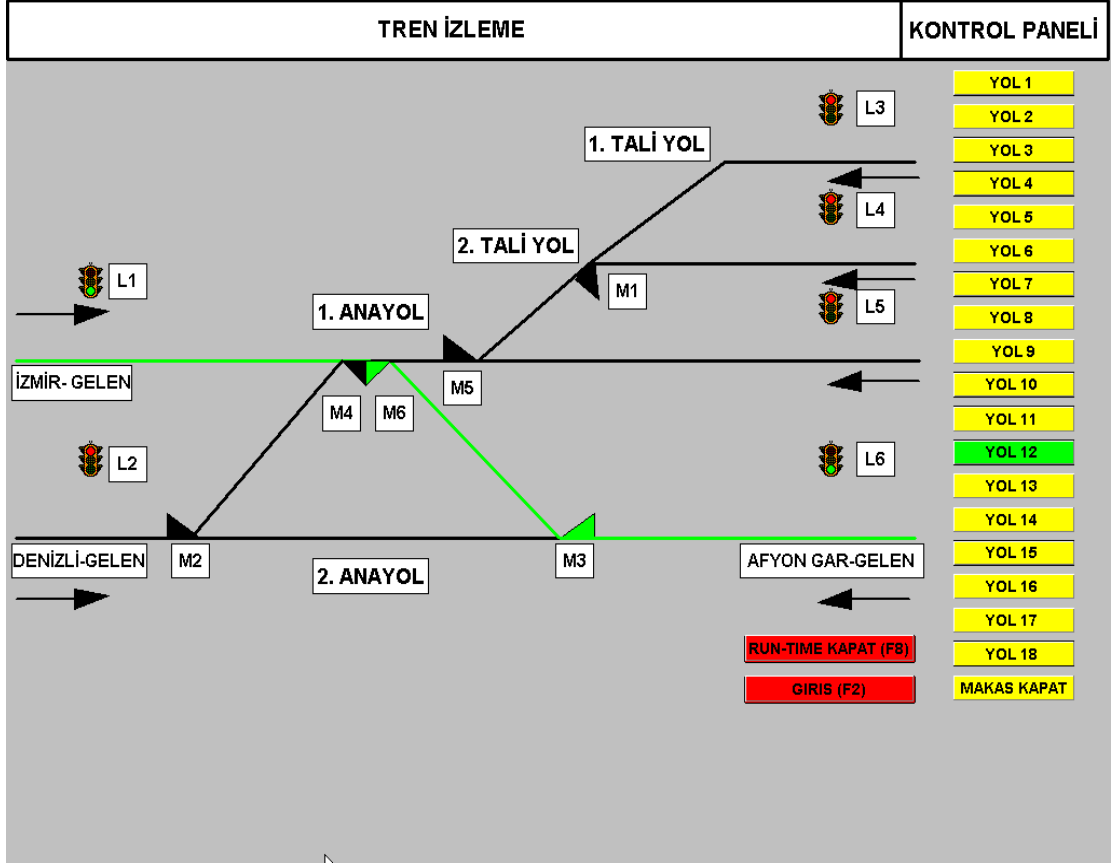


Şekil 5.12 Yol 1 atanmış durumda L1 lambası yeşil, diğer lambalar kırmızı konumu



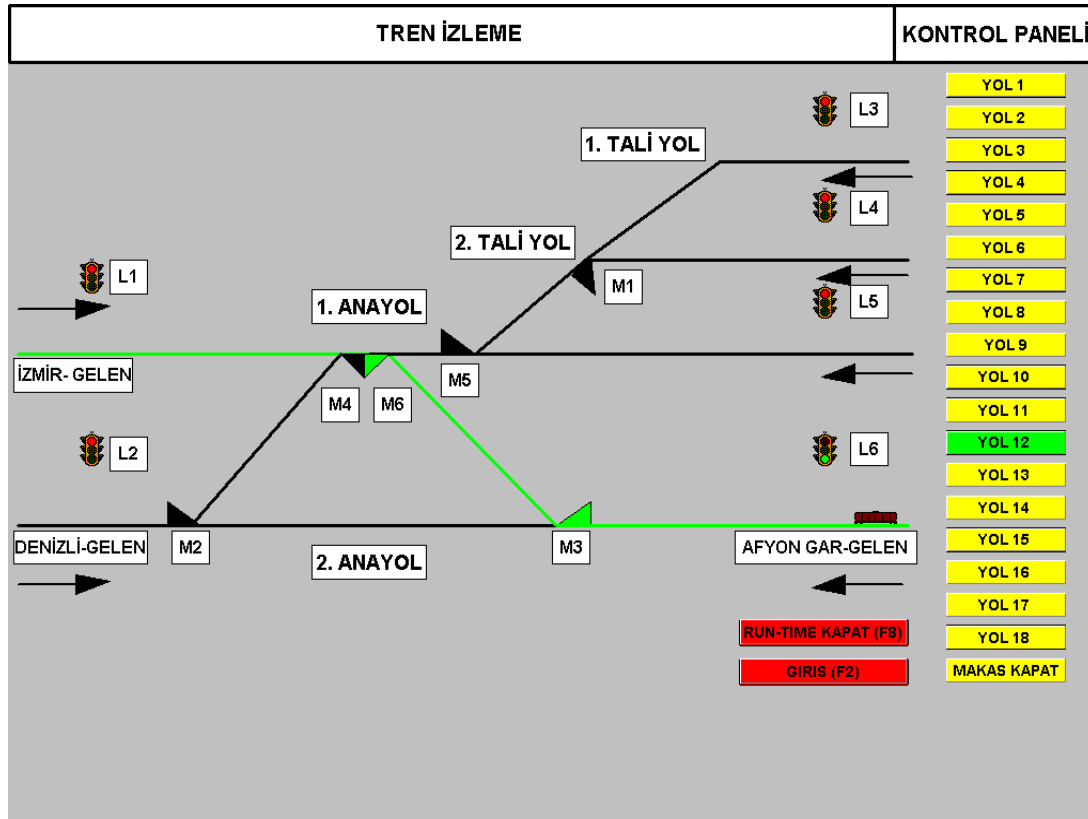
Tren L1 lambasına geldiğinde, ilerleyeceği güzergah üzerinde tren yoksa yeşil ışık yandığı, diğer tüm lambalar için fail-safe mantığına göre kırmızı ışık yandığı Şekil 5.12’ de görülmektedir. Diğer açıdan güzergah üzerinde herhangi bir ray devresi üzerinde tren varsa L1 lambası dahil tüm lambaların kırmızı yandığı Şekil 5.13’ de görülmektedir.





Şekil 5.17 : Yol 12 atanmış durumda ekran görüntüsü

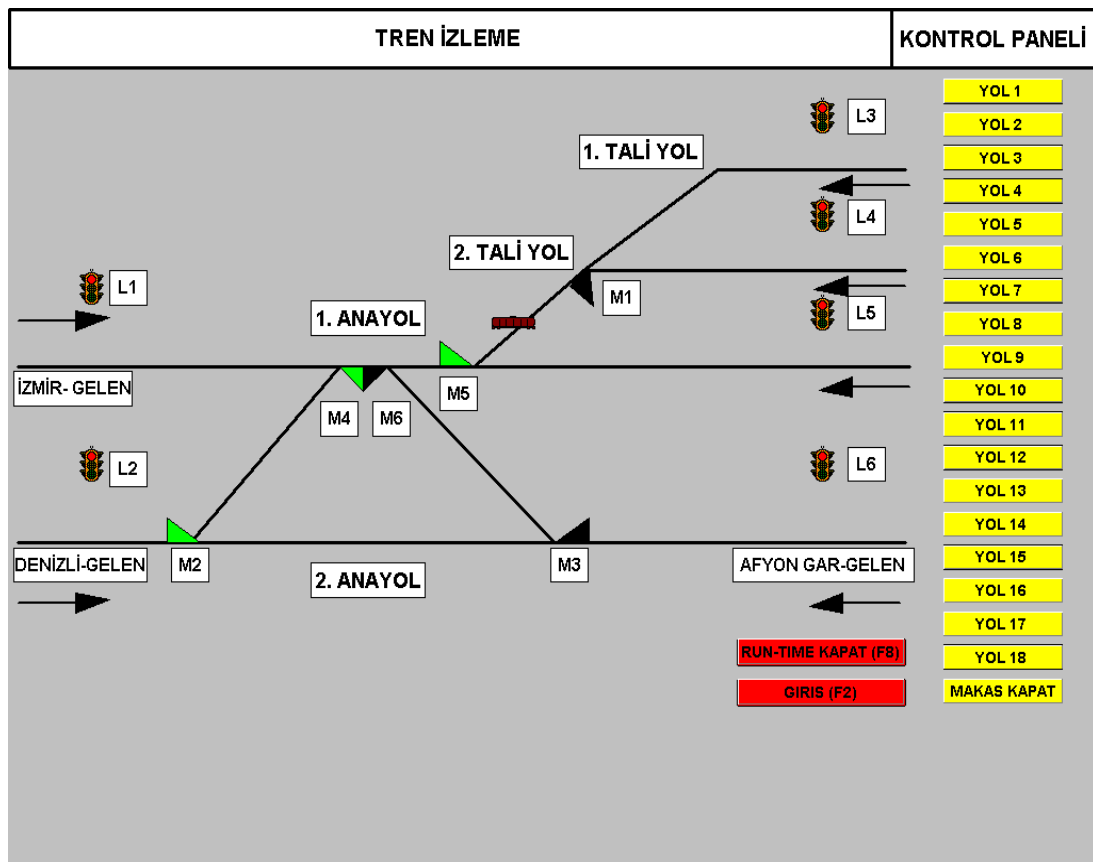
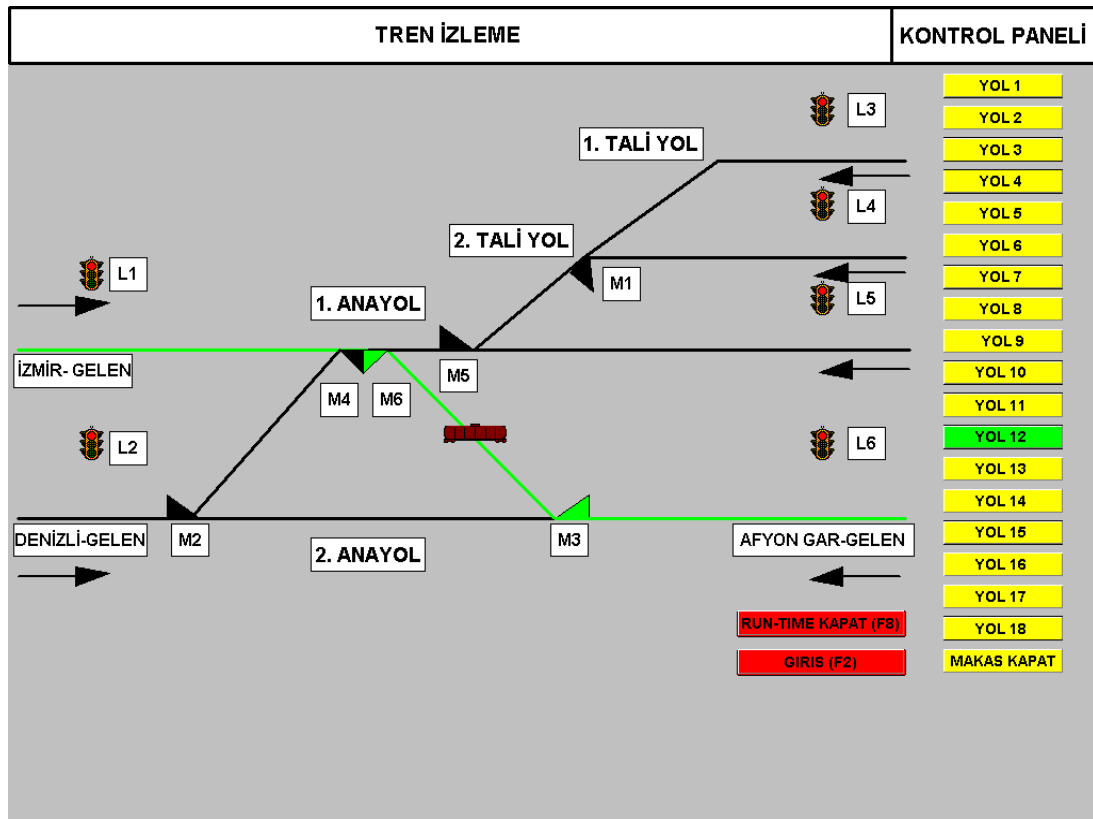
Şekil 5.17’ de Yol 12 atanmış durumda sistemin durumu gözükmemektedir. Bu güzergaha göre, CTC tarafından Afyon garı istikametinden gelen yani sağdan sola olacak şekilde, 2.Anayol üzerinde seyredip önce 1.Anayola geçerek İzmir yönünde devam etmesi tayin edilmiş durumdadır. Buna göre, yine benzer şekilde güzergah üzerinde bulunan ray devreleri aktif edilmiş ve yeşil renk verilerek farklılaştırılmıştır. 2. Anayoldan 1. Anayola geçiş için M3 ve M6 makaslarının aktif ve yeşil renkte, M4 makası kapalı pozisyonda kaldığı gözükmemektedir.

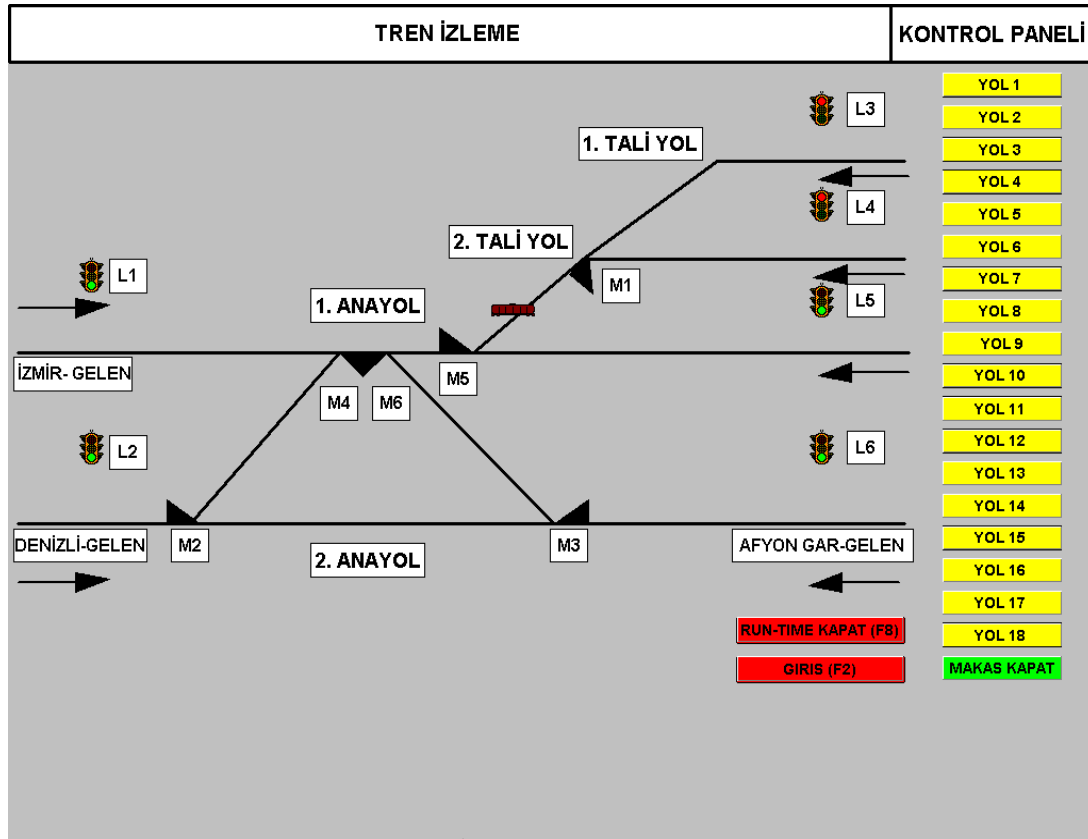


Şekil 5.18 : Yol 12 atanmış durumda L6 lambası yeşil, diğer lambalar kırmızı konumu

Tren L6 lambasına geldiğinde, ilerleyeceği güzergah üzerinde tren yoksa yeşil ışık yandığı, diğer tüm lambalar için fail-safe mantığına göre kırmızı ışık yandığı Şekil 5.18’ de görülmektedir. Diğer açıdan güzergah üzerinde herhangi bir ray devresi üzerinde tren varsa L6 lambası dahil tüm lambaların kırmızı yandığı Şekil 5.19’ da görülmektedir.

Ekranın sağ altındaki makas kapat butonu, açık (aktif) durumda olan makasları kapatmak için tasarlanmıştır. Şekil 5.20’ de CTC üzerinden bir Yol yönlendirmesi yapılmadığı halde bazı makasların aktif durumda olduğu görülmektedir. Bunun sebebi bir makasların bir önceki durumunu korumasıdır. Eğer ki Makas kapat butonu kullanılırsa, tüm makasların pasif duruma yani kapalı duruma geçmesi sağlanır. Bu durumda Şekil 5.21’ de gösterilmiştir.





Şekil 5.21 : Makas kapat butonunun aktif durumu

6.SONUÇ VE ÖNERİLER

Raylı sistem teknolojilerinde temel amaç kazaları önlemektir. Günümüzde çoğu eski ya da sisteme özel bilgi ve teknoloji içeren sistemler yaygın olarak kullanımdadır. Yeni kurulan sinyalizasyon sistemlerinde sayısal işlemci tabanlı yapılara doğru bir eğilim gözlenmektedir. Sinyalizasyon sistemlerinin ana işlevi olan hızlı ve güvenli işletim, sayısal kontrol birimleri kullanılarak gerçekleştirilebilir. Özellikle endüstriyel üretim süreçlerinin kontrol ve kumanda devrelerini gerçeklemede kullanılan programlanabilir kontrolörlerin sinyalizasyon sistemlerinin gerçekleştirilmesinde de kullanılabileceği olanaklı görülmektedir. Bu tezde genel kontrol birimi ve SCADA yazılımları kullanılarak bu işlemin kolayca yapılabilir ve uygulanabilir olduğu basit bir uygulama üzerinde gösterilmiştir. Bunun için Siemens S7-300 CPU 315-2DP işlemcili PLC ve WinCC SCADA programı kullanılarak bir gerçek zamanlı benzetim sistemi oluşturulmuş, çalışması izlenmiş ve başarımı değerlendirilmiştir.

Bu tür sistemlerin başarımının değerlendirilmesi için donanımsal benzetim çalışmaları ve son olarak saha çalışmalarının da yapılması gereklidir. Ayrıca, hatada güvenli (Fail-Safe) duruma geçen programlanabilir kontrol birimleri kullanılarak bu çalışmaların sürdürülmesinde büyük yarar vardır.

Son yıllarda ülkemizde, şimdilik birkaç büyükşehirde, yeni raylı sistemler kurulmuş ve ilerisi için büyüyen nüfusla birlikte artan problemleri hesaba katarak yeni yatırımlar yapılmaktadır.

Yapılan çalışmalar sonucu elde edilen bilgi birikimi ile ulusal payı daha büyük sinyalizasyon sistemleri gerçekleştirilebilir. Bu ise çok büyük bir parasal kaynağın Ülkemizde kalacağı anlamı taşır.

KAYNAKLAR

- [1] **Gündoğdu Feyzullah, Açıkbaş Süleyman**, Raylı Sistemlerde Emniyet Standartları ve Makas Otomasyon Sistemine Uygulaması, 2007
- [2] **Gündoğdu Feyzullah, Söyler Halil**, Demiryolu Sinyalizasyon Sistemlerinde Tasarım Kriterleri Ve “Fail-Safe” Kavramı, 2008
- [3] **Söyler Halil, Açıkbaş Süleyman**, Raylı Toplu Taşımda Sinyalizasyon Sistemleri, 2006
- [4] **IEC 61508 parts 1-6**, *Functional Safety of Electrical/Electronics/Programmable Electronic safety-related systems*, 2008
- [5] **IEC 61508**, Fact Sheet, *Moore Industries*, 2008
- [6] **Railway Signal and Traffic Control Systems Standarts**, *The Railway Association of Canada*, 4 Haziran 2007
- [7] **MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI**, Meslekî Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi - Raylı Sistem Teknolojisi – Raylı Sistemler, Ankara 2006
- [8] **Şen Leyla**, *Türkiye’de Demiryolları ve Karayollarının Gelişim Süreci*, Ankara, 2003
- [9] **TCDD**, 2007 Faaliyet Raporu
- [10] **Can Cüneyt**, Demiryollarında Sinyalizasyon ve Elektronik Kilitleme, GYTE Mühendislik ve FBE Yüksek Lisans Tezi, 2001, Gebze
- [11] **MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI**, Meslekî Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi - Raylı Sistem Teknolojisi – Sinyaller, Ankara 2008
- [12] **Hall Stanley**, *Modern Signalling Handbook*, 3rd Edition, 2001
- [13] **Url-1** <www.frauscher.co.at>, alındığı tarih 27.02.2009
- [14] **Url-2** <<http://www.railway-technical.com/>>, alındığı tarih 27.02.2009
- [15] **Çağal Uğur**, Sinyalizasyon Sistemleri, Sabit ve Hareketli Blok Sistemler, 2. *Ulusal Demiryolu Kongresi*, 1997
- [16] **Kurtulan Salman**, *Plc İle Endüstriyel Otomasyon*, 2008
- [17] **Url-3** <www.elektrikforumu.com/scada-sisteminin-304-ncelenmesi-t82.html-34k>, alındığı tarih 03.04.2009

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad: Yeliz GÜLENER

Doğum Yeri ve Tarihi: Üsküdar, 15.06.1980

Adres: Kartal - İSTANBUL

Lisans Üniversite: Sakarya Üniversitesi