MARMARA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MARMARAY SİNYALİZASYON SİSTEMLERİ VE ANKLAŞMAN SİSTEMİNİN SCADA İLE SİMÜLASYONU

SÜLEYMAN KARAYANIK

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elektrik-Elektronik Mühendisliği(Türkçe) Anabilim Dalı

DANIŞMAN

Prof. Dr. A. Fevzi BABA

İSTANBUL, 2017

MARMARA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MARMARAY SİNYALİZASYON SİSTEMLERİ VE ANKLAŞMAN SİSTEMİNİN SCADA İLE SİMÜLASYONU

SÜLEYMAN KARAYANIK

(523114011)

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elektrik-Elektronik Mühendisliği(Türkçe) Anabilim Dalı

DANIŞMAN

Prof. Dr. A. Fevzi BABA

İSTANBUL, 2017

MARMARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Öğrencisi Süleyman KARAYANIK'ın **"Marmaray Sinyalizasyon Sistemleri ve Anklaşman Sisteminin SCADA ile Simülasyonu"** başlıklı tez çalışması, 7 Eylül 2017 tarihinde savunulmuş ve jüri üyeleri tarafından başarılı bulunmuştur.

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. A. Fevzi BABA (Danışman)
Marmara Üniversitesi .....

Yrd. Doç. Dr. Nazmi EKREN (Üye)
Marmara Üniversitesi .....

Yrd. Doç. Dr. Mustafa YAĞIMLI (Üye)
Beykent Üniversitesi .....

ONAY

Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 11 /09 /2017 tarih ve 2017/20-03 sayılı kararı ile Süleyman KARAYANIK'ın Elektrik Elektronik Mühendisliği (Türkçe) Anabilim Dalı Yüksek Lisans derecesi alması onanmıştır.

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü
Prof. Dr. Bülent EKİCİ

ÖN SÖZ

Bu tez çalışmasında beni yönlendiren, bana her konuda yardımcı olup bilgi ve tecrübelerini benden esirgemeyen değerli hocam, tez danışmanım Prof. Dr. A. Fevzi BABA'ya sonsuz teşekkür ederim.

Sinyalizasyon alanında bilgi ve tecrübe kazanmamda emeği geçen TCDD çalışanı şeflerime, müdürlerime, çalışma arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Eğitim hayatım boyunca maddi ve manevi desteğini esirgemeyen anneme, büyüklerime şükranlarımı sunarım. İyi ve kötü günümde yanımda bulunan eşime, varlıklarıyla mutlu olduğum çocuklarıma sonsuz teşekkür ederim.

EYLÜL 2017 **Süleyman KARAYANIK**

İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖNSÖZ ..... **i**
İÇİNDEKİLER ..... **ii**
ÖZET ..... **iv**
ABSTRACT ..... **v**
KISALTMALAR ..... **vi**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **ix**
TABLO LİSTESİ ..... **xii**
1. GİRİŞ **1**
1.1. Tarihçe 2
1.2. Ülkemizde Sinyalizasyon Sisteminin Mevcut Durumu 5
1.3. Sinyalizasyonun Faydaları 6
2. MARMARAY SİNYALİZASYON SİSTEMLERİ **8**
2.1. Tarihçe 11
2.2. Sinyalizasyon Sistemi 12
2.2.1. Tren işletim modları 13
2.3. Sinyalizasyon Sistemi Bileşenleri 15
2.3.1. İşletme yönerim merkezi (OCC) 16
2.3.1.1. Otomatik tren denetimi (ATS) 19
2.3.2. Anlaşman sistemi 19
2.3.3. Sinyaller 23
2.3.4. Makaslar 29
2.3.5. Tren algılama sistemleri 45
2.3.5.1. Ray devreleri 45
2.3.5.2. Dingil sayıcılar 48
2.3.6. Peron acil durdurma butonu (ESP) 53
2.3.7. Araç üstü ekipmanları 54
2.4. Avrupa Demiryolu Trafik Yönetim Sistemi (ERTMS) 56
2.4.1. ERTMS tanımı 56
2.4.2. ERTMS geçmişi 57
2.4.3. ERTMS seviyeleri 58
2.4.3.1. ERTMS Seviye 1 58
2.4.3.2. ERTMS Seviye 2 58
2.4.3.3. ERTMS Seviye 3 59
2.4.4. Marmaray ERTMS Seviye 1 sistemi 60
2.4.4.1. Hatboyu elektronik ünitesi (LEU) 63
2.4.4.2. Geçici hız sınırlama yöneticisi (TSRM) 65
2.4.4.3. Avrobaliz 66
2.4.5. Haberleşmeye Dayalı Sinyalizasyon. Sistemi (CBTC) 69
2.4.5.1. CBTC tanımı 69
2.4.5.2. Blok işlemci (BP) 72
2.4.5.3. Geçici hız sınırlama yöneticisi (TSRM) 74
2.4.5.4. APR balizi 74
2.4.5.5. CBTC telsiz sistemi 75

3. ANKLAŞMAN SİSTEMİNİN SCADA İLE SİMÜLASYONU 78
3.1. Ayrılık Çeşmesi İstasyonu Sinyalizasyon Ekipmanları 78
3.2. Üsküdar İstasyonu Sinyalizasyon Ekipmanları 79
3.3. Sirkeci İstasyonu Sinyalizasyon Ekipmanları ..... .80
3.4. Yenikapı İstasyonu Sinyalizasyon Ekipmanları ..... .82
3.5. Aklaşman Tabloları 83
3.6. Rota Tanzimi 89
3.7. PLC ile Programlama 90
3.7.1. Ayrılık Çeşmesi istasyonu rotalarının oluşturulması 92
3.7.1.1. Rota 1'in oluşturulması…..……..…...……..……95
3.7.1.2. Rota 2'nin oluşturulması ...……..…....……95
3.7.1.3. Rota 3'ün oluşturulması …….……..…..……97
3.7.1.4. Rota 4'ün oluşturulması ……..…..……98
3.8. SCADA ile simülasyon..... 99
3.8.1. Ayrılık Çeşmesi istasyonu rotalarının simülasyonu ..... .100
3.8.1.1. Rota 1'in simülasyonu…...……....…...…..….....101
3.8.1.2. Rota 2'nin simülasyonu ...……..……...…102
3.8.1.3. Rota 3'ün simülasyonu ……....……...103
3.8.1.4. Rota 4'ün simülasyonu ……....……...104
4. SONUÇ 105
KAYNAKLAR 106
EKLER 109
ÖZGEÇMİŞ

ÖZET

MARMARAY SİNYALİZASYON SİSTEMLERİ VE ANKLAŞMAN SİSTEMİNİN SCADA İLE SİMÜLASYONU

Günümüzde şehirlerdeki nüfus artışına bağlı olarak ulaşımın daha kısa sürede yapılabilmesi büyük önem taşımaktadır. Demiryolunun emniyetli, hızlı ve daha fazla yolcu, yük taşınabilmesi nedeniyle taşımacılıktaki oranı günden güne artmaktadır.

Demiryolu taşımacılığında hedef kazaları önlemektir. Bu nedenle sinyalizasyon sistemleri geliştirilmiştir. Bir yerden diğer bir yere emniyetli, hızlı ve kesintisiz gidebilmek için sinyalizasyon sistemlerinden yararlanılmaktadır. Avrupa Birliği ülkeleri arasında trenlerin kesintisiz gidebilmeleri için ERTMS (European Train Management System) adı altında ortak bir sistem ve bu sistem içerisinde de ETCS (European Train Control System) olarak adlandırılan bir alt sistem kurulması kararlaştırılmıştır. Bu sayede trenlerin üzerinde bulunan araçüstü ekipmanlar diğer ülkelerdeki sinyalizasyon sistemi tarafından tanınabilecektir. Ülkemiz de Avrupa Birliği'ne aday olduğundan dolayı yüksek hızlı tren hatlarında ERTMS/ETCS sistemi kullanılmaktadır. Marmaray'ın işletmeciliğe açılmasıyla banliyö hatlarında ilk defa yeni bir sistem kullanılmıştır. CBTC (Communication Based Train Control) olarak adlandırılan bu sisteme göre trenler fren mesafesinde birbirlerini takip edebilmektedir. Bu sayede bir fiziksel blok içerisinde birden fazla tren bulunabilir.

Bu çalışmada sinyalizasyon sistemlerinin tarihsel gelişimine değinilmiştir. Sinyalizasyon sisteminin ekipmanları açıklanmıştır. Ayrıca Marmaray Projesinde birlikte uygulanan ERTMS ve CBTC sistemlerinin detayları verilmiştir. Anklaşman sistemi mitsubishi PLC (Programmable Logic Control) ile programlanmış ve HMI (Human Machine Interface) programı ile simülasyonu yapılmıştır. Bu çalışmadaki bilgilerden yararlanılarak TCDD bakım personeline sinyalizasyon ve simülasyon eğitimi verilmiştir.

Anahtar Kelimeler : Anklaşman Sistemi, Avrupa Demiryolu Trafik Yönetim Sistemi (ERTMS), Haberleşmeye Dayalı Tren Kontrolü (CBTC), Marmaray Sinyalizasyon Sistemleri, PLC, SCADA

EYLÜL 2017 **Süleyman KARAYANIK**

ABSTRACT

MARMARAY SIGNALING SYSTEMS AND SIMULATION OF INTERLOCKING SYSTEM WITH SCADA

Today, due to population growth in cities, it is very important that transportation can be done in a shorter time. As the railway is safe, fast and more passengers can carry freight, the rate of transportation increases day by day.

The goal is to prevent accidents in rail transport. This is why signaling systems have been developed. The signaling systems are used to move from one place to another safely, quickly and uninterruptedly. It was decided to establish a common system called ERTMS (European Train Management System) and a subsystem called ETCS (European Train Control System) in this system for the uninterrupted travel of the trains between the European Union countries. This means that the onboard equipment on the trains can be recognized by the signaling system in other countries. Since our country is a candidate for the European Union, ERTMS/ETCS system is used on high-speed train lines. With the opening of Marmaray, a new system was used for the first time in suburban lines. According to this system called CBTC (Communication Based Train Control), trains can follow each other at the brake distance. There can be more than one train in a physical block on this count.

In this study, the historical development of signaling systems is mentioned. The equipment of the signaling system is explained. In addition, details of ERTMS and CBTC systems applied together at Marmaray Project are given. The interlocking system is programmed with Mitsubishi PLC (Programmable Logic Control) and simulated with HMI (Human Machine Interface) program. According to the information in this study signaling and simulation training is given to TCDD maintenance personnel.

Keywords : Interlocking Systems, European Traffic Management System (ERTMS), Communication Based Train Control (CBTC), Marmaray Signaling Systems, PLC, SCADA,

SEPTEMBER 2017 **Süleyman KARAYANIK**

KISALTMALAR

AEB : Gelişmiş değerlendirme kartı

APR : Kesin Konum Frekansı

ATC : Automatic Train Control - Otomatik Tren Kontrolü

ATO : Automatic Train Operation - Otomatik Tren isletimi

ATP : Automatic Train Protection - Otomatik Tren Koruması

ATS : Automatic Train Supervision - Otomatik Tren Denetimi

BC : Demiryolu Boğaz Geçiş Kesimi

BOC : Baliz Çıkış Kartı

BP : Blok İşlemci

BS : Blok sinyalleri

BSI : Aşırı gerilim koruma kartı

BTM : Baliz iletim modülü

BTN : Backbone Transmission Network – Backbone İletim Ağı

DMI : Kabin için sürücü makine arayüzü

CB : Bağlantı Kutusu

CBTC : Haberleşmeye Dayalı Tren Kontrolü

CR : Banliyo Hatları

CTC : Merkezi Trafik Kontrolü

DL : Gündüz modu

DMI : Makinist Makina Arayüzü

DPM : Farklı İşlemci Modülü

DRS : Basma Butonlu Röle Sistemi

E&M : Elektromekanik

ESP : Acil Durdurma Butonu

ERTMS : European Rail Traffic Managemet System - Avrupa Demiryolu Trafik YönetimSistemi

ETCS : European Train Control System - Avrupa Tren Kontrol Sistemi

HMI : İnsan Makina Arayüzü

I/L : Anklaşman

KBS : Kumandalı blok sinyalleri

IC : Şehirlerarası hatlar

JTC : Eksiz ray devresi

LAN : Local Area Network - Yerel Alan Agı

LEU : Lineside Electronic Unit - Hatboyu Elektronik Ünitesi

LM : Lojik Modülü

LMRC : Lojik Modülü Arka Kartı

LMA : Hareket Sınırı Yetkisi

LOM : Lamba çıkış modülü

MA : Hareket Yetkisi

MPM : Ana İşlemci Modülü

NL : Gece modu

OCC : Operation Control Centre –İsletme Yönetim Merkezi

PIM : Paralel giriş modülü

PLC : Programlanabilir Lojik Kontrol

PM : İşlemci Modülü

PSC : Güç kaynağı kartı

PSD : Platform Ekran Kapıları

PSU : Güç Kaynağı Ünitesi

RBC : Radyo blok merkezi

RM : Sınırlı Manuel Kumanda

ROM : Röle çıkış modülü

SCADA : Denetim, Kontrol ve Veri Toplama

SER : Sinyal ekipman odası

SIOM : Seri Giriş Çıkış Modülü

SM : Denetimli Manuel Kumanda

SOR : İstasyon Yönetim Odası

TC : Ray Devresi

TCC : Yolboyu İletişim Modülü

TSRM : Geçici Hız Sınırlama Yöneticisi

TU : Dönüştürücü ünite

VBP : Sanal Blok İşlemcisi

WAN : Geniş Alan Ağı

WNC : Westrace Ağ İletişimi

YHT : Yüksek Hızlı Tren

ŞEKİL LİSTESİ

SAYFA

Şekil 1.1. Semafor (kapalı) **3**
Şekil 1.2. Semafor (açık) **3**
Şekil 1.3. Blok boş iken ray devresi örneği **4**
Şekil 1.4. Blokta tren varken ray devresi örneği **5**
Şekil 2.1. Tüp/tünel kısmı hat şeması **8**
Şekil 2.2. Batırma tüp tünel ve TBM delme tünel..... **9**
Şekil 2.3. Marmaray istasyonları haritası **10**
Şekil 2.4. 1860 tarihli tüp geçit projesi planı **11**
Şekil 2.5. 1890 tarihli tüp geçit projesi planı **12**
Şekil 2.6. Marmaray sinyalizasyon sistemlerinin işleyişi **13**
Şekil 2.7. ATC sistemi **14**
Şekil 2.8. Marmaray BC1 kısmında tren işletimi **14**
Şekil 2.9. Sinyalizasyon sistemi mimarisi **15**
Şekil 2.10. Sinyalizasyon sistemi alt bileşenleri **16**
Şekil 2.11. Örnek bir işletme yönetim merkezi..... **16**
Şekil 2.12. Marmaray Kumanda İzleme Paneli..... **17**
Şekil 2.13. İşletme Yönetim Merkezi ve ilgili olduğu sistemler..... **18**
Şekil 2.14. OCC'nin sahada etkileşim halinde olduğu yerler ve ekipmanları **19**
Şekil 2.15. Sinyalizasyon sistemi blok diagramı..... **21**
Şekil 2.16. PIM, PM ve ROM kartları **22**
Şekil 2.17. Marmaray tünel sinyalleri **23**
Şekil 2.18. Marmaray açık hat sinyalleri..... **24**
Şekil 2.19. Güç dağıtım kabini ve sinyallere ait sigortalar **26**
Şekil 2.20. Kablo kabini..... **26**
Şekil 2.21. Sinyal arayüz kutusu **27**
Şekil 2.22. Trafolar ve akım ayarı..... **27**
Şekil 2.23. Cüce sinyalin arkadan görünümü..... **28**
Şekil 2.24. Lamba çıkış devresi..... **28**
Şekil 2.25. Yenikapı'daki S31YNK sinyaline ait LOM kartı **29**
Şekil 2.26. Marmaray MD2000 makas motoru..... **30**
Şekil 2.27. Makasın yapısı **31**
Şekil 2.28. Makas elemanları **32**
Şekil 2.29. Makasın mekanik ve elektriksel iç kısmı..... **33**
Şekil 2.30. Uzun ve kısa mutabakat kol..... **34**
Şekil 2.31. Adaptör..... **34**
Şekil 2.32. Makas dil ucu açıklığı (160'lık makas)..... **35**
Şekil 2.33. Güç dağıtım kabinindeki sigortalar..... **36**
Şekil 2.34. M02AYR makası sapan konumundayken mutabakat voltajı ölçümü..... **38**
Şekil 2.35. M02AYR ve M04AYR makas kontrol modülü..... **38**
Şekil 2.36. M02KAZ (A-B) makası ve bağlantı kutuları..... **39**
Şekil 2.37. MB-KAZ (M02KAZ-AB) iç görünümü **42**
Şekil 2.38. MB-KAZ bağlantı kutusundan gelen kablolar ve terminal bloku..... **43**

Şekil 2.39. MD2000 makası iç kablolama **44**
Şekil 2.40. 220V AC ve 50V DC ölçümü **44**
Şekil 2.41. Makasın konumuna göre kontakların durumu **45**
Şekil 2.42. Bonding, izole cebire, ayarlama ünitesi **47**
Şekil 2.43. Alıcı-verici modülü **47**
Şekil 2.44. Verici referansı ve alıcı izleme voltajı **48**
Şekil 2.45. 2 alıcılı ray devresinin referansı ve alıcı izleme voltajları **48**
Şekil 2.46. RSR180 dingil sayıcısı **49**
Şekil 2.47. Hareket yönüne göre dingil sayıcı sensörleri **49**
Şekil 2.48. Dingil sayıcı sistemi bağlantıları **50**
Şekil 2.49. AEB, Haberleşme kartı ve ASD kablosu **50**
Şekil 2.50. Dingil sayıcı sistemi **51**
Şekil 2.51. RSR180 Bağlantı kutusu voltaj ölçümü **51**
Şekil 2.52. BSI ve kablo terminali **52**
Şekil 2.53. AEB kartı açıklaması ve PC ile bağlantısı **53**
Şekil 2.54. ESP butonu **53**
Şekil 2.55. Peron Acil Durdurma butonları yerleşimi ve SER odası bağlantıları **54**
Şekil 2.56. DMI ekranı **55**
Şekil 2.57. CBTC araç üstü ekipmanları **55**
Şekil 2.58. 5'li ve 10'lu araç setleri **55**
Şekil 2.59. ERTMS'nin fonksiyonel yapısı ve ilgili Avrupa faaliyetleri **57**
Şekil 2.60. ERTMS Seviye 1 ..... **58**
Şekil 2.61. ERTMS Seviye 2 ..... **59**
Şekil 2.62. ERTMS Seviye 3 ..... **60**
Şekil 2.63. Sinyalizasyon sistemi mimarisi **61**
Şekil 2.64. ERTMS ekipmanları **62**
Şekil 2.65. Marmaray hatlarındaki sinyalizasyon sistemleri **62**
Şekil 2.66. ERTMS Seviye 1 sistem mimarisi **63**
Şekil 2.67. LEU dolapları **63**
Şekil 2.68. LEU kartları **64**
Şekil 2.69. BOC kartı ve baliz bağlantı şeması **65**
Şekil 2.70. ERTMS seviye 1 kartları **65**
Şekil 2.71. Geçici hız sınırlaması yöneticisi **66**
Şekil 2.72. Avrobaliz **67**
Şekil 2.73. LEU ve balizler **67**
Şekil 2.74. Avrobaliz yükseltici **68**
Şekil 2.75. Programlanabilir baliz ve bağlantı şeması **68**
Şekil 2.76. CBTC sistemi **69**
Şekil 2.77.a. CBTC şeması **70**
Şekil 2.77.b. CBTC şeması (devamı) **70**
Şekil 2.78. CBTC Hatboyu alt sistemi **71**
Şekil 2.79. CBTC sistemi **72**
Şekil 2.80. BP ön panel görünümü **73**
Şekil 2.81. APR balizi **74**
Şekil 2.82. APR balizi ve ray ölçüleri **75**
Şekil 2.83. CBTC telsiz sistemi mimarisi **75**
Şekil 2.84. Tamamı çevrim içi kapsama alanları **76**
Şekil 2.85. Anten **77**
Şekil 3.1. Ayrılık Çeşmesi sinyalizasyon hat planı **78**
Şekil 3.2. Üsküdar istasyonu sinyalizasyon hat planı **79**

Şekil 3.3. Sirkeci istasyonu sinyalizasyon hat planı **81**
Şekil 3.4. Yenikapı istasyonu sinyalizasyon hat planı **82**
Şekil 3.5. PLC programının işleyişi **90**
Şekil 3.6. PLC ekipmanları **91**
Şekil 3.7. Ayrılık Çeşmesi istasyonu rotalarının PLC ile oluşturulması **92-93**
Şekil 3.8. PLC'de rota 1'in oluşturulması **95**
Şekil 3.9. Rota 1'in çalıştırılması **95**
Şekil 3.10. PLC'de rota 2'nin oluşturulması **96**
Şekil 3.11. Rota 2'nin çalıştırılması **96**
Şekil 3.12. PLC'de rota 3'ün oluşturulması **97**
Şekil 3.13. Rota 3'ün çalıştırılması **98**
Şekil 3.14. PLC'de rota 4'ün oluşturulması **98**
Şekil 3.15. Rota 4'ün çalıştırılması **99**
Şekil 3.16. Ayrılık Çeşmesi SCADA başlangıç ekranı **101**
Şekil 3.17. Ayrılık Çeşmesi istasyonu rota 1'in tanzimi **102**
Şekil 3.18. Ayrılık Çeşmesi istasyonu rota 1'in ve rota 2'nin tanzimi **103**
Şekil 3.19. Ayrılık Çeşmesi istasyonu rota 3'ün tanzimi **103**
Şekil 3.20. Ayrılık Çeşmesi istasyonu rota 4'ün tanzimi **104**

TABLO LİSTESİ

SAYFA

Tablo 2.1. Marmaray projesi teknik özellikleri **11**
Tablo 2.2. Westrace MKII modüllerinin açıklamaları **22**
Tablo 2.3. Sinyal renk bildirimleri ve makiniste gelen komutlar **25**
Tablo 2.4. Lamba çıkış modülü **29**
Tablo 2.5. M02AYR makasına ait kablo planı (sigortaların gösterimi) **36**
Tablo 2.6. M02AYR ve M04AYR makasına ait kablo planı(Enerji terminalleri) **36**
Tablo 2.7. CB-KAZ T3-02.0 planı (a) **40**
Tablo 2.8. CB-KAZ T3-02.0 planı (b) **41**
Tablo 2.9. MB-KAZ (M02KAZ-AB) planı **42**
Tablo 2.10. Araç üstü ekipman yerleşimi **56**
Tablo 3.1. Ayrılıkçeşme istasyonu saha ekipmanları **79**
Tablo 3.2. Üsküdar istasyonu saha ekipmanları **80**
Tablo 3.3. Sirkeci istasyonu saha ekipmanları **81**
Tablo 3.4. Yenikapı istasyonu saha ekipmanları **82**
Tablo 3.5. Ayrılık Çeşmesi istasyonu anklaşman tablosu **84**
Tablo 3.6. Ayrılık Çeşmesi rotalarının çakışma tablosu **84**
Tablo 3.7. Üsküdar istasyonu anklaşman tablosu **85**
Tablo 3.8. Üsküdar rotalarının çakışma tablosu **86**
Tablo 3.9. Sirkeci istasyonu anklaşman tablosu **87**
Tablo 3.10. Sirkeci rotalarının çakışma tablosu **88**
Tablo 3.11. Yenikapı rotalarının çakışma tablosu **88**
Tablo 3.12. Yenikapı istasyonu anklaşman tablosu **89**
Tablo 3.13. Ayrılık Çeşmesi anklaşman tablosu **94**
Tablo 3.14. SCADA ekranındaki semboller ve açıklamaları **99-100**
Tablo 3.15. Ayrılık Çeşmesi anklaşman tablosu **100**

1. GİRİŞ

Demiryolu yük ve yolcu taşımacılığında 19. Yüzyıldan itibaren kullanılmaktadır. Dünyada ulaşımda demiryollarının oranı günden güne artmaktadır. Günümüzde büyük şehirlerin en önemli sorunu ulaşım problemleridir. Ulaşım problemlerini en aza indirmenin yolu da raylı sistem toplu taşımacılığıdır. Demiryolu hızlı, güvenli olması ve daha fazla yolcu taşınabilmesi nedeniyle tercih edilmektedir. Demiryollarında emniyeti sağlamak amacıyla sinyalizasyon sistemleri geliştirilmiştir. Demiryolu sinyalizasyon sistemleri, aynı güzergah üzerinde birbirini takip eden trenler arasındaki emniyet uzaklığının korunması ve bununla birlikte demiryolu hatlarının kesişme noktalarında hat geçişlerinin emniyetli bir şekilde gerçekleştirilmesi için kullanılmaktadır. Eskiden mekanik ve elektromekanik olarak yapılan bu sistemler, günümüzde teknolojinin gelişmesine bağlı olarak elektronik ve bilgisayar tabanlı yapılmaktadır.

Gelişen teknolojiye bağlı olarak ülkeler arasında sürekli ve güvenli bir taşıma yapabilmek için sistemlerin entegrasyonuna yönelik sertifikasyon ve birliktelik çalışmaları yapılmaktadır. Avrupa Birliği ülkeleri kendi aralarındaki tren geçişlerinde sistem farklılıklarından kaynaklı problemleri yok etmek için ERTMS/ETCS sistemini kurmuşlardır. Ülkemiz de Avrupa Birliğine aday ülke olduğu için ERTMS/ETCS sistemi mevcut ve yeni hatlarda kurulmaktadır. Konvansiyonel hatlarda ilk defa uygulanan CBTC sistemi ile telsiz haberleşme sisteminden yararlanılmaktadır. Bu sistem ile trenler arasında telsiz vasıtasıyla sürekli iletişim sağlanmaktadır ve trenler birbirlerini fren mesafesinde takip edebilmektedir.

Sinyalizasyon sistemleri birçok bileşenden oluşur. Bu sistemlerin ana bileşenleri ray devreleri, sinyaller ve makaslardır. Bu bileşenlere ek olarak acil durdurma butonları, radyo antenleri, araçüstü ekipmanları ve balizler bulunmaktadır. Sinyalizasyon sisteminde amaç emniyettir. Bu nedenle sinyalizasyon ekipmanlarının birbirlerinin durumlarını bilmesi gerekir. Ekipmanların kendi aralarında anlaşmasını sağlamak için anklaşman sistemleri kullanılır.

Literatürde sinyalizasyon sistemlerinin açıklanması ve anklaşman tabloları yardımıyla simülasyon yapılması konularında çalışmalar bulunmaktadır. Şahin sezgisel algoritma ile çizelge oluşturmuş ve sinyalizasyon sistemini açıklamıştır [1]. Özdemir CTC Nippon sinyal sistemlerine değinmiştir [2]. Çetin otomatik tren kontrolüne değinmiştir [4]. Yüksel, Ulusoy, Binay sinyalizasyon sistemlerine değinmiştir. Yüksel Marmaray

projesini, Binay Yüksek Hızlı Tren projesini açıklamıştır [3, 11, 20]. Gülener Afyon Garı istasyonunu PLC ve SCADA ile gerçekleştirmiştir [5]. Bayrak Aksaray Havalimanı metrosu sinyalizasyonunu skolastik yöntemlerle incelemiştir [12]. Savaş merkezi olmayan kontrol sistemi çalışması gerçekleştirmiştir [22]. Yakın demiryolu sinyalizasyonunda emniyet yönetimi (RAMS) ve FMEA-FTA analizi uygulamasını yapmıştır [23]. Türk ayrık olay yöntemlerine değinmiştir ve visual basic ortamında anklaşman algoritması ve kodlarını üretmiştir [9]. Akgök, Avşaroğulları, Birol, Koca, Durmuş ve Başkocagil anklaşman sistemini petri ağları ile gerçekleştirmiştir [6, 7, 8, 14, 21, 25]. Sonat, Eriş, Koca, Yıldırım ve Dincel anklaşman sistemini otomat yöntemi ile gerçekleştirmiştir [10, 13, 14, 16, 19]. Şener ve Öztürk PLC ile makas otomasyonu gerçekleştirmiştir [17, 18]. Durmuş, sabit ve hareketli blok sinyalizasyon sistemini petri ağları ile modelleme yaparak açıklamıştır [24].

Bu çalışmada bölüm 2'de sinyalizasyon sistemlerinin tarihsel gelişimi, sinyalizasyon sisteminin tanımı, Marmaray'da kullanılan sinyalizasyon sistemi bileşenleri, ERTMS ve CBTC trafik yönetim sistemleri ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Bölüm 3'te Marmaray'a ait Ayrılık Çeşmesi, Üsküdar, Sirkeci ve Yenikapı istasyonununa ait rotalar, anklaşman tablosunda oluşturulmuştur. Tablo verilerine göre Mitsubishi GX Developer PLC programında rotalar oluşturulmuş ve rotalar simülasyon için Mitsubishi GT Designer programında çizilmiştir. Bu çalışmada her bir istasyonun anklaşman sistemi ayrı ayrı ele alınmıştır. İstasyonlara ait anklaşman sistemlerinin birbirleriyle bağlantıları yoktur.

1.1. Tarihçe

Sinyalizasyon sistemi icat edilmeden önce tren trafiğinin yönetimi görevli personelin bir birlerine haber vermeleri yoluyla ve mekanik cihazlar vasıtasıyla yapılmaktaydı. Tren hareket ettiğinde yol boyunda direklere çıkan personel ellerindeki aynayı öndeki direkteki personele yansıtırdı. Bu şekilde trenin hangi blokta olduğu tespit edililirdi. Direklerdeki personel olumsuz hava koşullarında etkilendiği için bu yöntem zamanla kullanılamaz hale geldi. Bu nedenle mekanik cihazlar yardımıyla trenlerin bir biri ardına ilerleyebilmesi için mekanik sinyal sistemi geliştirildi. Mekanik sinyal sisteminde istasyonların girişine plakalı işaret koyulur. Bu plaka metal bir tel ve mekanik olarak bir kolun çevrilmesi sonucu yatay veya düşey konuma alınır. İstasyona girmek isteyen tren makinisti, plakanın konumuna göre istasyona girip girmeyeceğini anlardı. İlk demiryolu mekanik sinyal sistemi 1843'te İngiltere'de kurulmuştur. Günümüzde halen sinyalsiz bölgelerde

kullanılmaktadır. Şekil 1.1'de kapalı durumdaki semafor gösterilmiştir.



Şekil 1.1. Semafor (kapalı) [33]

Mekanik sinyal sistemlerinde istasyondaki makaslara ve istasyona giriş ve çıkış için konulan semaforlara, istasyon binası içinde bulunan kumanda masasındaki manivelalar ile transmisyon telleri vasıtasıyla kumanda sağlanmaktadır [26]. İstasyonlardaki kumanda odasında bulunan semafor manivelasından verilen hareket iletim telleri ile kasnağı çevirerek kasnağa bağlı kanat çubuklarının hareket etmesini sağlar. Bu çubukların hareketiyle semafor kanadı açılıp kapanabilir. Şekil 1.2'de açık durumdaki semafor gösterilmiştir.



Şekil 1.2. Semafor (açık) [34]

Mekanik sinyal sisteminde, makinist semafor kanadının durumuna göre trenin istasyona girişini veya istasyondan çıkışını gerçekleştirmektedir.

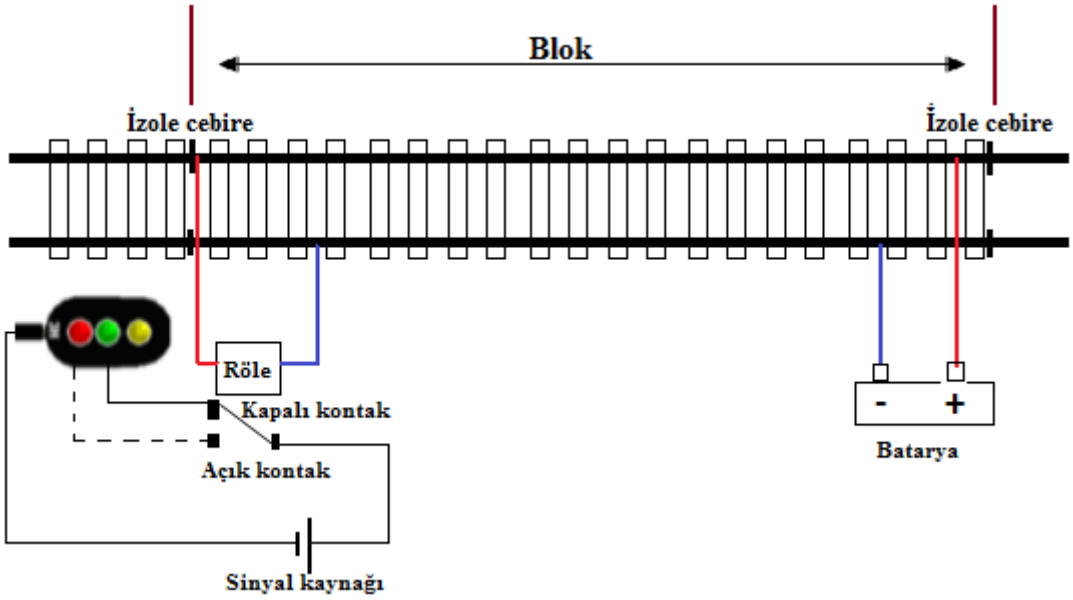
1880 yılında telefonun bulunması ve telefon sisteminin gelişmesiyle eski sistemlere göre tren trafiğinin yönetilmesindeki güçlükler ortadan kalkmıştır. Trafiğin yönetilmesi daha

kolay ve kontrollü yapılmaya başlanmıştır. Trenlerin Merkezden İdaresi (TMİ) olarak adlandırılan bu sisteme göre trenlerin bir istasyondan diğer istasyona hareketi görevli personel tarafından telefonla bildirilmektedir. Tren diğer istasyona varıp o istasyondan çıkana kadar arkadaki istasyondaki tren bekletilmektedir. Günümüzde halen sinyalsiz bölgelerde kullanılmaktadır.

1872 yılında Amerikalı mucit William Robinson kapalı ray devresi sistemini bulmuştur. Ray devresinin icat edilmesi günümüzdeki sinyalizasyon sisteminin temelini oluşturmaktadır. Ray devrelerinin bulunması hatada güvenli demiryolu sinyalizasyon sisteminin yolunu açtı. Ray devreleri ray kırıklığını tespit etmek ve trenin konumunu algılamak için kullanılmaktadır.

Ray devrelerinin gelişmesiyle hızlı, emniyetli ve modern sinyalizasyon sistemlerini beraberinde getirmiştir [26].

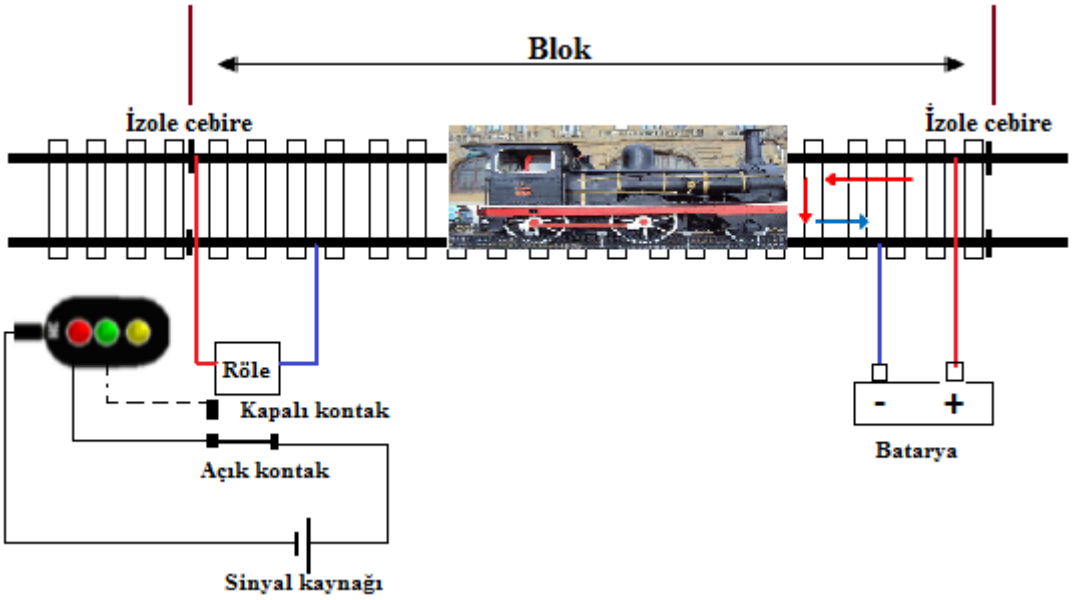
Blok boş iken ray devresi örneği Şekil 1.3'te gösterilmiştir.



Şekil 1.3. Blok boş iken ray devresi örneği

Ray devreleri sayesinde tren trafiği daha emniyetli hale gelmektedir. Ray devresi bölgesinin bir tarafında verici, diğer tarafınca alıcı kaynak bulunur. Ray devresi sürekli enerjilidir. Bu bölgeye ait röle çekik durumda olur ve üzerinden akım geçer. Şekil 1.3'te görüldüğü gibi ray devresi bölgesinde tren yoktur ve bölgede tren olmadığı için sinyal yeşil renk bildirimi vermektedir.

Tren ray devresi bölgesine girdiğinde tekerlek-dingil aksamları ile raylar kısa devre edilir, raylar üzerinden akan akım en kısa yolu tercih eder ve dingil aksamları üzerinden devresini tamamlar. Bu nedenle ray devresi rölesine enerji gelmez, röle kontakları düşer ve sinyal renk bildirisi kırmızı olur. Rayın kırılması durumunda da batarya'dan gönderilen voltaj röleye ulaşamaz ve röle enerjisiz kalır. Şekil 1.4'te Blokta tren varken ray devresi örneği gösterilmiştir.



Şekil 1.4. Blokta tren varken ray devresi örneği

1.2. Ülkemizde Sinyalizasyon Sistemlerinin Mevcut Durumu

Ülkemizde ilk modern sinyalizasyon sistemi Sirkeci-Halkalı arasında 1956 yılında işletmeye açılmış olup, lokal anklaşmanla otomatik blok sistemidir [29]. DRS (DRUCKTASTEN STELLWERK) basma butonlu pano olarak adlandırılan bu sistemi Siemens ve Hasselhof firması kurmuştur. Halen Sirkeci – Yedikule arasındaki yüzeysel hat kesiminde kullanılmaktadır. Marmaray trenleri bakım için bu hat üzerinden Sirkeci gardaki atölyeye gitmektedir.

1956 yılında Haydarpaşa-Kayaş arasında inşaatına başlanan ve 1968-1981 yılları arasında tamamlanan Merkezi trafik kontrolü (CTC) sistemi Westinghause firmasınca kurulmuştur. 1995 yılında Japon Nippon Sinyal firması tarafından rehabilite edilmiştir. CTC sisteminde tren trafiğinin idaresi Haydarpaşa, Eskişehir ve Ankara'da bulunan kontrol masası ve izleme paneli aracılığıyla Trafik Kontrolörleri tarafından yapılmaktaydı. Marmaray ve yüksek hızlı tren projeleri nedeniyle sistem sökülmüştür.

Iskra firmasınca 1990 yılında İskenderun-Divriği, 1995 yılında Kayaş-Çetinkaya hat kesimine sinyalizasyon sistemleri kurulmuştur.

- 2006 yılında Japon Nippon Signal firmasınca İzmir sinyalizasyon sistemi kurulmuştur. İzban projesiyle yenilenmiştir.

- 2009 yılında Ankara – Eskişehir arası hızlı tren hattı ERTMS/ETCS Seviye 1 sistemiyle işletmeye açılmıştır.
- 2011 yılında Ankara - Konya hızlı tren hattı ERTMS/ETCS Seviye 1 sistemiyle işletmeye açılmıştır.
- 2013 yılında Marmaray Tüp/Tünel kısmı CBTC sistemiyle işletmeye açılmıştır.
- 2014 yılında Eskişehir - İstanbul (Pendik) arası hızlı tren hattı ERTMS/ETCS Seviye 1 sistemiyle işletmeye açılmıştır.
- 2016 yılında Ankara-Konya hızlı tren hattı ERTMS/ETCS Seviye 2 sistemine yükseltilmiştir.

Ülkemizde 2003 yılında % 22 olan sinyalli hat oranı 2016 yılında % 44' e çıkmıştır. Halen sinyalizasyon çalışmaları 2.385 km'lik konvansiyonel hatta devam etmektedir [30].

1.3. Sinyalizasyonun Faydaları

Sinyalizasyonun amacı :

- Hat ve işletme kabiliyetinin arttırılması,
- Ulaşımın hızlı yapılması
- Mevcut araçlardan maksimum yarar sağlanması
- Trafikle ilgili birçok yazılı emre gerek duyulmadan en az personel ile trafiğin düzenlenmesi
- İlgili personele bölgedeki sinyallerin görünüşlerine göre nasıl hareket edeceklerini göstermek
- Trenlerin birbirleriyle etkileşim kurarak hareket etmelerini sağlamak suretiyle

akıcı, ekonomik , emniyetli bir işletme sisteminin uygulanmasıdır.

Sinyalizasyonun faydaları şu şekildedir:

1- Hat kapasitesi artar,
2- Zaman kısalır,

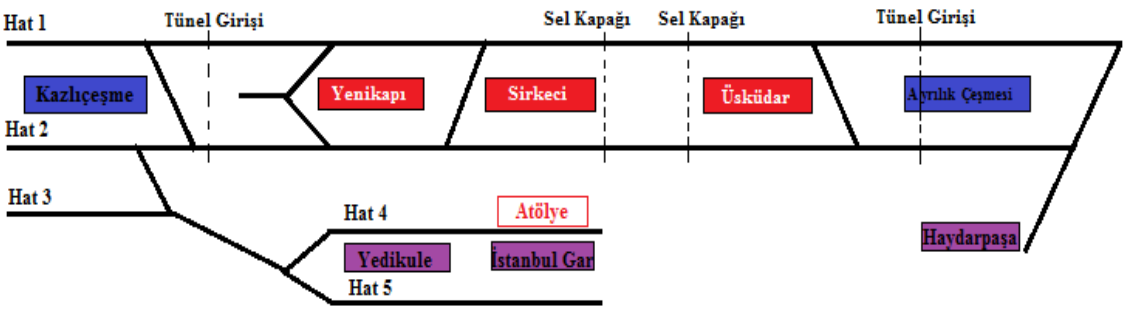
3- İşletmedeki emniyet artar,
4- Personel tasarrufu olur,
5- İşletme kolaylaşır.

2. MARMARAY SİNYALİZASYON SİSTEMLERİ

Bu bölümde; Marmaray Projesinin tarihçesine değinilmiştir. Marmaray'da kullanılan sinyalizasyon sistemi ekipmanları, ilgili alanda çalışan personele arızalara müdahalede kaynak olabilecek şekilde detayları ile açıklanmıştır. Ayrıca Marmaray Trafik Yönetiminde kullanılan ERTMS ve CBTC sinyalizasyon sistemleri anlatılmıştır.

Marmaray Projesinin tüp/tünel kısmı Asya yakasında Ayrılık Çeşmesi ile Avrupa yakasında Kazlıçeşme arasındaki toplam 13,6 km'lik güzergahta inşa edilen bir projedir. Asya ve Avrupa yakasındaki banliyö demiryolu sistemlerini İstanbul Boğazı tabanından birleştirmek suretiyle Pekin'den Londra'ya kadar kesintisiz bir demiryolu ulaşımını sağlayacaktır. Marmaray Projesi Türkiye Cumhuriyeti ile Japon Uluslararası İşbirliği Ajansı (JICA) arasında Resmi Kalkınma Yardımı (ODA) kredileri çerçevesinde imzalanan kredi anlaşması kapsamında finanse edilmiştir [31].

Projenin Kapsamı: Kazlıçeşme-Ayrılık Çeşmesi arası 13,6 km güzergahta Boğaz tabanındaki Batırma Tüp Tünel ve boğazın iki yakasındaki Delme Tünelleri ile 3 adet yer altı 2 adet yüzey istasyon inşaatını kapsamaktadır. Kazlıçeşme ile Ayrılıkçeşme arasındaki 13,6 km'lik güzergahta; Boğaz geçişi kesimi tünel inşaatı ve mimari işler ile hat, kataner ve sinyalizasyon sistemleri tamamlanarak 29 Ekim 2013 tarihinde hizmete sunulmuştur. Şekil 2.1'de Tüp/tünel kısmı hat şeması gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Tüp/tünel kısmı hat şeması [27]

Hem Avrupa hem de Asya yakasında şehrin altında delme tüneller ile toplam uzunluğu 13,6 km olan Marmaray, tek hatta 12,2km. (iki hat 19,4km) uzunluğunda yaklaşım tünelleri ile boğazın altında 1.387 m uzunluğundaki, su yüzeyinden itibaren maksimum 60 m derinlikte, 8,6m. yüksekliğinde ve 15,3 m genişliğinde 1 gidiş 1 geliş olmak üzere 2 hattan oluşan 11 adet Batırma Tünel Birimi olarak inşa edilmiştir.

Şekil 2.2'de batırma tüp tünel ve TBM delme tünel gösterilmiştir.



Şekil 2.2. Batırma tüp tünel ve TBM delme tünel

Gebze-Halkalı Banliyö Hatlarının İyileştirilmesi: İnşaat, Elektrik ve Mekanik Sistemler Projenin ikinci bölümü olan 63 km uzunluğundaki "Banliyö Hatlarının İyileştirilmesi" kısmen Avrupa Yatırım Bankası (AYB), kısmen de Avrupa Konseyi Kalkınma Bankası (AKKB) tarafından finanse edilmektedir. Sözkonusu proje; hat işleri, sinyalizasyon sistemi, yerüstü istasyonları, işletme, kontrol merkezi ve güç kaynağı sistemi de dahil olmak üzere altyapı ve tüm elektromekanik işlerini kapsamaktadır. İşin Kapsamı:

- Mevcut (iki hatlı) banliyö hatları iyileştirilecek ve yüzeysel metroya dönüştürülerek hat sayısı 3'e çıkartılacaktır.
- Güzergahta bulunan toplam 37 istasyon yenilenerek modern istasyonlar haline getirilecektir.
- İki hatta banliyö trenleri çalışacaktır.
- 3. hat şehirlerarası yük ve yolcu trenleri tarafından kullanılacaktır.
- Banliyö işletmesi başladığında Kazlıçeşme-Söğütlüçeşme arası 18 dakika, Gebze Halkalı arası ise yaklaşık 105 dakika sürecektir.

Gebze-Halkalı Banliyö Hatlarının Güncel Durumu:

- Gebze-Pendik arası 20 km.lik güzergahta 3 hat olarak yapımı planlanan hatlardan olan T3 şehirlerarası tren hattı ile Gebze ve Pendik şehirlerarası tren istasyonları ve bu kesimdeki elektrifikasyon ve sinyalizasyon işlemleri tamamlanarak 25 Temmuz 2014 tarihinde Ankara-İstanbul YHT Projesi ile birlikte işletmeye

verilmiştir. Bu bölgedeki diğer iki hat ile 10 adet banliyö istasyon imalatları tamamlanma aşamasındadır.

- Halkalı ve Gebze Gare Sahaları, Gebze-Pendik arası banliyö hattı kesimi tamamlanma aşmasındadır.
- 1 Mart 2013'te işletmeye kapatılan Avrupa Yakasındaki 19,6 km'lik hattın bulunduğu bölgede; kablo, kataner, sinyal ve travers sökümü, balast kaldırma işleri ile mevcut istasyonların yıkımı ve kaldırma işleri tamamlanmıştır. İstinat duvarı, sanat yapıları, istasyon, kazı, alt dolgu, alt yapı deplase imalatları devam etmektedir.
- 19 Haziran 2013 tarihinde işletmeye kapatılan 43,4 km'lik Ayrılık Çeşmesi-Pendik hat kesiminde; kablo, kataner, ray sökümü, balast kaldırma işleri ile mevcut istasyonların yıkımı ve kaldırma işleri tamamlanmıştır. İstinat duvarı, sanat yapıları, istasyon, kazı, alt dolgu, alt yapı deplase imalatları ile Maltepe İdari bina inşaatı ise devam etmektedir. Gebze Halkalı arasında 42 istasyon vardır. Günde ortalama 1.200.000 milyon insan taşınacaktır. 34 Adet 10 vagonlu tren ve 20 adet 5 vagonlu tren ile toplam 54 tren sefer yapacaktır.

Şekil 2.3'te Marmaray istasyonları haritası gösterilmiştir.



Şekil 2.3. Marmaray istasyonları haritası [27]

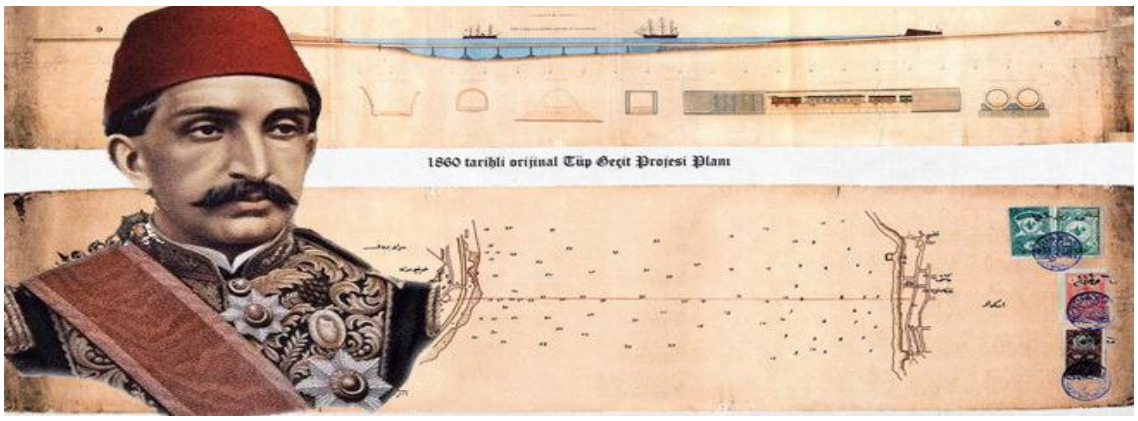
Marmaray projesi ile ilgili teknik özellikler Tablo 2.1'de gösterilmiştir.

Tablo 2.1. Marmaray projesi teknik özellikleri

Teknik Bilgi	Özellik
Toplam hat uzunluğu	76,3 km
Yüzeysel hat kesimi uzunluğu	63 km
Yüzeydeki istasyon sayısı	39 Adet
BC1 Kesimi toplam hat uzunluğu	13,6 km
Delme tünel uzunluğu	9,8 km
Batırma tüp tünel uzunuğu	1,4 km
Aç – kapa tünel uzunluğu	2,4 km
Yeraltındaki istasyon sayısı	3 adet
İstasyon boyu	225 m (en az)
Maksimum eğim	18
Maksimum hız	100 km/saat
Ticari hız	80 km/saat
Tren sefer sayısı	2-10 dakika
Araç sayısı	440 (2015 yılı)

2.1. Tarihçe

İstanbul Boğazı'nın altından geçecek bir demiryolu tüneli projesi ilk kez 1860'lı yıllarda Sultan Abdülmecid tarafından dile getirildi. Şekil 2.4'te 1860 tarihli tüp geçit projesi planı görülmektedir.



Şekil 2.4. 1860 tarihli tüp geçit projesi planı [31]

II. Abdülhamid 1890 yılında Amerikalı mühendis Frederic E. Strom'a tüp geçit projesi çizdirdi. 1902'de Amerikalı mühendisler proje üzerinde çalışmalar yaptılar ve Tünel-i Bahri'nin beratını aldılar. Şekil 2.5'te 1890 tarihli tüp geçit projesi planı görülmektedir.

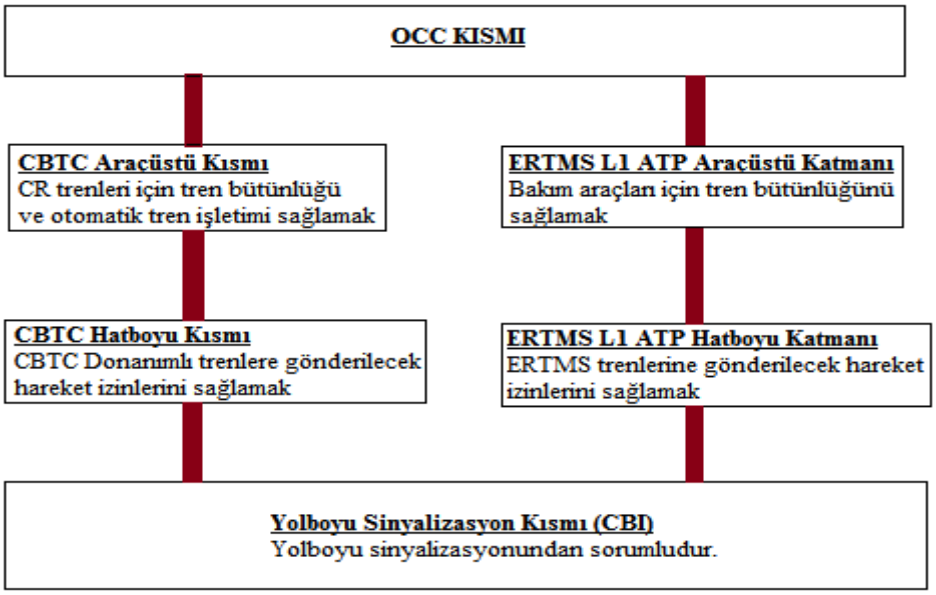


Şekil 2.5. 1890 tarihli tüp geçit projesi planı [31]

1987 yılında ön fizibilite çalışması yapılıp proje hazırlatıldı. 1997 yılında Japon İhracat Kredi Kuruluşu (JICA) ile Hazine arasında kredi anlaşması imzalandı. Marmaray Projesi 1998 yılında ihale edildi, 2000 yılında müşavirlik anlaşması imzalandı. 2004 yılında inşaata başlandı. Projenin boğaz geçişi (BC1) yüklenicisi Japon Taisei Co.'dur. BC1 kısmı 29 Ekim 2013 tarihinde hizmete açıldı. Banliyo Hatlarının iyileştirilmesi (CR3) yüklenicisi OHL-Siemens Dimetronic'tir. Proje 2016 yılında Kolin-Kalyon-Cengiz İnşaata devredilmiştir.

2.2. Sinyalizasyon Sistemi

Demiryolunun bloklara bölündüğü, bloklar arasında anklaşman düzenlerinin kurulduğu, sinyallere, makaslara, diğer donanımlara bir merkezden kumanda etmenin ve izlemenin mümkün mümkün olduğu sistemlere sinyalizasyon sistemi denir. Sinyalizasyonun amacı; demiryolunun az masrafla maksimum kapasitede kulanılması, trafiğin düzgün ve ekonomik olarak yönetilmesidir. Şekil 2.6'da Marmaray sinyalizasyon sistemlerinin işleyişi gösterilmiştir.



Şekil 2.6. Marmaray sinyalizasyon sistemlerinin işleyişi

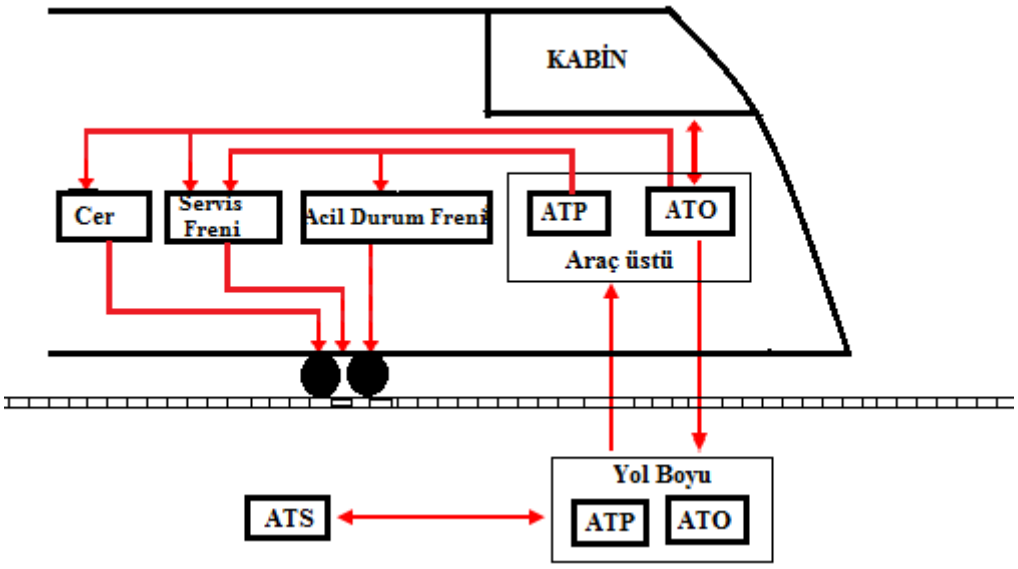
2.2.1. Tren işletim modları

Modern sinyalizasyon sistemlerinin gelişmesiyle otomatik tren kontrol sistemleri, trafik emniyetini sağlayan, işletme süresini kısaltan ve tren işletme kalitesini arttırarak önemli hale gelmiştir. Gelişmiş bir otomatik tren kontrol sistemi (ATC), otomatik tren koruma sistemi (ATP), otomatik tren denetimi (ATS) ve otomatik tren işletiminden (ATO) oluşur [36].

ATP sistemi tren hızını güvenli hız limitine göre denetlemekten sorumludur ve gerekirse uygun bir frenleme uygular. Bilgi alış verişinde bulunmak için yol kenarı ATP sistemiyle iletişim halindedir.

ATS sistemi trafik kontrolörü ve demiryolu sistemi arasında arayüz görevi görür ve trenleri buna göre yönetir. Araçüstü ve hattaki ekipmanlardan gelen bilgileri değerlendirir, kontrol ve kumanda eder.

ATO sistemi; trenlerin durmasını ve hareket etmesini, ATP tarafından belirlenen hız limitlerinin altında tren hızını tutarak, kontrol eder. ATO sistemi trenin tam otomatik modda çalışması için kullanılabilir. Şekil 2.7'de ATC sistemi gösterilmiştir.



Şekil 2.7. ATC sistemi

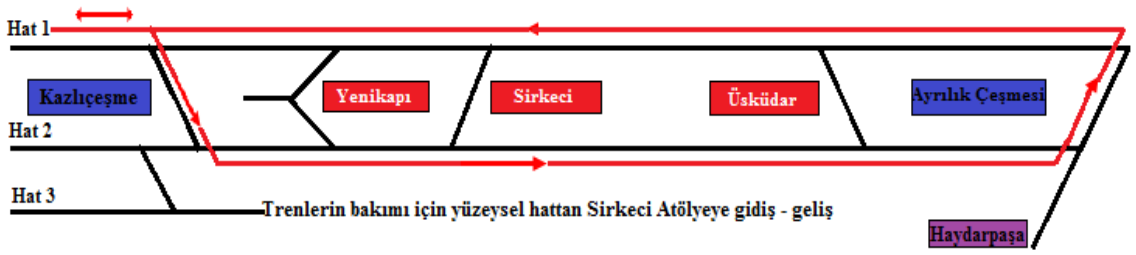
Marmaray'da CBTC sisteminde kullanılan kumanda modları 3 çeşittir:

AUTO : Tam otomatik kumanda modunda makinist sadece trene gelen başlatma yetkisini gerçekleştirir ve kapıları kapatır. Tren tam olarak ATP (Otomatik Tren Koruma) koruması eşliğinde ATO (Otomatik Tren işletimi) tarafından kumanda edilir.

SM (Supervised Manual = Denetimli Manuel): Bu modda makinist ATP koruması eşliğinde treni manuel olarak yönetmeliklerle belirlenen hızları geçmeyecek şekilde treni kullanır.

RM (Resricted Manual = Sınırlı Manuel Kumanda) Bu kumanda modunda da tren sürücüsü treni kullanır ama ATP trenin hızını 25 km ile sınırlandırır. Trenin hız 24 km olduğunda tren uyarı verir, hız 25'i geçtikten sonra da tren acil frenleme yapar. Bu modda tüm sorumluluk treni kullanan makiniste aittir.

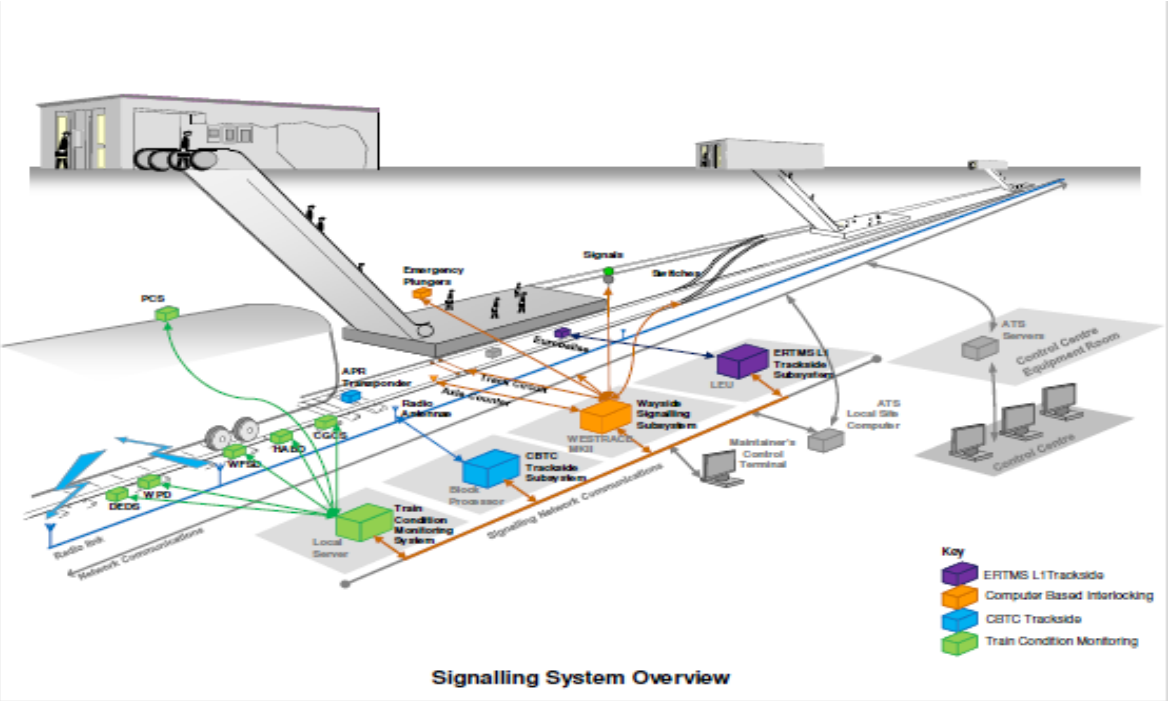
Marmaray tüp/tünel kısmında sabah 6'da 1 tren Kazlıçeşme Hat 1'den, 1 tren de Ayrılık Çeşmesi Hat 1 'den harekete başlamaktadır. Hatta toplam 10 adet 5'li tren döngüsel olarak hareket etmektedir. Şekil 2.8'de Marmaray BC1 kısmında tren işletimi gösterilmiştir.



Şekil 2.8. Marmaray BC1 kısmında tren işletimi

2.3. Sinyalizasyon Sistemi Bileşenleri

Marmaray'ın açılmasıyla birlikte ülkemizde konvansiyonel tren işletmeciliğinde yeni yaklaşımlar ortaya çıkmıştır. Buna bağlı olarak elektro-mekanik ağırlıklı sinyalizasyon sisteminden mikroişlemci, haberleşme ve bilgisayar tabanlı sinyalizasyon sistemine geçiş olmuştur. Marmaray'da Avrupa Demiryolu Trafik Yönetim Sistemi (ERTMS)/Avrupa Tren Kontrol Sistemi (ETCS) ve Haberleşmeye Dayalı Tren Kontrolü (CBTC) sistemi kullanılmaktadır. Günümüzde tüp/tünel kısmında CBTC sistemi kullanılmaktadır. Pendik-Gebze arasında hat 3' de ise ERTMS sistemi kullanılmaktadır. Şekil 2.9'da Sinyalizasyon sistemi mimarisi gösterilmiştir.

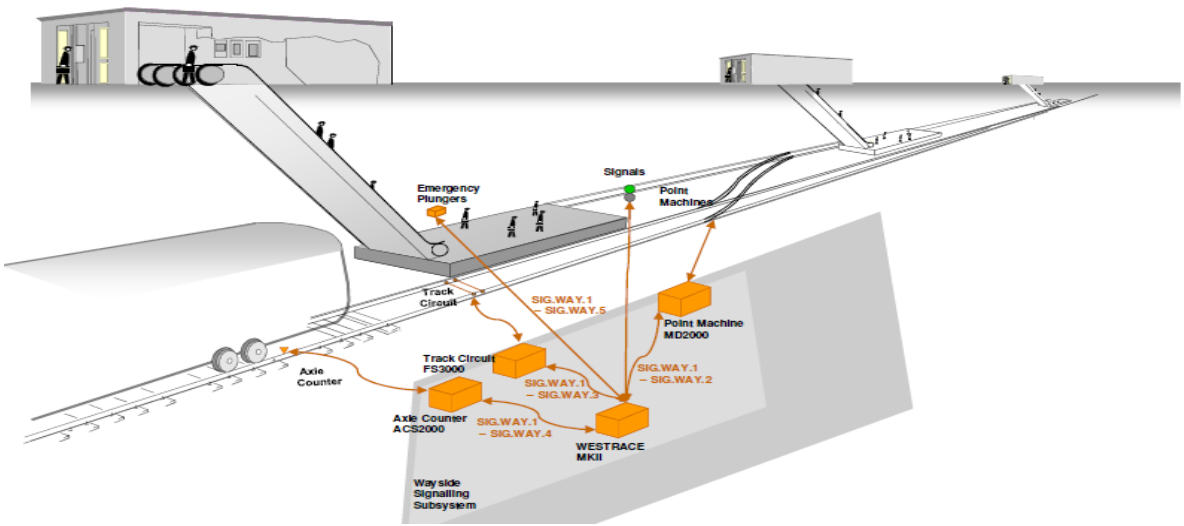


Şekil 2.9. Sinyalizasyon sistemi mimarisi [27]

ERTMS ve CBTC'nin ortak kullandığı sinyalizasyon alt sistemi bileşenleri şu şekildedir:

- İşletme Yönetim Merkezi (OCC)
- Saha Ekipmanları: Ray devreleri, Makaslar, Sinyaller, Trenle haberleşme ekipmanları , Acil Durdurma Butonu
- Anklaşman (Merkezi Yazılım ve Interlocking)

Şekil 2.10'da Sinyalizasyon sistemi alt bileşenleri gösterilmiştir.



Şekil 2.10. Sinyalizasyon sistemi alt bileşenleri [27]

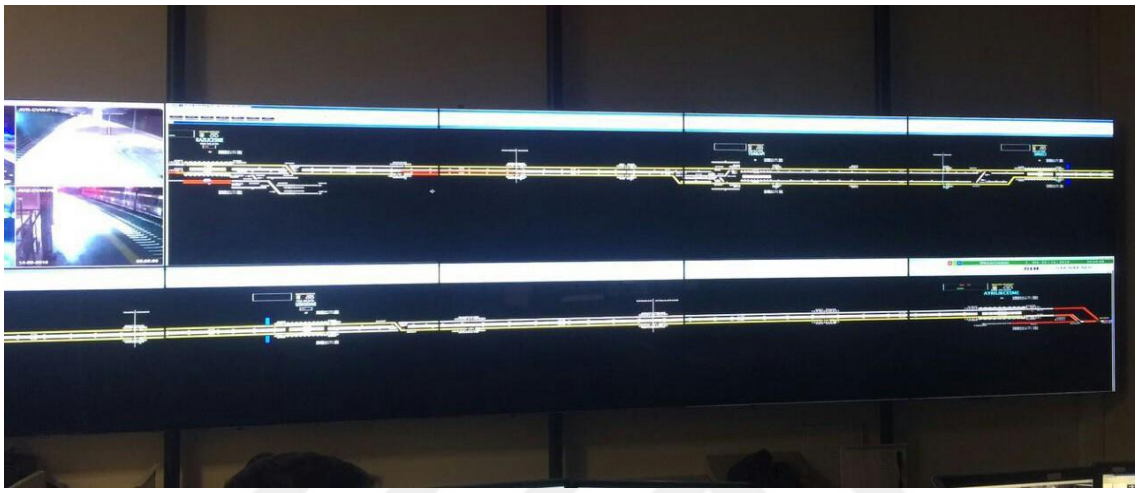
2.3.1. İşletme yönetim merkezi (OCC)

OCC diğer adıyla kumanda merkezi, belirli bir demiryolu hattındaki tren trafiğinin yönetildiği ve izlendiği merkezdir. Marmaray projesinde işletme yönetim merkezi Maltepe'de olacaktır. Yedek OCC Halkalı'da bulunacaktır. Günümüzdeki işletmede OCC geçici olarak Üsküdar'da bulunmaktadır. OCC'de Süpervizör, Trafik Kontrolörü, İletişim Koordinatörü, E&M Koordinatörü ve Bakım Koordinatörü unvanlı personel bulunmaktadır. Örnek bir işletme yönetim merkezi Şekil 2.11'de gösterilmiştir.



Şekil 2.11. Örnek bir işletme yönetim merkezi [54]

Trafik Kontrolörü tren trafiğinin işletilmesinden sorumludur. Elektromekanik Koordinatörü SCADA sisteminin denetiminden sorumludur. İletişim Koordinatörü iletişim, kamera izleme sistemleri ve trafik durumunu diğer toplu taşıma şirketlerine bildirmekle sorumludur. Bakım, arıza çalışmalarında koordinasyonu sağlamakla görevli kişi Bakım Koordinatörüdür. OCC'de görev yapan personel arasında koordinasyon ve denetimi sağlamakla görevli personel Süpervizördür. Şekil 2.12'de Marmaray Kumanda İzleme Paneli gösterilmiştir.



Şekil 2.12. Marmaray Kumanda İzleme Paneli

OCC personelinin başlıca sorumlulukları aşağıda verilmiştir:

a) Tüm CR sistemi işlemlerinin günlük başlatma ve kapatma işleri

b) Yolcuların, kamunun ve sistem personelinin güvenliğini sağlayarak tren işletimlerinin kontrolü

c) Arıza yönetimi ve kazalardan, ekipman arızalarından, çevre felaketlerinden sivil ayaklanmalardan koruma

d) Emniyet teşkilatı ve acil durum hizmetleri ile koordinasyon

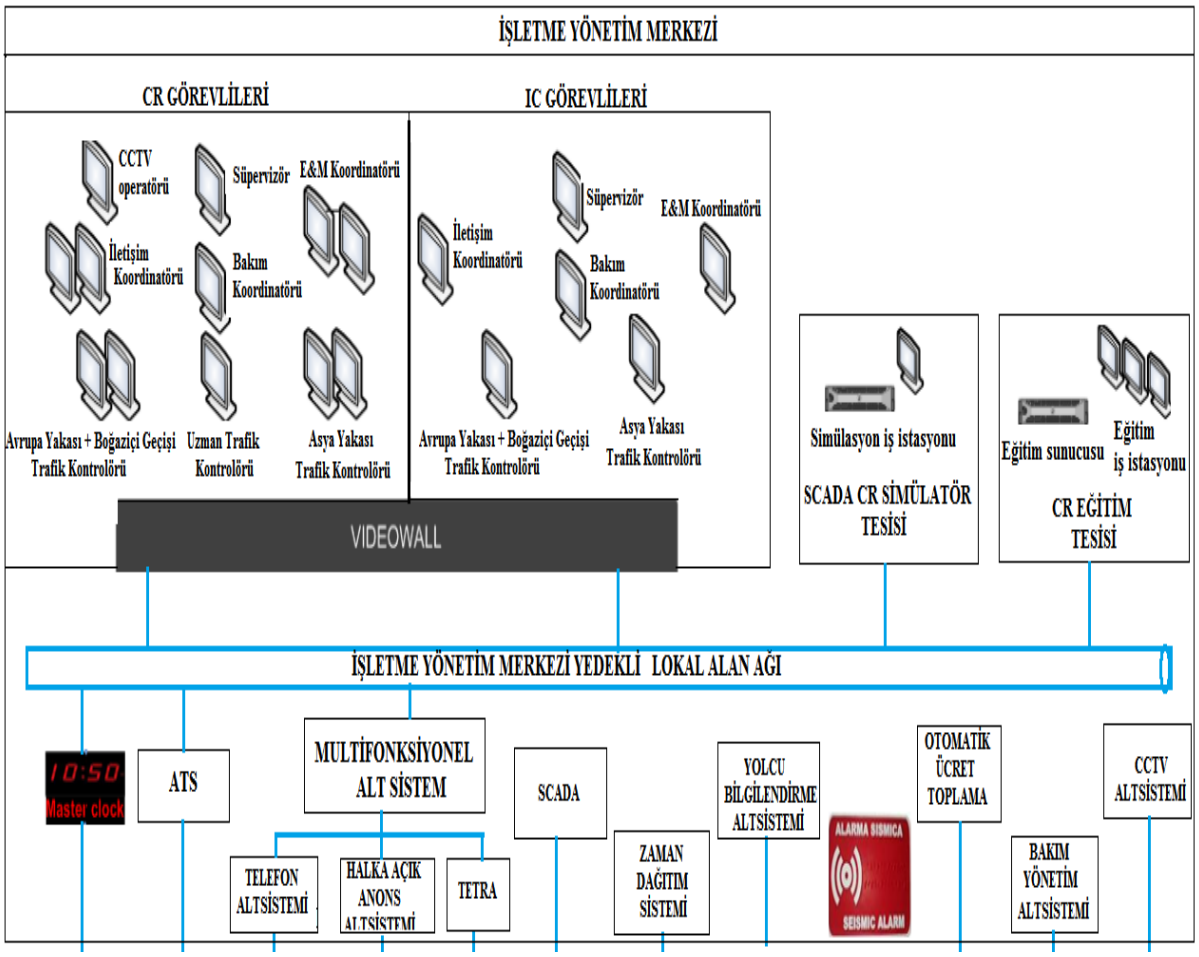
e) Çalışma saatlerinde onarımların ve hizmete döndürme işlemlerinin güvenli ve etkin bir şekilde yapılmasını sağlamak için bakım yönetim personeli ile koordinasyon; gece yapılacak bakım işleri ve Sinyalizasyon sisteminin işletimi ile ilgili idari görevler için hattın ve ekipmanların kullanılabilir kılınması

f) CR sisteminin işletimi ile ilgili tüm idari görevler

g) Hat ve depo işletimi arasında koordinasyon

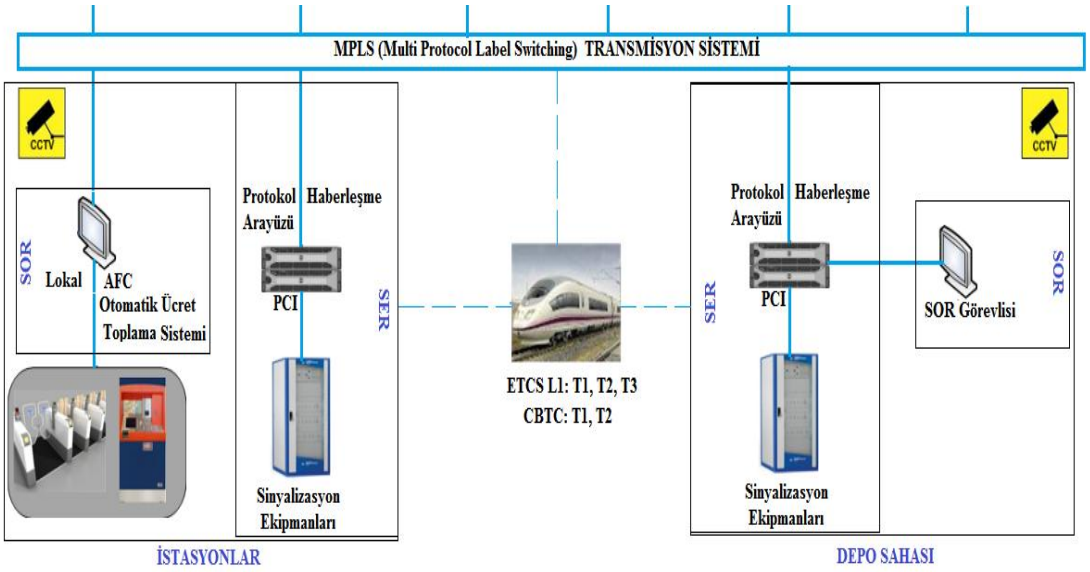
h) Tüm elektrik sistemlerinin ve mekanik sistemlerinin kontrolü ve izlenmesi

Şekil 2.13'te İşletme Yönetim Merkezi ve ilgili olduğu sistemler gösterilmiştir.



Şekil 2.13. İşletme Yönetim Merkezi ve ilgili olduğu sistemler

İşletme Yönetim Merkezindeki ekipmanlar sahadaki elemanları kontrol eder. Şekil 2.14'te OCC'nin sahada iletişim kurduğu sistemler gösterilmiştir.



Şekil 2.14. OCC'nin sahada etkileşim halinde olduğu yerler ve ekipmanları

2.3.1.1. Otomatik tren denetimi (ATS)

ATS sisteminin ana amacı sinyalli depo alanlarında ve ana hatta tam otomatik tren operasyonunu/işletmesini izlemek ve kontrol etmektir.

ATS harici sistemlerden bilgi alır, bu sistemlere komut gönderir ve otomatik güzergah oluşturabilir, güzergahları düzenleyebilir. Hat 1 ve hat 2 üzerinde bulunan tüm CR trenlerini denetleyerek kontrol eder. Hat 3'de bulunan şehirler arası IC trenlerini denetler ve kontrol eder.

ATS'nin bu görevi yerine getirebilmesi için İşletme Yönetim Merkezi, anklaşman sistemi, blok işlemciler ve trenler ile iletişime girerek, hem bunların kontrol ettiği alan bileşenlerinden bilgi alır, hem de kullanıcı tarafından talep edilen komutları iletir. Bu işleve aynı zamanda Blok İşlemciler (CBTC), ETCS L1 (Hat 1 ve Hat 2) ve trenler için Geçici Hız Sınırlamaları (TSR) ve trenlerin hareket izinlerinin kontrolü gibi işlemler dahildir.

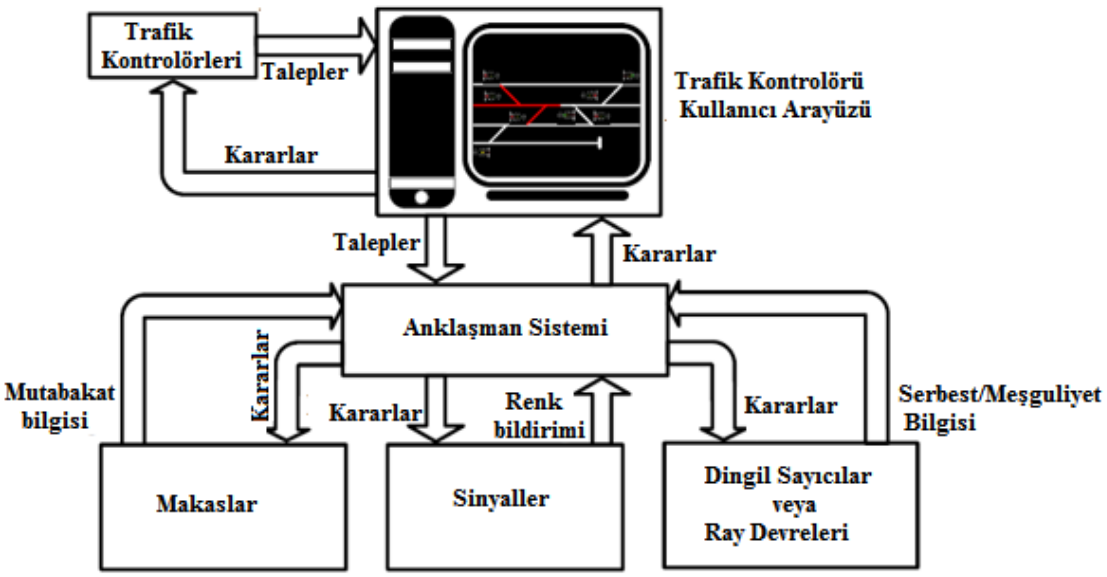
2.3.2. Anklaşman sistemi

Sahadaki makasların konumlarının, sinyallerin renk bildirimlerinin ve ray bloğunun meşgul olup olmadığı bilgisini merkeze ileten sistemdir. Anklaşman, saha elemanları ile haberleşerek giriş, çıkış sinyallerini kontrol eder, komut alıp gönderir. Güzergah tanzimine olanak sağlar. Güzergah tanzim edildiğinde elektronik kilitleme (anklaşman)

nedeniyle trenin izin verilen rotadan başka bir yere gitmesi engellenir. Trenin güzergah dışına girmesini otomatik tren kontrol (ATC) ve otomatik tren koruma (ATP) sistemleri engeller.

Röleler ile yapılan anklaşman sistemine göre tren girdiği bölgeyi meşgul eder ve ilgili röle enerji alamayacağından kontakları düşer. Bu kilitleme yardımıyla o bölgeye başka bir tren giremez. Yeni sistemlerde artık hata korumalı (Safety Integrity Level (SIL) 3-4) yazılımsal anklaşman sistemleri kullanılmaktadır [28].Türk Standartları Enstitüsü SIL seviyesini belirleyen standartları şu şekilde tanımlamıştır: Demiryollarında 'European Comittee for Electrotechnical Standardization (CENELEC)' standartları kullanılmaktadır. En 50128 standardı, ilgili standartlar grubunun bir parçasıdır. Bu standart, EN 50126 'Demiryolu Uygulamaları- Güvenilebilirlik, Elde Edilebilirlik, Bakım Yapılabilirlik ve Güvenlik(RAMS)' ve ENV 50129 'Demiryolu Uygulamaları – Sinyalizasyon için Güvenlikle İlgili Elektronik Sistemler' şeklinde ele alınmalıdır. ENV 50129, bütün demiryolu kontrol ve koruma sistemi içerisinde mevcut olabilecek ayrı ayrı sistemlerin onay işlemleri ile; EN 50126 ise, en geniş ölçekte sistem konuları ile ilgilidir. Bu standart, bu geniş kapsamlı hususlarla kurulan güvenlik bütünlüğü taleplerini karşılayan yazılımı sağlamak için kullanılması gerekli metotlara önem vermektedir [8] .

Yazılımsal olarak anklaşman sistemini gerçekleştirebilmek için anklaşman tablolarından yararlanılır. Anklaşman tablosu oluşturulurken her bir rota için güzergahlar, sinyaller, çakışan rotalar ve makas konumları gösterilir. Şekil 2.15'te sinyalizasyon sistemi blok diagramı gösterilmiştir.



Şekil 2.15. Sinyalizasyon sistemi blok diagramı [24]

Marmaray'da kullanılan anklaşman sistemi Westrace MKII Anklaşman Sistemi olarak adlandırılmaktadır.

Marmaray'daki anklaşman, CBTC Hatboyu Alt Sistemi, ERTMS Seviye 1 Hatboyu Alt Sistemi ile diğer kontrol ve bakım sistemleri dahil olmak üzere sinyalizasyon sisteminin diğer alt sistemleri ile haberleşmeden sorumludur.

Anklaşman sistemi kartları:

- İşlemci modülü: Tüm Anklaşman parçalarının kontrolünü sağlayan anklaşman ekipmanının beyni durumundaki karttır. Ağ iletişimi ve tanıların yönetiminden de sorumludur.
- Paralel giriş modülü: Makas motoru, ray devrelerinden gelen bilgilerin girişinin olduğu karttır.
- Röle çıkış modülü: Makas motoruna çıkış bilgilerinin gönderilmesi için kullanılan karttır.
- Lamba çıkış modülü: Sinyallerin çalıştırılması için kullanılan karttır.
- Güç kaynakları: 24V DC gerilim sağlayan ekipmandır.

  Şekil 2.16'da Paralel giriş modülü, işlemci modülü ve röle çıkış modülü gösterilmiştir.



Şekil 2.16. PIM, PM ve ROM kartları

Westrace MKII anklaşman sistemine ait kartlar (modüller) 24 V ile beslenmektedir. Modüller yedekli olarak çalışmaktadır. Modül üzerindeki change over kırmızı düğmesi birincil kart ile çalışan sistemin ikincil kart ile çalışmasını sağlar. Tablo 2.2'de Westrace MKII modülleri açıklamaları gösterilmiştir.

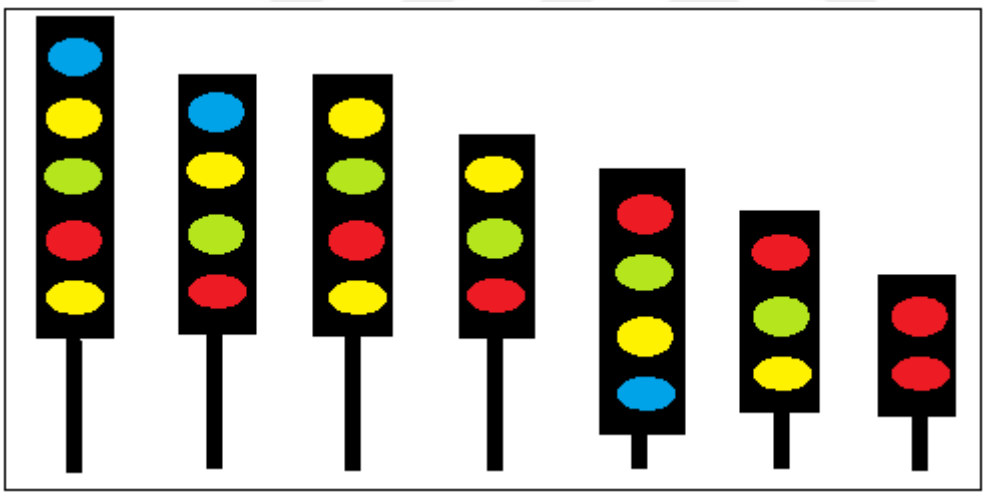
Tablo 2.2. Westrace MKII modüllerinin açıklamaları [27]

MODÜLÜN ADI	FONKSİYONLARI
İşlemci Modülü (PM)	Tüm anklaşman parçalarının kontrolü Ağ iletimi ve tanılarının yönetimi
Paralel Giriş Modülü (PIM)	Harici olarak beslenen gerilimin izlenmesi PM modülüne eşdeğer bir lojik durumu sağlanması **Standart Girişler:** Ray Devreleri, Röleler, Makas algılama
Röle Çıkış Modülü (ROM)	50 V DC'lik ekipmanların çalıştırılması PM tarafından sağlanan lojik durumlarına dayalı çıkış 8 bağımsız çıkış

2.3.3. Sinyaller

Sinyaller blokların başlangıcına monte edilirler. Marmaray'da 2 sinyal arasında birden fazla dingil sayıcı bölgesi bulunmaktadır. Sinyal renk bildirimlerine göre blokların dolu veya boş olduğu anlaşılmaktadır. ERTMS Level 1 Sinyalizasyon sisteminde tren sürücüsü makinist, sinyal renk bildirimlerine göre treni sürmektedir. Sinyal kırmızı bildirim veriyorsa girilmek istenen blok doludur. Sinyal renk bildirimi sarı ise öndeki bir blok boştur veya önde aynı yöndeki ilk sinyal kırmızıdır. Sinyal renk bildirimi yeşil ise öndeki sinyal sarı veya yeşildir. CBTC sinyalizasyon sisteminde trenler radyo (telsiz) ile haberleştiği için sinyal renk bildirimlerine gerek duyulmaz. Fakat Marmaray'da tüp/tünel kısmında 2 sinyalizasyon sistemi de kullanılmaktadır. Önde seyreden trenin CBTC donanımlı tren olduğunu anlamak için arkasındaki sinyal kırmızı üzeri mavi bildirim vermektedir.

Şekil 2.17'de Marmaray tünel sinyalleri gösterilmiştir.



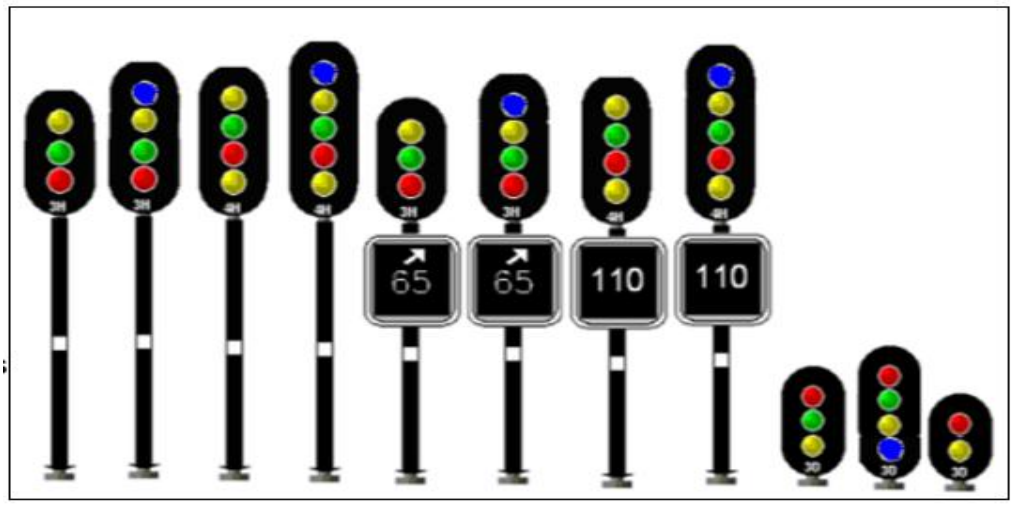
Şekil 2.17. Marmaray tünel sinyalleri

Sinyaller işlevlerine göre aşağıdaki gibi gruplandırılır:

- Giriş sinyali: İstasyon girişlerinde bulunur.
- Ana hat çıkış sinyali: Hattı cari (Anahat) istasyon çıkışlarında bulunur.
- Tali hat çıkış sinyali: İstasyon yan yollarının çıkışında bulunur.
- Kumandalı blok sinyali (KBS): Giriş sinyalinden önce bulunur.

- Blok sinyali: İstasyon çıkış sinyali ile bir sonraki KBS arasında bulunur.
- Alfanumerik veya hız göstergeli sinyal: Tren bir sonraki sinyali geçerken izin verilen hızı ve bir sonraki sinyalden sapmalı geçerken sapma yönünü gösterir.

Şekil 2.18'de Marmaray açık hat sinyalleri gösterilmiştir.



Şekil 2.18. Marmaray açık hat sinyalleri [27]

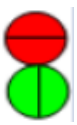
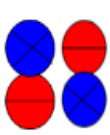
Sinyaller görünüşlerine göre aşağıdaki gibi gruplandırılır :

- Üç ışıklı yüksek sinyaller
- Dört ışıklı yüksek sinyaller
- Beş ışıklı yüksek sinyaller
- Hız göstergeli üç ışıklı yüksek sinyaller
- Hız göstergeli dört ışıklı yüksek sinyaller
- Hız göstergeli beş ışıklı yüksek sinyaller
- İki ışıklı cüce sinyaller
- Üç ışıklı cüce sinyaller
- Dört ışıklı cüce sinyaller

Sinyallerde parlaklılarını değiştirebilmek için gece/gündüz modu fonksiyonları bulunmaktadır. Tüneldeki sinyaller gece modundadır.

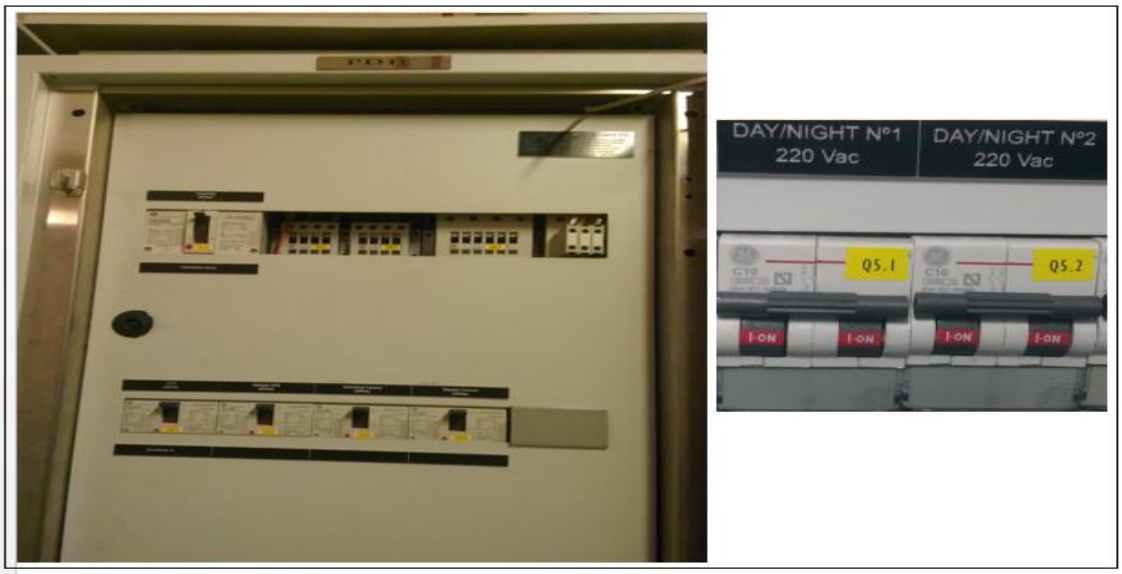
Sinyal renk bildirimleri ve makiniste gelen komutlar Tablo 2.3'de gösterilmiştir

Tablo 2.3. Sinyal renk bildirimleri ve makiniste gelen komutlar

SEMBOL	BİLDİRİM	MAKİNİSTE KOMUT/GÖSTERGE
	Dur	Makiniste sinyalden önce durma komutu verir.
	Bir blok boş	Makiniste bir sonraki sinyalden önce durma komutu verir.
	En az iki blok boş	Makiniste başka bir sınırlayıcı gösterge yoksa normal şekilde ilerlemesini bildirir.
	Makastan sapmalı geç en az bir blok boş	Sinyalden sonra sapmalı geçiş yapılacağını ve bir sonraki sinyalin kırmızı olduğunu bildirir.
	Makastan sapmalı geç en az iki blok boş	Sinyalden sonra sapmalı geçiş yapılacağını ve bir sonraki sinyalin açık olduğunu bildirir.
	Sinyalsiz yola ya da dolu bölgeye giriş	Sinyalsiz bir yola veya dolu bir yola ilerlenebileceğini bildirir. İzin verilen azami hız: 25 km/sa
	Manevra sinyali	Manevra yapılabileceğini bildirir. İzin verilen azami hız: 25 km/sa
	Güzergahta CBTC treni varken 2. CBTC treni de güzergaha girebilir (2 sinyal arasında 2 CBTC treni bulunabilir)	Güzergah sadece CBTC donanımlı trenler için belirlenmişse kullanılır. Makiniste önde CBTC donanımlı bir trenin olduğu bildirilir.
	Hız göstergeleri (Rakamlar ve ok olan alfanümerik gösterge)	Makiniste bir sonraki sinyali geçerken ekranda görülen hızı geçmeme komutu verir. Ok işareti sapma yapılacak yönü gösterir.

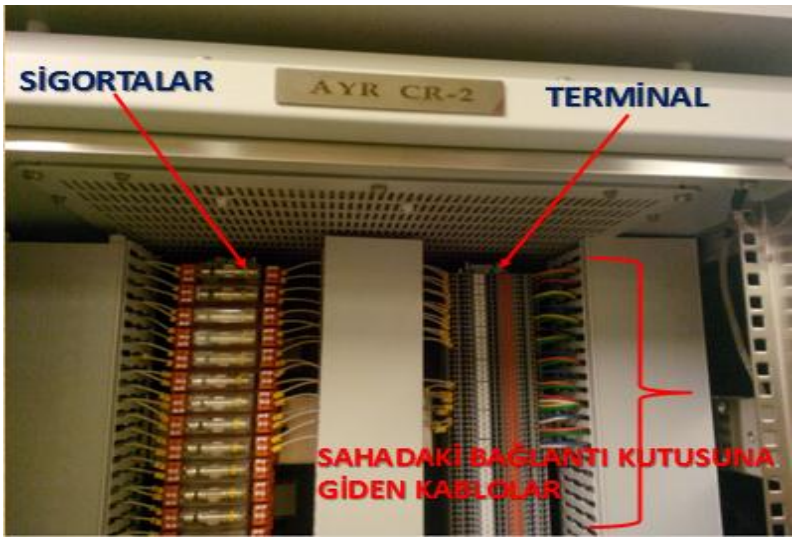
Sahadaki sinyallerin kontrol kartları istasyonlarda bulunan Sinyal ekipman odasında (SER) bulunur. Marmaray'da İbrahimağa ve Yenikapı olmak üzere 2 adet trafo merkezi vardır. Trafodan enerji SER'de güç dağıtım kabinine gelmektedir.

Şekil 2.19'da güç dağıtım kabini ve sinyallere ait sigortalar gösterilmiştir.



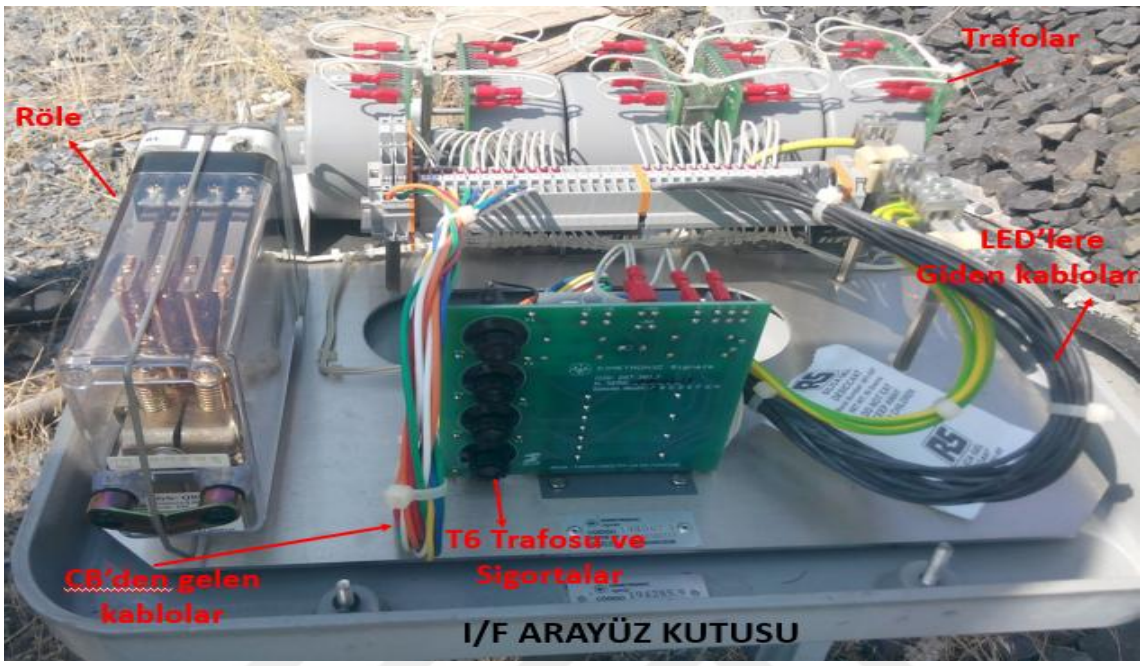
Şekil 2.19. Güç dağıtım kabini ve sinyallere ait sigortalar

Güç dağıtım kabininden çıkan kablolar kablo kabininde (CR) sigortalara gelmektedir. Sigortalardan çıkan kablolar terminallere bağlanmaktadır. Terminal çıkışındaki renkli kablolar sahadaki bağlantı kutularına (CB) gitmektedir. Şekil 2.20'de kablo kabini gösterilmiştir.



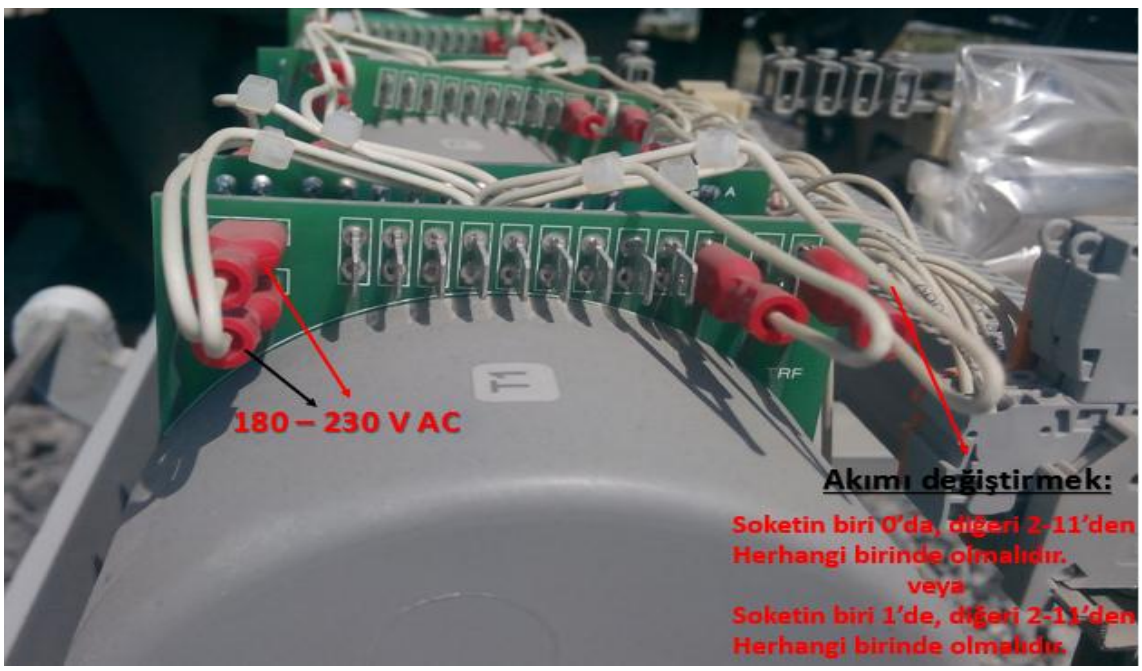
Şekil 2.20. Kablo kabini

Bağlantı kutusundan sinyal altındaki arayüz kutusuna kablolar gitmektedir. Sinyal devresi besleme voltajı 180 V - 230 V AC'dir. Güç dağıtım kabininden gönderilen 220 V AC arayüz kutusundaki trafolar tarafından düşürülerek yaklaşık 10 V AC voltaj led lambalara gönderilmektedir. Şekil 2.21'de sinyal arayüz kutusu gösterilmiştir.



Şekil 2.21. Sinyal arayüz kutusu

Led'ler için akım değerleri 1,8-1,9 A aralığında olmalıdır. Akım ayarı trafolar üzerindeki bağlantılardan yapılmaktadır. Şekil 2.22'de trafolar ve akım ayarı gösterilmiştir.



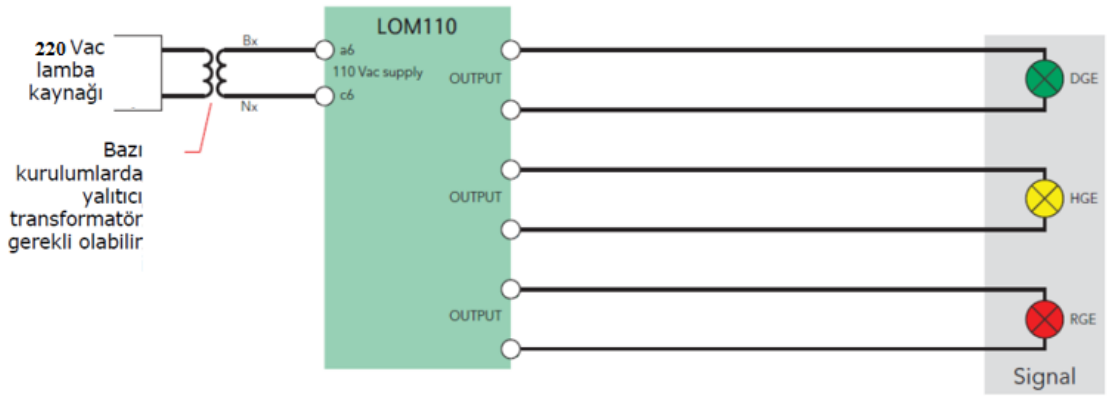
Şekil 2.22. Trafolar ve akım ayarı

Sinyal led lambası kabloları renklerine göre seçilmiştir. Şekil 2.23'te cüce sinyalin arkadan görünümü gösterilmiştir.



Şekil 2.23. Cüce sinyalin arkadan görünümü

Sinyallerin bildirimleri SER odasındaki lamba çıkış modülü (LOM) ile kontrol edilmektedir. 220 V voltaj LOM trafoları tarafından düşürülerek 110 V AC olarak LOM kartlarına gelmektedir. Şekil 2.24'te lamba çıkış devresi gösterilmiştir.



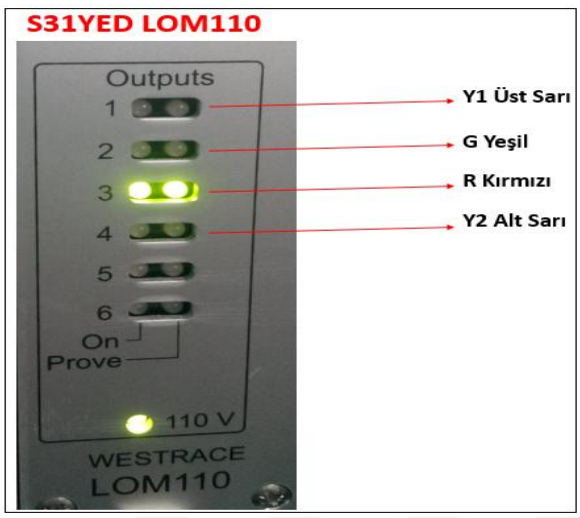
Şekil 2.24. Lamba çıkış devresi [27]

Sinyalin hangi renk bildirimini vereceği blokların serbestliğine, makasın konumuna ve öndeki sinyalin renk bildirimine bağlıdır. Tablo 2.4'te Lamba çıkış modülü açıklanmıştır.

Tablo 2.4. Lamba çıkış modülü

MODÜLÜN ADI	FONKSİYONLARI
Lamba Çıkış Modülü (LOM)	PM tarafından sağlanan lojik durumlarına dayalı olarak 110 Vac'lik sinyallerin ve benzeri yüklerin doğrudan çalıştırılması Marmaray açık hat ve tünel sinyallerinin çalıştırılması

LOM kartı üzerinde yanan lambalara göre sinyalin verdiği renk bildirimi görülebilmektedir. Şekil 2.25'te Yenikapı'daki S31YNK sinyaline ait LOM kartı gösterilmiştir.



Şekil 2.25. Yenikapı'daki S31YNK sinyaline ait LOM kartı

2.3.4. Makaslar

Makas, demiryolu araçlarının bir yoldan diğer bir yola geçişini sağlayan yol donanımlarıdır. Makas, elektrikli motorlar vasıtasıyla treni sağa ya da sola yönlendirmek üzere yolun sağına veya soluna yerleştirilebilen dillerden oluşan bir yol aygıtıdır. Her makasta kullanılan makas motoru sayısı, seçilen sisteme uygun olarak belirlenmektedir. Marmaray'da Dimetronic firmasının MD-2000 makas motoru kullanılmaktadır.

MD-2000 makas motoru, milli veya yay tipi dilleri olan makaslar ile kullanılmak üzere tasarlanmıştır. Makas motoru kilit ve mutabakat kolları ile birlikte veya olmadan kullanılabilir. İstenildiğinde sadece kilit kolları kullanılarak makas çalıştırılabilir. Montajı yapılırken yol çalışmaları, bakımı, kar ve su gibi etkenleri göz önüne alınarak iyi bir koruma yapılması gerekir. Makaslar imal edilirken bir takım özelliler dikkate alınarak imal edilirler: Çekme kuvveti, itme kuvveti, çekme akımı, çalışma gerilimi.

Yüksek hızlarda kullanılan makasların özellikleri düşük hızlara göre daha fazla ve güçlüdür.

Şekil 2.26'da Marmaray MD2000 makas motoru gösterilmiştir.



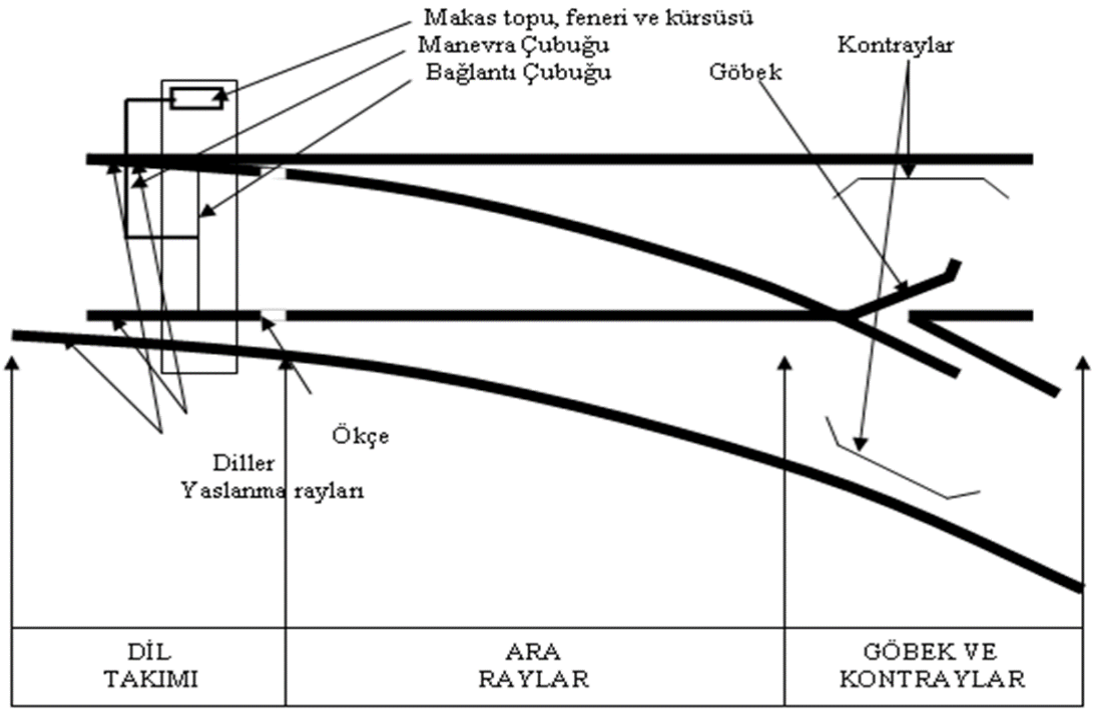
Şekil 2.26. Marmaray MD2000 makas motoru

Makaslar ters çıkmalı ve ters çıkmasız olmak üzere iki çeşittir. Marmaray BC1 kısmında ters çıkmasız makaslar kullanılmaktadır.

- **Ters Çıkmalı Makas Motoru** : Manevraların fazla olduğu terminal denilen istasyonlarda bu tip makasların kullanımı tercih edilir. Bunların raya bastırma ve çekme kuvvetleri ters çıkmalı tiplere göre daha düşüktür. Uzaktan kumanda edilebilir. Makas motoru mekanizmaları, makasın ters pozisyonundan tren geçmesi durumunda hasar görmeyecek şekilde tasarlanmıştır.
- **Ters Çıkmasız Makas Motoru** : Bu tip makaslar ana hatlarda kullanılırlar. Makas dillerini itme ve çekme kuvvetleri çok yüksektir. Bunlara da uzaktan kumanda edilir. Makas motoru mekanizmaları, makasın ters pozisyondan tren geçmesine olanak sağlamaz. Makasın ters pozisyonundan tren çıkması durumunda hasar görür.

Basit bir makas 3 bölümden oluşur: Dil takımı, ara raylar, göbek ve kontray

Şekil 2.27'de makasın yapısı gösterilmiştir.

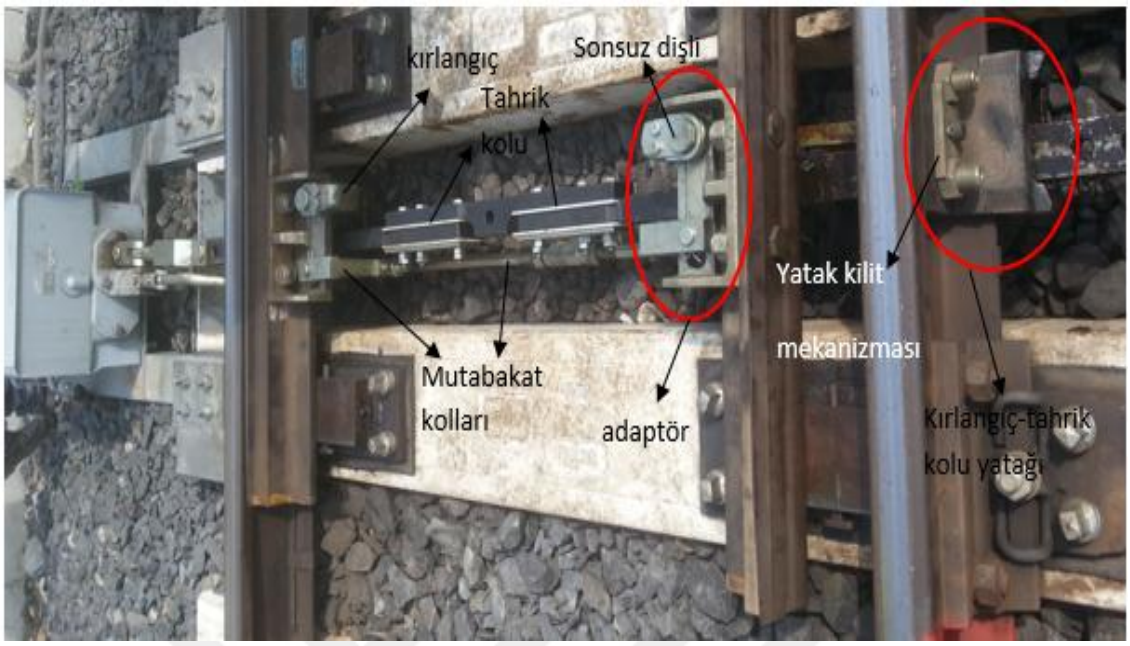


Şekil 2.27. Makasın yapısı [26]

- **Dil Takımı**: Demiryolu araçlarının yol değiştirmesini sağlayan kısımdır. Marmaray makaslarında, yaslanma rayı ile dil ucu arasındaki açıklık tekli makaslarda 160 mm'dir. A-B'li ikili makaslarda 160 mm ve 70 mm'dir. A-B-C'li üçlü makaslarda 160 mm, 110 mm ve 70 mm'dir. Makaslar dil ucu açıklığına göre adlandırılırlar (160'lık, 110'luk veya 70'lik makas).
- **Ara Raylar**: Makas dil takımı ile göbek takımını birleştiren raylara makas ara rayları adı verilir.
- **Göbek ve Kontraylar**: Göbek, makasın doğru yol bir ray ile sapan (ters, reverse) yol rayının birbirini kestiği noktaya denir. Bu kesişme noktasından tekerlek bodenlerinin geçişini sağlamak için, iki ray kesişme noktasından başlayarak dışa doğru bükülürler ve tavşanayağı denilen eğrileri oluştururlar. Kesişme noktasında tekerlek bodenlerinin serbestçe geçmesi için bir boşluk bırakılır. Bu boşlukta araçların yol değiştirmemesi için de karşılarında kontraylar bağlanır.

Makaslar beton ya da ahşap traversler üzerine monte edilir. Tahrik (kilit) çubuğu yardımıyla makas istenen konuma kilitlenir. Dedektör (mutabakat) çubukları yardımıyla da makasın konumu belirlenir. Makas elemanlarının ray devresini meşgul etmemesi için

bağlantı yerlerine izolasyon malzemesi konulur. Şekil 2.28'de makas elemanları gösterilmiştir.



Şekil 2.28. Makas elemanları

Makas motorunun hareket ettirilmesi ile makas içerisindeki tahrik eden ve tahrik edilen dişliler dönmektedir. Bu dişlilerin dönmesiyle kavrama tertibatı hareket etmektedir. Kavrama tertibatı kilit ve mutabakat (dedektör) kollarını hareket ettirmektedir. Kilit ve mutabakat kollarının hareket etmesi makas dilllerini yaslanma rayına yakınlaştırır veya uzaklaştırır. Bu şekilde makas istenen konuma getirilir. Sonsuz dişli yardımıyla makasta sıfırlama ayarı yapılır. Sıfırlama ayarı ile makas dili raya yaklaştırılır ya da raydan uzaklaştırılır. Makaslar istenildiğinde elle mahallinden kumanda edilebilir. Bu durumda güç izolasyon çalıştırma kolunu manuel konuma almak gerekir. Manuel krank girişine kol takılarak kumanda edilebilir. Makasın mekanik ve elektriksek iç kısmı Şekil 2.29'da gösterilmiştir.



Şekil 2.29. Makasın mekanik ve elektriksel iç kısmı

Makas normal pozisyonu:

Trenin sapmadan düz geçişi için kontray ile birleşmiş durumdaki pozisyonu normal pozisyonudur. Pozisyonu artı olarak da adlandırılmaktadır.

Makas sapmalı (ters, nakıs, eksi) pozisyonu:

Trenin sapmalı geçişi için kontray ile birleşmiş durumdaki pozisyonu sapmalı (ters, nakıs, eksi) pozisyonudur.

Mutabakat:

Makasların çalışır durumda olmalarının yanı sıra tam olarak pozisyonları ve hareketin tamamlanmış olduğunu güvenlik açısından kontrol etmek gerekir. Elektriksel olarak yapılan bu kontrole mutabakat denir. Mutabakat kontrolü dedektör kızakları-kolları (Mutabakat kolları) yardımıyla yapılır. Şekil 2.30'da uzun ve kısa mutabakat kol gösterilmiştir.



Şekil 2.30. Uzun ve kısa mutabakat kol

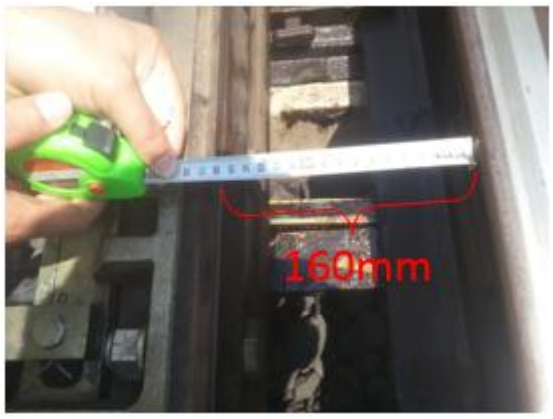
Kilitleme:

Güzergah tanzim edildiğinde ve makaslar uygun pozisyona getirildiğinde, makasın trenin geçişi sırasında konum değiştirmesine engel olmak gerekir. Makasın mekanik olarak hareket etmesinin engellenmesine kilitleme denir. Kilitleme tahrik kolu yardımıyla yapılır. Bundan sonra mantıksal bir konum olan tüm ilgili elemanların kilitlenmesi söz konusudur. Kilitleme elektriksel olarak belirlenir. Makas dil ucu ile yaslanma rayı arasındaki mesafe **2 mm** ise makas motoru kilitleme yapmalı, **4 mm** ve daha üstünde bir değer ise kilitleme yapmamalıdır. Eğer makas kilitleme yapmadıysa elektriksel olarak flaş yaparak elektriksel pozisyon bilgisi vermezler. Makasın dil ucu açıklığı adaptör hizasından ölçülür. Şekil 2.31'de adaptör gösterilmiştir.



Şekil 2.31. Adaptör

Makaslar dil ucu açıklığı trenin deray etmemesi için önemlidir. Dil ucu açıklığı 160 mm olan makaslar 160'lık makas olarak adlandırılmaktadır. Şekil 2.32'de 160'lık makas dil ucu açıklığı ölçümü gösterilmiştir.



Şekil 2.32. Makas dil ucu açıklığı (160'lık makas)

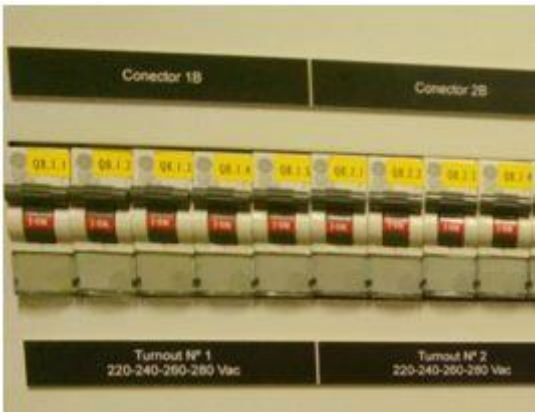
Makas motoru **220 V AC** ile çalışmaktadır. Mutabakat devresi **50V DC** ile beslenmektedir. Makas hareket ettiğinde çektiği akım **10 Amper'den küçük,** çalışırken (işletme) çektiği akım **2,5 Amper'den az** olmalıdır.

Eğer makas motoru kilitli değilse kilit kol ayarı yapmak gerekir.

Makas motoru kilitli 2 mm ve 4 mm ayarları normal fakat Kumanda Merkezi makasta mutabakat görmüyor, makas flaşta ise makasın içindeki yengeç kollarının dedektör kolları çıkıntısını ortalayıp ortalamadığına bakılır. Yengeç kolları çıkıntıyı ortalamamışsa makasta mutabakat görülmeyecektir. Bu durumda kısa veya uzun dedektör kolu ayarlanmalıdır.

Makas motorunun kilitli olduğu, yengeç kollarının mutabakat kolu çıkıntısını ortaladığı durumda makas flaşta ise elektriksel ölçüm yapmak gerekir.

SER odasına enerji 220 V'a dönüştürülerek güç dağıtım kabinine gelmektedir. Güç dağıtım kabinindeki elektrik enerjisi kablo kabinlerine dağıtılmaktadır. Kablo kabininden sahadaki bağlantı kutusuna ve bağlantı kutusundan makasın iç kısmına enerji dağıtılmaktadır. Şekil 2.33'te güç dağıtım kabinindeki makas ile ilgili sigortalar gösterilmiştir.



Şekil 2.33. Güç dağıtım kabinindeki sigortalar

Kablo kabininde sol tarafta sigortalar, sağ tarafta ise hattan gelen kabloların bağlandığı terminallerin bulunduğu belirtilmişti. Aşağıda kablo kabininin sol tarafında bulunan Ayrılık Çeşmesi M02AYR makasına ait sigortaların yerleri gösterilmiştir.

Tablo 2.5. M02AYR makasına ait kablo planı (sigortaların gösterimi)

Konnektör Pin	MAKAS Servis	Giriş Terminali	Sigorta Tipi	Çıkış Terminali
18	MN M02AYR	83	42 700 V	83
25	MR M02AYR	84		84
24	CM M02AYR	85	43 700 V	85
	TOPRAK	86		86
10	(+50 V) M02AYR	87	44 400 V	87
1	(-50 V) M02AYR	88		88
11	DI+ M02AYR	89	45 400 V	89
2	DI- M02AYR	90		90

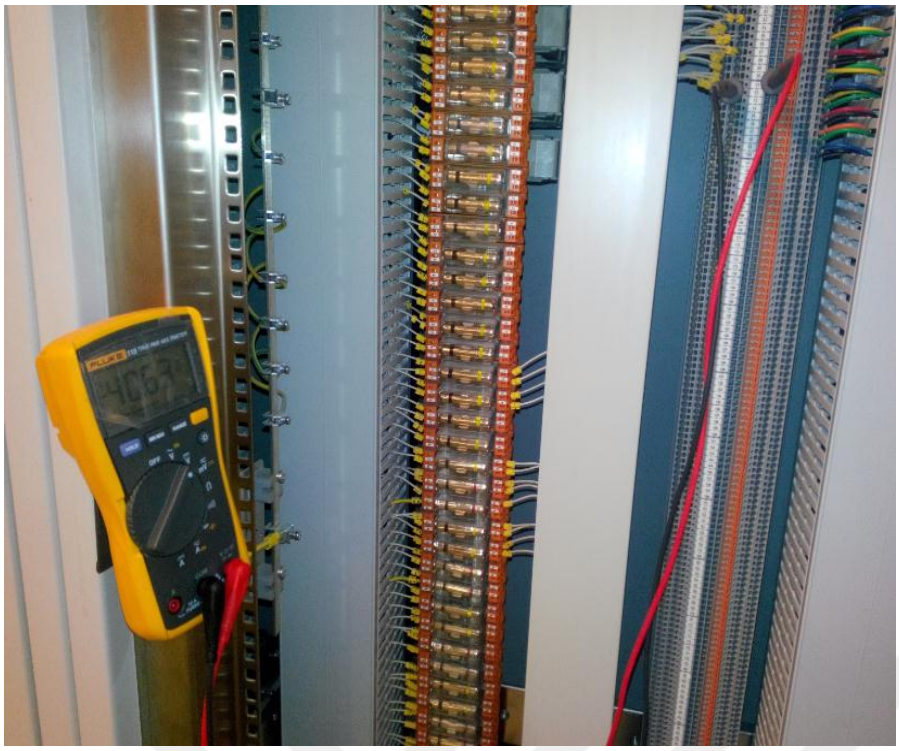
Güç dağıtım kabininden gelen enerji, kablolar ile sigortalar üzerinden geçerek enerji terminallerine bağlanır. Terminallerden sahadaki bağlantı kutularına kablolar gitmektedir. Tablo 2.6'da M02AYR ve M04AYR makasına ait terminallerdeki kablo bağlantı yerleri gösterilmiştir.

Tablo 2.6. M02AYR ve M04AYR makasına ait kablo planı (Enerji terminalleri)

TERMİNAL	KABLO SERVİSİ	ALAN KABLOSU IO
● 73	MN M02AYR	CB- AYR- T3- 03.0
● 74	MN M02AYR	
● 75	MR M02AYR	
● 76	MR M02AYR	

● 77	CM M02AYR	
● 78	CM M02AYR	
79	(+50 V) M02AYR	
80	(-50 V) M02AYR	
81	DI+ M02AYR	
82	DI- M02AYR	
● 83	MN M04AYR	
● 84	MN M04AYR	
● 85	MR M04AYR	
● 86	MR M04AYR	
● 87	CM M02AYR	
● 88	CM M02AYR	
89	(+50 V) M04AYR	
90	(-50 V) M04AYR	
91	DI+ M04AYR	
92	DI- M04AYR	

Tablo 2.6'ya göre M02AYR makası normale giderken makas motoru voltajı 73 ve 77 numaralı terminallerden ölçülür. Voltaj 73-78, 74-77 veya 74-78 numaralı terminallerden de ölçülebilir. Makasın yönünü tespit etmek için DI+ ve DI- terminallerinden ölçüm yapılır. Ölçü aletinin artı ucu DI+ terminaline, eksi ucu DI- terminaline bağlanır. Makas normal konumda iken ölçü aletinde + 40 V civarında bir voltaj görülecektir. Makas sapan konumunda ise – 40 V civarında bir voltaj görülecektir. Şekil 2.35'te M02AYR makası sapan konumundayken – 40.63 Volt değeri görüldü. Makas normal konumdayken + 40.63 Volt değeri görüldü. Şekil 2.34'te M02AYR makası sapan konumundayken mutabakat voltajı ölçümü gösterilmiştir.



Şekil 2.34. M02AYR makası sapan konumundayken mutabakat voltajı ölçümü

Makasın konumu, artıya veya eksiye hareket ettiği ve arızalı olup olmadığı bilgisi makas kontrol modülünden öğrenilebilir. Şekil 2.35'de M02AYR ve M04AYR makas kontrol modülü gösterilmiştir.



Şekil 2.35. M02AYR ve M04AYR makas kontrol modülü

Yukarıdaki resimde M02AYR makası normal (artı) konumdadır (DN) ve modülde arıza/hata yoktur (No Fault). M04 AYR makası sapan (ters, reverse, eksi) konumdadır (DR) ve modülde arıza/hata yoktur (No Fault). Modül arızalı olduğunda NO Fault ışığı yanmamaktadır. Makasta mutabakat yoksa DN ve DR ışığı yanmamaktadır. SER'deki kablo kabinindeki makas kabloları sahada bağlantı kutularına gelmektedir. Bağlantı kutularındaki (CB, MB) terminallerden makasın içersindeki terminal bloğuna kablolar gelmektedir. Yedikule'deki M02KAZ (A-B) makası ve bağlantı kutuları Şekil 2.36'da gösterilmiştir.



Şekil 2.36. M02KAZ (A-B) makası ve bağlantı kutuları

Tablo 2.7'de CB-KAZ T3-02.0 bağlantı kutusunun kablo planı gösterilmiştir. Bu plana göre M02KAZ-A ve M02KAZ-B makas motorunun normale ve terse giderken voltajı ölçülebilir (MN-CM terminalleri, MR-CM terminalleri). +50V ve -50V terminallerinden M02KAZ-A makasının mutabakat besleme voltajı ölçülebilir. DI+ ve DI- terminallerinden M02KAZ-A makasının konumu görülebilir. Tablo 2.7'de CB-KAZ T3-02.0 planı (a) gösterilmiştir.

Tablo 2.7. CB-KAZ T3-02.0 planı (a)

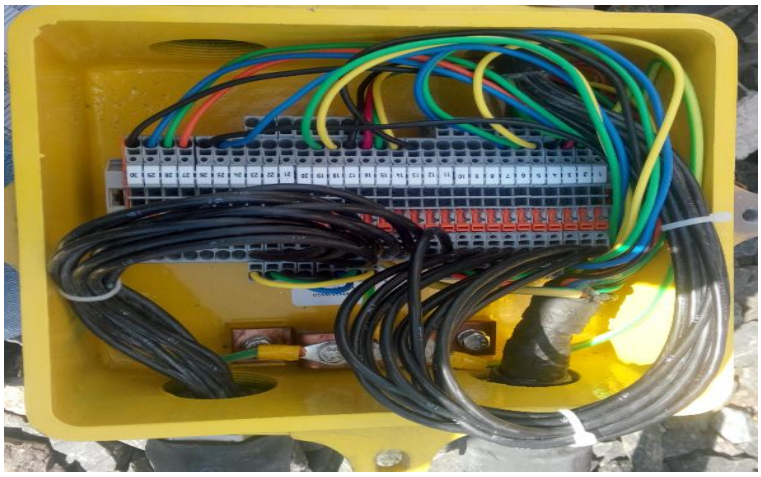
Sol					Sağ		
Kablo	Dörtlü	İç Çekirdek	Sol Servis	C.P.	Sağ Servis	Çekirdek	Kablo
KAZLIÇEŞME SER	1	T	MN M02KAZ-A	8	MN M02KAZ-A	T	MB-KAZ-M02KAZ-AB
		Y	MN M02KAZ-A	9	MN= Makas motoru normale giderken motor voltajı (AC)		
		K	MN M02KAZ-A	10			
		B	MN M02KAZ-A	11			
	2	T	MN M02KAZ-A	12			
		Y	MR M02KAZ-A	13	MR M02KAZ-A	Y	
		K	MR M02KAZ-A	14	MR= Makas motoru terse giderken motor voltajı (AC)		
		SYH	MR M02KAZ-A	15			
	3	SR	MR M02KAZ-A	16			
		Y	MR M02KAZ-A	17			
		M	CM M02KAZ-A	18	CM M02KAZ-A	K	
		SYH	CM M02KAZ-A	19	CM= Nötr		
	4	SR	CM M02KAZ-A	20			
		Y	CM M02KAZ-A	21			
		K	CM M02KAZ-A	22			
		SYH	(+50 V) M02KAZ-A	23	(+50 V) M02KAZ-A	SYH	
	5	SR	(-50 V) M02KAZ-A	24	(-50 V) M02KAZ-A	SR	
		Y	DI+ M02KAZ-A	25	DI+ M02KAZ-A	Y	
		K	DI- M02KAZ-A	26	DI- M02KAZ-A	M	
		SYH	SPARE	27	(+50V) = Mutabakat besleme voltajı (+ DC) (- 50V)= Mutabakat besleme voltajı (- DC) DI + = Mutabakat çıkış voltajı ölçümü (+ DC) DI - = Mutabakat çıkış voltajı ölçümü (- DC) Voltaj değeri + ise normaldedir. Voltaj değeri - ise terstedir.		
	6	SR	SPARE	28			
		Y	SPARE	29			
		K	SPARE	30			
		SYH	SPARE	31			
	7	T	SPARE	32			
		Y	SPARE	33			
		M	SPARE	34			
		SYH	SPARE	35			
				36			
KAZLIÇEŞME SER	1	T	MN M02KAZ-B	37	MN M02KAZ-B	SYH	
		Y	MN M02KAZ-B	38			
		K	MN M02KAZ-B	39			
		B	MN M02KAZ-B	40			
	2	T	MN M02KAZ-B	41			
		Y	MR M02KAZ-B	42	MR M02KAZ-B	SR	
		K	MR M02KAZ-B	43			
		SYH	MR M02KAZ-B	44			
	3	SR	MR M02KAZ-B	45			
		Y	MR M02KAZ-B	46			
		M	CM M02KAZ-B	47	CM M02KAZ-B	Y	
		SYH	CM M02KAZ-B	48			
	4	SR	CM M02KAZ-B	49			
		Y	CM M02KAZ-B	50	C.P. 51		

M02KAZ makası a ve b olmak üzere iki makas motorundan oluşmaktadır. M02KAZ (b) motoruna ait bağlantı kutusu planı Tablo 2.8'de gösterilmiştir. Tabloya göre +50V ve -50V terminallerinden M02KAZ-B makasının mutabakat voltajı ölçülebilir. DI+ ve DI- terminallerinden M02KAZ-B makasının konumu görülebilir. Tablo 2.8'de CB-KAZ T3-02.0 planı (b) planı gösterilmiştir.

Tablo 2.8. CB-KAZ T3-02.0 planı (b)

KAZLIÇEŞME SER	4	K	CM M02KAZ-B	51	C.P. 50		**MB-KAZ-M02KAZ-AB**
		SYH	(+50 V) M02KAZ-B	52	(+50 V) M02KAZ-B	K	
	5	SR	(-50 V) M02KAZ-B	53	(-50 V) M02KAZ-B	SYH	
		Y	DI+ M02KAZ-B	54	DI+ M02KAZ-B	SR	
		M	DI- M02KAZ-B	55	DI- M02KAZ-B	Y	
				56	SPARE	M	
				57	SPARE	SYH	
				58	SPARE	T	
				59	SPARE	Y	
				60	SPARE	M	
				61	SPARE	SYH	
		SYH	SPARE	62			
	6	SR	SPARE	63			
		Y	SPARE	64			
		K	SPARE	65			
		SYH	SPARE	66			
		T	SPARE	67			
		Y	SPARE	68			
		M	SPARE	69			
		SYH	SPARE	70			

Kazlıçeşme SER CR-2 kablo kabinindeki makas kabloları CB-KAZ T3-02.0 bağlantı kutusuna gelmektedir. CB-KAZ T3-02.0 bağlantı kutusundan MB-KAZ (M02KAZ-AB) bağlantı kutusu terminallerine kablo bağlantısı yapılmıştır. MB-KAZ (M02KAZ-AB) bağlantı kutusundan M02KAZ-A ve M02KAZ-B makası terminal bloklarına kablolar gelmektedir. Şekil 2.37'de MB-KAZ (M02KAZ-AB) bağlantı kutusunun iç görünümü gösterilmiştir.



Şekil 2.37. MB-KAZ (M02KAZ-AB) iç görünümü

MB-KAZ (M02KAZ-AB) bağlantı kutusu içersindeki kablo bağlantılarına ait plan Tablo 2.9'da gösterilmiştir. Tabloya bakılarak M02KAZ-A ve M02KAZ-B makasına ait ölçümler yapılabilir. Alttaki planda ters bağlantı yapılmıştır. A makası normale giderken 2 ve 3 terminallerinden, A makası terse giderken 1 ve 3 nolu C.P. terminallerinden 220V AC ölçümü yapılır. B makası normale giderken 14 ve 15 nolu C.P. terminallerinden, B makası terse giderken 13 ve 15 terminallerinden 220V AC ölçümü yapılır.

Tablo 2.9. MB-KAZ (M02KAZ-AB) planı

Kablo	Dörtlü	İç Çekirdek	Sol Servis	C.P.	Sağ Servis	Çekirdek	Kablo
CB-KAZ-T3-02.0	1	T	MN M02KAZ-A	1	MN M02KAZ-A	2	M02KAZ-A
		Y	MR M02KAZ-A	2	MR M02KAZ-A	1	
		K	CM M02KAZ-A	3	CM M02KAZ-A	3	
		SYH	(+50 V) M02KAZ-A	4	(+50 V) M02KAZ-A	4	
	2	SR	(-50 V) M02KAZ-A	5	(-50 V) M02KAZ-A	5	
		Y	DI+ M02KAZ-A	6	DI+ M02KAZ-A	6	
		M	DI- M02KAZ-A	7	DI- M02KAZ-A	8	
				8	DI+ M02KAZ-A	7	
				9	DI- M02KAZ-A	9	
				10	(+50 V) M02KAZ-A	10	
				11	(-50 V) M02KAZ-A	11	
				12	SPARE		
		SYH	MN M02KAZ-B	13	MN M02KAZ-B	2	M02KAZ-A
	3	SR	MR M02KAZ-B	14	MR M02KAZ-B	1	
		Y	CM M02KAZ-B	15	CM M02KAZ-B	3	
		K	(+50 V) M02KAZ-B	16	(+50 V) M02KAZ-B	4	

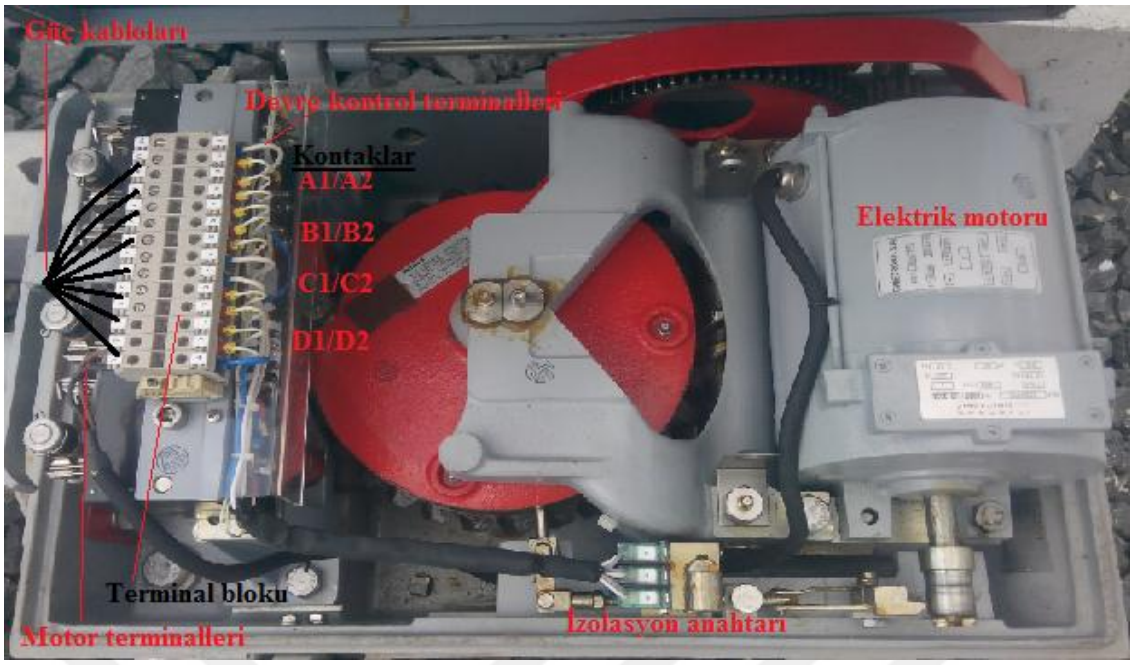
		SYH	(-50 V) M02KAZ-B	17	(-50 V) M02KAZ-B	5	
	4	SR	DI+ M02KAZ-B	18	DI+ M02KAZ-B	6	
		Y	DI- M02KAZ-B	19	DI- M02KAZ-B	8	
				20	DI+ M02KAZ-B	7	
				21	DI- M02KAZ-B	9	
				22	(+50 V) M02KAZ-B	10	
				23	(-50 V) M02KAZ-B	11	
				24	SPARE		
		M	SPARE	25			
		SYH	SPARE	26			
	5	T	SPARE	27			
		Y	SPARE	28			
		M	SPARE	29			
		SYH	SPARE	30			

MB-KAZ bağlantı kutusundaki makas kabloları makas içerisindeki terminal bloğuna bağlanmaktadır. Şekil 2.38'de MB-KAZ (M02KAZ-AB) bağlantı kutusundan gelen kablolar ve terminal bloğu gösterilmiştir.



Şekil 2.38. MB-KAZ bağlantı kutusundan gelen kablolar ve terminal bloku

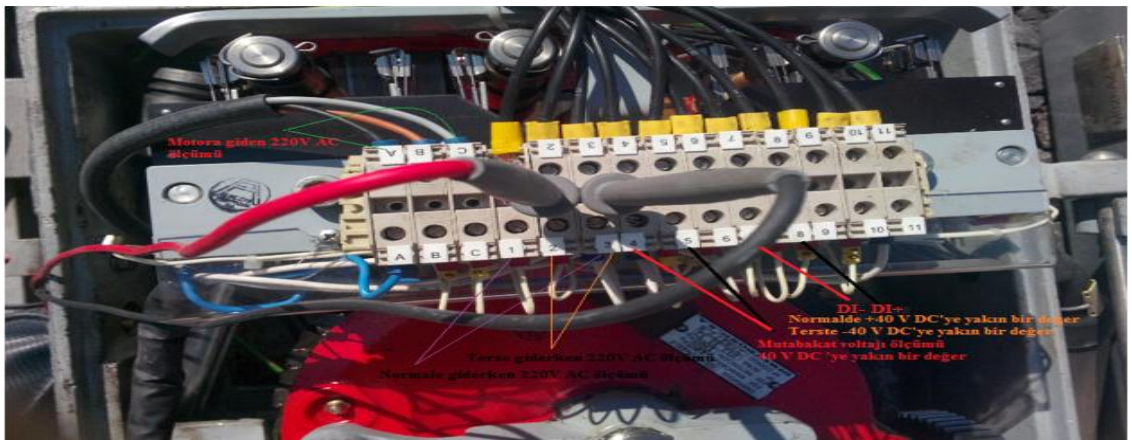
Makasın içerisindeki kablolama: Terminal bloğundan devre kontrol terminallerine, devre kontrol terminallerinden güç kaynağını kesen izolasyon anahtarına, izolasyon anahtarından motor terminallerine, motor terminallerinden elektrik motoruna şeklindedir. Şekil 2.39'da gösterilen MD2000 makasının iç kablolaması gösterilmiştir.



Şekil 2.39. MD2000 makası iç kablolama

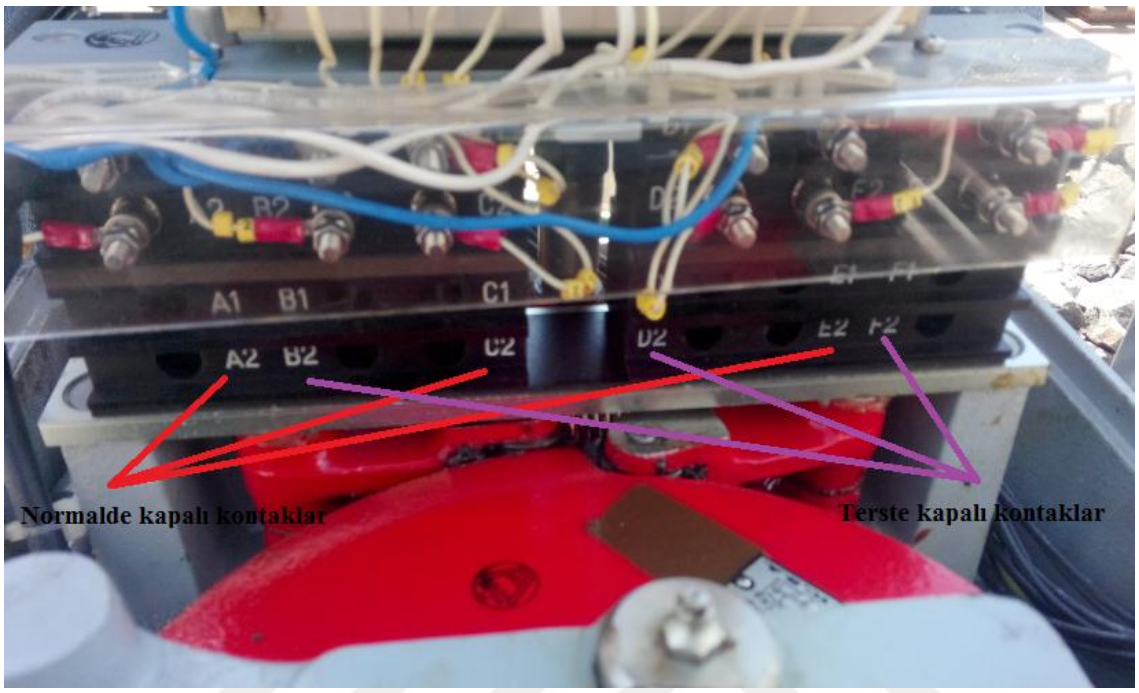
Makas motoru normale giderken 1-3 nolu terminallerden 220 V AC'ye yakın bir değer ölçülür. Makas motoru terse giderken 2-3 nolu terminallerden 220 V AC'ye yakın bir değer ölçülür.

A-C elektrik motoru terminallerinden motora giden 220 V AC ölçümü yapılır. Makasın konumunu tespit etmek için ölçü aletinin DC Voltaj ölçüm kademesinde artı (kırmızı) probu 7 nolu terminale, eksi (siyah) probu 8 nolu terminale bağlanır. Makas normal konumdayken +40 V DC'ye yakın bir değer görülür. Makas ters konumdayken -40 V DC'ye yakın bir değer görülür. Şekil 2.40'da terminal bloğunda motor voltajı ve mutabakat voltajı ölçümleri gösterilmiştir.



Şekil 2.40. 220V AC ve 50V DC ölçümü

Makas normal pozisyondayken A1/A2, C1/C2 ve E1/E2 kontakları kapalı konumdadır. Makas ters pozisyondayken B1/B2, D1/D2 ve F1/F2 kontakları kapalı konumdadır. Ölçü aletinin kısa devre kademesinde bu kontakların kapalı olduğu görülmektedir. Şekil 2.41'de Makasın konumuna göre kontakların durumu gösterilmiştir.



Şekil 2.41. Makasın konumuna göre kontakların durumu

2.3.5. Tren Algılama Sistemleri

2.3.5.1 Ray devreleri

Tesis edildiği demiryolu hat kesiminde demiryolu aracının varlığını ve yerini tespit etmek için kullanılan, hat serbestliğini algılama sistemleridir.

Bir bloğu kapsayan ray devresinin bir ucunda verici, diğer ucunda ise alıcı bulunur. Blok boş olduğu zaman, elektrik akımı devresini tamamlayarak röleye enerji gönderip sarı veya yeşil sinyal yanması sağlanır. Merkezden de bloğun boş olduğu bilgisi görülür. Tren sinyali geçip bloğa (ray devresine) girdiği zaman ray devresi kısa devre olur, rölenin enerjisi kesilir ve kırmızı lamba yanar. İşletme yönetim merkezinde trenin bloğa girdiği görülür. Ray devresi çeşitleri şu şekildedir:

- DC ray devresi
- AC ray devresi

- Kodlu ray devresi
- HF ray devresi
- Eksiz (Jointless) ray devresi
- Dingil sayıcılar

Marmaray'da BC1 kısmında dingil sayıcılar ve açık hatta eksiz ray devreleri kullanılmaktadır.

Eksiz ray devreleri: İzole contalara ihtiyaç duyulmaksızın, farklı frekanslardaki alternatif akımlarla ray devrelerinin beslenmesi ile oluşturulan devrelerdir.

Bir ray devresinin bitiminden belirli bir mesafe sonra diğer ray devresinin besleme noktası başlar. Birbirini takip eden ray devreleri için farklı frekanstaki sinyaller besleme enerjisi olarak kullanılır. Alıcı üniteler ait olduğu frekansa ayarlı olacağından bloklar arasında bir etkileşim söz konusu olmayacaktır. Raya verilen sinyal mümkün mertebe düşük seviyeli olmalıdır (Ray devresi uzunluğuna bağlı olmakla birlikte yaklaşık 1 V. AC). Ray devresi voltajı sahada raylar üzerinden gitmektedir. Rayın durumu için saha koşulları (kuru, normal, ıslak), balast durumu (çok temiz, temiz, kirli),travers tipi (ahşap, tekgövdeli, kuvvetlendirilmiş beton plaka), ray tipi (45, 54, 60 kg/m) önemlidir.

Ray Devresi Frekansları: (K, M, V, W, X, Y, Z) (4080, 4320, 4560, 5040, 5280, 5520, 6000, 6480, 6720, 7200 Hz) Tanımlama Kodları: 1 ile 16383 arasındadır.

Ekipmanlar:

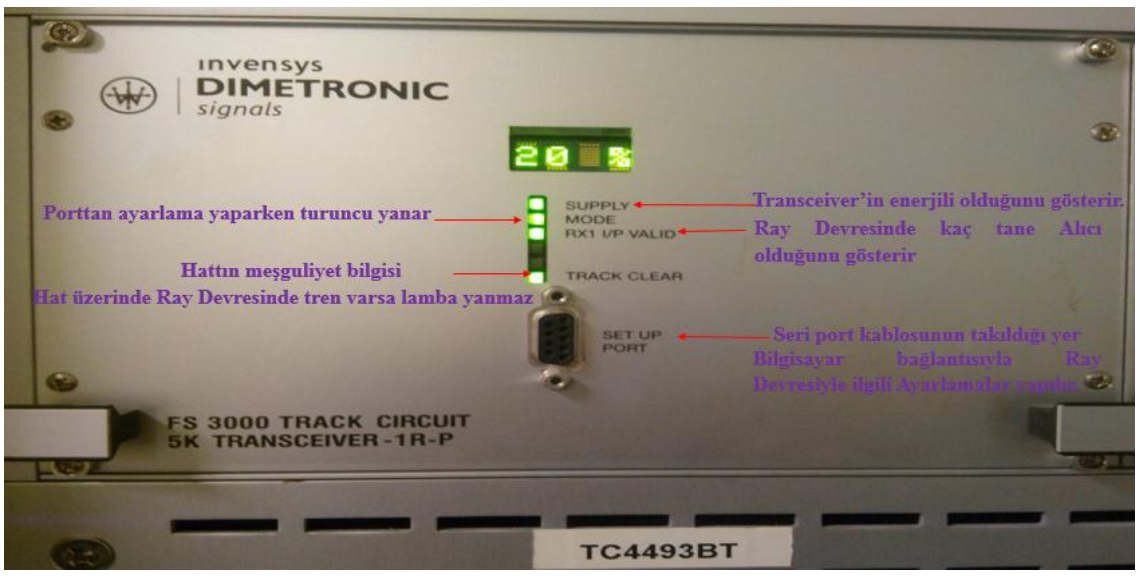
- Bonding: İzoleli iki nokta arasındaki bütün ray bağlantılarında elektriğin daha iyi geçebilmesi için, ray iki ucunun bir iletkenle kaynak yapmak suretiyle birleştirilmesidir.
- İzole Malzemeler: Ray devrelerinin birbirinden ayrıldığı yerlerde veya aynı ray devresinin farklı kutuplu elemanları arasında yapılacak bağlantılarda kullanılan izole malzemelerdir. Başlıcaları; İzole cebire, kal, rondela, yüzük ve levhalardır.
- Ayarlama Ünitesi (TU): Ray devresinin verici ve alıcı tarafında bulunur.
- Verici (Transmitter) TU: SER'den gelen AC voltajı düşürerek raylar üzerine verir.
- Alıcı (Receiver) TU: Raydan aldığı AC voltajı yükselterek SER'e gönderir.

Şekil 2.42'de Bonding, izole cebire, ayarlama ünitesi gösterilmiştir.



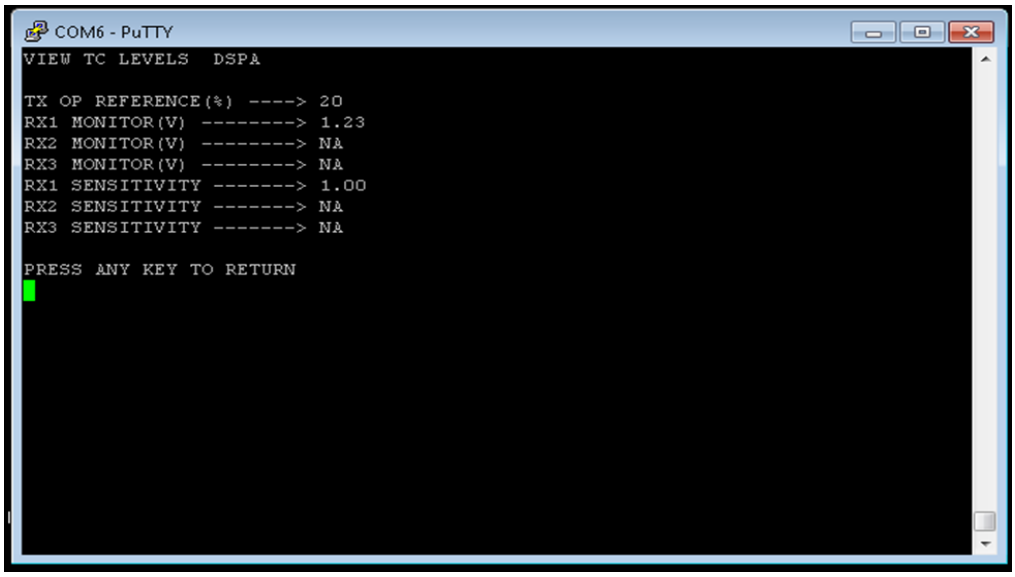
Şekil 2.42. Bonding, izole cebire, ayarlama ünitesi

SER Odasındaki CR Kabinindeki kablolar sahadaki CB kutularına gelir. CB kutusundan verici ayarlama ünitesine (verici TU), verici ayarlama ünitesinden raylara, ray devresinin alıcı tarafındaki kablolar alıcı ayarlama ünitesine (alıcı TU), alıcı ayarlama ünitesinden SER'deki CR kabinine kablolar gelir. CR kabininden hattaki verici TU'ya voltaj düşürülerek gelir. Verici TU'dan raylara 1 V civarı voltaj gider. Alıcı TU'dan alınan enerji yükseltilerek SER'e gönderilir. Ray devresi besleme voltajı 110 V AC'dir. Hatta % kaçının gönderildiği ve alıcı izleme voltajının değeri SER'deki alıcı-verici modülünden görülebilmektedir. Şekil 2.43'te alıcı-verici modülü gösterilmiştir.



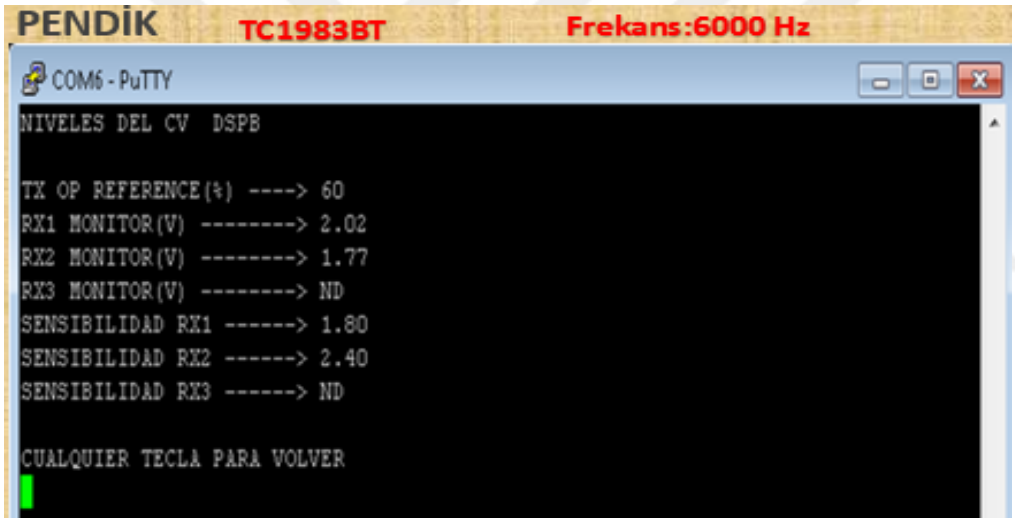
Şekil 2.43. Alıcı-verici modülü

Putty programı ve seri iletişim kablosu ile değerler görülebilmektedir. Şekil 2.44'te verici referansı ve alıcı izleme voltajı gösterilmiştir.



Şekil 2.44. Verici referansı ve alıcı izleme voltajı

Şekil 2.45'de 2 alıcılı ray devresinin referansı ve alıcı izleme voltajları gösterilmiştir.



Şekil 2.45. 2 alıcılı ray devresinin referansı ve alıcı izleme voltajları

2.3.5.2 Dingil sayıcılar

Dingil sayıcı, herhangi bir bloktaki tren durumunu algılama/izleme sistemidir.

Bloğun başlangıcına (bloğa giren dingil adedini sayar) ve bitişine (bloktan çıkan dingil adedini sayar) monte edilir. Bloka giren dingil sayısı, çıkan dingil sayısına eşit değilse meşguliyet oluşur.

Avantajları: Çok uzun bloklar izlenebilir, balast direncinden etkilenmez, katener geri dönüş akımından etkilenmez, saha şartlarından etkilenmez (su,ray tipi…).

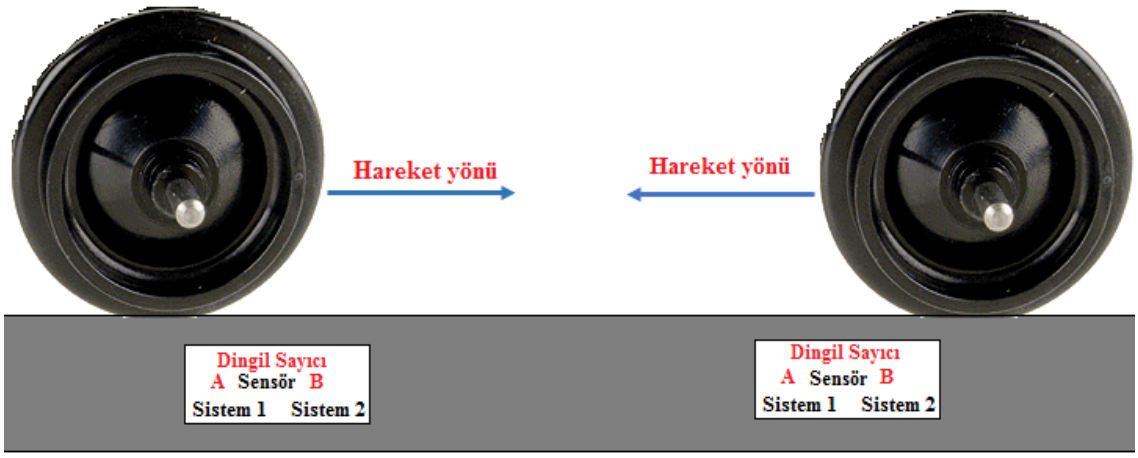
Dezavantajı: Ray kırıklığı tespit edilemez.

Marmaray'da Frauscher Sensortechnik GmbH (Avusturya) markalı Frauscher gelişmiş sayıcı (FAdC) kullanılmaktadır. Sahaya RSR180 dingil sayıcısı monte edilmiştir. FAdC güvenli izleme için kullanılmaktadır ve ray bölgesinin meşgul olup/olmadığını belirlemektedir. Şekil 2.46'da RSR180 dingil sayıcısı gösterilmiştir.



Şekil 2.46. RSR180 dingil sayıcısı

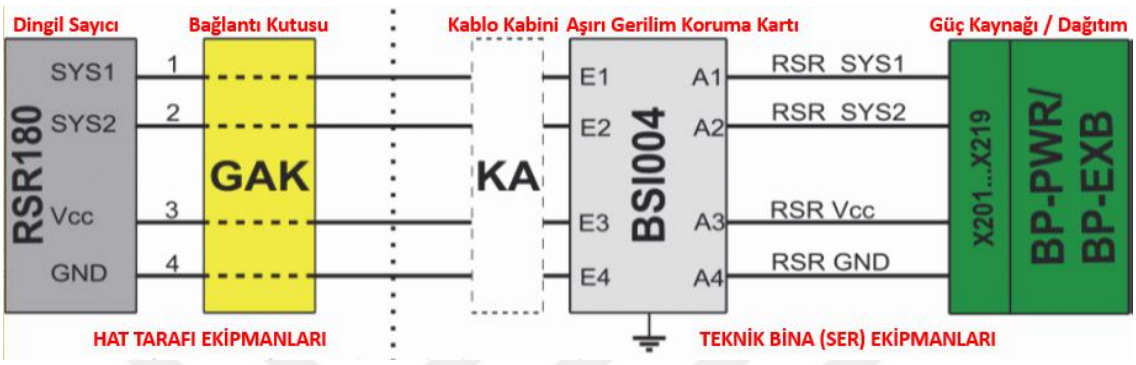
RSR180 Dingil sayıcısında 2 adet sensör vardır. Sistem 1 ve Sistem 2'nin sensör akımı 2,8 mA ve 5 mA arasında olmalıdır. Marmaray'da hat 1'de oluşabilecek dingil sayıcı meşguliyetlerinde simülasyon yaparken treni sanal olarak ilk önce dingil sayıcının A sensöründen geçirilir. Hat 2 ve hat 3'deki dingil sayıcı meşguliyetlerinde simülasyon yaparken tren sanal olarak ilk önce dingil sayıcının B sensöründen geçirilir. Şekil 2.47'de yönlere göre dingil sayıcı sensörleri gösterilmiştir.



Şekil 2.47. Hareket yönüne göre dingil sayıcı sensörleri

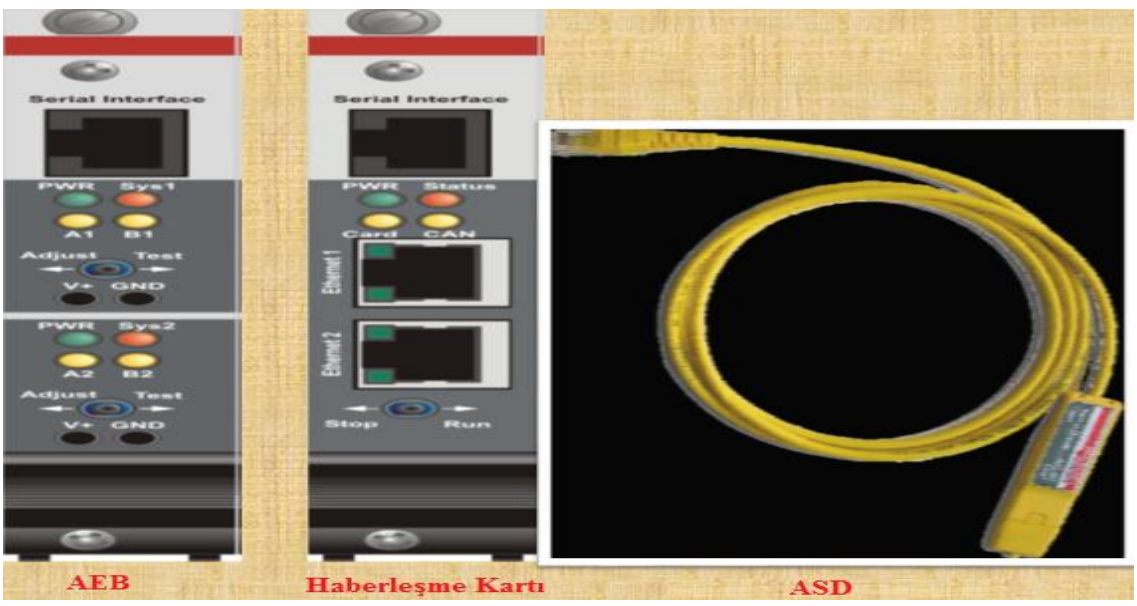
Ölçülen değerler AEB Geliştirilmiş Değerlendirme Kartında karşılaştırıldığında iki sensör sistem akımları farkı 0,2 mA'den fazla olmamalıdır. Eğer fark 0,2 mA'den büyükse, oluşan hata tespit edilmelidir/giderilmelidir.

Sahadaki RSR180 dingil sayıcısı bağlantı kutusuna bağlanmaktadır. Bağlantı kutusundan SER'deki kablo kabinine, aşırı gerilim koruma kartına ve güç dağıtımına bağlantı yapılmaktadır. Şekil 2.48'de Dingil sayıcı sistemi bağlantıları gösterilmiştir.



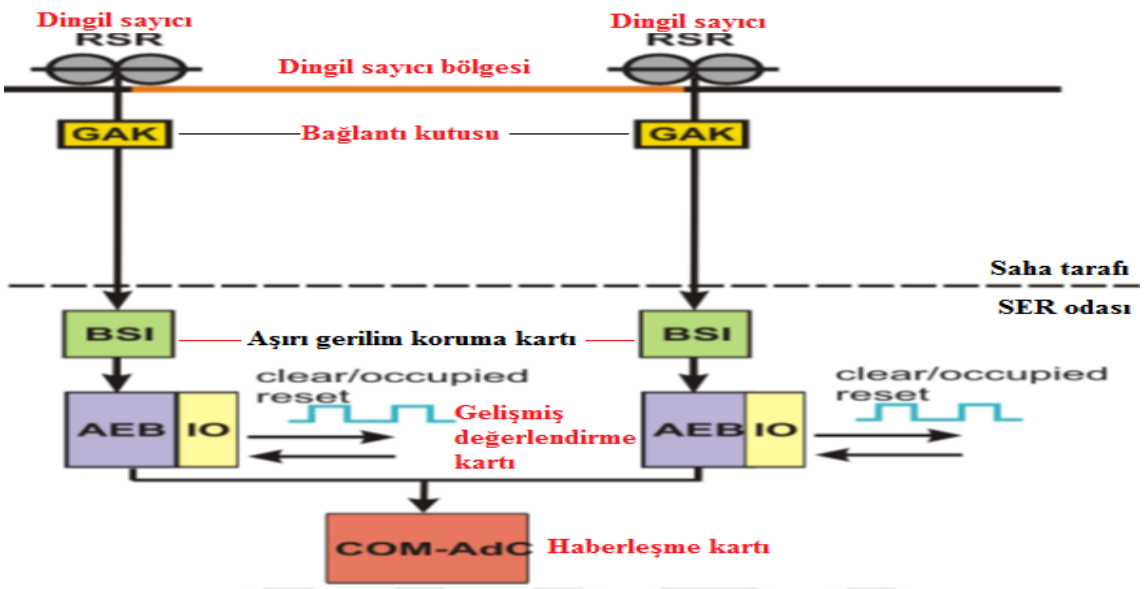
Şekil 2.48. Dingil sayıcı sistemi bağlantıları [27]

Gelişmiş değerlendirme kartı (AEB) : Enerji sağlamak ve RSR180 tekerlek sensörünü değerlendirmek için kullanılır. RSR180 dingil sayıcısında oluşabilecek meşguliyetlerde AEB kartı üzerindeki test çubukları yardımıyla simülasyon yapılır. Dingil sayıcı sensörlerinden ne kadar akım geçtiğini görebilmek için AEB kartı ile bilgisayar ASD kablosu yardımıyla haberleşir. Şekil 2.49'da AEB, Haberleşme kartı ve ASD kablosu gösterilmiştir.



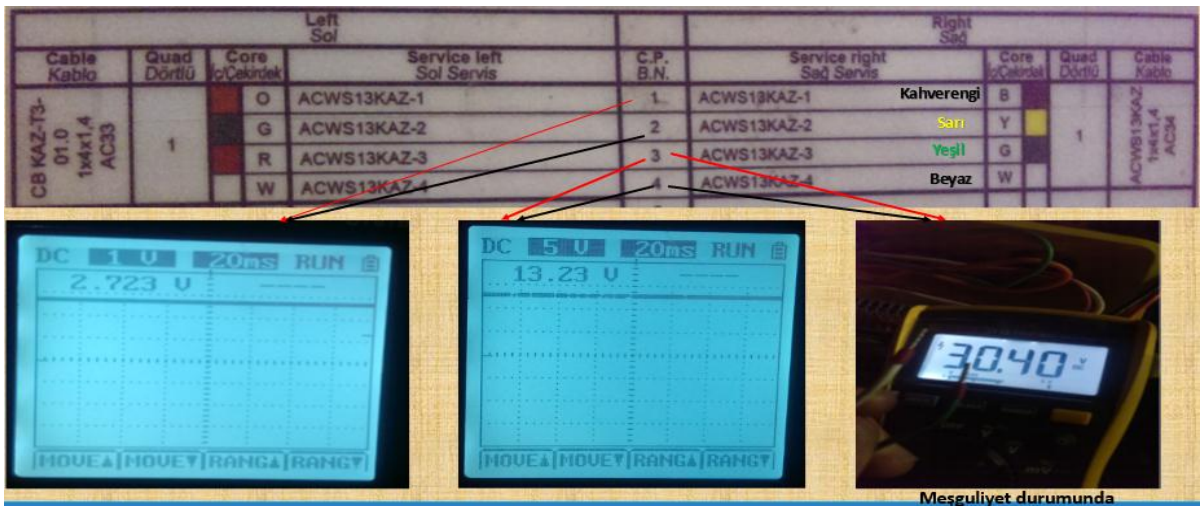
Şekil 2.49. AEB, Haberleşme kartı ve ASD kablosu

Sahadaki RSR180 dingil sayıcısından bağlantı kutusuna 4 adet kablo gitmektedir. Bağlantı kutusundan SER odasındaki aşırı gerilim koruma kartına (BSI) kablolar gitmektedir. BSI'dan AEB kartına kablolar gitmektedir. AEB kartları kendi aralarında haberleşme kartı ile iletişim kurmaktadır. Şekil 2.50'de dingil sayıcı sistemi gösterilmiştir.



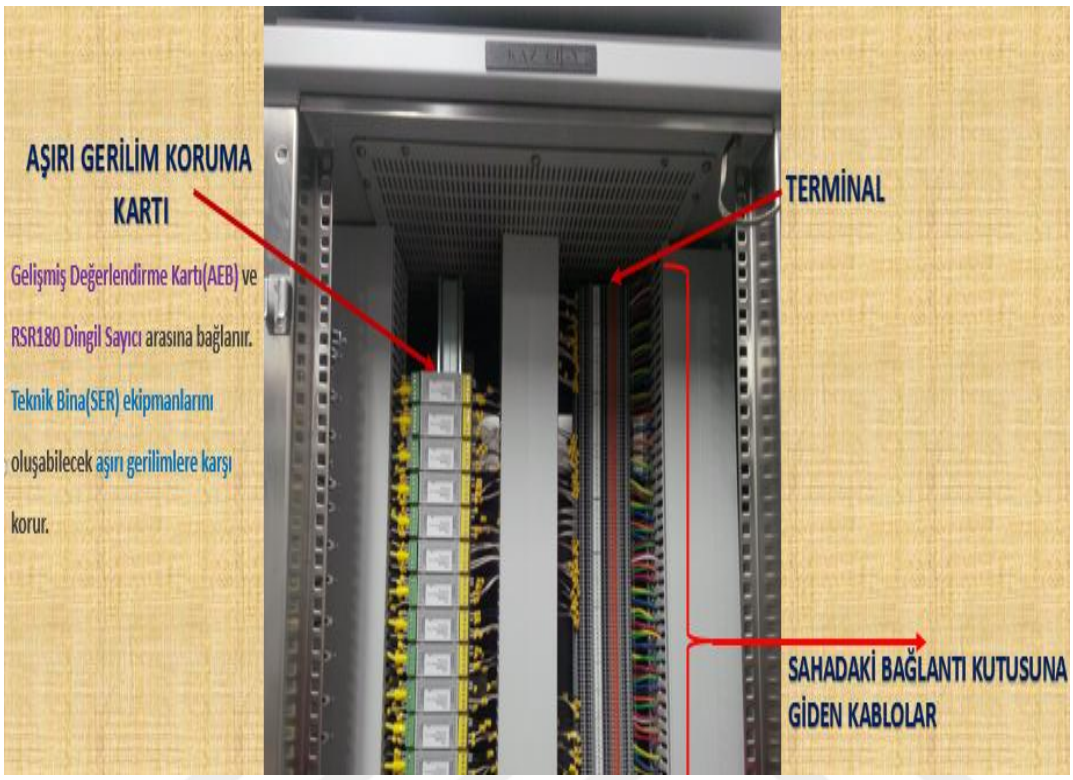
Şekil 2.50. Dingil sayıcı sistemi [27]

Dingil sayıcı sistemi 50 V DC voltaj ile beslenmektedir. Sistem çalışırken 1 ve 2 nolu sensör terminallerinde 2.723 V DC'lik voltaj ölçülür. 3 ve 4 nolu besleme voltajı terminallerinde 13.23 V DC'lik voltaj ölçülür. RSR180 dingil sayıcısına giden kablolar çıkarıldığında dingil sayıcı besleme voltajının 30.40 V DC olduğu görülür. Şekil 2.51'de RSR180 Bağlantı kutusu voltaj ölçümü gösterilmiştir.



Şekil 2.51. RSR180 Bağlantı kutusu voltaj ölçümü

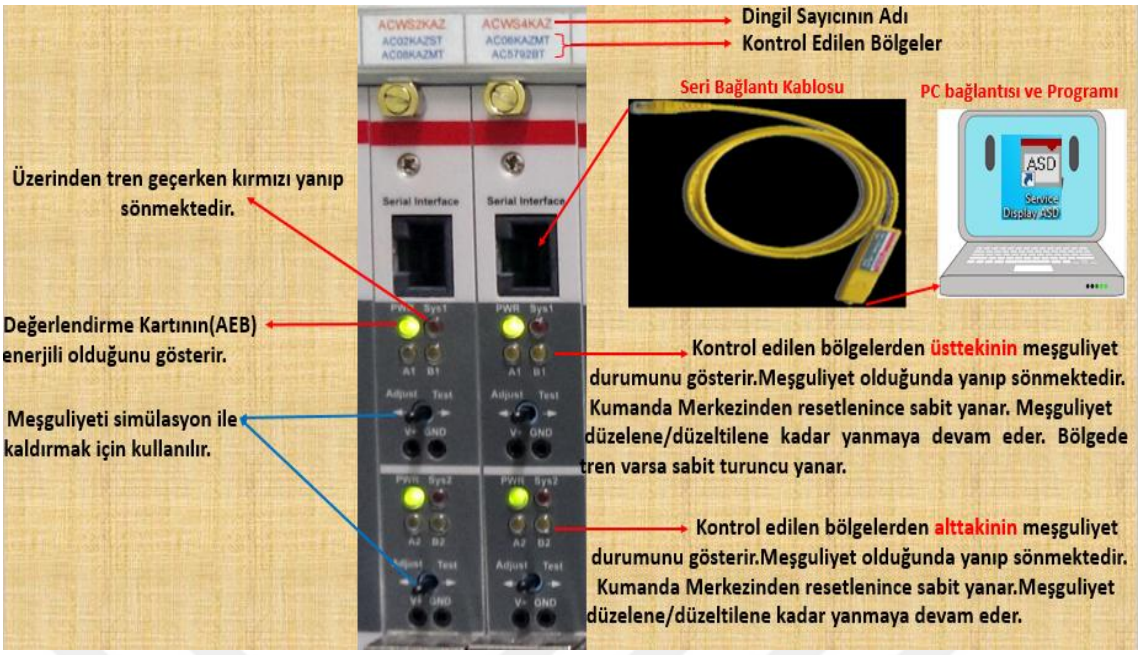
Trafodan gelen enerji güç dağıtım kabinine ve ardından kablo kabinine gelir. Kablo kabininde aşırı gerilim koruma kartından geçen enerji terminallerden sahaya gider. Şekil 2.52'de BSI ve kablo terminali gösterilmiştir.



Şekil 2.52. BSI ve kablo terminali

Dingil sayıcı bağlantı kutusunda 4 bağlantı terminali vardır. Hatta meşguliyet yoksa 1,2 noktalarından 12-28 V aralığında DC voltaj görülür. 3,4 noktalarından 2-4 V aralığında DC voltaj görülür.

AEB kartı voltajı değerlendirerek hattın durumunu gösterir. Şekil 2.53'te AEB kartı açıklaması gösterilmiştir.



Şekil 2.53. AEB kartı açıklaması ve PC ile bağlantısı

2.3.6. Peron Acil Durdurma Butonu

Peron acil durdurma butonu (ESP), kaza veya tehlikeli durum nedeniyle sistemi durdurmak için kullanılır. Her istasyonda 4 adet hat 1 tarafında, 4 adet hat 2 tarafında ve 1 adet SOR odasında olmak üzere 9 adet ESP vardır. Yolcular veya görevli personel tarafından ESP üzerindeki butona basılarak etkinleştirilir. ESP etkinleştirildiğinde istasyonda bulunan trenler bekletilir ve istasyona yaklaşan tren yaklaşma sinyaline kırmızı komut gönderilerek durdurulur.

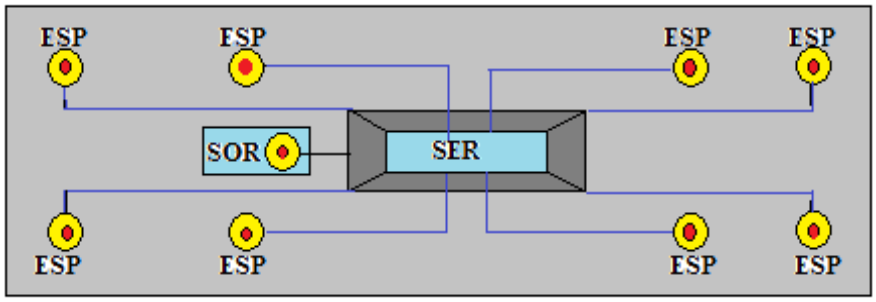
Şekil 2.54'te ESP butonu gösterilmiştir.



Şekil 2.54. ESP butonu

- Herhangi bir ESP'ye basıldığında, kendini basılı şekilde kilitler ve anklaşman sinyallere dur komutu gönderilir.
- ESP özel bir anahtar ile serbest kalır ve anklaşmanın sinyalleri eski haline getirmesine olanak tanır.
- ESP etkinleştrildiğinde SCADA'da etkinleştirildiğine dair alarm görülür.
- Her ESP anklaşman içinde ayrıca tanımlıdır.

Şekil 2.55'de Peron Acil Durdurma butonları yerleşimi ve SER odası bağlantıları gösterilmiştir.



Şekil 2.55. Peron Acil Durdurma butonları yerleşimi ve SER odası bağlantıları

2.3.7. Araç üstü ekipmanları

Marmaray'da kullanılan 5'li ve 10'lu tren setleri CBTC sisteminin araçüstü ekipmanlarıyla donatılmıştır. Otomatik tren kontrolü (ATC) şu ekipmanlardan oluşur:

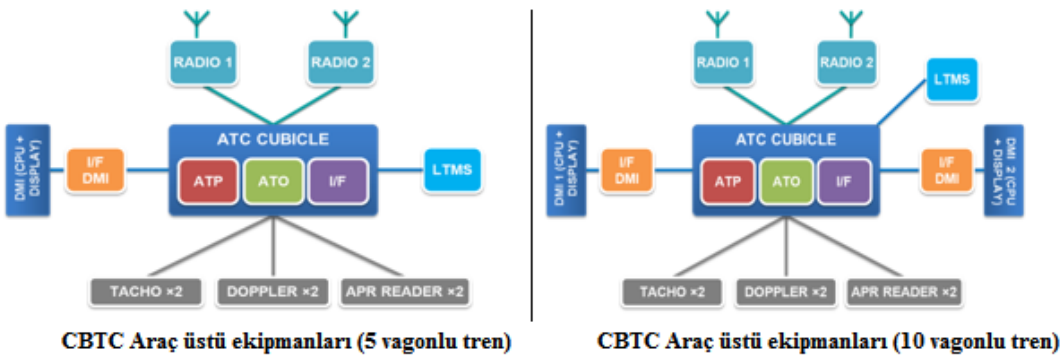
- Tren denetiminden sorumlu, emniyet fonksiyonlarını sağlayan **ATP sistemi**
- Trenin durması-kalkması, kapılarının açılmasından sorumlu **ATO sistemi**,
- Makiniste verileri gösteren **DMI,**
- APR balizindeki bilgileri okuyan **APR baliz okuyucu,**
- Odometrinin hesaplanması için **takojeneratör ve doppler radar**

Şekil 2.56'da DMI ekranı gösterilmiştir.



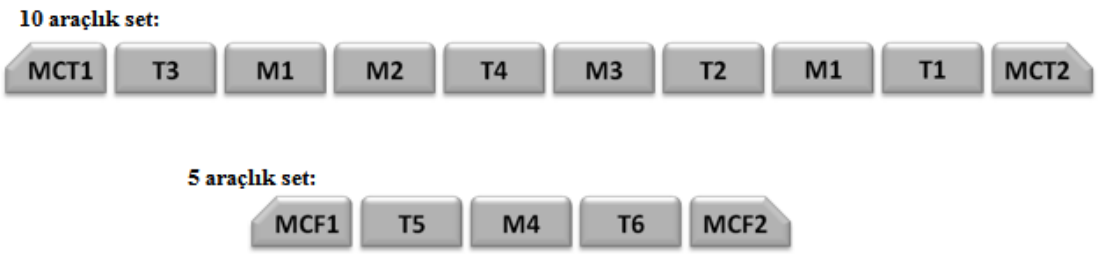
Şekil 2.56. DMI ekranı

Şekil 2.57'de CBTC araç üstü ekipmanları gösterilmiştir.



Şekil 2.57. CBTC araç üstü ekipmanları [27]

Şekil 2.58'de 5'li ve 10'lu araç setleri gösterilmiştir.



Şekil 2.58. 5'li ve 10'lu araç setleri

Tablo 2.10'da araç üstü ekipman yerleşimi gösterilmiştir.

Tablo 2.10. Araç üstü ekipman yerleşimi

EKİPMAN	MİKTAR		YER	
	10'lu	5'li	10'lu TREN	5'li TREN
ATC kabini	2	1	Her iki uç kabinler (MCT1 and MCT2)	MCF1 içerisinde
LTMT	2	1	Her iki uç kabinler (MCT1 and MCT2)	MCF1 içerisinde
Takometre	4	2	Farklı bojiler(MCT1 and MCT2)	Farklı bojiler (MCF1)
APR okuyucu	4	2	Kabin altında (MCT1 and MCT2)	Kabin altında (MCF1)
Doppler radar	4	2	Kabin altında (MCT1 and MCT2)	Kabin altında (MCF1)
DMI	2	2	Ön kabinler (MCT1 and MCT2)	Ön kabinler (MCF1 and MCF2)
IO DMI	2	2	Ön kabinler (MCT1 and MCT2)	Ön kabinler (MCF1 and MCF2)
ATC Radyo	4	2	Ön kabinler (MCT1 and MCT2)	In cab car MCF1
Anten	4	2	Ön kabinler (MCT1 and MCT2)	In cab car MCF1

2.4. Avrupa Demiryolu Trafik Yönetim Sistemi (ERTMS)

2.4.1 ERTMS/ETCS tanımı

ERTMS, Avrupa Demiryolu ağı için ortak bir sinyalizasyon sisteminin adıdır. ERTMS, sinyalizasyon sistemi için ETCS ve haberleşme sistemi için GSM-R olmak üzere iki bölümden oluşur.

Modern sinyalizasyon sistemlerinin gelişmesiyle birlikte Avrupa'da yaklaşık 20 farklı sinyalizasyon sistemi kullanmaktaydı. Trenler ülkeler arasında farklı sinyalizasyon sistemlerinden geçerken araçüstü ekipmanlarının farklı olması nedeniyle sorunlar yaşanmaktaydı. Her bir sinyalizasyon sistemine uygun araçüstü ekipmanı monte etmek maliyetli ve fazla yer kaplayacağından dolayı sorunlar oluşmaktaydı. Avrupa ülkeleri ve Avrupa'nın ileri gelen endüstri kuruluşları, ülke sınırlarında komşu sinyalizasyon sistemlerinin trenlerin durmadan ilerlemesine imkan sağlaması ve komşu sinyalizasyon sistemlerinin birlikte işlerlik kazanabilmesi amacıyla bir sistemin geliştirilmesi çalışmalarına 1990'lı yıllarda başlamışlardır. 1996 Temmuzunda Avrupa Birliği tarafından birlikte işlerlik yönetmeliği kabul edildi.

Komşu sinyalizasyon sistemlerinin arasındaki bu uyumsuzluğun ortadan kaldırılabilmesi ve ortak bir sinyalizasyon sisteminin oluşturulması için ERTMS/ETCS projesi UIC önderliğinde Avrupa Sinyalizasyon sistemleri üreticilerince oluşturulan bir platform tarafından tasarlanarak başlatılmıştır. ETCS, ERTMS programının bir alt kümesi olarak düşünülebilir ve ERTM'nin tüm sinyalizasyon teknolojisini kapsar.

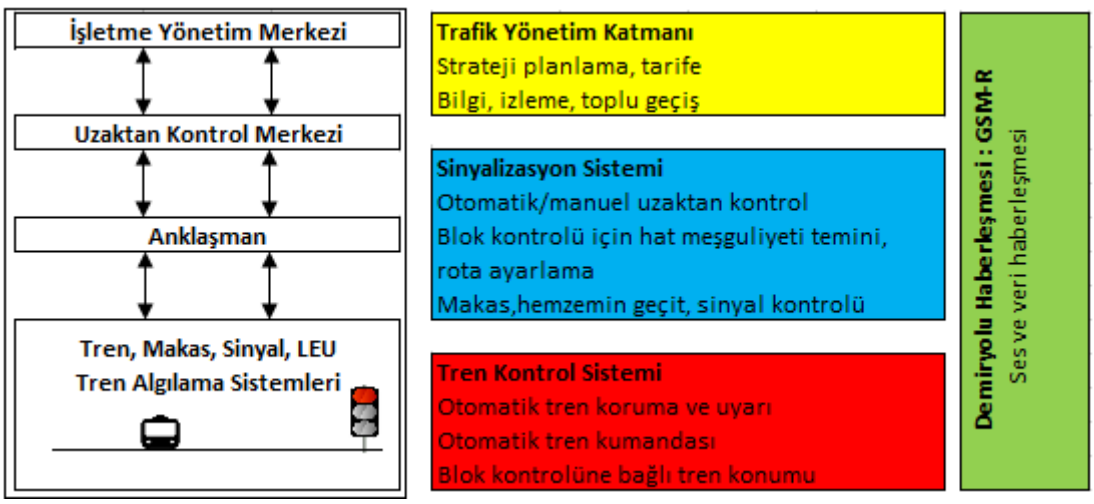
ERTMS aşağıdaki iki temel fonksiyonu amaçlamaktadır:

Tren hareketlerinin kontrolünün ve kumandasının sağlaması: Demiryolu ağında emniyetli bir tren işletmeciliğini sağlar.

Tren yönetimi: trafik ve altyapı yönetimi ile ilgili olup zamandan faydalanma ile hat kapasitesinin optimizasyonunu sağlar.

2.4.2 ERTMS geçmişi

1957 yılına kadar Avrupada taşıma politikası belirsizdi. 1993 yılından itibaren Avrupa Komisyonu, demiryolu projelerinde Trans-Avrupa taşıma ağına önem verdi. O zamanlar çeşitli sinyal sistemleri, güç sistemleri vb. ilgili mevcut durum göz önüne alındığında, ortak bir sinyalizasyon sistemine ihtiyaç vardı. Ortak bir sinyalizasyon sistem için yapılan ilk çalışmalar 1989 yılında başladı ve Nisan 2000'de ERTMS zorunlu şartnamesi Avrupa Komisyonu'na teslim edildi.



Şekil 2.59. ERTMS'nin fonksiyonel yapısı ve ilgili Avrupa faaliyetleri

Şekil 2.59'da ERTMS'nin yapısı gösterilmiştir. ERTMS uygun uygulama seviyesine dayalı trafik koşullarına göre tren işletimini gerçek zamanlı olarak denetlemek ve kontrol etmek için tüm trenler, ray hattı ve ve hat donanımından oluşur [35].

ETCS, ERTMS'nin bir alt kümesidir ve altyapıya bağlı olarak aşırı hız ve aşırı devire karşı bir koruma sağlamalıdır. Gelişme 1989 yılından önce başladı ve Kasım 2003'te ETCS Seviye 2'nin ticari testleri bitti, normal işletmeye açıldı [35]. Bundan önce çeşitli testler yapıldı:

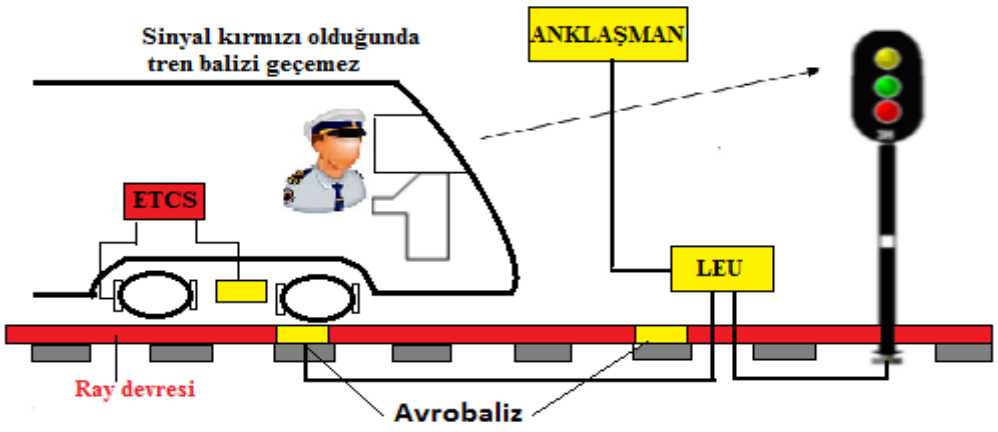
- Germany, Berlin – Halle – Leipzig 154 km, seviye 1 and 2

- Italy, Firenze – Arezzo 70 km, seviye 2
- Spain, Albacete – Villar de Chinchilla, 38 km, seviye 1 and 2
- The Netherlands, Maastricht – Heerlen and Leewarden – Meppel, seviye 1 and 2

2.4.3 ERTMS Seviyeleri

2.4.3.1. ERTMS Seviye 1

ERTMS/ETCS Seviye 1 sisteminde tren hareket yönündeki varılacak sinyallere ait sinyal renk bildirileri, trenin ilerlediği hat kesiminde yapılacak maksimum hız, trenin duracağı noktaya olan mesafe ve trenin ilerlediği istikametteki kurp, tünel ya da tren hızını sınırlayabilecek bütün bilgiler yol boyuna tahsis edilen ekipmanlar tarafından tren üzerine tahsis edilmiş araçüstü ekipmanına iletilmektedir. Hat boyundan alınan bütün bu bilgiler araçüstü ekipmanının bilgisayarı tarafından değerlendirilerek makinist kabininde bulunan ekran ile sesli ve görsel olarak makiniste bildirilmekte ve tren hızı alınan bilgilere göre sürekli olarak değerlendirilmektedir. Makinistin uyarıları dikkate almaması durumunda araç üzerine tahsis edilmiş hayati bilgisayar aldığı bilgiye göre otomatik olarak treni yavaşlatmakta ya da frene geçirmektedir. Şekil 2.60'da ERTMS Seviye 1 sistemi gösterilmiştir.

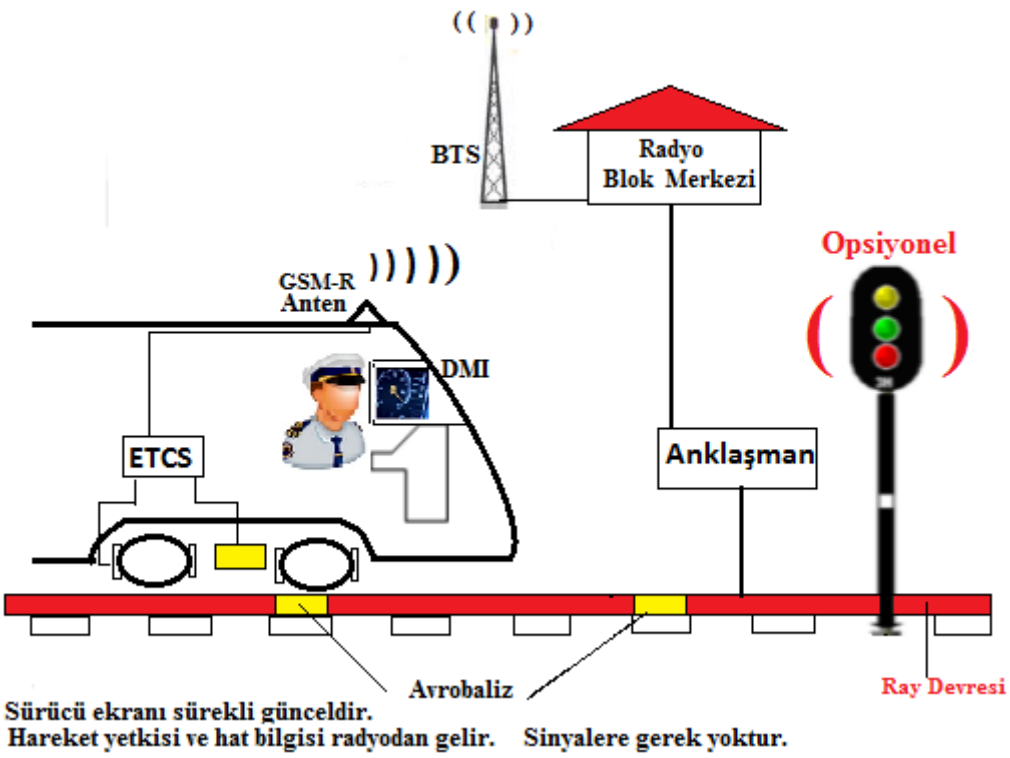


Şekil 2.60. ERTMS Seviye 1 sistemi

2.4.3.2 ERTMS Seviye 2

ERTMS/ETCS Seviye 2 ise sinyalizasyon sisteminin üzerine kurulan radyo tabanlı bir tren kontrol sistemidir. Radyo ortamı olarak GSM-R kullanılmaktadır. ERTMS/ETCS Seviye 2 tarafından sağlanan işlevsellik ERTMS/ETCS Seviye 1 tarafından sağlanan tüm

özellikleri ve işlevsellikleri kapsamaktadır. ERTMS/ETCS Seviye 1' den farklı olarak hat boyu sinyalizasyon sistemleri tarafından üretilen tren hareket yetkisi tren araçüstü ekipmanına GSM-R aracılığı ile iletilir. Yol boyu ile trenin araçüstü ekipmanı arasında sürekli bir haberleşme mevcut olduğundan sinyalizasyon bilgilerindeki değişiklikler anlık olarak trene iletilebilir. Bu sistemde yol boyu sinyallerinin kullanılması zorunlu değildir. Trenin konum bilgisi tren algılama sistemleri (ray devreleri, dingil sayıcılar) ile sağlanır. Şekil 2.61'de ERTMS Seviye 2 sistemi gösterilmiştir.

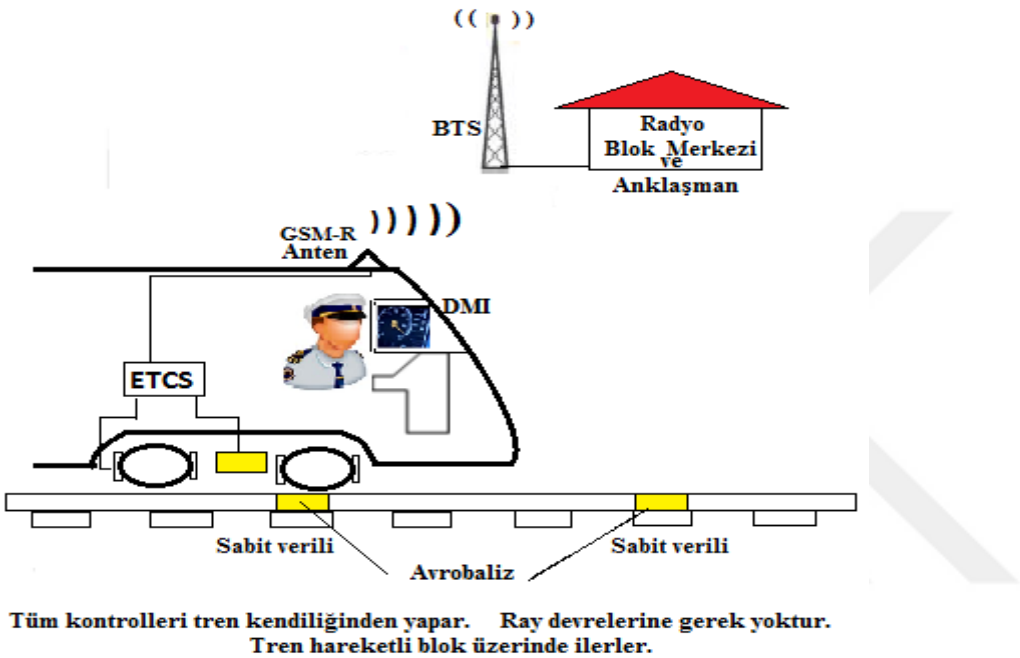


Şekil 2.61. ERTMS Seviye 2 sistemi

2.4.3.3 ERTMS Seviye 3

ERTMS/ETCS Seviye-3, Seviye-2 ile benzer özellikler gösterir. Trenin eksiksiz olduğunu gösteren araçüstü konum tespit sistemi vardır. Bu yüzden tren tespit ekipmanlarına ihtiyaç duyulmaz ve hattan kaldırılabilir. Seviye 3 sistemi de araçüstü bilgisayarının kontrol merkeziyle haberleşmesini sağlayan araçüstü radyo sistemine ihtiyaç duyar. Bağımsız pasif balizler sadece konum bilgilerini içerir. Hat karakteristiği önceden araçüstü bilgisayara yüklenmiştir. Tren balizin üzerinden geçerken bir sonraki konum bilgisini alır. Tren bilgisayarı, trenin o anda nerede olduğunu belirleyerek radyo

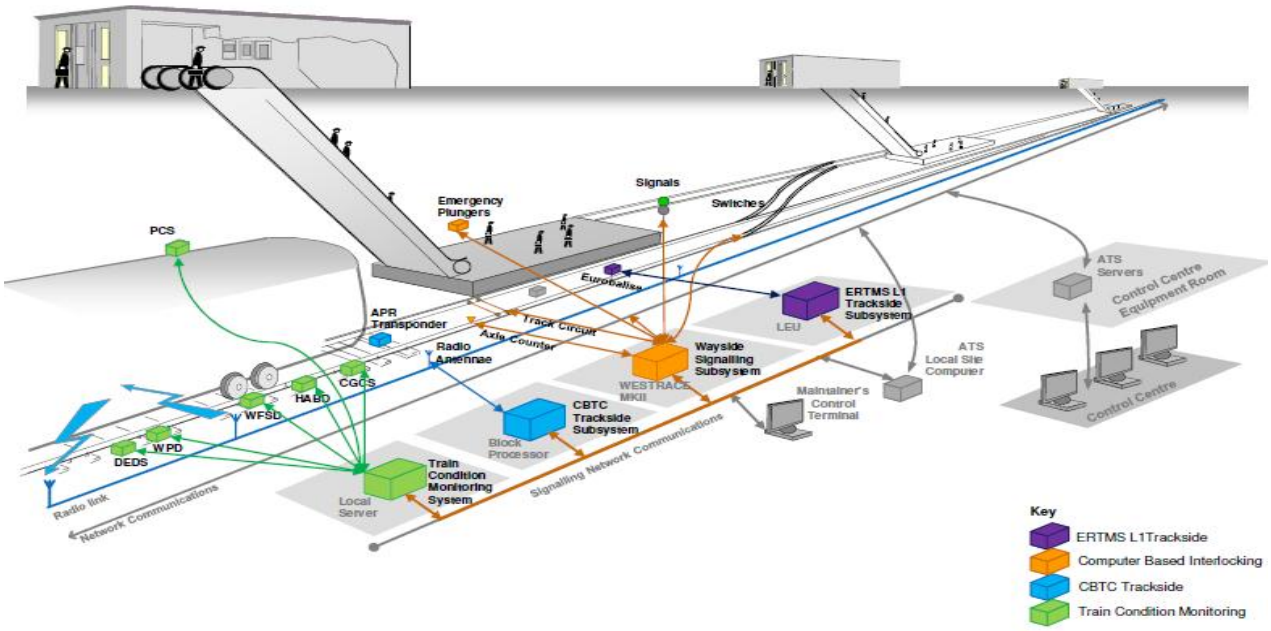
sistemiyle kontrol merkezine iletir. Radyo yardımı ile hattaki trenin pozisyonunu alan kontrol merkezi yeni hareket komutunu belirler ve bunu yine radyo aracılığı ile trene iletir. Daha sonra tren üstü bilgisayarı aldıgı bu yeni hareket komutuna göre hız profilini ve bir sonraki frenleme noktasını hesaplar. Bu bilgiler makiniste önündeki ekran vasıtasıyla yansıtılır. Radyo iletimi ile hareket komutunu sık olarak güncellenir, trenlerin birbirini yakından takip etmesi sağlanır ve bu da hat kapasitesini oldukça arttırır. Şekil 2.62'de ERTMS Seviye 3 sistemi gösterilmiştir.



Şekil 2.62. ERTMS Seviye 3 sistemi

2.4.4. Marmaray ERTMS Seviye 1 Sistemi

Avrupa Birliği ülkeleri arasında tren geçişlerinde yaşanan sorunları gidermek için ortak işlerliği olan ERTMS sistemi oluşturulmuştur. Marmaray'da ERTMS Seviye 1 sistemi kullanılmaktadır. Şekil 2.63'te sinyalizasyon sistem mimarisi gösterilmiştir.



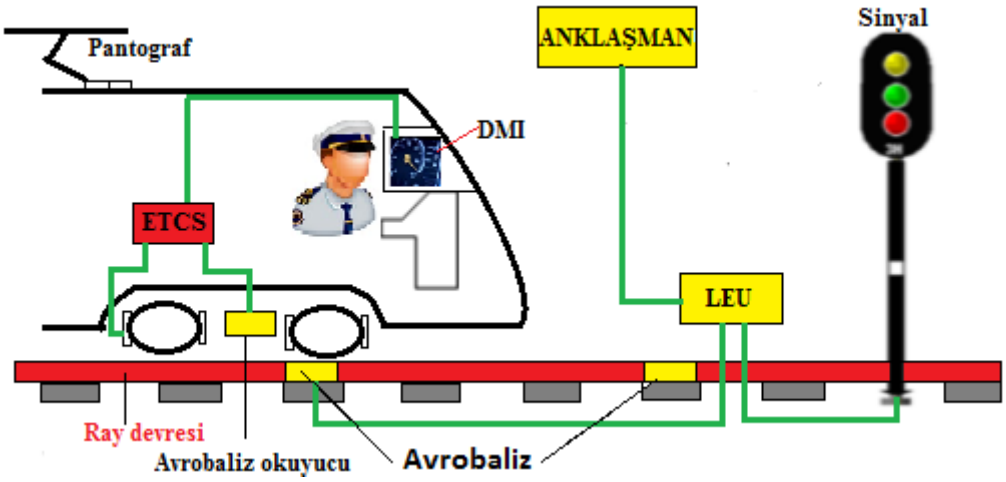
Şekil 2.63. Sinyalizasyon sistemi mimarisi [27]

Sinyalizasyon sistemi temel bileşenleri: Anklaşman, sinyaller, makas motoru, ray devreleri, dingil sayıcılar, peron acil durdurma butonları ve araçüstü ekipmanlar olarak belirtilmişti. ERTMS ekipmanları aşağıda belirtildiği gibidir:

ERTMS ekipmanları:

- Hatboyu elektronik ünitesi (LEU)
- Avrobaliz
- Geçici hız sınırlama yöneticisi (TSRM)
- Araçüstü ekipman

Şekil 2.64'te ERTMS ekipmanları gösterilmiştir.



Şekil 2.64. ERTMS ekipmanları

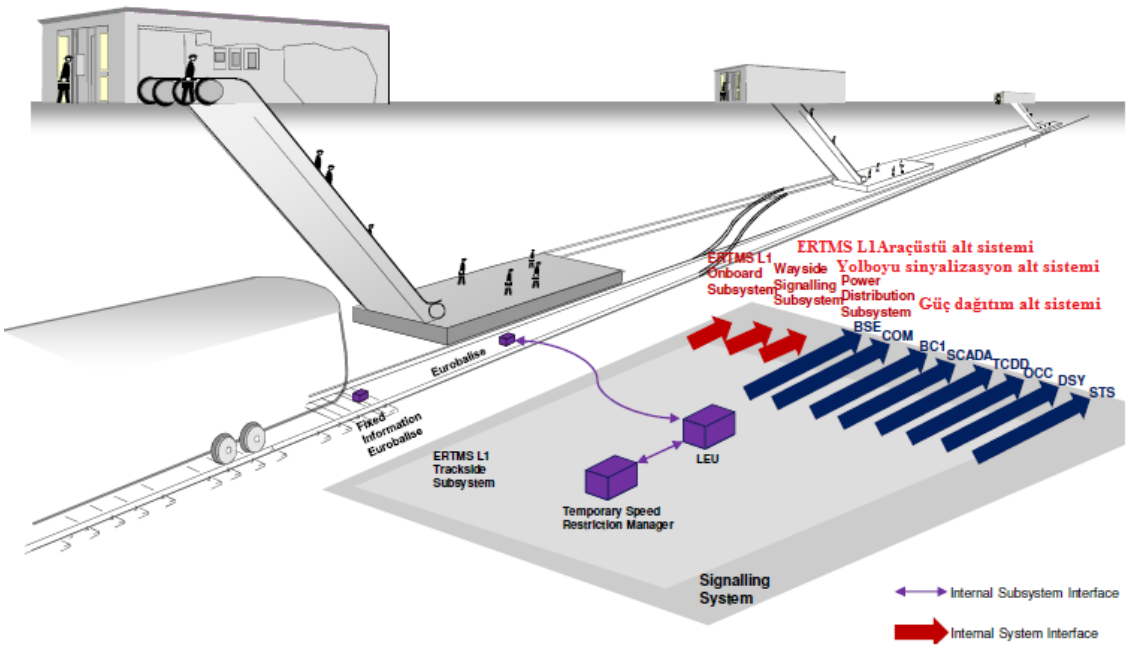
ETCS sistemi, hatboyu ile trenler arasında baliz tabanlı tek yönlü haberleşmeye dayalıdır. Anklaşman verilerine bağlı olarak LEU, gerekli hareket iznini (MA) seçerek hat verileri ile birlikte baliz aracılığıyla gönderir. Avrobalizler, treni yönetmek için gerekli olan farklı bilgileri göndermek ve aynı zamanda odyometri hatasının düzeltilmesi yoluyla tren konumunun güncellenmesi amacıyla kullanılır.

Marmaray'da Hat 1 ve Hat 2'de ERTMS Seviye 1 ile CBTC sistemi birlikte donatılmıştır. Hat 3 ise sadece şehirlerarası trenlere ve yük trenlerine hizmet edeceğinden dolayı ERTMS Seviye 1 ile donatılmıştır. Şekil 2.65'te Marmaray hatlarındaki sinyalizasyon sistemleri gösterilmiştir.



Şekil 2.65. Marmaray hatlarındaki sinyalizasyon sistemleri

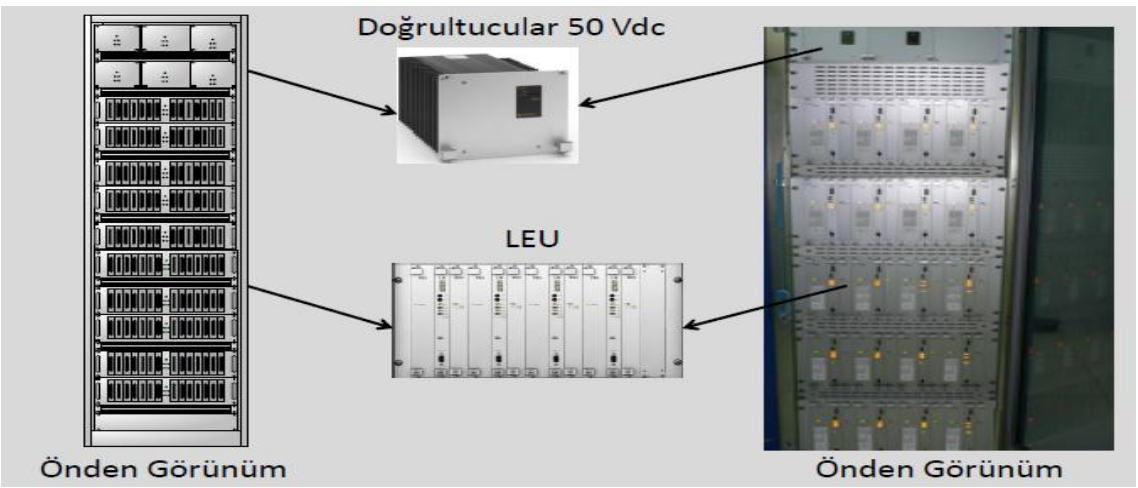
Şekil 2.66'da ERTMS Seviye 1 sistem mimarisi gösterilmiştir.



Şekil 2.66. ERTMS Seviye 1 sistem mimarisi [27]

2.4.4.1. Hatboyu elektronik ünitesi (LEU)

Avrobalizlere bilgi gönderir. Bu bilgiler avrobaliz üzerinden geçen trene iletilir. Marmaray'da Future 1300 LEU kullanılmaktadır. LEU, hat boyu ekipmanlarından alınan bilgilere dayalı olarak avrobalizler tarafından araçüstü kabinine gönderilecek telegramları üretir. Gönderilen telegram, ERTMS birlikte işlerlik şartlarına uygun olarak treni güvenli bir şekilde hareket ettirmek amacıyla araçüstü ekipmana hareket izni verir. Şekil 2.67'de LEU dolapları gösterilmiştir.

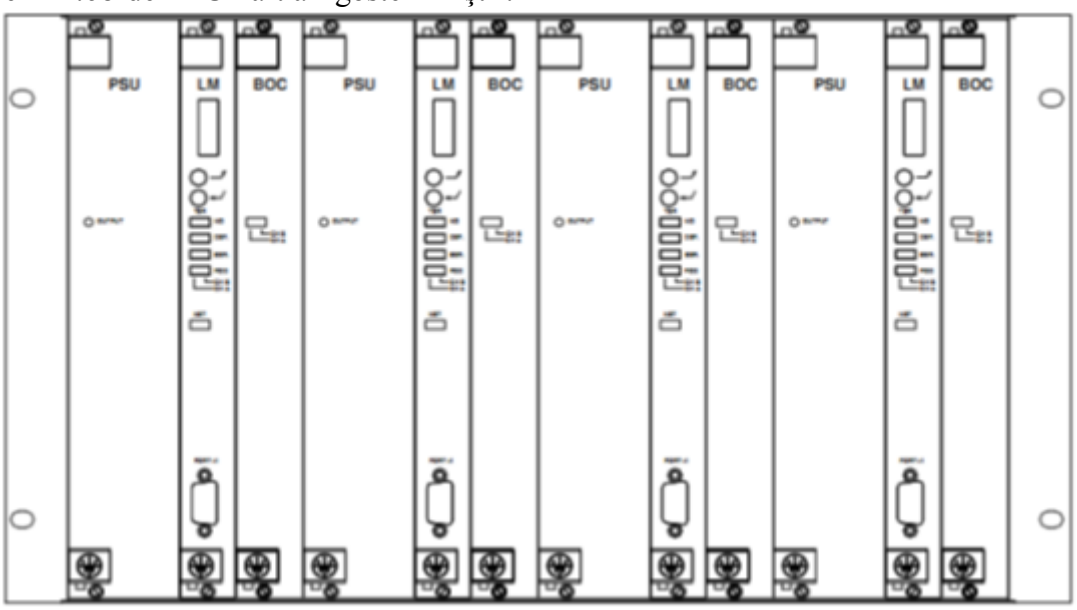


Şekil 2.67. LEU dolapları [27]

LEU kartları:

- Lojik Modülü (LM)
- Lojik Modülü Arka Kartı (LMRC)
- Güç Kaynağı Ünitesi (PSU)
- Baliz Çıkış Kartı (BOC)
- 3 Yuvalı Arka Düzlem (BP-QRS) şeklindedir.

Şekil 2.68'de LEU kartları gösterilmiştir.



Şekil 2.68. LEU kartları [27]

- Lojik Modülü: İşlemci modülüdür. Aşağıdaki ekipmanlardan oluşur:
  - Yazılım yürütmek ve haberleşmek için iki hayati işlemci
  - İki seri bağlantı arayüzü RS232/485 ve 1 IP Ağ arayüzü
  - Alfanümerik ekran
  - Konfigürasyon bilgilerini görüntülemek için kullanılan 2 basma düğmesi
  - Verilerin konfigüre edilmesini sağlayacak bir köprüleme kablosu kullanan SUB-D konnektörü
  - Üç mikro anahtar (SW4, SW5, SW6)

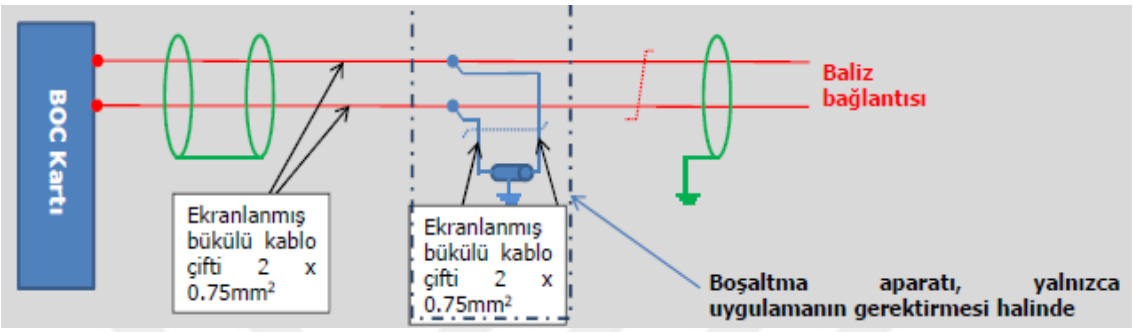
- Lojik Modülü Arka Kartı: Sistem rafına bağlıdır. LEU tanıtım numarası içerir.

10/100 MHz Ethernet bağlantı noktası sağlar.

- Güç Kaynağı Ünitesi: 48 Vdc ile beslenir. Elektronik modülleri beslemek için +3.3Vdc, +5Vdc, +12Vdc ve – 12Vdc gerilim sağlar.

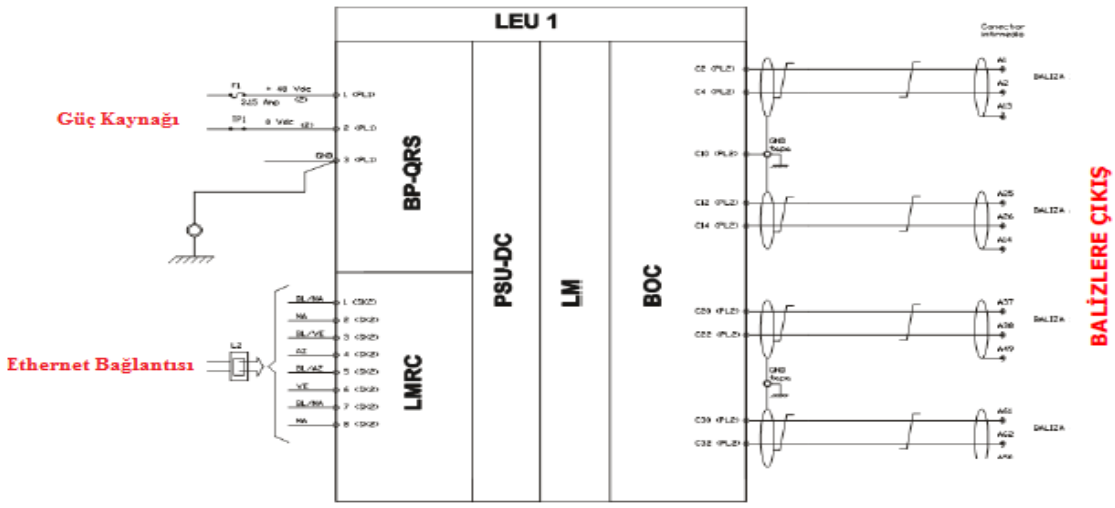
- Baliz Çıkış Kartı: Lojik modülü ile haberleşir ve balizler için çıkış sağlar. Galvonik izolasyonu ve durum göstergeleri bulunur.

Şekil 2.69'da BOC kartı ve baliz bağlantı şeması gösterilmiştir.



Şekil 2.69. BOC kartı ve baliz bağlantı şeması [27]

Şekil 2.70'te ERTMS seviye 1 kartları gösterilmiştir.



Şekil 2.70. ERTMS seviye 1 kartları [27]

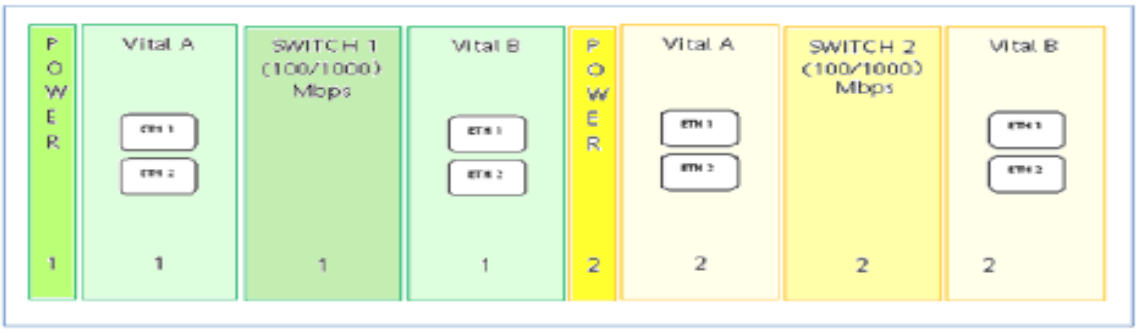
2.4.4.2. Geçici hız sınırlama yöneticisi (TSRM)

ERTMS Seviye 1 hatboyu sistemine ve CBTC hatboyu sistemine geçici hız sınırlamaları ve gerçek zamanda ATS'den gönderilen diğer hat koşulları ile ilgili tüm bilgileri sağlayan endüstriyel gömülü bilgisayar tabanlı bir sistemdir. Bu komutlara ilişkin bilgiler yalnızca ilgili ekipmanlara gönderilir.

Gönderilen bilgilerin amacı, LEU'nun sorumluluğundaki bölgelerde trenlerin güvenli hareketini sağlamak için Trafik Kontrolörü tarafından gönderilen komutlara ilişkin

bilgiler sağlamaktır.

TSRM, CPU'lardan ve iki güç kaynağından oluşur. TSR yöneticisinde farklı işlemci kartları arasında haberleşme sağlamak amacıyla iki adet 100/1 Mbps'lik anahtar bulunur. Şekil 2.71'de Geçici hız sınırlaması yöneticisi gösterilmiştir.



Şekil 2.71. Geçici hız sınırlaması yöneticisi [27]

Ekipmanların hava soğutmasını sağlamak için, TSR Yöneticisinde havanın içeri çekilmesi (FAN IN) ve dışarı çıkarılması (FAN OUT) için bağımsız fanlar bulunur.

- İşlemci Kartı: TSR yöneticisinde 4 işlemci kartı vardır. A bölümü için 2 ve B bölümü için 2 işlemci kartı vardır. Celeron ve Dual core işlemci kartı kullanılabilir.
- Anahtar: Bu modül güçlü gigabit bağlantıları sağlar. Ön paneli, 5 gigabit ethernet girişi ile donanımlıdır.
- Güç kaynağı: Dahili ekipman kaynakları için güç konventörleri ve giriş koruması içerir. Her bir güç kaynağı, kaynak hatlarında meydana gelen aşırı ısınma, gerilim darbeleri ve geçici dalgalardan korunur.

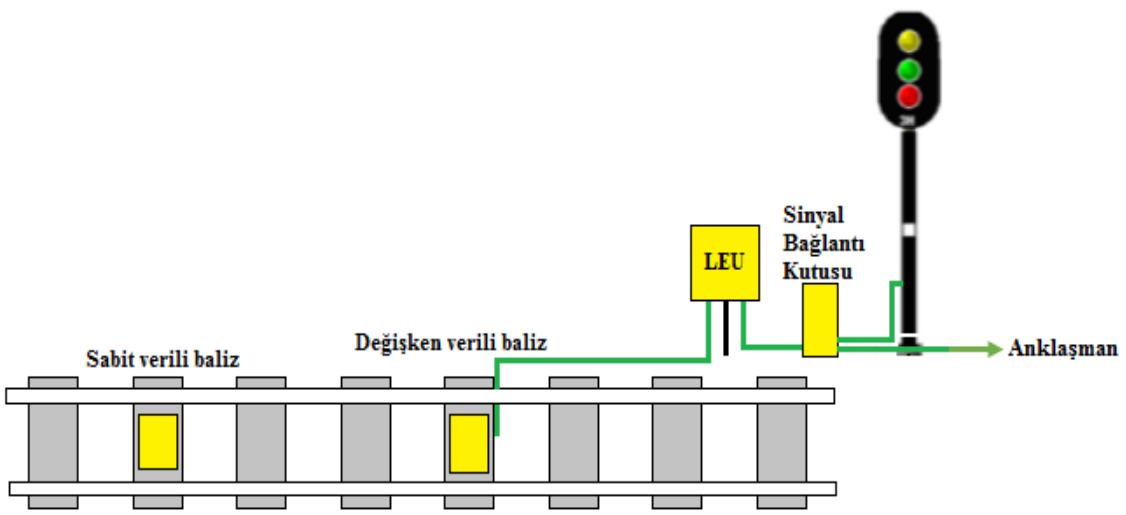
2.4.4.3 Avrobaliz

Avrobaliz, hatboyunda herhangi bir noktada konum bilgisi ve tren kontrolü amacıyla trene bilgi gönderir. Sabit verili baliz ve değişken verili baliz olmak üzere iki çeşittir. Şekil 2.72'de avrobaliz gösterilmiştir.



Şekil 2.72. Avrobaliz

Sabit baliz üzerine yüklenmiş olan sabit konum bilgisini trendeki baliz okuyucu vasıtasıyla trene iletir. Değişken verili baliz sinyal verilerine göre değişken verileri iletir. Değişken verili baliz kablo aracılığıyla hatboyu LEU'suna bağlıdır. Şekil 2.73'te LEU ve balizler gösterilmiştir.



Şekil 2.73. LEU ve balizler

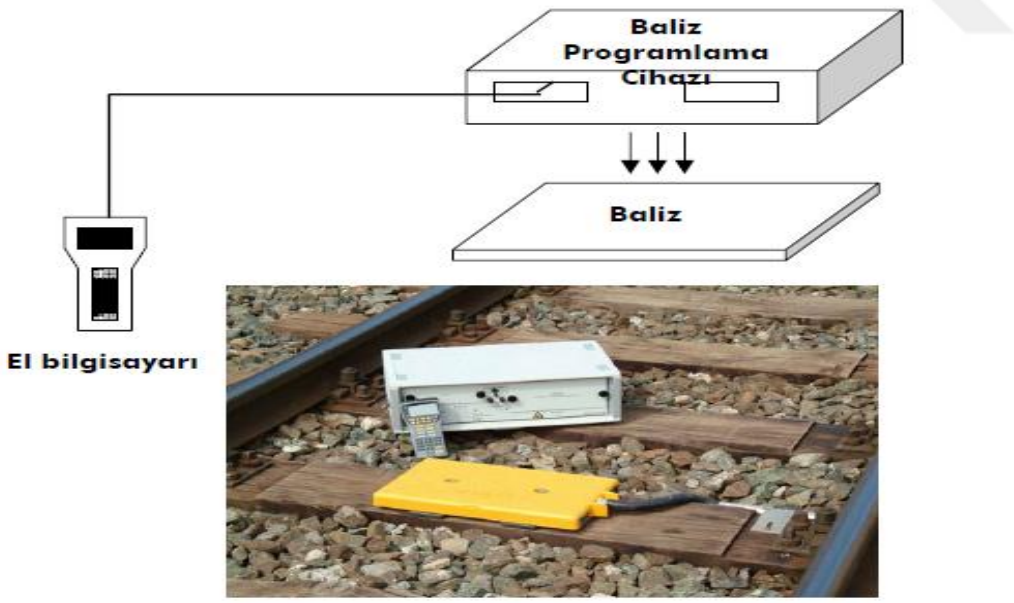
Avrobaliz yükseltici: Avrobaliz yükseltici, LEU ile avrobaliz arasındaki mesafe en yüksek aralığı aştığında LEU ile avrobaliz arasında yardımcı ara bağlantı elemanıdır. Yükseltici, güç kaynağı ve sinyal güçlendirme kartından oluşur. Şekil 2.74'te avrobaliz yükseltici gösterilmiştir.



Şekil 2.74. Avrobaliz yükseltici [27]

Güç kaynağı, bir AA-DA güç konventörüdür. 220 V AC'lik gerilimi 12V Dc'lik gerilime çevirir.

Yükseltici kartı, ekipmanın ana fonksiyonunu yerine getiren sistem elemanıdır. Önemli bir mesafe gidildikten sonra bozulan, LEU tarafından gönderilen sinyali alır ve bu sinyalden doğru seviyelerle yeni bir sinyal üretir. Üretilen sinyal, LEU'dan alınan sinyal ile aynı bilgileri içerir. Tek fark doğru gerilim seviyelerine sahip olmasıdır. Şekil 2.75'te programlanabilir baliz ve bağlantı şeması gösterilmiştir.

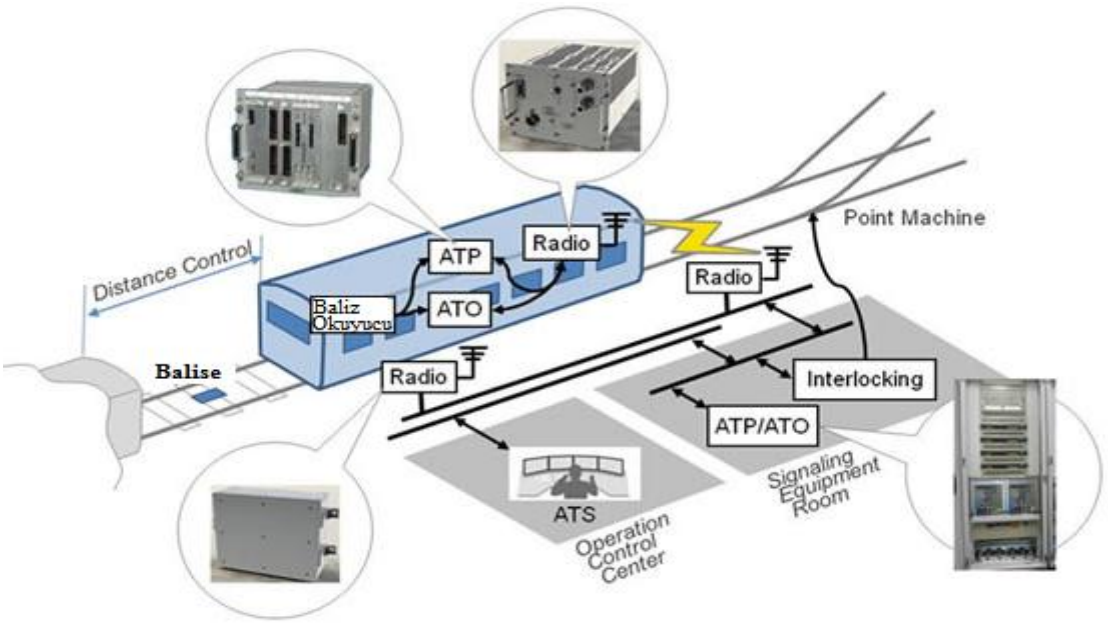


Şekil 2.75. Programlanabilir baliz ve bağlantı şeması

2.4.5 Haberleşmeye Dayalı Sinyalizasyon Sistemi (CBTC)

2.4.5.1 CBTC tanımı

Haberleşmeye Dayalı Sinyalizasyon Sistemi araçüstü ekipmanları ile saha ekipmanları arasında çift yönlü ve sürekli bir haberleşmeye (Airlink) dayanan tren kontrol sistemidir. Bu sistem, radyo (telsiz) sistemini ve sanal blok teknolojisini kullanmaktadır. CBTC otomatik blok sistemini temel alan fiziksel bloklara gerek duyulmayan bir sistemdir. Şekil 2.76'da CBTC sistemi gösterilmiştir.

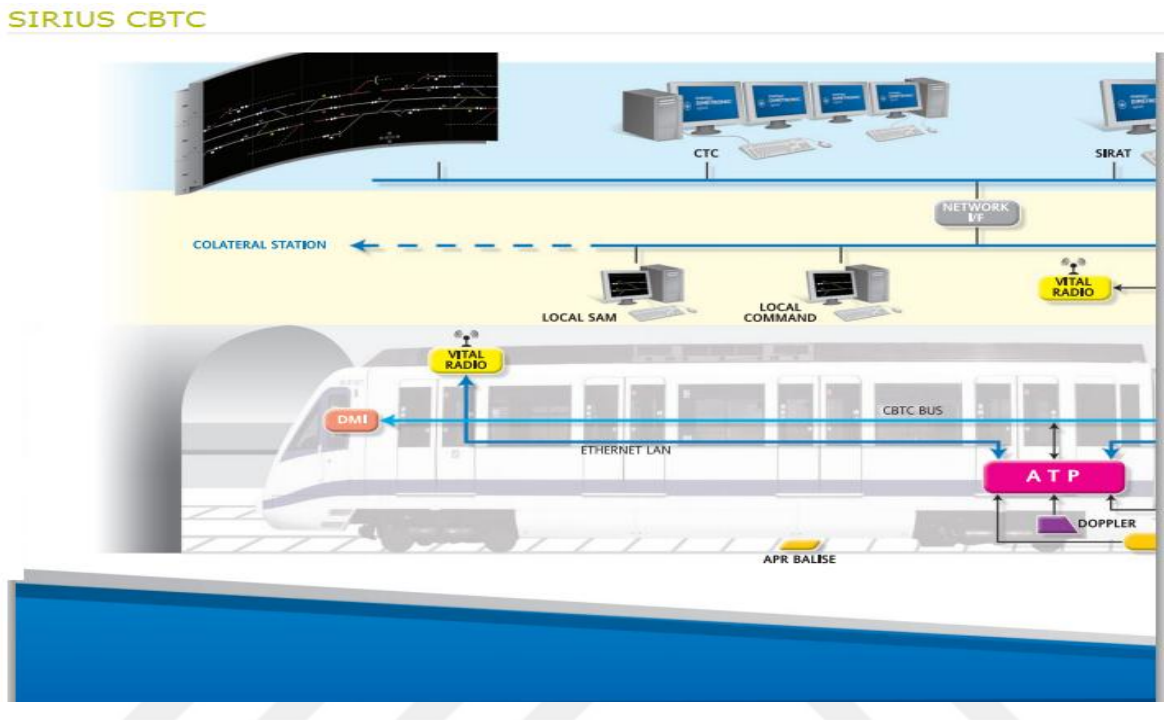


Şekil 2.76. CBTC sistemi [51]

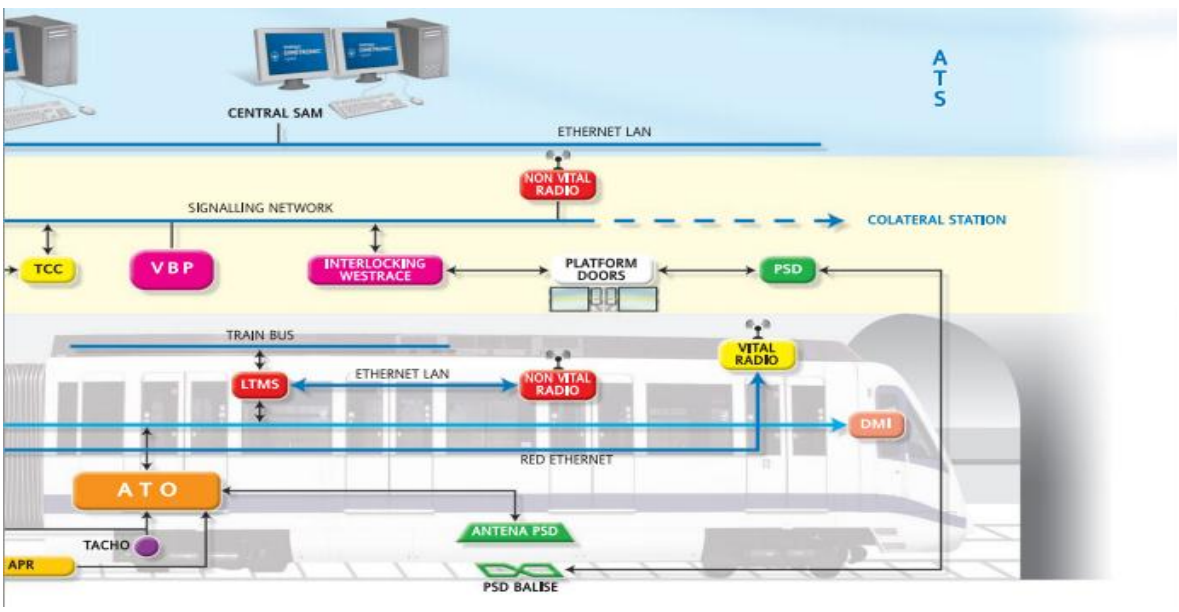
Araçüstü ekipmanları ile hattaki ekipmanlar arasında çift yönlü ve sürekli veri iletişimi vardır.

Her bir trene, sürekli olarak kendi Hareket Yetkisi (MA) blok işlemciler yardımıyla verilir. MA'da yer alan bilgiler sayesinde, ATP sistemi sürekli olarak trenin hızını denetler ve MA'nın aşılmaması için hızı azaltır veya treni durdurur. Bunu gerçekleştirebilmek için, her tren, konumunu sürekli olarak, radyo aracılığıyla hat üzerindeki Blok İşlemcisine (BP) rapor eder. BP, trenlerin konum bilgisini ve anklaşman tarafından gönderilen ray durumunu, her tren için MA'yı yeniden hesaplamak amacıyla kullanır. MA ray profil verileri ile birlikte Yolboyu İletişim Kontrolü (TCC) aracılığıyla radyo üzerinden gönderilir. MA'nın hesaplanma süreci sanal hareketli blok teknolojisine dayanır. Kesin Konum Referansı (APR) balizleri, hat boyunca belirli aralıklarla

yerleştirilir. APR balizi üzerindeki konum bilgisi, trenin geçişi esnasında trende bulunan apr okuyucu tarafından aktif edilir ve trene konum bilgisi iletilmiş olur. Trenin otomatik moddaki hareketi ATO ekipmanı tarafından kontrol edilir. Tam otomatik modda makiniste gerek yoktur. Şekil 2.77'de Marmaray Haberleşmeye Dayalı Sinyalizasyon Sistemi (CBTC) şeması görülmektedir.

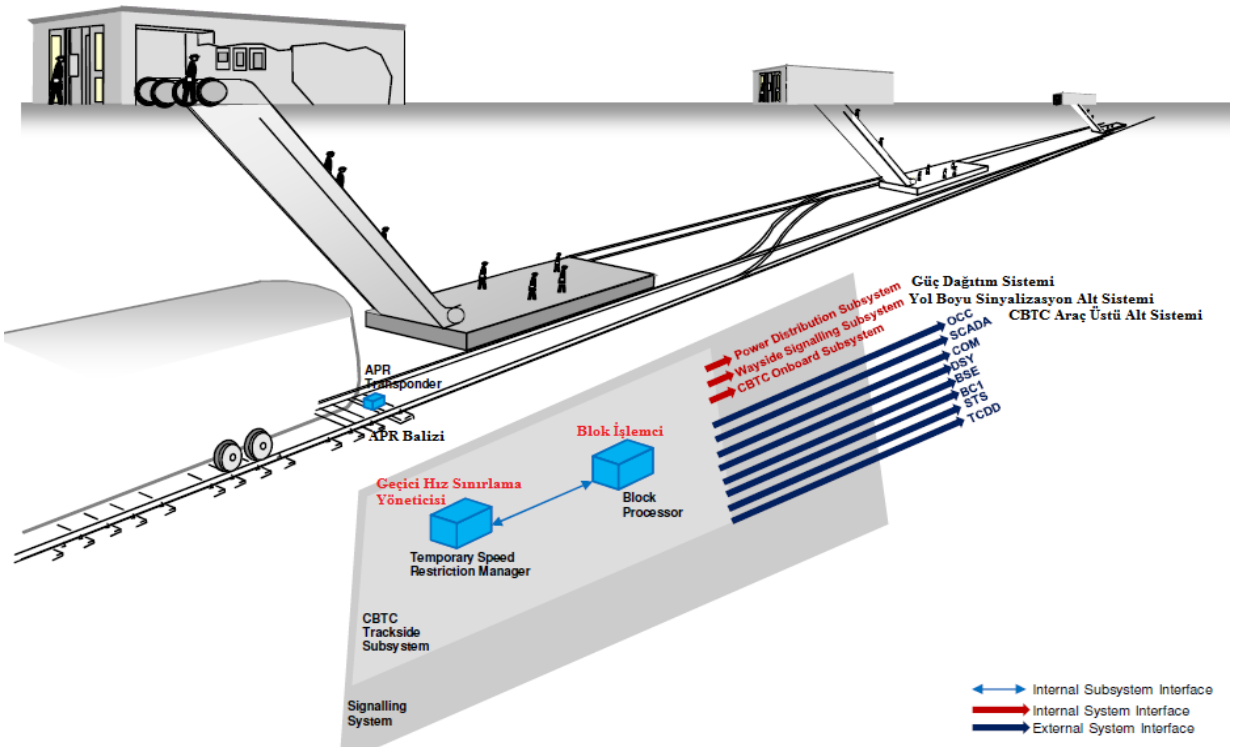


Şekil 2.77.a. CBTC şeması [37]



Şekil 2.77.b. CBTC şeması (devamı) [37]

Marmaray'da otomatik modda tren kullanabilmek için makiniste ihtiyaç vardır. Trenin otomatik modda ilerleyebilmesi için makinistin başlangıç yetkisini aktif hale getirmesi gerekir. Aynı zamanda istasyonlarda trene yolcu bindikten sonra kapıları kapatmak için makiniste gerek duyulmaktadır. Otomatik modda bazı durumlarda kapılar kendiliğinden açılmadığında makinistin müdahalesine ihtiyaç duyulmaktadır. Kapıların açılıp, kapatılması ve başlangıç yetkisi için kabinde butonlar bulunmaktadır. Şekil 2.78'de CBTC Hatboyu alt sistemi gösterilmiştir.

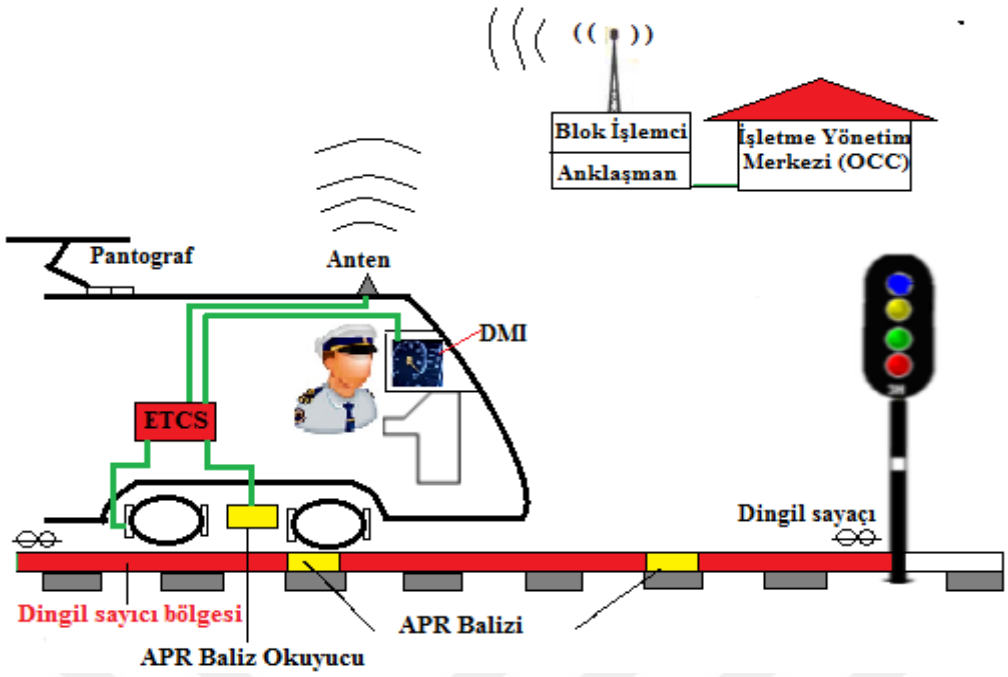


Şekil 2.78. CBTC Hatboyu alt sistemi [27]

CBTC ekipmanları :

- Geçici Hız Sınırlama Yöneticisi (TSRM)
- Blok İşlemcisi (BP)
- APR Balizi

Şekil 2.79'da gösterilen CBTC sisteminde tren, üzerinde bulunan radyo anteni yardımıyla BP ile sürekli iletişim halindedir. BP anklaşman yardımıyla OCC ile irtibat halindedir. Makinist voltaj bilgilerini ve trenin arıza ihbarlarını tren kontrol ve izleme ekranından (TCMS) takip etmektedir.



Şekil 2.79. CBTC sistemi

Hat üzerinde APR balizleri, tren konumunu tespit etmek ve konum bilgilerini güncellemek için kullanılır.

Araçüstü ekipmanlar, BP tarafından verilen hareket izninin aşılmasını engellemek amacıyla tren hız ve konumunu sürekli olarak denetlemekten sorumludur.

2.4.5.2 Blok işlemci (BP)

BP, CBTC hatboyu alt sisteminin ana bileşenidir. Her bir BP, işletme alanını kapsayacak şekilde belirli bir alanı kontrol eder. Marmaray'da BP1 Yenikapı, BP2 Sirkeci, BP3 Üsküdar, BP4 Ayrılık Çeşmesi bölgesini kontrol etmektedir.

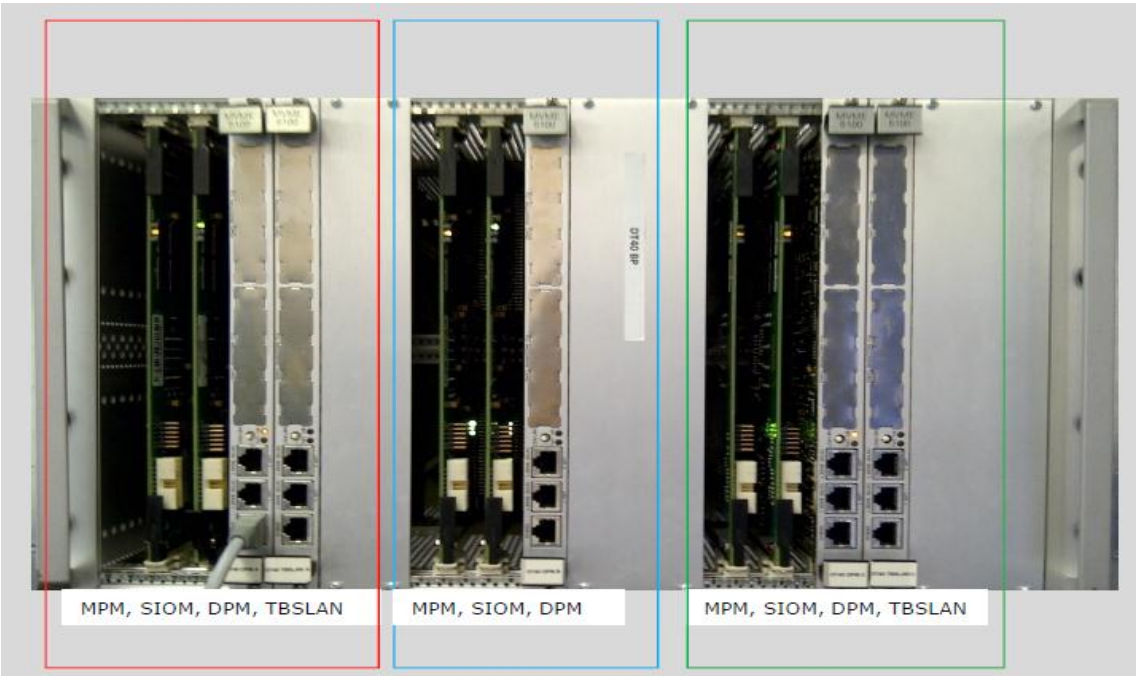
BP ekipmanı, bir ethernet internet protokolü (LAN/WAN) ağı çevresinde kurulur. Bu kurulum, BP'ye esneklik kazandırır ve sistemin kolaylıkla genişletilmesini sağlar. ATS, anklaşman ve diğer BP'lere kolaylıkla bağlanmak mümkün olur.

Her bir BP, kendi kontrol bölgesi içindeki telsiz haberleşmelerinin yönetiminden ve trenlerin güvenli bir şekilde hareket etmesi için her bir trene hareket yetkisi (MA) verilmesinden sorumludur.

BP, hatboyu sinyalizasyon ekipmanlarından alınan bilgilere (ray devresi durumu, rota tanzimleri) ve araçüstü ekipmanları ile yapılan bilgi alışverişine (tren konumuna) bağlı olarak trene gönderilecek mesajları hazırlayan bilgisayar tabanlı bir sistemdir. Trene

gönderilen mesajların temel amacı, BP'nin sorumluluğu altındaki trenlerin güvenli hareketini sağlamak amacıyla MA'ları ve coğrafik bilgileri (hız profilleri, eğimler…) sağlamaktır.

BP için mutlaka tetra telsiz haberleşme sistemi olmalıdır. Telsizlerde oluşabilecek kesintilerde BP çalışmamaktadır. BP mesajları, otomatik tren işletimi için değişken veriler sağlayacak şekilde yönlendirilebilir. Bu nedenle güvenlik açısından önemli bir sistemdir. Şekil 2.80'de BP ön panel görünümü gösterilmiştir.



Şekil 2.80. BP ön panel görünümü [27]

- Ana işlemci modülü (MPM): Uygulama kodunu çalıştırmak ve değişken verileri kaydetmek için yeterli belleğe sahip bir ana işlemci sağlar.
- Seri giriş/çıkış modülü (SIOM): Ana işlemci için tamponlanmış seri I/O sağlar. Ana işlemcinin kesintisiz olarak yazılımı yürütmesini sağlar.
- İletim tabanlı sistem LAN modülü (TBSLANM): 100baseTX ethernet bağlantıları ile harici LAN için tamponlanmış seri bağlantılar sağlar. Aynı zamanda, tanı ve bakım için bir hata ayıklama noktası da içerir.

- Farklı işlemci modülü (DPM): BP işlemcisinin çıkışlarını kontrol edecek farklı bir mekanizmadır. BP için DPM, MPM çıkışını farklı bir şekilde kontrol eder ve olası sorunlara, hatalara uygun reaksiyon sağlar.

2.4.5.3 Geçici hız sınırlama yöneticisi (TSRM)

Hat boyundaki hız sınırlamalarını kontrol edecek şekilde BP'ye bilgi gönderir. TSR'leri oluşturmak, iptal etmek için gerekli bilgileri sağlamakla görevlidir.

2.4.5.4 APR balizi

APR balizinin amacı trene, hat boyu ekipmanlarına bilgilendirmek üzere konum bilgilerini iletmek ve ekipmanların doğru yerleştirilmesine yardımcı olmaktır. Araçüstü ATP ve ATO ekipmanları konum bilgilerini yakalar.

APR balizlerinin içerdiği bilgiler:

- Trene iletilecek konum bilgisi
- O bölgedeki aktif BP'nin tanımı
- Bir sonraki aktif BP'nin tanımı
- O bölgede kullanılacak telsiz kanalları
- Araçüstü ATC ekipmanına uygunluğunu kontrol etmek için APR sürümü

Şekil 2.81'de APR balizi gösterilmiştir.



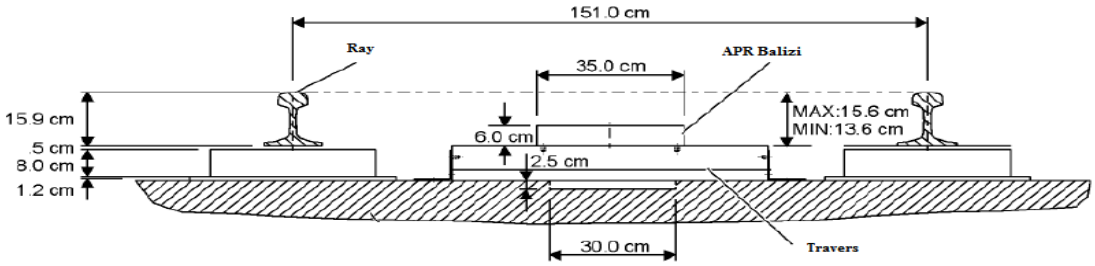
Şekil 2.81. APR balizi

APR okuyucu, APR balizini etkinleştirmek için yeterli gücü sağlayıncaya kadar pasif

bir elemandır.

APR balizi, bir programlayıcı/test cihazı kullanılarak radyo frekans bağlantısı yoluyla programlanmış sabit veri içerir. Baliz etkinleştirildiğinde, sürekli olarak bir hızda ve formatta önceden programlanmış verilerini iletir. Yeterli endüktif gücü aldığı sürece veriler APR okuyucuya gönderilir. İletim frekansı 2.45 ile 2.55 GHz arasındadır.

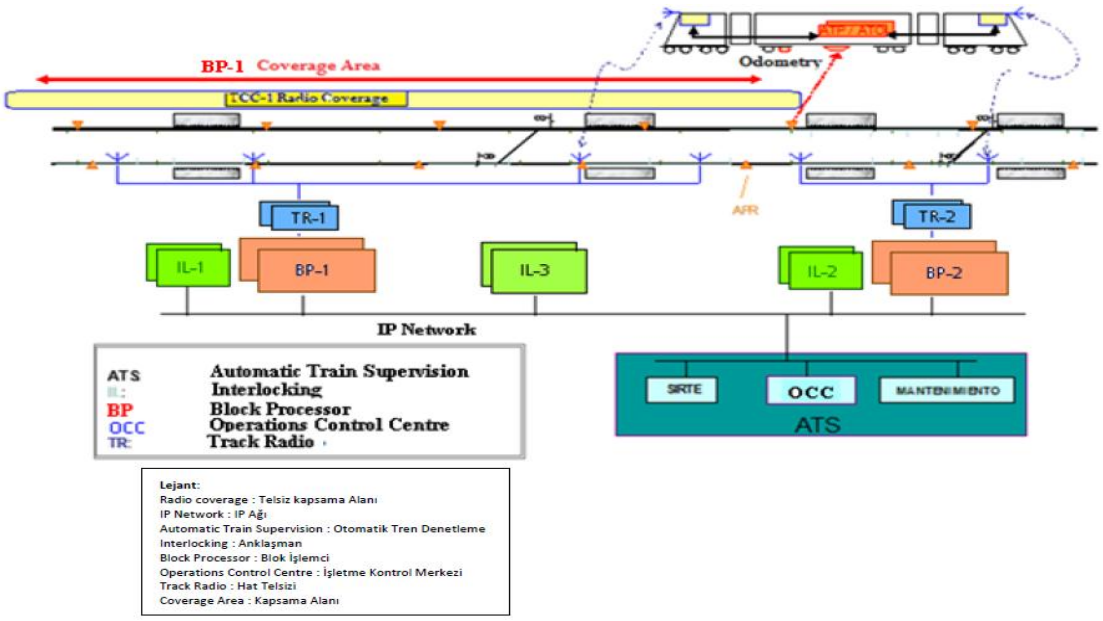
APR balizi iki rayın ortasına ± 5cm sapmayla monte edilir. Yüksekliği 6 cm ve genişliği 35 cm'dir. Şekil 2.82'de APR Balizi ve ray ölçüleri gösterilmiştir.



Şekil 2.82. APR balizi ve ray ölçüleri [27]

2.4.5.5 CBTC telsiz sistemi

CBTC telsiz sistemi tünel içerisine monte edilmiş sızdıran kablo, antenler, radyo kutularından oluşmaktadır. Şekil 2.83'te CBTC telsiz sistemi mimarisi gösterilmiştir.

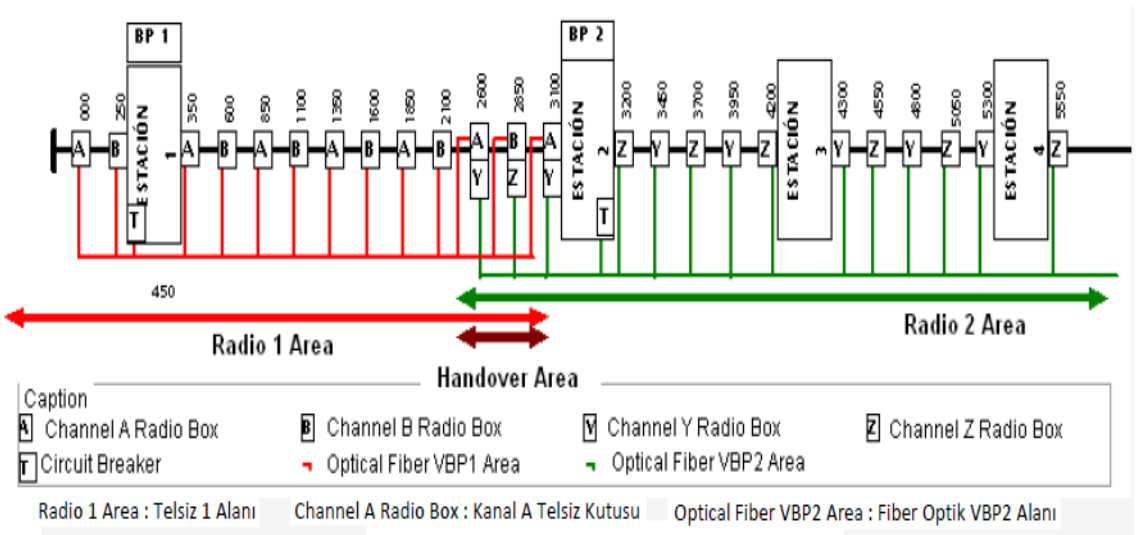


Şekil 2.83. CBTC telsiz sistemi mimarisi[27]

Şekil 2.83'te anten üniteleri tünel alanındaki montajında LCX sızdıran kablolarını ve depo alanında ise antenleri göstermektedir. CBTC telsiz sistemi kendi konumuna bağlı olarak iki farklı iletim unsuru kullanır:

- Sürekli telsiz kutusu sistemi
- Sektörel antenler

Şekil 2.84'te tamamı çevrim içi kapsama alanları gösterilmiştir.



Şekil 2.84. Tamamı çevrim içi kapsama alanları [27]

Her bir telsiz (radyo) ekipmanı kapsama alanının genişletilmesi için yukarıda tanımlanan bir veya daha fazla (üçe kadar) ışın yayan bileşene bir ayırıcı ile bağlanır. Uzunluğuna bağlı olarak, her bir hücre farklı bir BP ile ilgili olacak şekilde, frekans kapsama alanındaki bir veya daha fazla farklı hücre ile tüm hattı kapsamaktadır. Her bir hücrenin bağımsız telsiz ağı vardır.

2.4.5.5.1 Radyo kutusu sistemi

Demiryolu hattı üzerinde radyo (telsiz) sinyallerinin iletimi tünel duvarları üzerine monte edilen radyo kutu sistemi ve depo alanlarındaki direk veya destekler üzerine kurulu antenler aracılığıyla yapılır. Radyo sistemi yolboyu üzerinde radyo kutusunun olduğu aynı yol üzerine (tünelin yan tarafı) döşenir. Radyo sistemi ray gabarisi üzerinde yaklaşık 4 ile 4,5 metre mesafede yer alır. Eğer bu bölgede daha önceden monte edilmiş başka bir ekipman var ise, mümkün oldukca daha yukarıya monte edilir. Çakışan bölgelerde radyo sinyali için ışın yayan kabloların bazı bölümleri çift katlıdır. Bu bölümlerde, her iki kablo da, yükseklik ile ilgili herhangi bir koşul olmadığı sürece, ulaşılamayacak yüksekliklere döşenir [27].

Işın yayan kabloların her birinin ucunda bir N-dişi konnektör vardır. Bu N-dişi konnektörüne her bir telsiz kutusuna ışın yayan kabloların bağlantısını sağlayan çok esnek bir koaksiyal kablo (uçlarıda N-erkek konnektörleri olan 1/2" kablo) bağlanır [27]..

2.4.5.5.2 Antenler

Her bir anten bir 1/2 koaksiyal kablo ile telsiz kutularının radyo frekans çıkışına bağlanır. Her bir anten, daha sonra yapılacak bir bağlantı için cer gücünün kesilmesinin gerekli olmayacağı şekilde bir radyo frekans kablo (erkek N – erkek N) hortumuna bağlanacaktır. Proje için kurulumu yapılan antenler 1324.17.0051 tipi Huber + Suhner Sencity Spot-L antenleridir [27]. Şekil 2.85'de anten gösterilmiştir.



Şekil 2.85. Anten

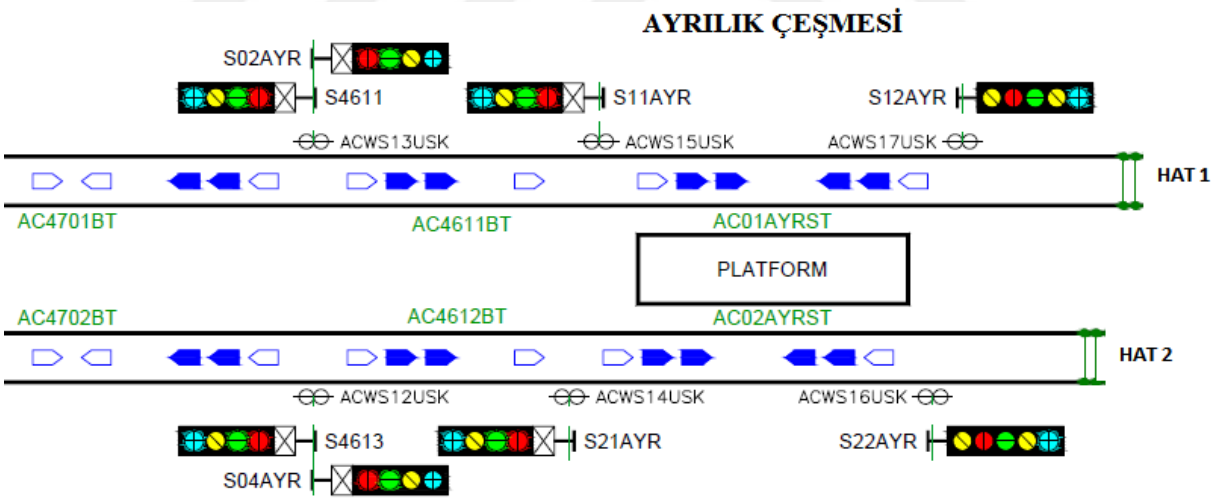
Bu anten tünel duvarlarındaki LCX radyo sisteminin yaptığı şekilde, telsiz sinyali bilgisini depo alanında ve açık hatta havaya ileten bileşendir. Bu anten Sencity SPOT-L doğrusal kutuplu yön WiFi-Anteni IEEE 802.11 b/g olup, 2.15 Ghz- 2.69 Ghz frekans bandını kullanır ve dış mekan uygulamalarında kullanılan WLAN modülüdür [27].

3. ANKLAŞMAN SİSTEMİNİN SCADA İLE SİMÜLASYONU

Bu bölümde; Marmaray'a ait Ayrılık Çeşmesi, Üsküdar, Sirkeci ve Yenikapı istasyonları için sinyalizasyon sistemi simülasyonu yapılmıştır. Herbir istasyona ait anklaşman tablosu oluşturulmuştur. Anklaşman tabloları PLC ile programlanarak SCADA sistemleri oluşturulmuştur.

3.1. Ayrılık Çeşmesi İstasyonu Sinyalizasyon Ekipmanları

Ayrılık Çeşmesi istasyonunda 6 adet dingil sayıcı bölgesi, 2 adet giriş sinyali, 4 adet çıkış sinyali ve 2 adet blok sinyali bulunmaktadır. Hat 1 tarafında S4611 blok sinyali, S02AYR giriş sinyali, S11AYR ve S12AYR çıkış sinyali bulunmaktadır. Hat 2 tarafında S4613 blok yaklaşma sinyali, S04AYR giriş sinyali, S21AYR ve S22AYR çıkış sinyali bulunmaktadır. S12AYR ve S22AYR sinyallerinden itibaren proje çalışmaları devam ettiğinden dolayı S12AYR ve S22AYR sonlandırma sinyali olarak kullanılmaktadır. Hat 1 tarafında AC01AYRST, AC4611BT ve AC4701BT blokları veya tren algılama bölgeleri bulunmaktadır. Hat 2 tarafında ise AC02AYRST, AC4612BT, AC4702BT blokları bulunmaktadır. Şekil 3.1'de Ayrılık Çeşmesi sinyalizasyon hat planı verilmiştir.



Şekil 3.1. Ayrılık Çeşmesi sinyalizasyon hat planı [27]

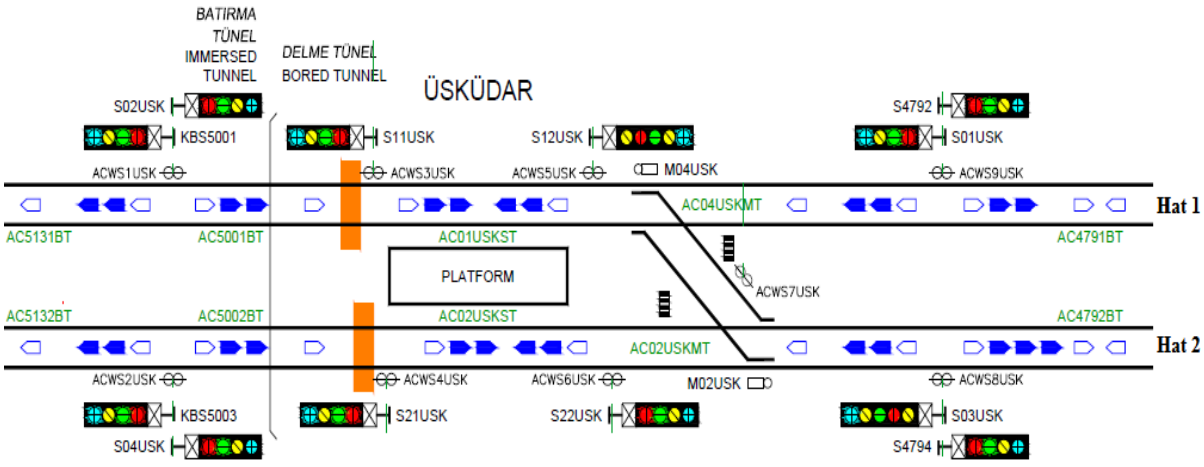
Mevcut işletmede tren Hat 2'den perona gelmektedir.Hat 1'den yolcu alıp hareketine devam etmektedir.. Tablo 3.1'de Ayrılık Çeşmesi istasyonu saha ekipmanları gösterilmiştir.

Tablo 3.1. Ayrılıkçeşme istasyonu saha ekipmanları

Saha Ekipmanı Adı	Saha Ekipmanı Tipi
S02AYR	İstasyon giriş sinyali
S04AYR	İstasyon giriş sinyali
S4611	Blok yaklaşma sinyali
S4613	Blok yaklaşma sinyali
S11AYR	İstasyon çıkış sinyali
S21AYR	İstasyon çıkış sinyali
S12AYR	İstasyon çıkış sinyali
S22AYR	İstasyon çıkış sinyali
AC4701BT	Dingil sayıcı bölgesi
AC4703BT	Dingil sayıcı bölgesi
AC4611BT	Dingil sayıcı bölgesi
AC4612BT	Dingil sayıcı bölgesi
AC01AYRST	Dingil sayıcı bölgesi
AC02AYRST	Dingil sayıcı bölgesi

3.2. Üsküdar İstasyonu Sinyalizasyon Ekipmanları

Marmaray'ın Anadolu yakasından batırma tünele giriş yeri olan Üsküdar istasyonunda 12 adet sinyal, 2 adet makas, 10 adet dingil sayıcı bölgesi bulunmaktadır. 4 Adet giriş, 4 adet çıkış ve 4 adet blok sinyali bulunmaktadır. Şekil 3.2'de Üsküdar istasyonu sinyalizasyon hat planı gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Üsküdar istasyonu sinyalizasyon hat planı [27]

Hat 1 tarafında S01USK-S02USK giriş sinyalleri, S11USK-S12USK çıkış sinyalleri, S4792-KBS5001 blok sinyalleri, 3 motorlu M04USK makası ve AC4791BT-

AC04USKMT-AC01USKST-AC5001BT-AC5131BT dingil sayıcı bölgeleri bulunmaktadır. Hat 2 tarafında S02USK-S04USK giriş sinyalleri, S21USK-S22USK çıkış sinyalleri, S4794-KBS5003 blok sinyalleri, 3 motorlu M02USK makası ve AC4792BT-AC02USKMT-AC02USKST-AC5002BT-AC5132BT dingil sayıcı bölgeleri bulunmaktadır. Tablo 3.2'de Üsküdar istasyonu saha ekipmanları gösterilmiştir.

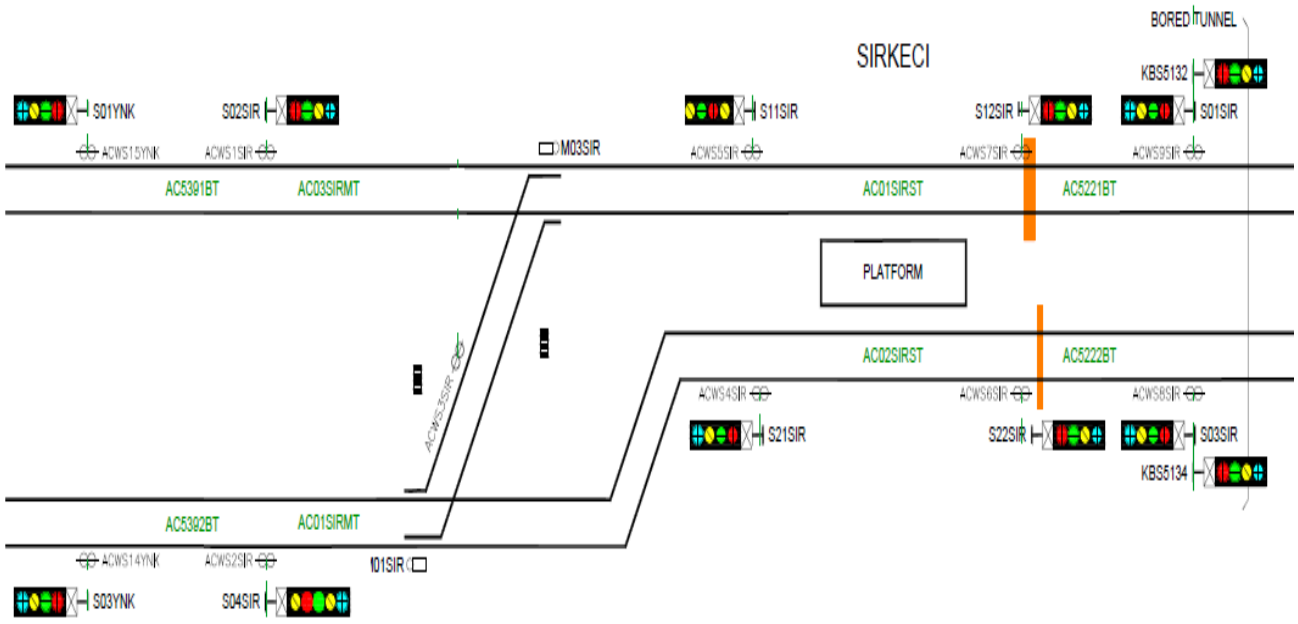
Tablo 3.2. Üsküdar istasyonu saha ekipmanları

Saha Ekipmanı Adı	Saha Ekipmanı Tipi
S01USK	İstasyon giriş sinyali
S02USK	İstasyon giriş sinyali
S03USK	İstasyon giriş sinyali
S04USK	İstasyon giriş sinyali
S11USK	İstasyon çıkış sinyali
S12USK	İstasyon çıkış sinyali
S21USK	İstasyon çıkış sinyali
S22USK	İstasyon çıkış sinyali
S4792	Blok yaklaşma sinyali
S4794	Blok yaklaşma sinyali
KBS5001	Kumandalı blok sinyali
KBS5003	Kumandalı blok sinyali
AC4791BT	Dingil sayıcı bölgesi
AC4792BT	Dingil sayıcı bölgesi
AC02USKMT	Dingil sayıcı bölgesi
AC04USKMT	Dingil sayıcı bölgesi
AC01USKST	Dingil sayıcı bölgesi
AC02USKST	Dingil sayıcı bölgesi
AC5001BT	Dingil sayıcı bölgesi
AC5002BT	Dingil sayıcı bölgesi
AC5131BT	Dingil sayıcı bölgesi
AC5132BT	Dingil sayıcı bölgesi
M02USK	Makas
M04USK	Makas

3.3. Sirkeci İstasyonu Sinyalizasyon Ekipmanları

Marmaray'ın Avrupa yakasında batırma tünelden sonraki istasyonu Sirkeci'dir. Sirkeci'de 4 adet giriş, 4 adet çıkış ve 2 adet blok sinyali vardır. Ayrıca tasarım yapılırken 2 adet Yenikapı giriş sinyali de dikkate alınmıştır. Buna bağlı olarak S01SIR-S02SIR-S03SIR-S04SIR giriş sinyalleri, S11SIR-S12SIR-S21SIR-S22SIR çıkış sinyalleri,

KBS5132-KBS5134 blok sinyalleri ve S01YNK-S03YNK Yenikapı giriş sinyalleri bulunmaktadır. AC5221-AC5222-AC01SIRST-AC02SIRST-AC01SIRMT-AC03SIR MT-AC5391BT-AC5392BT dingil sayıcı bölgeleri ve 2 motorlu M01SIR-M03SIR makasları bulunmaktadır. Şekil 3.3'te Sirkeci istasyonu sinyalizasyon hat planı gösterilmiştir.



Şekil 3.3. Sirkeci istasyonu sinyalizasyon hat planı [27]

Tablo 3.3'te Sirkeci istasyonu sinyalizasyon saha ekipmanları gösterimiştir.

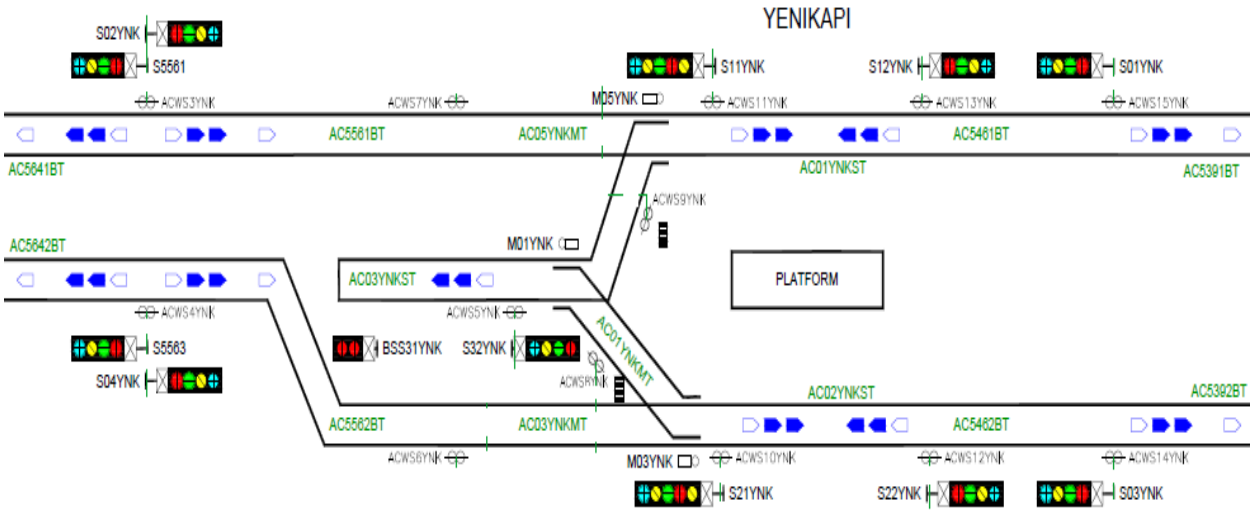
Tablo 3.3. Sirkeci istasyonu saha ekipmanları

Saha Ekipmanı Adı	Saha Ekipmanı Tipi
S01SIR	İstasyon giriş sinyali
S02SIR	İstasyon giriş sinyali
S03SIR	İstasyon giriş sinyali
S04SIR	İstasyon giriş sinyali
S11SIR	İstasyon çıkış sinyali
S12SIR	İstasyon çıkış sinyali
S21SIR	İstasyon çıkış sinyali
S22SIR	İstasyon çıkış sinyali
KBS5132	Kumandalı blok sinyali
KBS5134	Kumandalı blok sinyali
S01YNK	İstasyon giriş sinyali
S03YNK	İstasyon giriş sinyali
AC5221	Dingil sayıcı bölgesi
AC5222	Dingil sayıcı bölgesi

AC01SIRST	Dingil sayıcı bölgesi
AC02SIRST	Dingil sayıcı bölgesi
AC01SIRMT	Dingil sayıcı bölgesi
AC03SIRMT	Dingil sayıcı bölgesi
AC5391BT	Dingil sayıcı bölgesi
AC5392BT	Dingil sayıcı bölgesi
M01SIR	Makas
M03SIR	Makas

3.4. Yenikapı İstasyonu Sinyalizasyon Ekipmanları

Sirkeci istasyonundan sonra Yenikapı istasyonu yer almaktadır. Yenikapı istasyonunda 12 adet sinyal, 14 adet dingil sayıcı bölgesi, 2 adet makas bulunmaktadır. Şekil 3.4'te Yenikapı istasyonu sinyalizasyon hat planı gösterilmiştir.



Şekil 3.4. Yenikapı istasyonu sinyalizasyon hat planı [27]

S01YNK-S02YNK-S03YNK-S04YNK-S32YNK giriş, S11YNK-S12YNK-S21YNK-S22YNK çıkış, S5561-S5563 blok, BSS31YNK hat sonu sinyalidir. Tablo 3.4'te Yenikapı istasyonu saha ekipmanları gösterilmiştir.

Tablo 3.4. Yenikapı istasyonu saha ekipmanları

Saha Ekipmanı Adı	Saha Ekipmanı Tipi
S01YNK	İstasyon giriş sinyali
S02YNK	İstasyon giriş sinyali
S03YNK	İstasyon giriş sinyali
S04YNK	İstasyon giriş sinyali
S11YNK	İstasyon çıkış sinyali

S12YNK	İstasyon çıkış sinyali
S21YNK	İstasyon çıkış sinyali
S22YNK	İstasyon çıkış sinyali
S32YNK	İstasyon çıkış sinyali
S5561	Blok yaklaşma sinyali
S5563	Blok yaklaşma sinyali
BSS31YNK	Hat sonu sinyali
AC5391BT	Dingil sayıcı bölgesi
AC5392BT	Dingil sayıcı bölgesi
AC5461BT	Dingil sayıcı bölgesi
AC5462BT	Dingil sayıcı bölgesi
AC01YNKST	Dingil sayıcı bölgesi
AC02YNKST	Dingil sayıcı bölgesi
AC03YNKST	Dingil sayıcı bölgesi
AC01YNKMT	Dingil sayıcı bölgesi
AC03YNKMT	Dingil sayıcı bölgesi
AC05YNKMT	Dingil sayıcı bölgesi
AC5561BT	Dingil sayıcı bölgesi
AC5562BT	Dingil sayıcı bölgesi
AC5641BT	Dingil sayıcı bölgesi
AC5642BT	Dingil sayıcı bölgesi
M01YNK	Makas
M03YNK	Makas
M05YNK	Makas

3.5 Anklaşman Tabloları

Herhangi bir tren istasyona girerken veya istasyondan çıkarken; hat üzerindeki tüm makaslar tanzim edilir, sinyallerin uygunluğu tespit edilerek trafik yönü belirlenir ve ilerle işareti verilir. Anklaşman yani elektronik kilitleme; ray devresi, sinyal-makas ve sinyal-sinyal aralarında olur. Anklaşman sinyalleri ve makasları kontrol etmeden makas veya diğer sinyaller hiçbir şekilde değiştirilemez. Devre elemanları makas ve sinyalleri korur. Anklaşman tablosunun çıkarılması önemlidir. Bu tablo herhangi bir güzergah tanzim edilirken hangi makasların tanzim olacağının ve hangi sinyallerin açılacağının bilinmesi için çok önemlidir. Bu prensip sinyalin temel prensibidir. Anklaşman tablosu çıkarıldıktan sonra sinyalizasyon devrelerinin dizaynına ve yazılımına geçilir. Rota tanzimi yapılırken ray devresine, makasın konumuna, bir sonraki sinyalin durumuna bakılır. Oluşturalacak rotaya ters yönde oluşturulacak rota sinyali kilitlenir.

Güzergah tanzim edilirken:

- Tanzim edilecek sinyalin önündeki ilgili ray devreleri serbest olmalı
- Makas var ise güzergah konumuna uygun pozisyonda olmalı
- Güzergaha ters yönde bulunan rotalar kilitlenmeli

Tablo 3.5'te Ayrılık Çeşmesi istasyonu anklaşman tablosu gösterilmiştir.

Tablo 3.5. Ayrılık Çeşmesi istasyonu anklaşman tablosu

ROTA NO	GÜZERGAH	TANZİM EDİLECEK SİNYAL	Sinyal Bildirimi	Bir sonraki Sinyal Bildirimi	KONTROL EDİLECEK RAY DEVRELERİ/ DİNGİL SAYICI BÖLGELERİ	KİLİTLENECEK Sinyaller	Rotalar
rota1	AC4701BT AC01AYRST	S02AYR	S	S12AYR K	AC4611BT AC01AYRST	S11AYR	rota3
rota2	AC4702BT AC02AYRST	S04AYR	S	S22AYR K	AC4612BT AC02AYRST	S21AYR	rota4
rota3	AC01AYRST AC4611BT	S11AYR	Y	S4611 S,Y	AC4611BT	S02AYR	rota1
			S	S4611 K			
rota4	AC02AYRST AC4612BT	S21AYR	Y	S4613 S,Y	AC4612BT	S04AYR	rota2
			S	S4613 K			

Anklaşman tabloları oluşturulurken giriş sinyallerine ait rotalar kırmızı kutucuk ile belirtilmiştir. Çıkış sinyallerine ait rotalar mavi kutucuk ile belirtilmiştir. Trenin güzergahı belirlenirken trenin hangi bölgede olabileceği kırmızı yazı ile en son gidebileceği bölge ise siyah yazı ile gösterilmiştir. Tablo 3.6'da Ayrılık Çeşmesi rotalarının çakışma tablosu verilmiştir.

Tablo 3.6. Ayrılık Çeşmesi rotalarının çakışma tablosu

ROTALAR	rota 1	rota 2	rota 3	rota 4
rota 1			X	
rota 2				X
rota 3	X			
rota 4		X		

Rota 1 ve rota 2 istasyona trenin girebilmesi için tanzim edilecek rotalardır. Rota 2 ve rota 4 istasyondan trenin çıkabilmesi için oluşturulmuş rotalardır. AC4701BT bölgesinde bulunabilecek trene rota 1'in aktif olabilmesi ve S02AYR sinyalinin sarı bildirim vermesi için AC4611BT, AC01AYRST dingil sayıcı bölgeleri serbest olmalıdır. S02AYR sinyalinin tersinde bulunan S11AYR sinyali sarı veya yeşil bildiri vermemelidir. Hat

1’den çıkış için oluşturulacak rota 3 tanzim edilmemelidir. Hat 2’deki AC4702BT bölgesindeki trenin istasyona girişini sağlayacak S04AYR sinyalinin tanzim edilebilmesi için AC4612BT ve AC02AYRST dingil sayıcı bölgeleri serbest olmalıdır. S04AYR sinyalinin tersinde bulunan S21AYR sinyali ve rota 2’nin tersinde bulunan rota 4 kilitlenmelidir. Hat 1’de AC01AYRST bölgesinde bulunan trenin perondan çıkabilmesi için rota 3’ün tanzim edilmesi gerekir. Rota 3’ün aktif olması için S11AYR sinyalinin önündeki dingil sayıcı bölgesi serbest olmalıdır. S11AYR sinyalinin kırmızı bildirim vermesi, bir sonraki S4611 sinyalinin kırmızı bildirim vermesinden dolayıdır. S11AYR sinyali sarı bildirim verdiğinde tren bir sonraki sinyale kadar ilerleyebilecektir. S4611 sinyali sarı veya yeşil sinyal bildirimi verdiğinde S11AYR sinyali yeşil olacaktır. Bu durumda tren en az iki blok ilerleyebilecektir. Rota 4 hat 2’de istasyonda bulunan treninin çıkış yapabilmesi için oluşturulmuştur. AC4612BT meşgul olduğu durumda S21AYR sinyali kırmızı bildirim vermektedir. S21AYR sinyali, AC4612BT dingil sayıcı bölgesinin durumuna (serbest/meşgul) ve S4613 sinyalinin bildirimine göre renk bildirimi vermektedir.

Tablo 3.7’de Üsküdar istasyonu anklaşman tablosu gösterilmiştir.

Tablo 3.7. Üsküdar istasyonu anklaşman tablosu

Rota No	Tanzim Edilecek Sinyal	Sinyal Bildirimi	Bir Sonraki Sinyal Bildirimi	Kontrol Edilecek Ray Devresi/Dingil Sayıcı Bölgeleri	Makas Konumu	Kilitlenecek	
						Sinyal	Rota
rota1	S01USK	Y	S11USK S,Y	AC04USKMT-AC01USKST	M04USK N	S12USK	rota6
		S	S11USK K				
rota2	S03USK	Y	S21USK S,Y	AC02USKMT-AC02USKST	M02USK N	S22USK	rota8
		S	S21USK K				
rota3		SY	S11USK S,Y	AC02USKMT-AC04USKMT-AC01USKST	M02USK T M04USK T	S12USK	rota7
		SS	S11USK K				
rota4	S02USK	Y	S12USK S,Y	AC5001BT-AC01USKST		S11USK	rota9
		S	S12USK K				
rota5	S04USK	Y	S22USK S,Y	AC5002BT-AC02USKST		S21USK	rota10
		S	S22USK K				
rota6	S12USK	Y	S4792 S,Y	AC04USKST	M04USK N	S01USK	rota1
		S	S4792K				
rota7		SY	S4794 S,Y	AC04USKST-AC02USKST	M02USK T M04USK T	S03USK	rota3
		SS	S4794 K				
rota8	S22USK	Y	S4794 S,Y	AC02USKST	M02USK N	S03USK	rota2
		S	S4794 K				

rota9	S11USK	Y	KBS5001 S,Y	AC5001BT		S02USK	rota4
		S	KBS5001 K				
rota10	S21USK	Y	KBS5003 S,Y	AC5002BT		S04USK	rota5
		S	KBS5003 K				

Sinyal tanzim edildikten sonra trenin üzerinden ilerleyeceği bölgeler, kontrol edilecek dingil sayıcı bölgeleri sütununda belirtilmiştir. Tablo 3.8'de Üsküdar rotalarının çakışma tablosu verilmiştir.

Tablo 3.8. Üsküdar rotalarının çakışma tablosu

Rotalar	rota 1	rota 2	rota 3	rota 4	rota 5	rota 6	rota 7	rota 8	rota 9	rota 10
rota 1						X				
rota 2								X		
rota 3							X			
rota 4									X	
rota 5										X
rota 6	X									
rota 7			X							
rota 8		X								
rota 9				X						
rota 10					X					

Üsküdar istasyonuna ait 10 adet rota vardır. S01USK sinyalini tanzim etmek için AC01USKST ve AC04USKMT dingil sayıcı bölgeleri serbest olmalıdır. M04USK makası normal konumda olmalıdır. S11USK sinyali kırmızı bildirim verdiğinde S01USK sinyali sarı bildirim vermektedir. S11USK sinyali sarı veya yeşil bildirim verdiğinde S01USK sinyali yeşil bildirim vermektedir. Rota 1 tanzim edildiğinde rota 6 çakışmadan dolayı tanzim edilememektedir. Hat 2'deki S03USK sinyalini tanzim edebilmek için rota 2 ve rota 3 kullanılmaktadır. Rota 2 trenin sapma yapmadan düz ilerleyerek istasyona girebilmesi için kullanılmaktadır. Rota 3 ise trenin M02USK ve M04USK makasları üzerinden sapma yaparak hat 1'deki istasyon içine girebilmesi için oluşturulmuştur. Rota 2'nin aktif olabilmesi için AC02USKMT ve AC02USKST dingil sayıcı bölgelerinin meşgul olmaması gerekir. Ayrıca M02USK makasının mormal konumda olması gerekir. Rota 3'ün aktif olabilmesi için M02USK ve M04USK makaslarının ters konumda olması gerekir. Ayrıca AC01USKST, AC02USKMT ve AC04USKMT dingil sayıcı bölgeleri serbest olmalıdır.

Tablo 3.9'da Sirkeci istasyonu anklaşman tablosu gösterilmiştir.

Tablo 3.9. Sirkeci istasyonu anklaşman tablosu

ROTA NO	GÜZERGAH	TANZİM EDİLECEK SİNYAL	Sinyal Bildirimi	Bir sonraki Sinyal Bildirimi	KONTROL EDİLECEK RAY DEVRELERİ/ DİNGİL SAYICI BÖLGELERİ	MAKAS KONUMU	KİLİTLENECEK Sinyaller	KİLİTLENECEK Rotalar
rota1	AC5131BT AC01SIRST	S01SIR	Y	S11SIR S,Y	AC5221BT AC01SIRST		S02SIR S12SIR	rota 3 rota6
			S	S11SIR K				
rota2	AC5132BT AC02SIRST	S03SIR	Y	S21SIR S,Y	AC5222BT AC02SIRST		S04SIR S22SIR	rota 4 rota 7
			S	S21SIR K				
rota3	AC5391BT AC01SIRST	S02SIR	Y	S12SIR S,Y	AC03SIRMT AC01SIRST	M03SIR N	S01SIR S11SIR	rota 1 rota 8
			S	S12SIR K				
rota4	AC5392BT AC02SIRST	S04SIR	Y	S22SIR S,Y	AC5001BT AC01USKST	M01SIR N	S03SIR S21SIR	rota 2 rota 10
			S	S22SIR K				
rota5	AC5132BT AC02USKST		SY	S12SIR S,Y	AC01SIRMT AC03SIRMT-AC01SIRST	M01SIR T M03SIR T	S11SIR	rota 9
			SS	S12SIR K				
rota6	AC01SIRST AC5221BT	S12SIR	Y	KBS5132 S,Y	AC5221BT		S01SIR	rota 1
			S	KBS5132 K				
rota7	AC02SIRST AC5222BT	S22SIR	Y	S01YNK S,Y	AC522BT		S03SIR	rota 2
			S	S01YNK K				
rota8	AC01SIRST AC5391BT	S11SIR	Y	S03YNK S,Y	AC03SIRMT AC5391BT	M03SIR N	S02SIR	rota 3
			S	S03YNK K				
rota9	AC01SIRST AC5392BT		SY	KBS5001 S,Y	AC03SIRMT AC01SIRMT-AC5392BT	M01SIR T M03SIR T	S04SIR	rota 5
			SS	KBS5001 K				
rota10	AC02SIRST AC5392BT	S21SIR	Y	S03YNK S,Y	AC01SIRMT AC5392BT	M01SIR N	S04SIR	rota 4
			S	S03YNK K				

Sirkeci istasyonu anklaşman tablosuna göre rota 1 ile rota 3 ve rota 6 çakışmaktadır. Rota 1 tanzim edildiğinde rota 3 veya rota 6 istek gönderilse dahi tanzim edilememelidir.

Sirkeci istasyonuna ait 10 adet rota vardır. Rotaların 5 tanesi istasyona giriş için diğerleri de çıkış için kullanılmıştır. S01SIR sinyali için rota 1, S03SIR sinyali için rota 2, S02SIR sinyali için rota 3, S04SIR sinyali için rota 4 ve rota 5 tanzim edilmelidir. Rota 6 rota 1 ile, rota 7 rota 2 ile, rota 8 rota 3 ile, rota 9 rota 5 ile, rota 10 rota 4 ile çakışmaktadır. M01SIR nolu makasın pozisyonu, rota 4-5-9-10'u etkilemektedir. M03SIR nolu makasın pozisyonu, rota 3-5-8-9'u etkilemektedir. Tablo 3.10'da Sirkeci rotalarının çakışma tablosu gösterilmiştir.

Tablo 3.10. Sirkeci rotalarının çakışma tablosu

Rotalar	rota 1	rota 2	rota 3	rota 4	rota 5	rota 6	rota 7	rota 8	rota 9	rota 10
rota 1			X			X				
rota 2				X			X			
rota 3	X							X		
rota 4		X								X
rota 5									X	
rota 6	X									
rota 7		X								
rota 8			X							
rota 9					X					
rota 10				X						

Yenikapı istasyonunda 12 adet rota vardır. Rotaların 6 tanesi istasyon giriş sinyallerini kontrol etmektedir, diğerleri de çıkış sinyallerini kontrol etmektedir.S01YNK sinyali için rota 1, S03YNK sinyali için rota 2, S02YNK sinyali için rota 3, S04YNK sinyali için rota 4, S32YNK sinyali için rota 5 ve rota 6, S12YNK rota 7, S22YNK sinyali için rota 8, S11YNK sinyali için rota 9 ve rota 10, S21YNK sinyali için rota 11 ve rota 12 oluşturulmuştur. Yenikapı rotalarının çakışma tablosu Tablo 3.11'de gösterilmiştir.

Tablo 3.11. Yenikapı rotalarının çakışma tablosu

ROTALAR	rota 1	rota 2	rota 3	rota 4	rota 5	rota 6	rota 7	rota 8	rota 9	rota 10	rota 11	rota 12
rota 1			X				X					
rota 2				X				X				
rota 3	X								X			
rota 4		X									X	
rota 5	X									X		
rota 6		X										X
rota 7	X											
rota 8		X										
rota 9			X									
rota 10					X							
rota 11				X								
rota 12						X						

Rota 1'i tanzim edebilmek için AC5461 ve AC01YNKST dingil sayıcı bölgeleri meşgul olmamalıdır. Daha önceden rota 3 veya rota 7 tanzim edilmiş ise rota 1 tanzim edilemez.

Rota 1'e ait şartlar sağlanırsa S01YNK sinyali sarı veya yeşil renk bildirimi verir. Tablo 3.12'de Yenikapı istasyonu anklaşman tablosu verilmiştir.

Tablo 3.12. Yenikapı istasyonu anklaşman tablosu

ROTA NO	GÜZERGAH	TANZİM EDİLECEK SİNYAL	Sinyal Bildirimi	Bir sonraki Sinyal Bildirimi	KONTROL EDİLECEK Dingil Sayıcı Bölgeleri	Tanzim Edilecek Makaslar ve Pozisyonları	KİLİTLENECEK Sinyal	KİLİTLENECEK Rota
rota1	AC5391BT AC01YNKST	S01YNK	Y	S11YNK S,Y	AC5461-AC01YNKST		S02YNK S12YNK	rota3 rota7
			S	S11YNK K				
rota2	AC5392BT AC02YNKST	S03YNK	Y	S21YNK S,Y	AC5462-AC02YNKST		S04YNK S22YNK	rota4 rota8
			S	S21YNK K				
rota3	AC5461BT AC01YNKST	S02YNK	Y	S12YNK S,Y	AC5561BT-AC01YNKST	M05YNK N	S01YNK S11YNK	rota1 rota9
			S	S12YNK K				
rota4	AC5462BT AC02YNKST	S04YNK	Y	S22YNK S,Y	AC5562BT-AC02YNKST	M03YNK N	S03YNK S21YNK	rota2 rota11
			S	S22YNK K				
rota5	AC03YNKST AC01YNKST	S32YNK	S	S12YNK S,K,Y	AC01YNKMT-AC05YNKMT-AC01YNKST	M01YNK N M03YNK T-M05YNK T	S01YNK S11YNK	rota1 rota10
			YK	S12YNK S,K,Y				
rota6	AC03YNKST AC02YNKST		S	S22YNK S,K,Y	AC01YNKMT-AC03YNKMT-AC02YNKST	M01YNK T M03YNK T-M05YNK T	S03YNK S21YNK	rota2 rota12
			YK	S22YNK S,K,Y				
rota7	AC01YNKST AC5391BT	S12YNK	Y	S02SIR S,Y	AC5461BT-AC5391BT		S01YNK	rota1
			S	S02SIR K				
rota8	AC02YNKST AC5392BT	S22YNK	Y	S04SIR S,Y	AC5462BT-AC5392BT		S03YNK	rota2
			S	S04SIR K				
rota9	AC01YNKST AC5561BT	S11YNK	Y	S5561 S,Y	AC05YNKMT-AC5561BT	M05YNK N	S02YNK	rota3
			S	S5561 K				
rota10	AC01YNKST AC03YNKST		SY		AC05YNKMT-AC01YNKMT-AC03YNKST	M01YNK T M05YNK T	S32YNK	rota5
			SS	BSS31YNK K				
rota11	AC02YNKST AC5562BT	S21YNK	Y	S5563 S,Y	AC03YNKMT-AC5562BT	M03YNK N	S04YNK	rota4
			S	S5563 K				
rota12	AC02YNKST AC03YNKST		SY		AC03YNKMT-AC01YNKMT-AC03YNKST	M01YNK T M03YNK T		rota6
			SS	BSS31YNK K				

3.6 Rota Tanzimi

Yukarıda anklaşman tablolarının oluşturulmasında belirtildiği gibi anklaşman sisteminin rota (güzergah) tanzimine olanak sağlaması için birtakım durumları kontrol etmesi ve

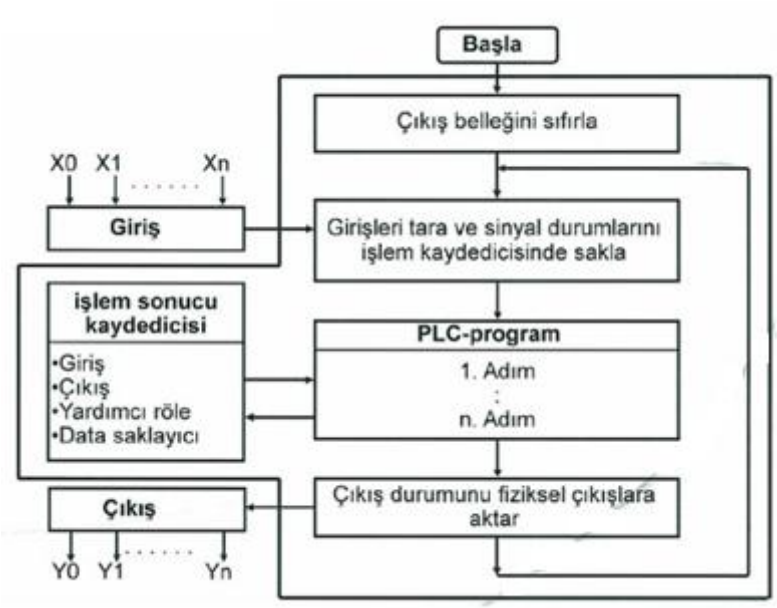
uygunluğunu tespit etmesi gerekir. Rota tanzim süreci şu şekilde açıklanabilir:

1. Trafik Kontrolörü rota tanzim talebinde bulunur.
2. İlgili güzergahta bulunan makaslar kilitli değildir, makasların bulunduğu ray devreleri serbesttir ve bu ray devreleri üzerinde kurulu veya kurulmakta olan herhangi bir güzergah yoktur.
3. İlgili güzergah kilitlemesi yapılır.
4. Makaslar güzergâhın gerektirdiği konuma geçerler ve mekanik olarak kilitlenirler.
5. Güzergâhta bulunan ray devrelerinin son kez serbest olduğu kontrol edilir ve sinyalin de ilgili güzergah için açılmasıyla birlikte, güzergah tanzim edilmiş olur.

Bir güzergahın tanzimi için gereken şartlar ve yapılan kontroller temel olarak bu şekildedir. Tanzim edilen güzergahta trenin sırasıyla ray devrelerinden geçişiyle birlikte, ilgili kilitler çözülür ve diğer trenler için tanzim edilebilir duruma gelir.

3.7 PLC ile Programlama

Programlanabilir Lojik Kontrol (PLC) endüstriyel kontrol sistemleri için kullanılan özel bilgisayar cihazıdır [38]. Normal bilgisayardan farklı olarak PLC'de birçok giriş ve çıkış vardır. PLC giriş verilerini kontrol eder, işler ve sonuçları verir. PLC'deki program doğrudan girişler ve çıkışlar üzerinde değil, girişlerin ve çıkışların bir proses görüntüsünde yürütülür. Şekil 3.5'te plc programının işleyişi gösterilmiştir.



Şekil 3.5. PLC programının işleyişi

PLC'nin çalışabilmesi için güç kaynağı modülü, işlemci modülü ve giriş-çıkış modüllerinin olması gerekir. Şekil 3.6'da PLC ekipmanları gösterilmiştir.



Şekil 3.6. PLC ekipmanları

PLC bünyesinde tasarım için gerekli olan bütün lojik kapılar ve işlemler mevcuttur. Bunlar: and (ve), or (veya), not (değil), nand (vedeğil), nor (veyadeğil), set (kurma), reset (silme). Ayrıca timer (zamanlayıcı), counter (sayıcı), data (veri), işleme ve program denetiminde kullanılan master control set (MCS), master control reset (MCR), jmp gibi işlemleri gerçekleştiren özellikler mevcuttur. İki ayrı verinin karşılaştırılmasını sağlayan (comparator) karşılaştırma işlemleri (=, <, >) ile matematiksel işlemlerin yapılabildiği komutlar vardır.

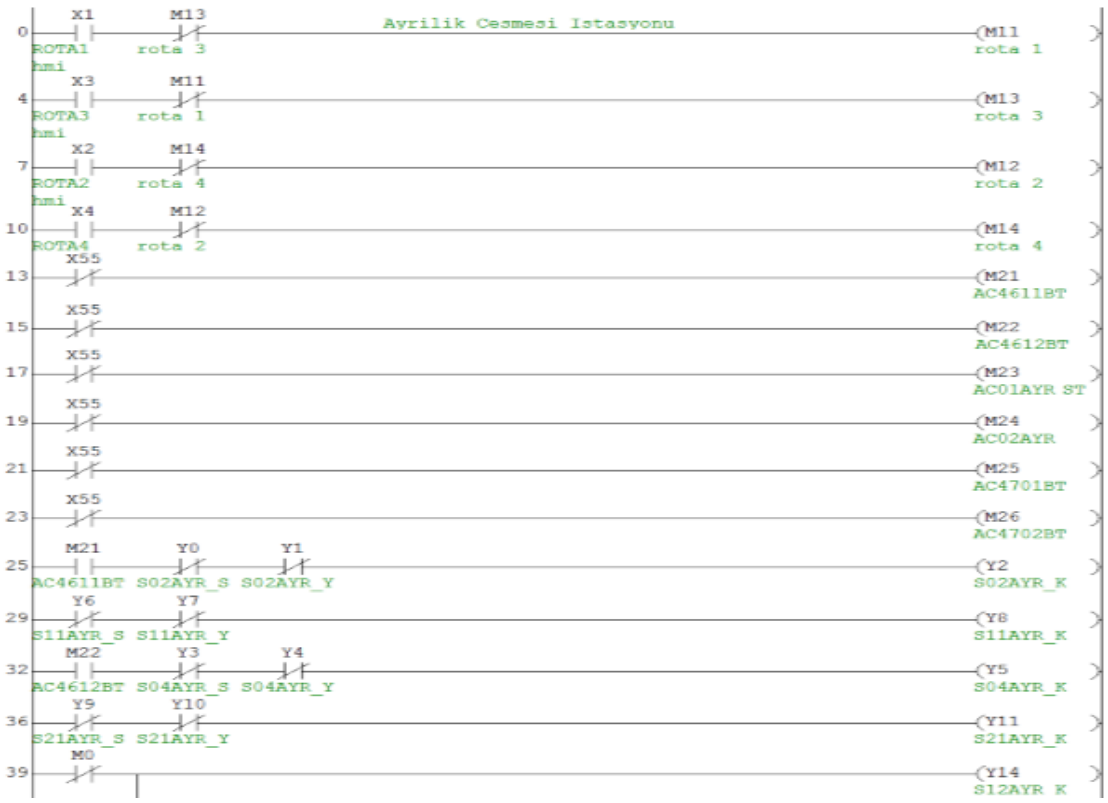
- Ladder (Merdiven) diyagramları başlangıç komutları: Bu komutlar programın ilk elemanıdır. 2 kontak durumu mevcuttur. Birincisi normalde açık kontak lojik 0 değerindedir. İkincisi ise normalde kapalı kontak lojik 1 değerindedir ve üzerinden akım akmaktadır. Normalde açık bir kontakla başlayan bir program komutu; değişik marka PLC makinalarında LD IN, LD, LOD A olarak komulandırılırken, normalde kapalı bir kontak ise LDI, LD NOT, LOD NOT A olarak ifade edilmektedir.
- Ladder (Merdiven) diyagramları çıkış atamaları: Bir PLC sisteminde çıkış fonksiyonu olarak kullanılan röleler 2 gruba ayrılabilir. 1. grup çıkışlar, program gereği fiziki olarak çıkışlarına yük(selenoid valf, neon lamba, kontaktör, led, vs) bağlanabilen gerçek çıkışlardır. 2. grup çıkışlar ise dahili, hayali rölelerdir. Bu

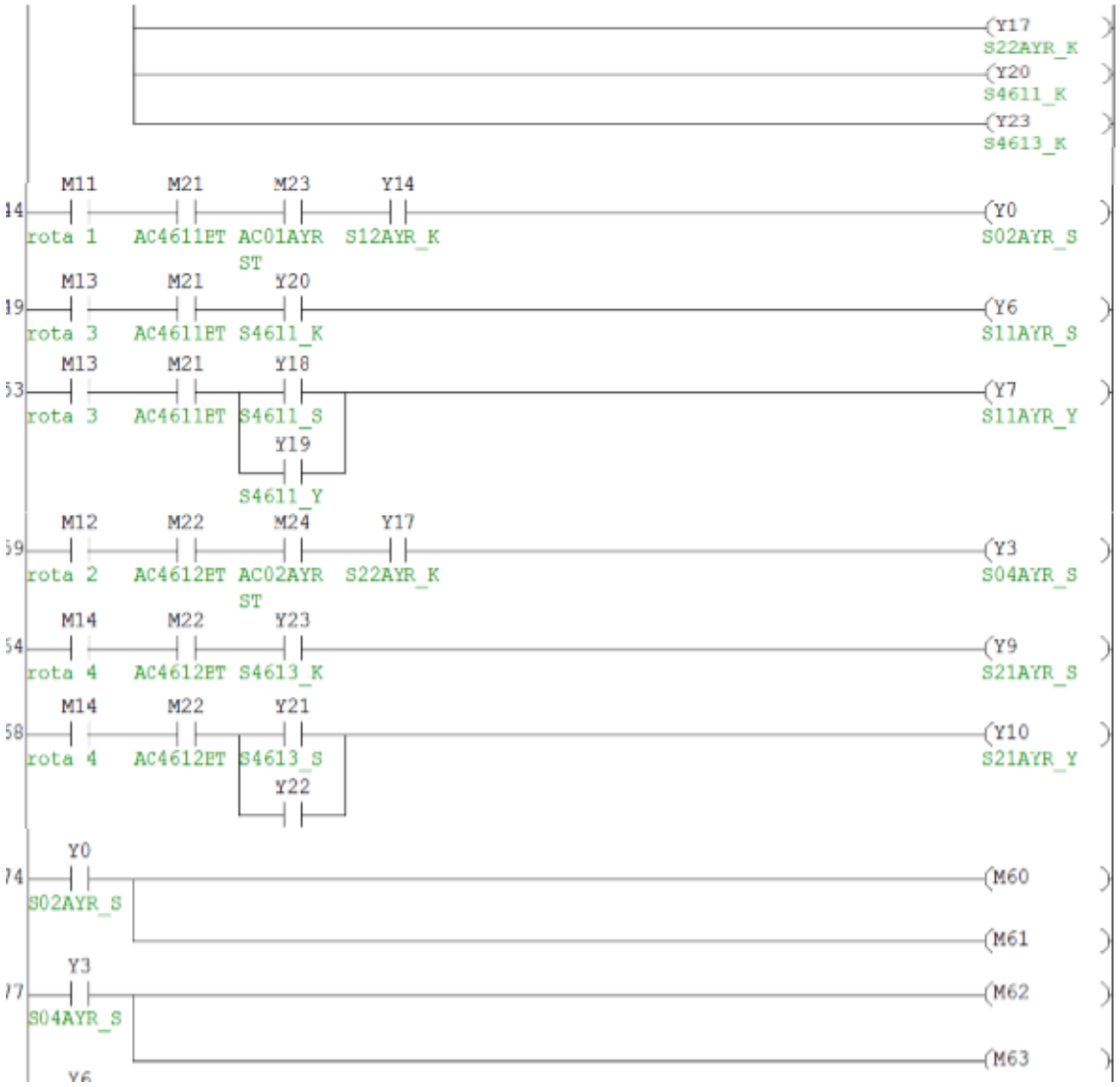
rölelere fiziki bağlantı yapılamaz ancak bu rölelerin çıkışları da gerçek çıkışlara aktarılarak çıkış alınabilir. Buna göre işlem sonucu bulunan değerler image memory denilen özel bir bellekte tutularak program taraması bitirildiği bu değerler çıkış birimlerine transfer edilir [39].

Sinyalizasyon sisteminin PLC ile programlanması kısmında Mitsubishi firmasına ait GX Developer programı kullanılmıştır. Ayrılık Çeşmesi, Üsküdar, Sirkeci ve Yenikapı istasyonlarına ait rotalar ladder diyagramları ile oluşturulmuştur.

3.7.1 Ayrılık Çeşmesi istasyonu rotalarının oluşturulması

Ayrılık Çeşmesi istasyonuna ait 2 giriş ve 4 çıkış sinyali bulunmaktadır. Bu tez hazırlanırken Ayrılık Çeşmesi istasyonunun doğusundaki Söğütlüçeşme istasyonu yapım aşamasında olduğundan dolayı S12AYR ve S22AYR çıkış sinyallleri hat sonu sinyali olarak kullanılmaktadır. Bu sinyaller sürekli kırmızı bildirim vermektedir. Ayrılık Çeşmesi istasyonunda trenlere güzergah tanzim etmek için 4 adet rota bulunmaktadır. Rotaların birincisi ve ikincisi istasyona giriş için, üçüncüsü ve dördüncüsü istasyondan çıkış için oluşturulmuştur. Rotalar oluşturulurken PLC'de kullanılan giriş, çıkış rölesi ve kontak sayısı 84'tür. Mitsubishi GX Developer PLC programında rotalar yazılırken girişler X ile, çıkışlar Y ile ve röleler M ile gösterilmektedir. Şekil 3.7'de Ayrılık Çeşmesi istasyonu rotalarının PLC ile oluşturulması gösterilmiştir.





Şekil 3.7. Ayrılık Çeşmesi istasyonu rotalarının PLC ile oluşturulması

PLC programında rota 1 M11 rölesi ile, rota 2 M12 rölesi ile, rota 3 M13 rölesi ile ve rota 4 M14 rölesi ile etiketlenmiştir. Ayrılık Çeşmesi istasyonuna ait SCADA ekranındaki rota 1 butonu PLC'de X1 ile, rota 2 X2 ile, rota 3 X3 ile, rota 4 X4 ile gösterilmiştir. M21 rölesi AC4611BT dingil sayıcı bölgesini, M22 rölesi AC4612BT dingil sayıcı bölgesini, M23 AC01AYRST dingil sayıcı bölgesini, M24 AC02AYRST dingil sayıcı bölgesini, M25 AC4701BT dingil sayıcı bölgesini ve M26 AC4702BT dingil sayıcı bölgesini ifade etmektedir. S02AYR sinyalinin sarı bildirim vermesi Y0, kırmızı bildirim vermesi Y2 çıkışı ile ifade edilmiştir. S04AYR sinyalinin sarı bildirim vermesi Y3, kırmızı bildirim vermesi Y5 çıkışı ile ifade edilmiştir. S11AYR sinyalinin sarı bildirim vermesi Y6, yeşil bildirim vermesi Y7 ve kırmızı bildirim vermesi Y8 çıkışı ile ifade edilmiştir. S21AYR sinyalinin sarı bildirim vermesi Y9, yeşil bildirim vermesi Y10 ve kırmızı bildirim vermesi Y11 çıkışı ile ifade edilmiştir. S12AYR sinyalinin sarı bildirim vermesi Y12,

yeşil bildirim vermesi Y13 ve kırmızı bildirim vermesi Y14 çıkışı ile ifade edilmiştir. S22AYR sinyalinin sarı bildirim vermesi Y15, yeşil bildirim vermesi Y16 ve kırmızı bildirim vermesi Y17 çıkışı ile ifade edilmiştir. S4611 sinyalinin sarı bildirim vermesi Y18, yeşil bildirim vermesi Y19 ve kırmızı bildirim vermesi Y20 çıkışı ile ifade edilmiştir. S4613 sinyalinin sarı bildirim vermesi Y21, yeşil bildirim vermesi Y22 ve kırmızı bildirim vermesi Y23 çıkışı ile ifade edilmiştir. Tablo 3.13.'te Ayrılık Çeşmesi anklaşman tablosu gösterilmiştir.

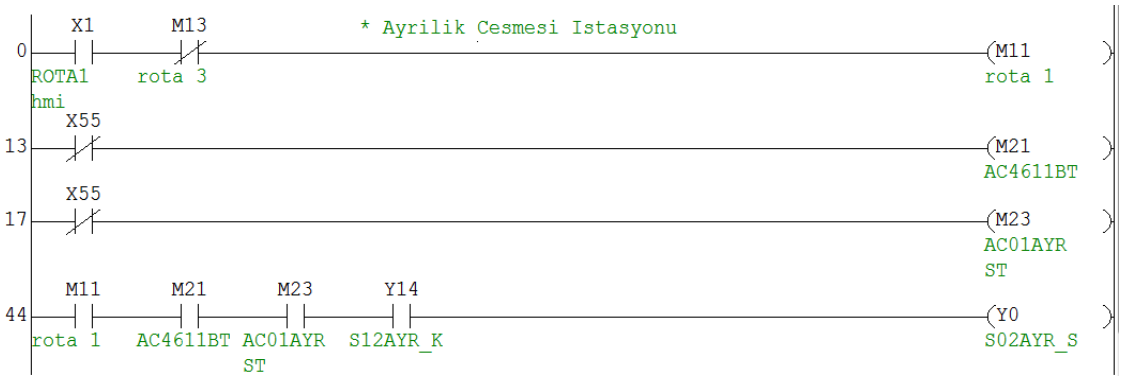
Tablo 3.13. Ayrılık Çeşmesi anklaşman tablosu

ROTA NO	GÜZERGAH	TANZİM EDİLECEK SİNYAL	Sinyal Bildirimi	Bir sonraki Sinyal Bildirimi	KONTROL EDİLECEK RAY DEVRELERİ/ DİNGİL SAYICI BÖLGELERİ	KİLİTLENECEK Sinyaller	Rotalar
rota1	AC4701BT AC01AYRST	S02AYR	S	S12AYR K	AC4611BT AC01AYRST	S11AYR	rota3
rota2	AC4702BT AC02AYRST	S04AYR	S	S22AYR K	AC4612BT AC02AYRST	S21AYR	rota4
rota3	AC01AYRST AC4611BT	S11AYR	Y	S4611 S,Y	AC4611BT	S02AYR	rota1
			S	S4611 K			
rota4	AC02AYRST AC4612BT	S21AYR	Y	S4613 S,Y	AC4612BT	S04AYR	rota2
			S	S4613 K			

Yukarıdaki anklaşman tablosuna göre rota 1'i tanzim etmedeki amaç S02AYR giriş sinyalinin sarı bildirim vermesini sağlamaktır. Rota 1'i tanzim edebilmemizin şartı kontrol edilecek dingil sayıcı bölgelerinin meşgul olmaması ve rota 3'ün tanzim edilmemiş durumda olmasıdır. S02AYR sinyalinin sarı veya yeşil bildirim vermesi bir sonraki S12AYR sinyalinin bildirimine bağlıdır. S12AYR çıkış sinyali sürekli kırmızı bildirim verdiğinden dolayı S02AYR sinyali sarı bildirim verecek şekilde tanzim edilir. S11AYR çıkış sinyaline ait rota 3'ü tanzim edebilmek için AC4611BT dingil sayıcı bölgesi serbest olmalıdır ve rota 1 aktif olmamalıdır. S11AYR sinyalinin yeşil veya sarı bildirim vermesi önündeki S4611 sinyalinin bildirimine bağlıdır. S4611 sinyali sarı veya yeşil renk bildirimi verirse S11AYR sinyali yeşil bildirim verecektir. S4611 sinyali kırmızı renk bildirimi verirse S11AYR sinyali sarı bildirim verecektir.

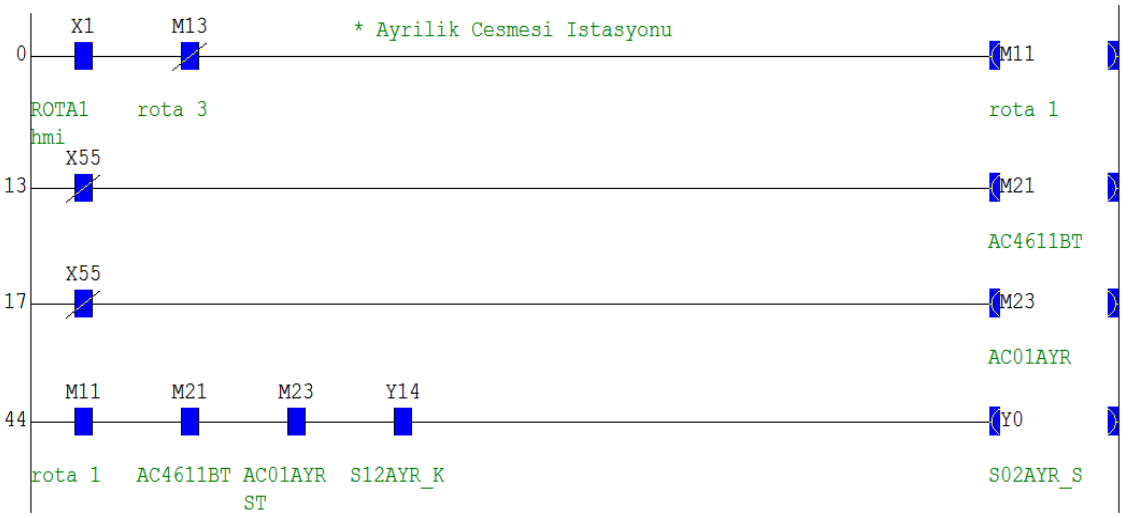
3.7.1.1 Rota 1'in PLC ile oluşturulması

Şekil 3.8'de PLC'de rota 1'in oluşturulması gösterilmiştir.



Şekil 3.8. PLC'de rota 1'in oluşturulması

X1 kontağını aktif ettiğimizde M11 rölesi enerjilenmektedir. M11 rölesi enerjilenince normalde açık kontağı kapanacaktır. Bu durumda AC4611BT bölgesine ait M21 rölesi ve AC01AYRST bölgesine ait M23 rölesi enerjili olmalıdır. Programda 44 numaralı sırada görüldüğü üzere S02AYR sinyaline ait sarı sinyalin çıkışı Y0'ın enerjilenebilmesi için M11, M21, M23 ve Y14 normalde açık kontaklarının kapanması gerekir. Bu durumda S02AYR sinyali sarı bildirim verecek şekilde rota 1 tanzim edilmiş olur. Şekil 3.9'da rota 1'in çalıştırılması gösterilmiştir.

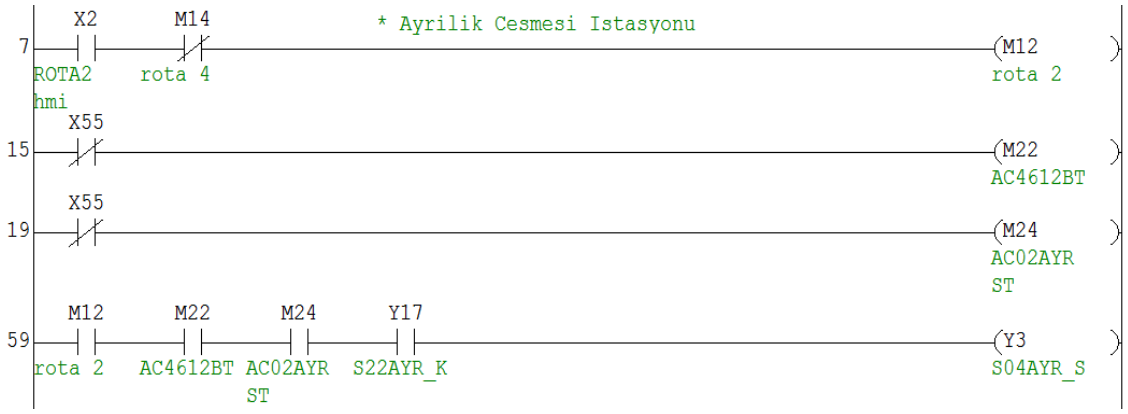


Şekil 3.9. Rota 1'in çalıştırılması

3.7.1.2 Rota 2'nin PLC ile oluşturulması

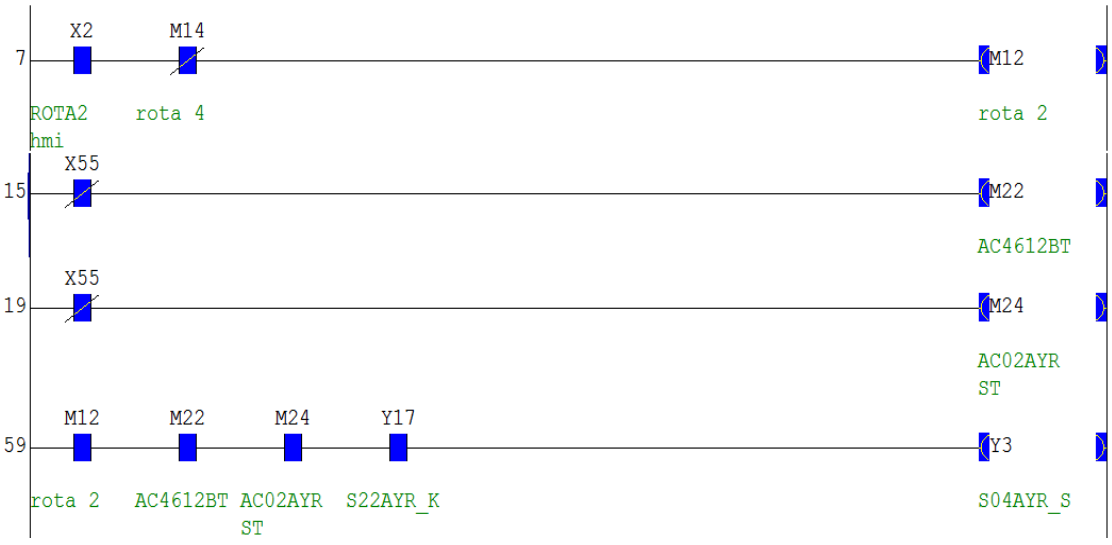
Hat 2'de bulunan S04AYR giriş sinyalinin önünde bulunan trenin istasyona girebilmesi için rota 2'nin tanzim edilmesi gerekir. Rota 2'yi tanzim edebilmek için AC4612BT ve AC02AYRST dingil sayıcı bölgelerinin serbest olması gerekir. Şekil 3.10'da PLC'de rota

2’nin oluşturulması gösterilmiştir.



Şekil 3.10. PLC’de rota 2’nin oluşturulması

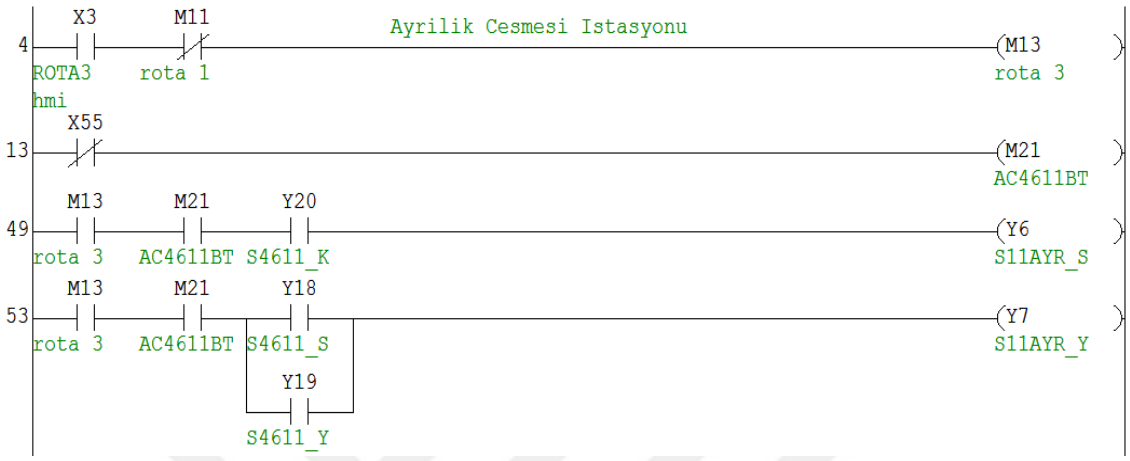
Rota 2: X2 kontağını aktif ettiğimizde M12 rölesini enerjilenmektedir. M12 rölesi enerjilenince normalde açık kontağı kapanacaktır. Bu durumda AC4612BT bölgesine ait M22 rölesi ve AC02AYRST bölgesine ait M24 rölesi enerjili olmalıdır. Programda 59 numaralı sırada görüldüğü üzere S04AYR sinyaline ait sarı sinyalin çıkışı Y3’ün enerjilenebilmesi için M12, M22, M24 ve Y17 normalde açık kontaklarının kapanması gerekir. Bu durumda S04AYR sinyali sarı bildirim verecek şekilde rota 2 tanzim edilmiş olur. Rota 2 ile çakışan rota 4’ü kilitlemek için 7 numaralı satıra M14 rölesinin normalde kapalı kontağı koyulmuştur. Rota 4’ün aktif olduğu durumlarda M14 rölesi enerjileneceğinden M14 normalde kapalı kontağı açılacaktır. Şekil 3.11’de rota 2’nin çalıştırılması gösterilmiştir.



Şekil 3.11. Rota 2’nin çalıştırılması

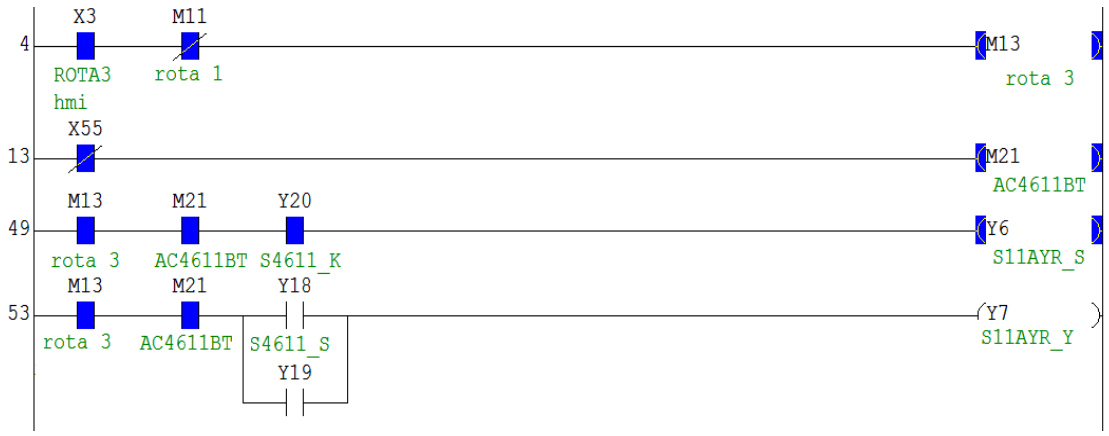
3.7.1.3 Rota 3'ün PLC ile oluşturulması

Hat 1.2de istasyon içinde bulunan trenin çıkış yapabilmesi için S11AYR sinyalinin açılması gerekir. S11AYR sinyalinin açılabilmesi için rota 3'e ait şartların gerçekleşmesi gerekir. Rota 3 ile çakışan rota 1'in aktif olmaması gerekir ve AC4611BT dingil sayıcı bölgesi serbest olmalıdır. Şekil 3.12'de PLC'de rota 3'nin oluşturulması gösterilmiştir.



Şekil 3.12. PLC'de rota 3'nin oluşturulması

X3 kontağını aktif ettiğimizde M13 rölesi enerjilenmektedir. M13 rölesi enerjilenince normalde açık kontağı kapanacaktır. Bu durumda AC4611BT bölgesine ait M21 rölesi enerjili olmalıdır. S11AYR sinyalinin sarı veya yeşil bildirim vermesi bir sonraki sinyal olan S4611 sinyaline bağlıdır. Programda 49 numaralı sırada görüldüğü üzere S4611 sinyali kırmızı ise Y20 çıkışı enerjilenmektedir ve normalde açık kontağını kapatmaktadır. Bu durumda S11AYR sinyali sarı bildirim verecek şekilde rota 2 tanzim edilmiş olur. Programda 53 numaralı sırada görüldüğü üzere gibi S4611 sinyali yeşil bildirim veriyorsa Y19 veya S4611 sinyali sarı bildirim veriyorsa Y18 çıkışı enerjilenecektir. S4611 sinyaline ait rölenin normalde açık kontağı kapanacaktır. Bu durumda S11AYR sinyali yeşil bildirim verecektir. Rota 3 ile çakışan rota 1'i kilitlemek için 4 numaralı satıra M11 rölesinin normalde kapalı kontağı koyulmuştur. Rota 1'ün aktif olduğu durumda M11 rölesi enerjileneceğinden M11 normalde kapalı kontağı açılacaktır. Şekil 3.13'te rota 3'ün çalıştırılması gösterilmiştir.



Şekil 3.13. Rota 3'ün çalıştırılması

3.7.1.4 Rota 4'ün PLC ile oluşturulması

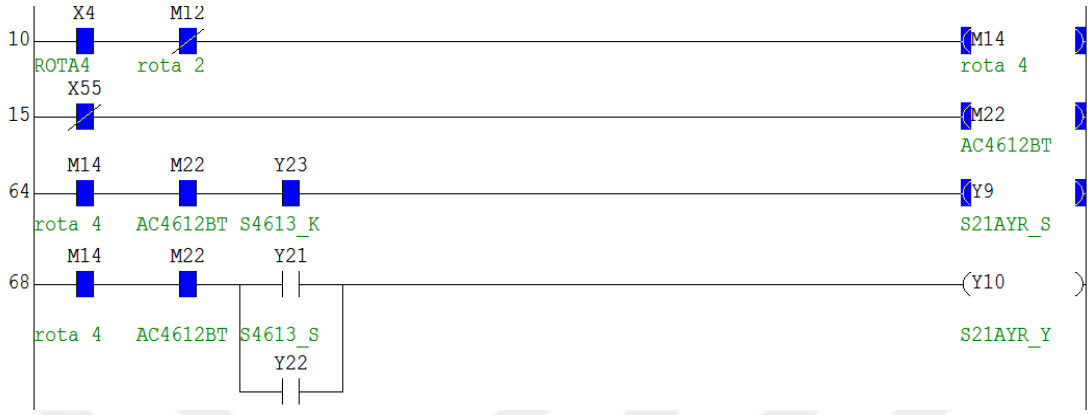
Hat 2'de istasyon içinde bulunan trenin çıkış yapabilmesi için S21AYR sinyalinin açılması gerekir. S11AYR sinyalinin açılabilmesi için rota 4'e ait şartların gerçekleşmesi gerekir. Rota 4 ile çakışan rota 2'nin aktif olmaması gerekir ve AC4612BT dingil sayıcı bölgesi serbest olmalıdır. Şekil 3.14'te PLC'de rota 4'ün oluşturulması gösterilmiştir.



Şekil 3.14. PLC'de rota 4'ün oluşturulması

Rota 4: X4 kontağını aktif ettiğimizde M14 rölesi enerjilenmektedir. M14 rölesi enerjilenince normalde açık kontağı kapanacaktır. Bu durumda AC4612BT bölgesine ait M22 rölesi enerjili olmalıdır. S21AYR sinyalinin sarı veya yeşil bildirim vermesi bir sonraki sinyal olan S4613 sinyaline bağlıdır. Programda 64 numaralı sırada görüldüğü gibi S4613 sinyali kırmızı ise Y23 çıkışı enerjilenmektedir ve normalde açık kontağını kapatmaktadır. Bu durumda S21AYR sinyali sarı bildirim verecek şekilde rota 4 tanzim edilmiş olur. Programda 68 numaralı sırada görüldüğü gibi S4613 sinyali yeşil bildirim veriyorsa Y22 veya S4613 sinyali sarı bildirim veriyorsa Y21 çıkışı enerjilenecektir ve normalde açık kontağı kapanacaktır. Bu durumda S21AYR sinyali yeşil bildirim

verecektir. Rota 4 ile çakışan rota 2'yi kilitlemek için 10 numaralı satıra M12 rölesinin normalde kapalı kontağı koyulmuştur. Rota 2'nin aktif olduğu durumda M12 rölesi enerjileneceğinden M12 normalde kapalı kontağı açılacaktır. Şekil 3.15'te rota 4'ün çalıştırılması gösterilmiştir.

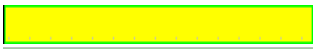


Şekil 3.15. Rota 4'ün çalıştırılması

3.8. SCADA ile Simülasyon

PLC'de oluşturulan rotaların SCADA ekranında gösterilebilmesi için Mitsubishi firmasının GOT (Graphic Operation Terminal) Designer 3 programı kullanılmıştır. SCADA ekranı oluşturulurken dingil sayıcı bölgesinin serbest olması sarı renk ile, meşgul olması kırmızı renk ile ve rota tanziminin yapılması yeşil renk ile belirtilmiştir. Makasın normal konumda olması yeşil kare olarak, ters konumda olması siyah kare üzerine çapraz yeşil çizgi olarak gösterilmiştir. Giriş sinyali etiketi kırmızı dikdörtgen üzerine beyaz yazı, çıkış sinyali mavi dikdörtgen üzerine beyaz yazı olarak gösterilmiştir. GOT Designer 3 programında kullanılan semboller ve açıklamaları Tablo 3.14'te gösterilmiştir.

Tablo 3.14. SCADA ekranındaki semboller ve açıklamaları

Sembol	Açıklama
	Dingil sayıcı bölgesi serbest
	Dingil sayıcı bölgesi serbest, rota tanzim edildi
	Dingil sayıcı bölgesi meşgul
	Makas normal konumda
	Makas ters konumda
	Giriş sinyali etiketi
	Çıkış sinyali etiketi

Blok sinyali etiketi
Hat sonu sinyali etiketi



Sinyalin kırmızı bildirim vermesi



Sinyalin sarı bildirim vermesi



Sinyalin yeşil bildirim vermesi



Sinyalin sarı üzeri sarı bildirim vermesi



Sinyalin sarı üzeri yeşil bildirim vermesi



Cüce sinyalin kırmızı bildirim vermesi



Cüce sinyalin sarı bildirim vermesi



Hat sonu sinyali

3.8.1 Ayrılık Çeşmesi istasyonu rotalarının simülasyonu

Ayrılık Çeşmesi istasyonunda 6 adet dingil sayıcı bölgesi, 2 adet giriş sinyali, 4 adet çıkış sinyali ve 2 adet blok sinyali bulunmaktadır. Ayrılık Çeşmesi'ne ait 4 adet rota vardır. Rota 1 ve rota 2 giriş, rota 3 ve rota 4 çıkış rotalarıdır. Programın işleyişini daha iyi takip edebilmek için Ayrılık Çeşmesi istasyonuna ait anklaşman tablosu Tablo 3.15'te tekrar gösterilmiştir.

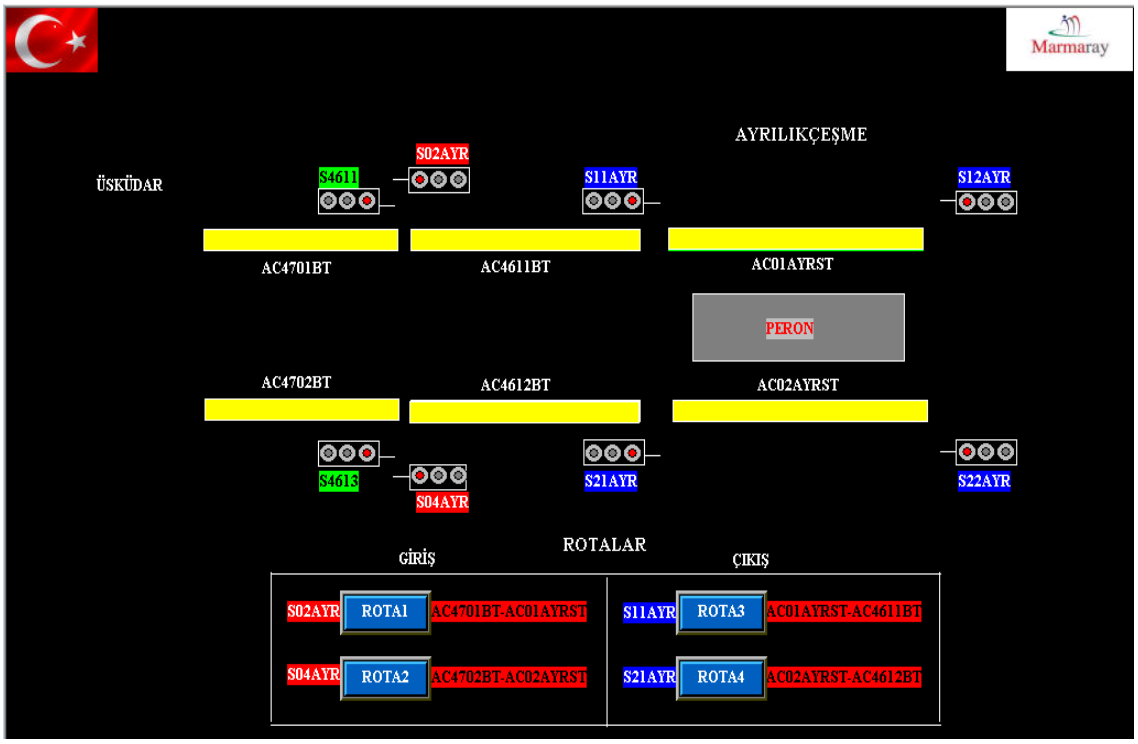
Tablo 3.15. Ayrılık Çeşmesi anklaşman tablosu

ROTA NO	GÜZERGAH	TANZİM EDİLECEK SİNYAL	Sinyal Bildirimi	Bir sonraki Sinyal Bildirimi	KONTROL EDİLECEK RAY DEVRELERİ/ DİNGİL SAYICI BÖLGELERİ	KİLİTLENECEK Sinyaller	Rotalar
rota1	AC4701BT AC01AYRST	S02AYR	S	S12AYR K	AC4611BT AC01AYRST	S11AYR	rota3
rota2	AC4702BT AC02AYRST	S04AYR	S	S22AYR K	AC4612BT AC02AYRST	S21AYR	rota4
rota3	AC01AYRST AC4611BT	S11AYR	Y	S4611 S,Y	AC4611BT	S02AYR	rota1
			S	S4611 K			
rota4	AC02AYRST AC4612BT	S21AYR	Y	S4613 S,Y	AC4612BT	S04AYR	rota2
			S	S4613 K			

Yukarıdaki tabloya göre güzergah sütununda kırmızı ile gösterilen bölge trenin

bulunabileceği dingil sayıcı bölgesini, siyah ile gösterilen gidebileceği dingil sayıcı bölgesini göstermektedir. Rota 1'i inceleyecek olursak AC4701BT bölgesindeki trenin AC01AYRST bölgesine gidebilmesi için AC4611BT ve AC01AYRST dingil sayıcı bölgeleri serbest olmalıdır. S11AYR sinyaline ait rota 3'ün tanzim edilmemiş olması gerekir. S12AYR sinyali kırmızı bildirim verdiğinden dolayı rota 1'e ait S02AYR sinyali sarı bildirim verecek şekilde tanzim edilmiş olur.

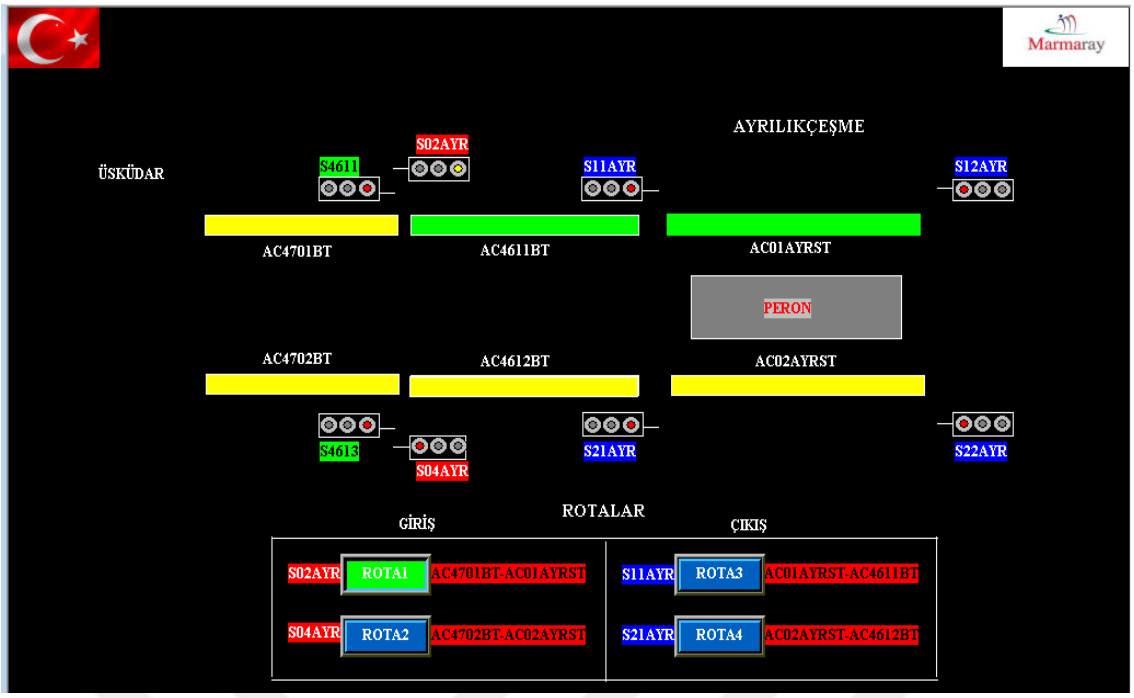
SCADA ekranının başlangıç durumu Şekil 3.16'da gösterilmiştir.



Şekil 3.16. Ayrılık Çeşmesi SCADA başlangıç ekranı

3.8.1.1 Rota 1'in simülasyonu

Rota 1 butonuna basılırsa PLC bölümünde belirtilen X1 kontağı kapanacaktır. Rota 1'e ait M11 rölesi enerjilenecektir. AC4701BT, AC01AYRST bölgelerinin durumuna ve S12AYR sinyalinin bildirimine bağlı olarak S02AYR sinyali tanzim edilecektir. Şekil 3.17'de Ayrılık Çeşmesi istasyonu rota 1'in tanzim edilmesi gösterilmiştir.

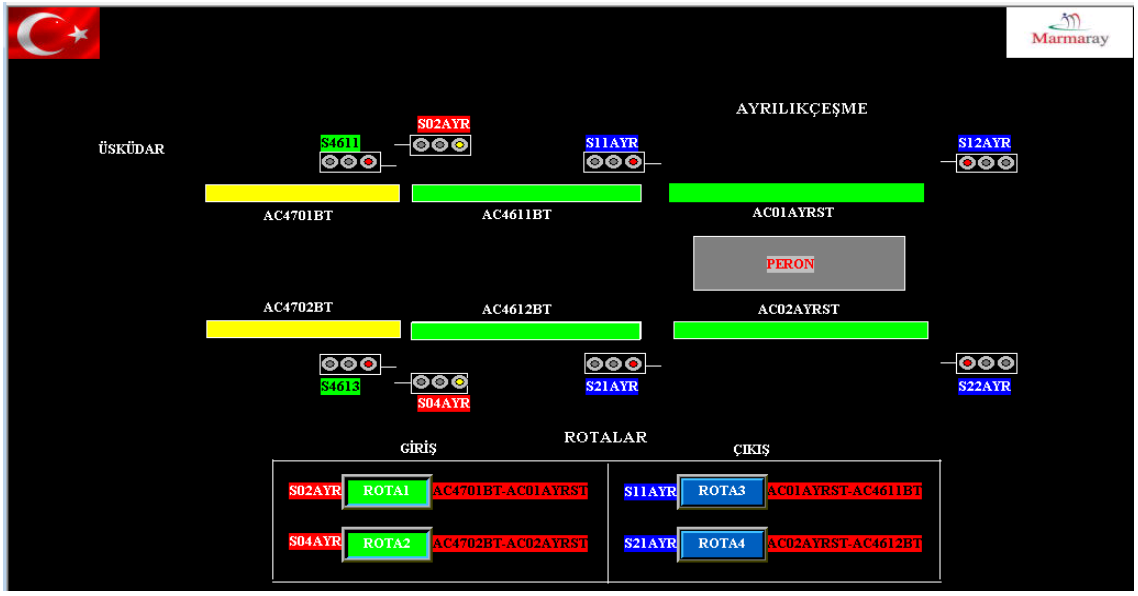


Şekil 3.17. Ayrılık Çeşmesi istasyonu rota 1'in tanzimi

Yukarıdaki şekilde görüldüğü gibi rota 1 tanzim edildiğinde S02AYR sinyali sarı bildirim vermektedir ve AC4701BT ve AC01AYRST dingil sayıcı bölgelerinde yeşil renk ile tanzim yapıldığı görülmektedir.

3.8.1.2 Rota 2'nin simülasyonu

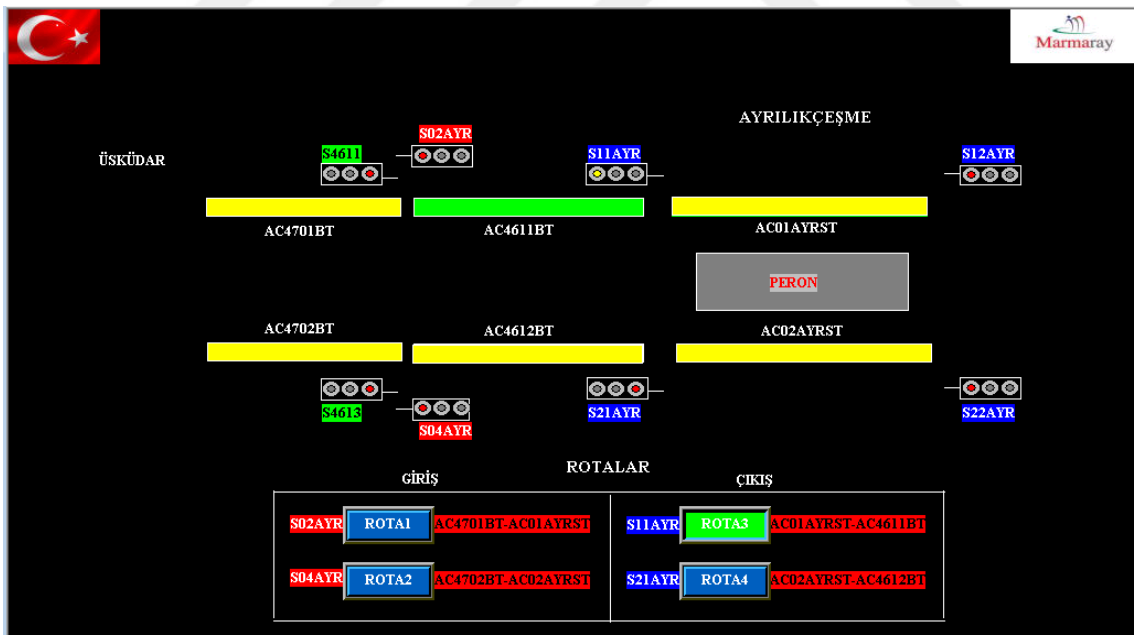
Hat 2'deki S04AYR sinyalini tanzim etmek için rota 2'ye basılmalıdır. AC4612BT ve AC02AYRST dingil sayıcı bölgelerinin serbest olmasına bağlı olarak S02AYR sarı bildirim verecek şekilde tanzim edilmiştir. Rota 2'nin tanzim edildiği yeşil renk ile belirtilmiştir. Şekil 3.18'de Ayrılık Çeşmesi istasyonu rota 1'in ve rota 2'nin tanzim edilmesi gösterilmiştir.



Şekil 3.18. Ayrılık Çeşmesi istasyonu rota 1'in ve rota 2'nin tanzimi

3.8.1.3 Rota 3'ün simülasyonu

Hat 1 tarafındaki S11AYR çıkış sinyalinin tanzim edilebilmesi için AC4611BT dingil sayıcı bölgesinin serbest olması gerekir. Şekil 3.19'da Ayrılık Çeşmesi istasyonu rota 3'ün tanzim edilmesi gösterilmiştir.



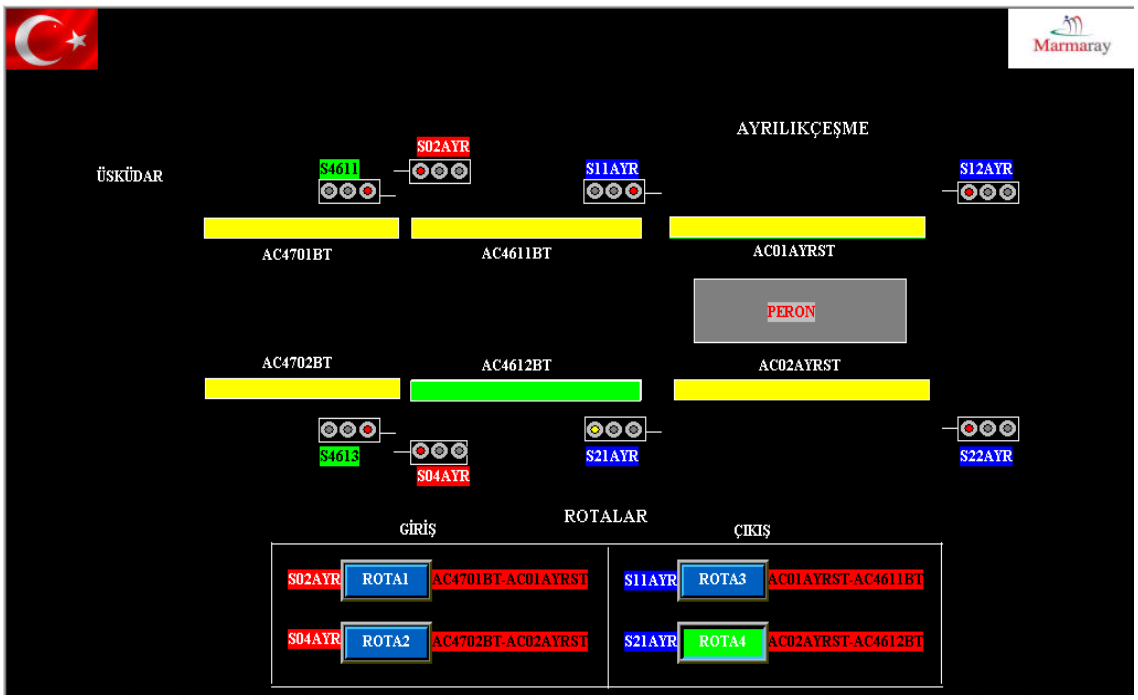
Şekil 3.19. Ayrılık Çeşmesi istasyonu rota 3'ün tanzimi

Şekil 3.42'de görüldüğü gibi S11AYR sinyalinin sarı bildirim vermesi AC4611BT dingil sayıcı bölgesinin serbest olmasına ve S02AYR sinyalinin tanzim edilmemiş olmasına bağlıdır. Rota 3 tanzim edildiğinde AC01AYRST bölgesindeki tren S4611 sinyaline

kadar bir blok ilerleyebilir. S4611 sinyalinin bildirimine göre hareketine devam eder veya bekler.

3.8.1.4 Rota 4'ün simülasyonu

Rota 4 hat 2'deki S21AYR çıkış sinyalini tanzim etmek için kullanılır. Şekil 3.20'de Ayrılık Çeşmesi istasyonu rota 4'ün tanzim edilmesi gösterilmiştir.



Şekil 3.20. Ayrılık Çeşmesi istasyonu rota 4'ün tanzimi

Rota 4'ü tanzim etmek için AC4612BT dingil sayıcı bölgesi serbest olmalıdır. S04AYR giriş sinyalinin tanzim edilmemiş olması gerekir. S4613 sinyali kırmızı bildirim verdiğinden dolayı S21AYR sinyali sarı bildirim verecek şekilde tanzim edilmiş olur.

4. SONUÇ

Bu tez çalışmasında birinci bölümde Marmaray'ın tarihçesine ve sinyalizasyon sisteminin faydalarına değinilmiştir. İkinci bölümde Marmaray sinyalizasyon sistemleri anlatılmıştır, üçüncü bölümde Marmaray'daki 5 istasyonu ait anklaşman sisteminin plc ve scada ile simülasyonu yapılmıştır.

Ülkemizde Marmaray ile birlikte konvansiyonel hatlarda CBTC sistemi ilk defa uygulanmaya başlandı. Eski CTC sisteminin yerine CBTC ve ERTMS sisteminin kurulmasındaki amaç modern sinyalzasyon sistemlerini kullanmak ve ülkeler arasında kesintisiz taşımacılık yapmaktır. Sinyalizasyon sisteminde amaç trafiğin işleyişini düzenlemek, hat kapasitesini arttırmak ve emniyeti sağlamaktır. Eskiden kullanılan trafik yönetim sistemleri treni kullanan makiniste ve trenlerin ilerlemesi için merkezden güzergah oluşturan trafik kontrolörlerine bağlıydı. Bundan dolayı insan hatalarına bağlı maddi ve manevi kazalar meydana gelebilmekteydi. İnsan hatalarını en aza indirmek amacıyla elektronik ve bilgisayar tabanlı sistemler geliştirildi. Trenin sürüşünde ise otomatik kontrol sistemleri ve koruma sistemleri ön plana çıktı.

Ülkemizde artan nüfusa bağlı olarak raylı sistem taşımacılığının önemi artmıştır. Marmaray iki kıtayı birleştirmesi ve kesintisiz yolcu, yük taşıması yapılabilmesi amacıyla büyük önem taşımaktadır.

Bu tez çalışmasında Marmaray anklaşman sistemi ve bileşenleri tanıtılmıştır. Ayrılık Çeşmesi, Üsküdar, Sirkeci ve Yenikapı istasyonlarına ait anklaşman tablosu gösterilmiştir, buna bağlı olarak rota tanzimleri plc programında ladder diyagramı kullanılarak yazılmıştır. PLC programı olarak Mitsubishi GX Developer kullanılmıştır. Rotaların simülasyonu Mitsubishi GT Designer 3 HMI programı ile yapılmıştır. PLC ve HMI programlarının birlikte çalışabilmesi için GT Simulator 3 programı kullanılmıştır.

Literatürde Marmaray sinyalizasyon sistemleri hakkında yeterli çalışma bulunmamaktadır. Bu nedenle bu tez çalışması Marmaray sinyalizasyon sistemleri ve anklaşman sisteminin kontrolü üzerine yapılacak çalışmalara katkı sağlayacaktır. Ayrıca bu çalışmanın bakım onarım faaliyetlerinde çalışanlara ve raylı sistem bölümü öğrencilerine yardımcı kaynak olması amaçlanmıştır. Bu tez çalışmasına bağlı olarak Marmaray sinyalizasyon bakım personeline eğitimler verilmiştir ve sahada uygulamaları yapılmıştır.

KAYNAKLAR

[1] Şahin, İ. (1995) Trenlerarası Çatışma Yönetimine Dayalı Trafik Kontrolörü Bir Karar Destekleyici Sistem, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.

[2] Özdemir, S. (2000) Demiryollarında Sinyalizasyon, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, Türkiye.

[3] Yüksel, H. E. (2007) Raylı Toplu Taşıma Sinyalizasyon Sistemleri ve Marmaray Projesinin Sinyalizasyonu, Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Niğde, Türkiye.

[4] Çetin, Y. (2008) Demiryollarında ATC ve ATO Sistemler, İnönü Üniversitesi FBE, Malatya, Türkiye.

[5] Gülener, Y. (2009) Bir Raylı Ulaşım Sinyalizasyon Sistemi Gerçekleştirme, İstanbul Teknik Üniversitesi FBE, İstanbul, Türkiye.

[6] Akgök, E. (2009) Petri Ağları ile Demiryolu Anklaşman ve Sinyalizasyon Tasarımı, İstanbul Teknik Üniversitesi FBE, İstanbul, Türkiye.

[7] Avşaroğulları, Ö E. (2009) Railway Signalization SCADA and Simulation Project for Interlocking Systems, İstanbul Teknik Üniversitesi FBE, İstanbul, Türkiye.

[8] Birol, B. (2010) Elektrikli Ulaşım Sistemlerinde Sinyalizasyon, İstanbul Teknik Üniversitesi FBE, İstanbul, Türkiye.

[9] Türk, S. (2010) Raylı Ulaşım Sinyalizasyon Sistemleri için Otomatik Anklaşman Algoritması ve Kodu Üretme Yöntemi, İstanbul Teknik Üniversitesi FBE, İstanbul, Türkiye.

[10] Sonat, A. (2010) Raylı Ulaşım Sistemlerinde Anklaşman Algoritması Tasarımı ve Otomat Yaklaşımı ile Otomatik Kod Üretme, İstanbul Teknik Üniversitesi FBE, İstanbul, Türkiye.

[11] Ulusoy, A. (2010) Ulaşımda Raylı Sistemler ve KAYSERAY, Erciyes Üniversitesi FBE, Kayseri, Türkiye.

[12] Bayrak, N. (2011) Aksaray-Havalimanı Metro İşletmesi Sinyalizasyon Sisteminin İşletme-Güvenlik Performansının Stokastik Yöntemlerle Belirlenmesi, İstanbul Üniversitesi FBE, İstanbul, Türkiye.

[13] Eriş, O. (2011) Bir Demiryolu Anklaşman Sistemini PLC ile Gerçeklenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi FBE, İstanbul, Türkiye.

[14] Koca, İ. (2011) Endüstriyel Kumanda Sistemlerinde Tasarım Yöntemleri ve PLC ile Gerçekleme, İstanbul Teknik Üniversitesi FBE, İstanbul, Türkiye.

[15] İlhan, O. (2011) Raylı Ulaşımda Sinyalizasyon Sistemlerinin Analizi ve Kadıköy-Kartal Metrosu için Sinyalizasyon Sistemi Uygulamaları, Gebze Yüksek Teknoloji Üniversitesi FBE, Kocaeli, Türkiye.

[16] Yıldırım, İ. (2012) Demiryolu Sinyalizasyon Sistemlerinin Otomat Yaklaşımı ile Anklaşman Tasarımı ve Uygulaması, İstanbul Teknik Üniversitesi FBE, İstanbul, Türkiye.

[17] Şener, İ. (2012) Demiryolu Ulaşım Sistemlerinde Makas Otomasyonu, İstanbul Teknik Üniversitesi FBE, İstanbul, Türkiye.

[18] Öztürk, N. F. (2012) Hafif Raylı Sistemlerde PLC ile Makas Otomasyonu, İstanbul Üniversitesi FBE, İstanbul, Türkiye.

[19] Dincel, E. (2013) Anklaşman Sistemlerinin Hatada Güvenli Bir PLC ile Gerçeklenmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi FBE, İstanbul, Türkiye.

[20] Binay, İ. (2013) Avrupa Tren Kontrol Sisteminin (ETCS) Türkiye'deki Demiryoluna Uygulamasının İncelenmesi, Marmara Üniversitesi FBE, İstanbul, Türkiye.

[21] Mecitoğlu, F. (2013) Demiryolu Sinyalizasyon Sistemi Simülatörü ve SCADA Sistemi, İstanbul Teknik Üniversitesi FBE, İstanbul, Türkiye.

[22] Savaş, M C. (2013) A Decentralized Control System For Railway Railway Traffic Management, Gaziantep Üniversitesi FBE, Gaziantep, Türkiye.

[23] Yakın, İ. (2014) Demiryolu Sinyalizasyonunda Güvenilirlilik Emre Amadelik Sürdürülebilirlik ve Emniyet (RAMS) ve FMEA-FTA Analizi Uygulaması, İstanbul Teknik Üniversitesi FBE, İstanbul, Türkiye.

[24] Durmuş, M S. (2014) Demiryolu Anklaşman Sistem Tasarımına Kontrol ve Otomasyon Mühendisliği Yaklaşımı, İstanbul Teknik Üniversitesi FBE, İstanbul, Türkiye.

[25] Başkocagil, C. (2014) Demiryolu Anklaşman Sistemlerinin Petri Ağları ile Tasarımı ve Gerçeklenmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi FBE, İstanbul, Türkiye.

[26] Babacan, V. (2011) Raylı Sistemlerde Sinyalizasyon Tekniğine Giriş. Haydarpaşa, İstanbul.

[27] OHL Invensys Rail Dimetronic/Siemens Sinyal Dökümanları,

[28] Söyler, H. ve Açıkbas, S. (2005). Raylı Toplu Taşımada Sinyalizasyon Sistemleri, Elektrik – Elektronik – Bilgisayar Mühendisliği 11. Ulusal Kongresi.

[29] Ürün, Y. ve Gülbahar, V. (1972). Demiryolu Sinyalizasyonu ve Yeni Teknikler, Elektrik Mühendisliği Odası Yayın Organı, Sayı 183, Sf 44 – 68.

[30] http://www.tcdd.gov.tr, 10 Haziran 2016

[31] http://www.marmaray.gov.tr, 10 Haziran 2016

[32] http://www.hitachi.com/New/cnews/140220.html, 5 Nisan 2017

[33] https://karaca.tr.gg/Mekanik-Sinyaller.htm

[34] http://users.metu.edu.tr/tonuk/E40003/MekanikSemafor/

[35] Lindström, G. (2012) Is GSM-R the Limiting Factor for the ERTMS System Capacity? KTH Royal Institu of Technology, Sweden.

[36] Wang, Y. (2014) Optimal Tajectory Planning and Train Scheduling for Railway Systems, Bachelor of Science in Automation, Beijing Jiaotong University, Yunnan, China.

[37] www.rayhaber.com/wp-content/uploads/11-03-02-Eurasia_Conf_OCC.ppt, 02 Mayıs 2017

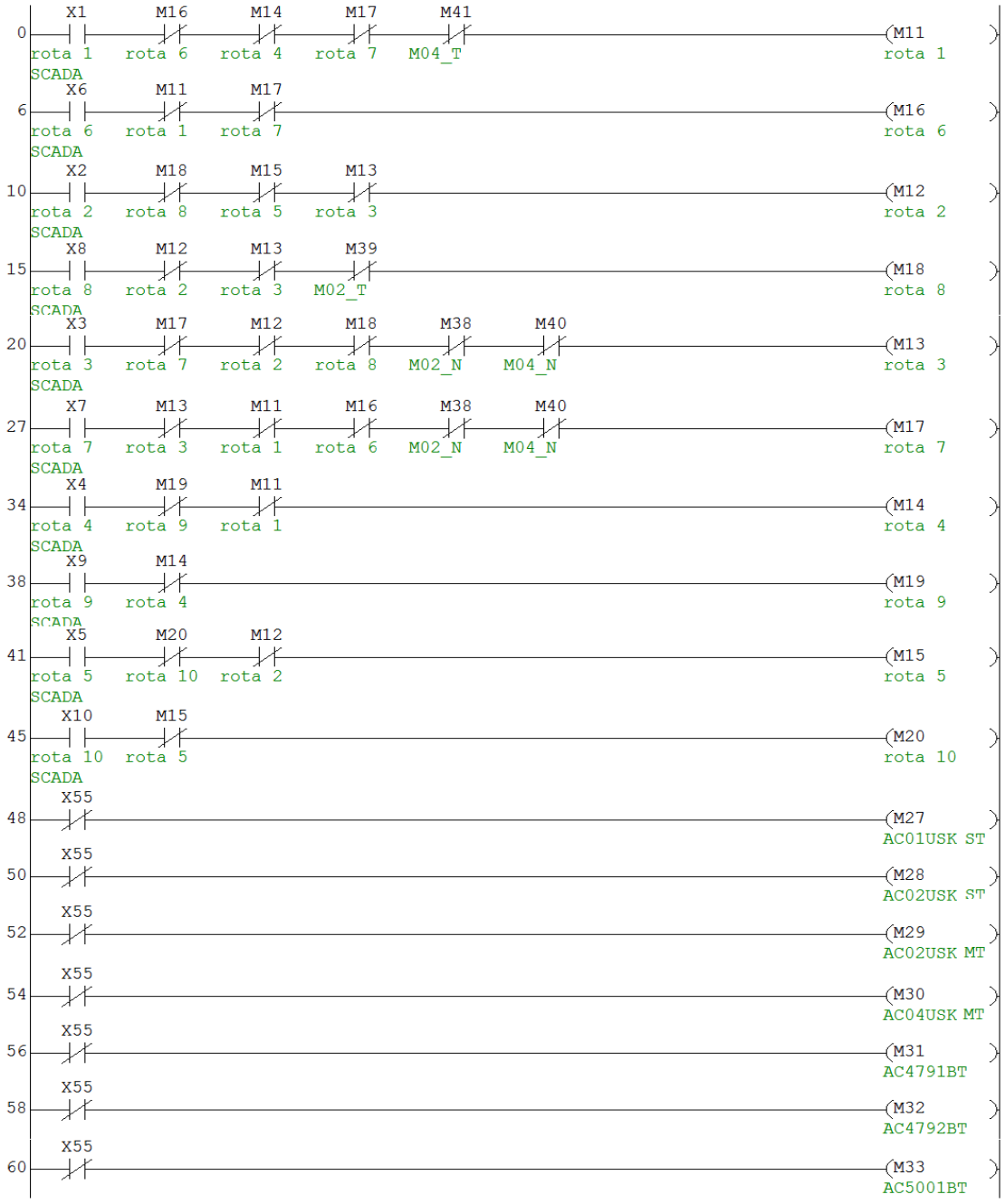
[38] http://www.plcdev.com/definition_of_a_plc , 5 Mayıs 2017

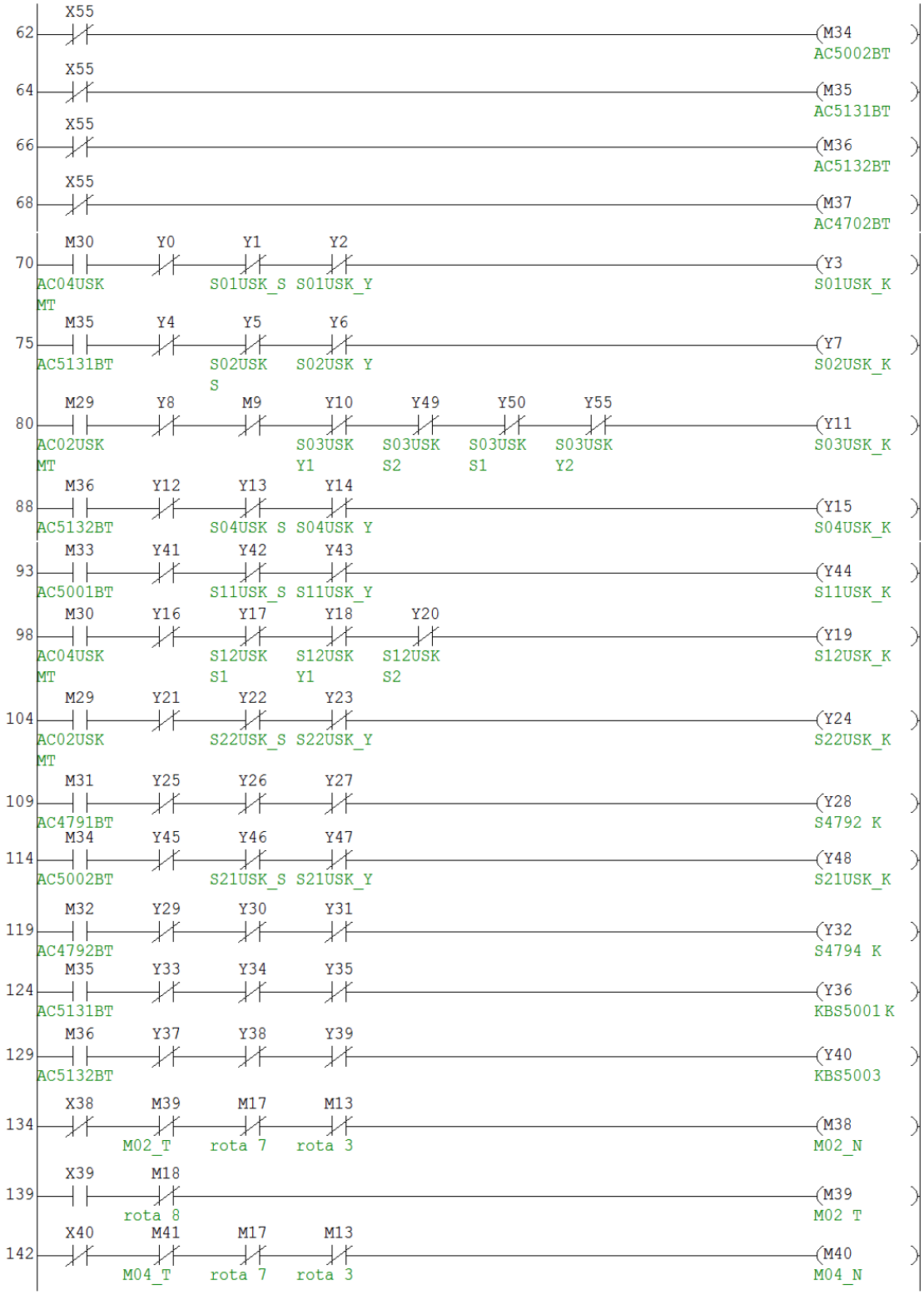
[39] Yağımlı, M. Akar, F. (1999) Programlanabilir Lojik Denetleyiciler, Beta Yayınları

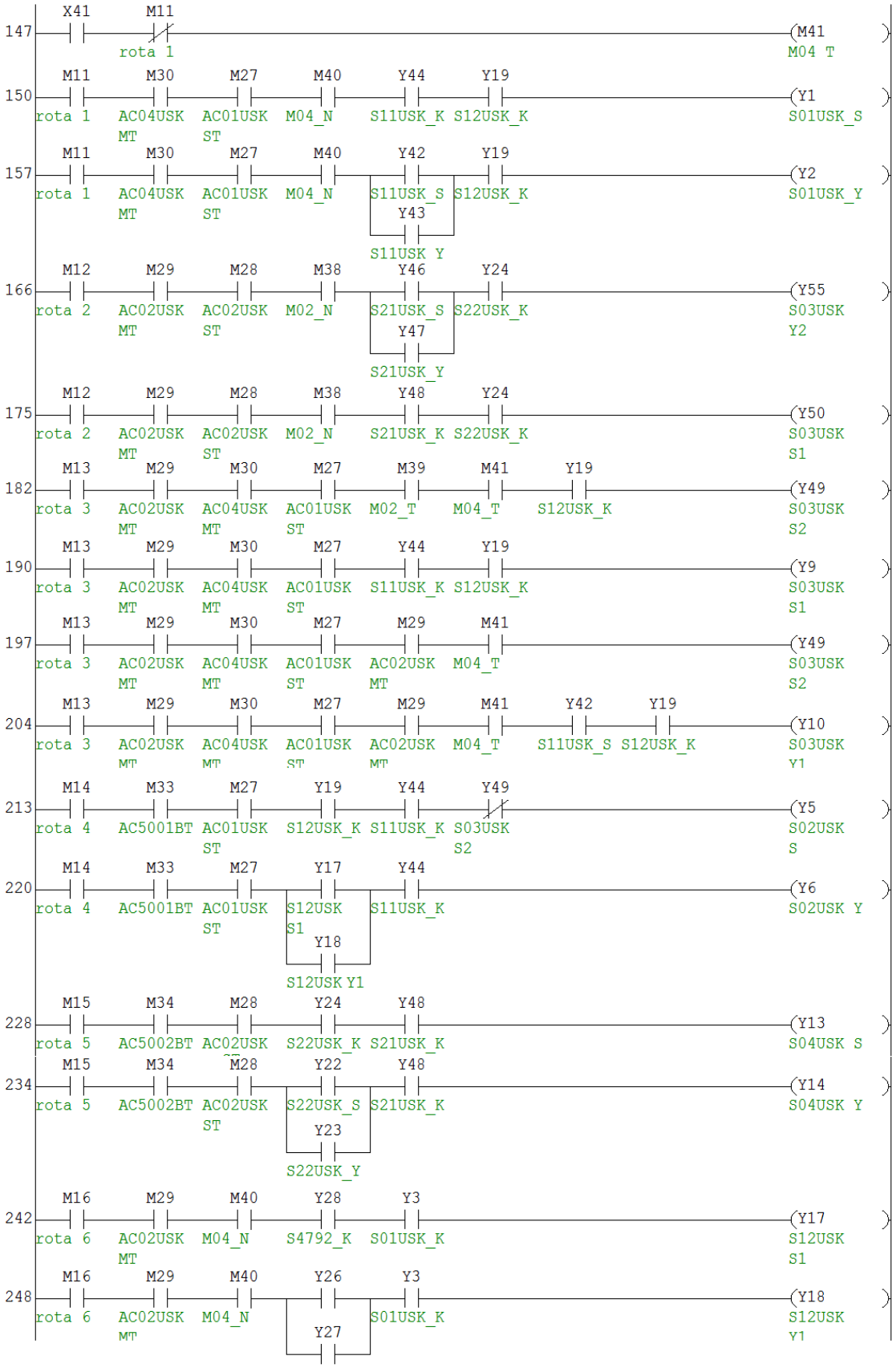
EKLER

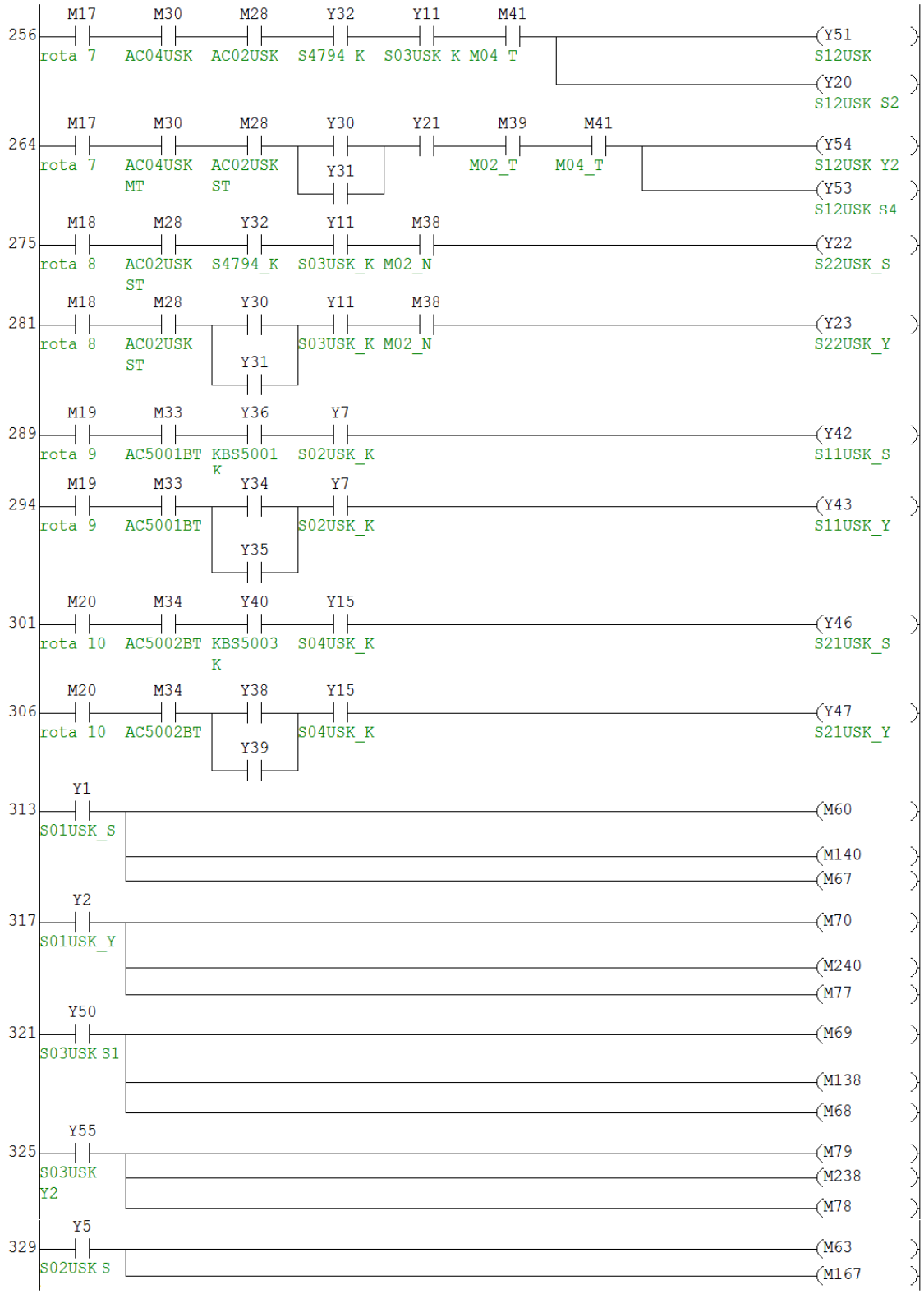
EK A

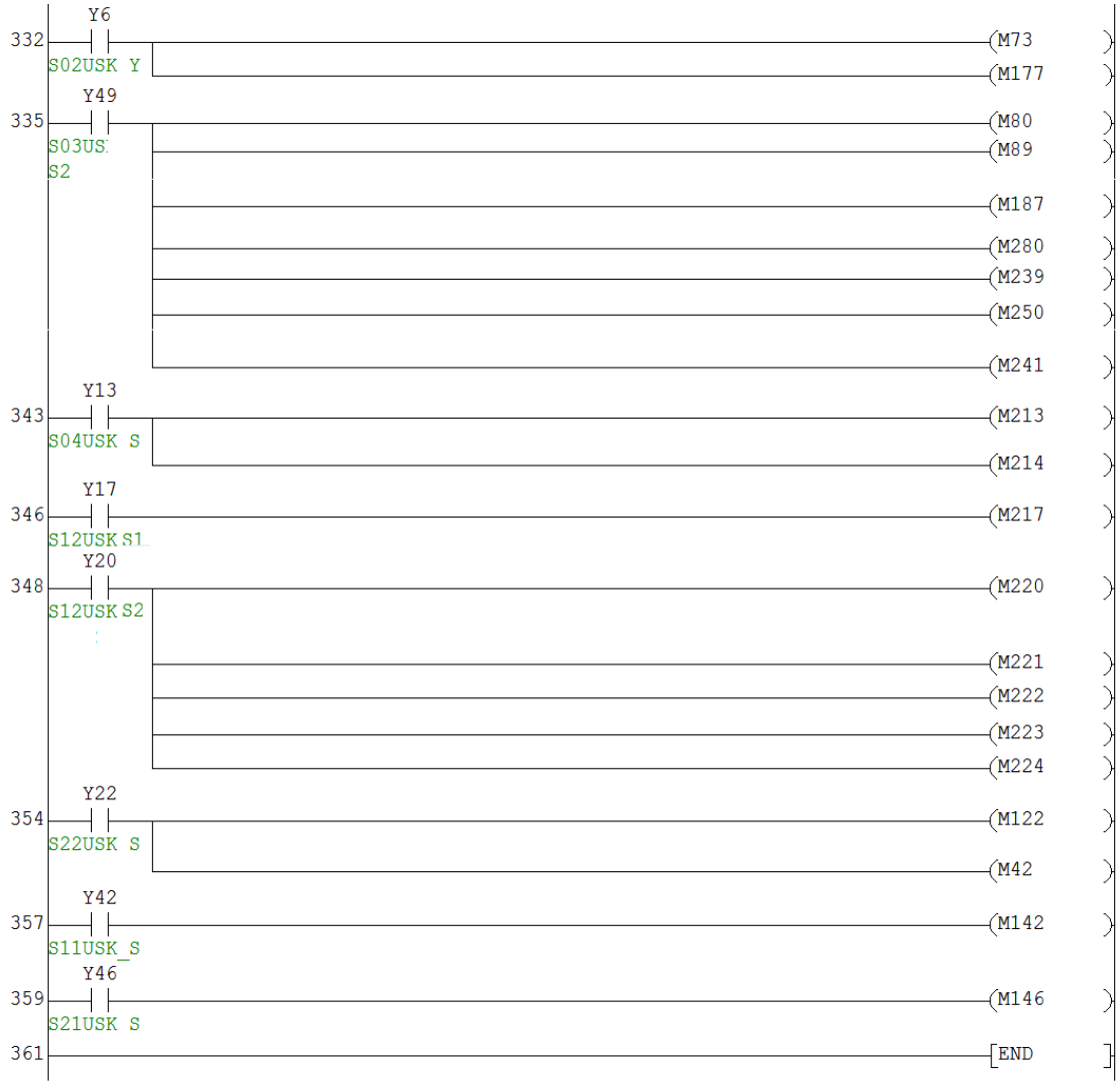
Üsküdar istasyonu Anklaşman Sistemi için 10 adet rota yazılmıştır. Giriş için 5 adet rota ve çıkış için 5 adet rota oluşturulmuştur. Şekil A.1'de Üsküdar istasyonu rotalarının PLC ile oluşturulması gösterilmiştir.




62 X55 M34 AC5002BT
64 X55 M35 AC5131BT
66 X55 M36 AC5132BT
68 X55 M37 AC4702BT
70 M30 Y0 Y1 Y2 Y3 AC04USK MT S01USK_S S01USK_Y S01USK_K
75 M35 Y4 Y5 Y6 Y7 AC5131BT S02USK S S02USK Y S02USK_K
80 M29 Y8 M9 Y10 Y49 Y50 Y55 Y11 AC02USK MT S03USK Y1 S03USK S2 S03USK S1 S03USK Y2 S03USK_K
88 M36 Y12 Y13 Y14 Y15 AC5132BT S04USK S S04USK Y S04USK_K
93 M33 Y41 Y42 Y43 Y44 AC5001BT S11USK_S S11USK_Y S11USK_K
98 M30 Y16 Y17 Y18 Y20 Y19 AC04USK MT S12USK S1 S12USK Y1 S12USK S2 S12USK_K
104 M29 Y21 Y22 Y23 Y24 AC02USK MT S22USK_S S22USK_Y S22USK_K
109 M31 Y25 Y26 Y27 Y28 AC4791BT S4792 K
114 M34 Y45 Y46 Y47 Y48 AC5002BT S21USK_S S21USK_Y S21USK_K
119 M32 Y29 Y30 Y31 Y32 AC4792BT S4794 K
124 M35 Y33 Y34 Y35 Y36 AC5131BT KBS5001 K
129 M36 Y37 Y38 Y39 Y40 AC5132BT KBS5003
134 X38 M39 M17 M13 M38 M02_T rota 7 rota 3 M02_N
139 X39 M18 M39 rota 8 M02 T
142 X40 M41 M17 M13 M40 M04_T rota 7 rota 3 M04_N

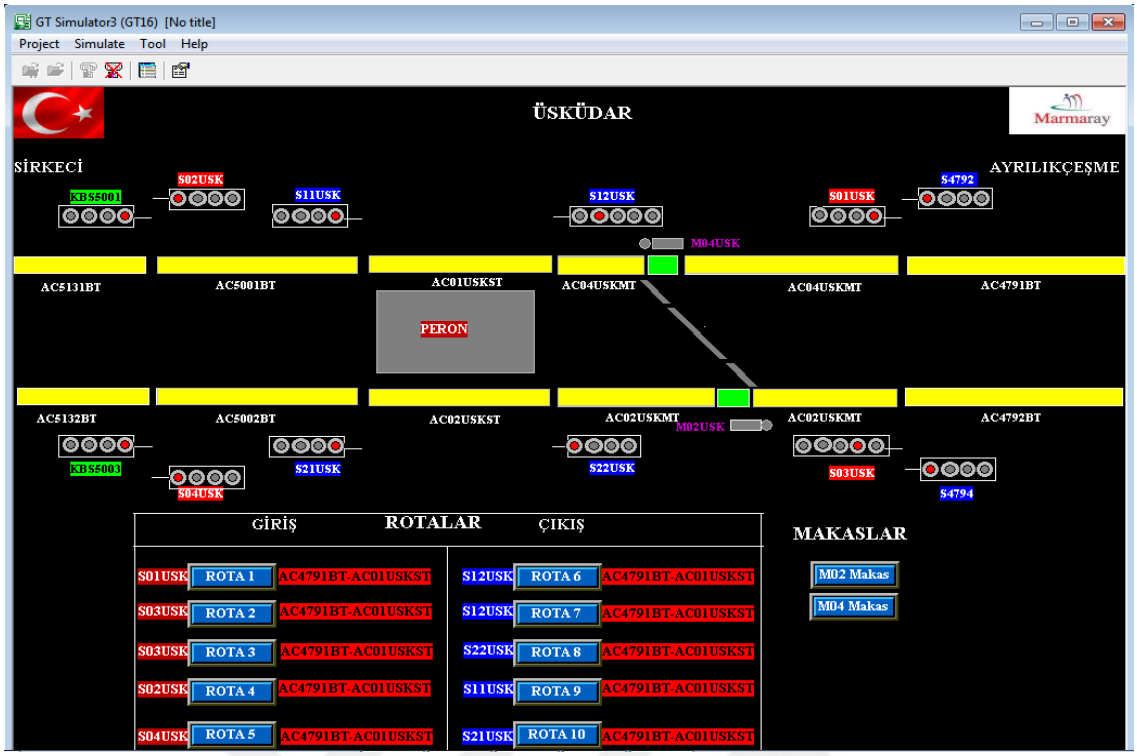

147 X41 M11 rota 1 M41 M04 T
150 M11 rota 1 M30 AC04USK MT M27 AC01USK ST M40 M04_N Y44 S11USK_K Y19 S12USK_K Y1 S01USK_S
157 M11 rota 1 M30 AC04USK MT M27 AC01USK ST M40 M04_N Y42 S11USK_S Y43 S11USK Y Y19 S12USK_K Y2 S01USK_Y
166 M12 rota 2 M29 AC02USK MT M28 AC02USK ST M38 M02_N Y46 S21USK_S Y47 S21USK_Y Y24 S22USK_K Y55 S03USK Y2
175 M12 rota 2 M29 AC02USK MT M28 AC02USK ST M38 M02_N Y48 S21USK_K Y24 S22USK_K Y50 S03USK S1
182 M13 rota 3 M29 AC02USK MT M30 AC04USK MT M27 AC01USK ST M39 M02_T M41 M04_T Y19 S12USK_K Y49 S03USK S2
190 M13 rota 3 M29 AC02USK MT M30 AC04USK MT M27 AC01USK ST Y44 S11USK_K Y19 S12USK_K Y9 S03USK S1
197 M13 rota 3 M29 AC02USK MT M30 AC04USK MT M27 AC01USK ST M29 AC02USK MT M41 M04_T Y49 S03USK S2
204 M13 rota 3 M29 AC02USK MT M30 AC04USK MT M27 AC01USK ST M29 AC02USK MT M41 M04_T Y42 S11USK_S Y19 S12USK_K Y10 S03USK Y1
213 M14 rota 4 M33 AC5001BT M27 AC01USK ST Y19 S12USK_K Y44 S11USK_K Y49 S03USK S2 Y5 S02USK S
220 M14 rota 4 M33 AC5001BT M27 AC01USK ST Y17 S12USK S1 Y18 S12USK Y1 Y44 S11USK_K Y6 S02USK Y
228 M15 rota 5 M34 AC5002BT M28 AC02USK ST Y24 S22USK_K Y48 S21USK_K Y13 S04USK S
234 M15 rota 5 M34 AC5002BT M28 AC02USK ST Y22 S22USK_S Y23 S22USK_Y Y48 S21USK_K Y14 S04USK Y
242 M16 rota 6 M29 AC02USK MT M40 M04_N Y28 S4792_K Y3 S01USK_K Y17 S12USK S1
248 M16 rota 6 M29 AC02USK MT M40 M04_N Y26 Y27 Y3 S01USK_K Y18 S12USK Y1


256
M17
M30
M28
Y32
Y11
M41
rota 7
AC04USK
AC02USK
S4794 K
S03USK K
M04 T
Y51
S12USK
Y20
S12USK S2
264
M17
M30
M28
Y30
Y21
M39
M41
rota 7
AC04USK MT
AC02USK ST
Y31
M02_T
M04_T
Y54
S12USK Y2
Y53
S12USK S4
275
M18
M28
Y32
Y11
M38
rota 8
AC02USK ST
S4794_K
S03USK_K
M02_N
Y22
S22USK_S
281
M18
M28
Y30
Y11
M38
rota 8
AC02USK ST
Y31
S03USK_K
M02_N
Y23
S22USK_Y
289
M19
M33
Y36
Y7
rota 9
AC5001BT
KBS5001 K
S02USK_K
Y42
S11USK_S
294
M19
M33
Y34
Y7
rota 9
AC5001BT
Y35
S02USK_K
Y43
S11USK_Y
301
M20
M34
Y40
Y15
rota 10
AC5002BT
KBS5003 K
S04USK_K
Y46
S21USK_S
306
M20
M34
Y38
Y15
rota 10
AC5002BT
Y39
S04USK_K
Y47
S21USK_Y
313
Y1
S01USK_S
M60
M140
M67
317
Y2
S01USK_Y
M70
M240
M77
321
Y50
S03USK S1
M69
M138
M68
325
Y55
S03USK Y2
M79
M238
M78
329
Y5
S02USK S
M63
M167

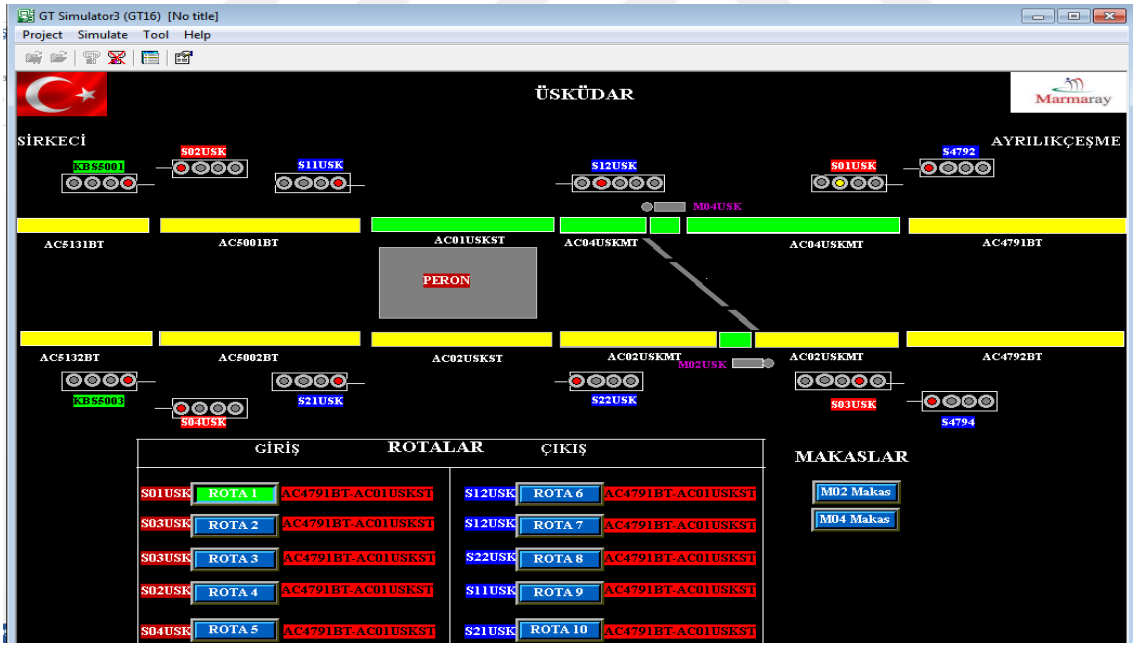


Şekil A.1. Üsküdar istasyonu rotalarının PLC ile oluşturulması

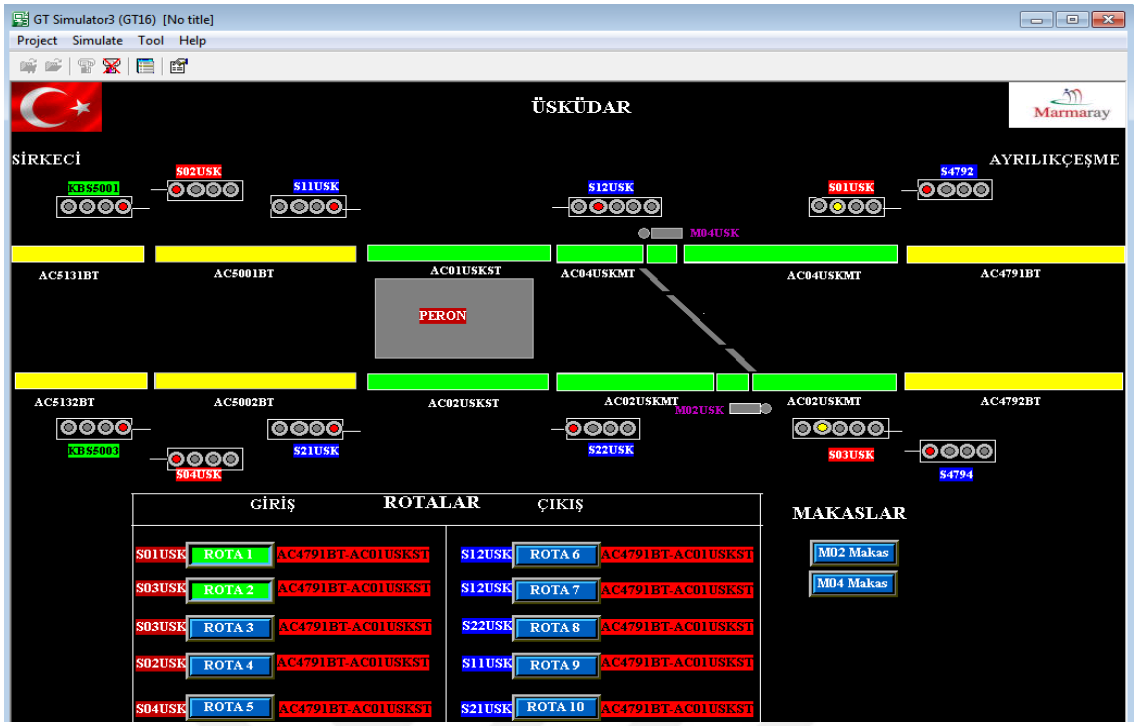
PLC'de oluşturulan rotaların kontrol ve simülasyonunu yapabilmek için SCADA ekranı oluşturulmuştur. Daha önce belirtildiği gibi SCADA ekranında ekipmanların durumu için renklendirmeler yapılmıştır. Şekil A.2'de Üsküdar istasyonu SCADA görünümü gösterilmiştir.



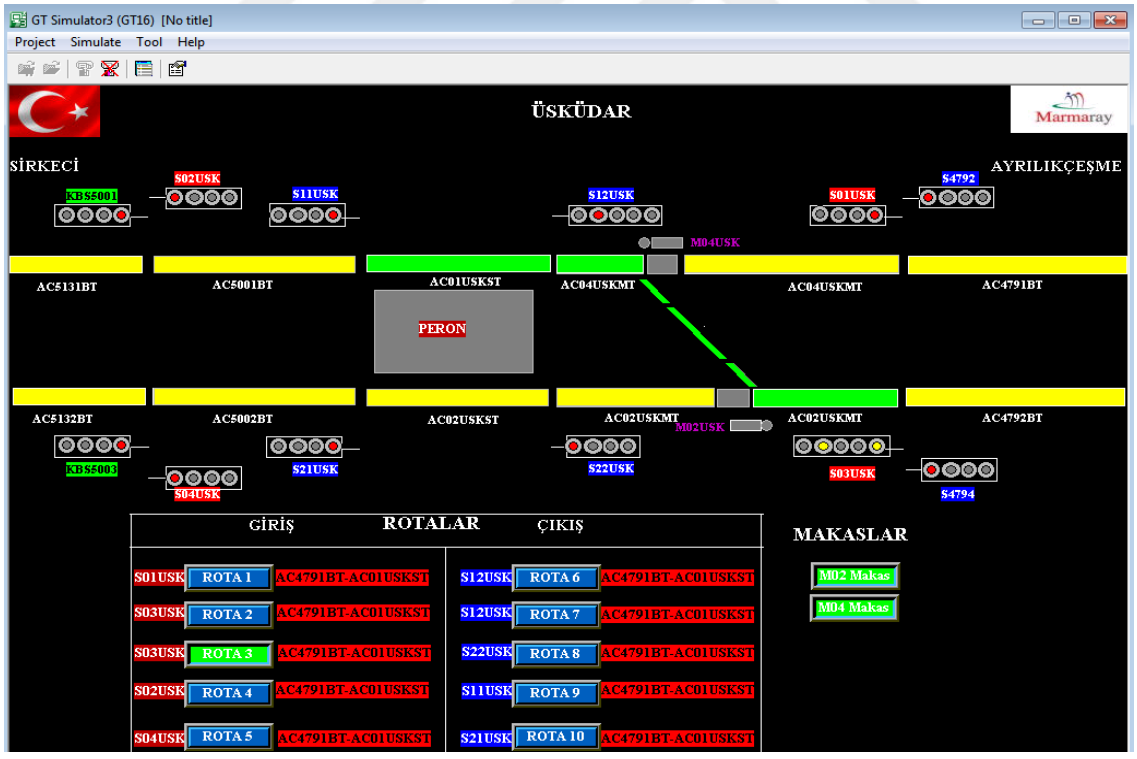
Şekil A.2. Üsküdar istasyonu SCADA görünümü



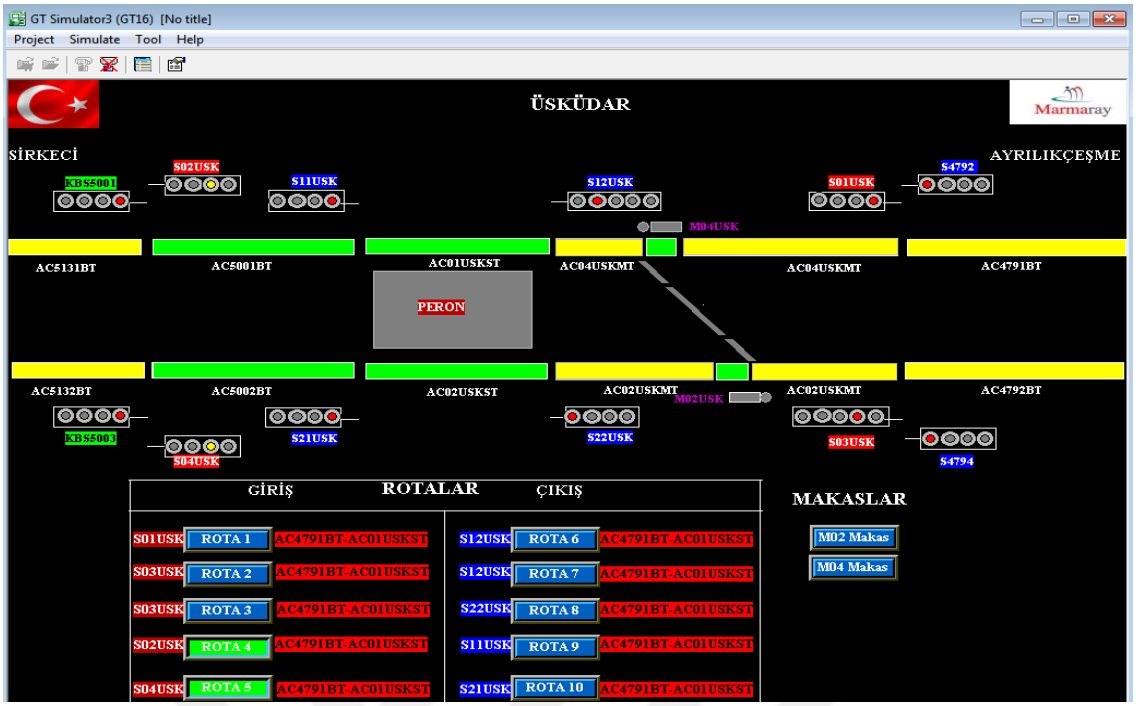
Şekil A.3. Üsküdar istasyonu rota 1



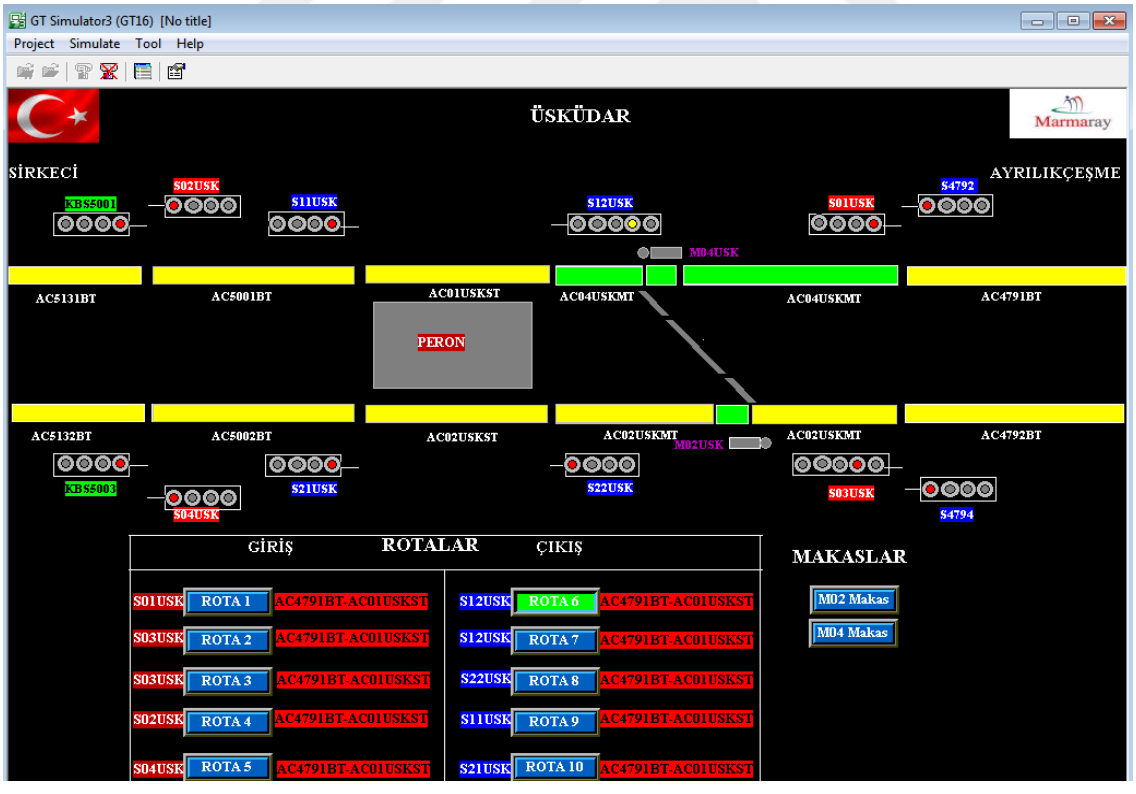
Şekil A.4. Üsküdar istasyonu rota 1 ve rota 2



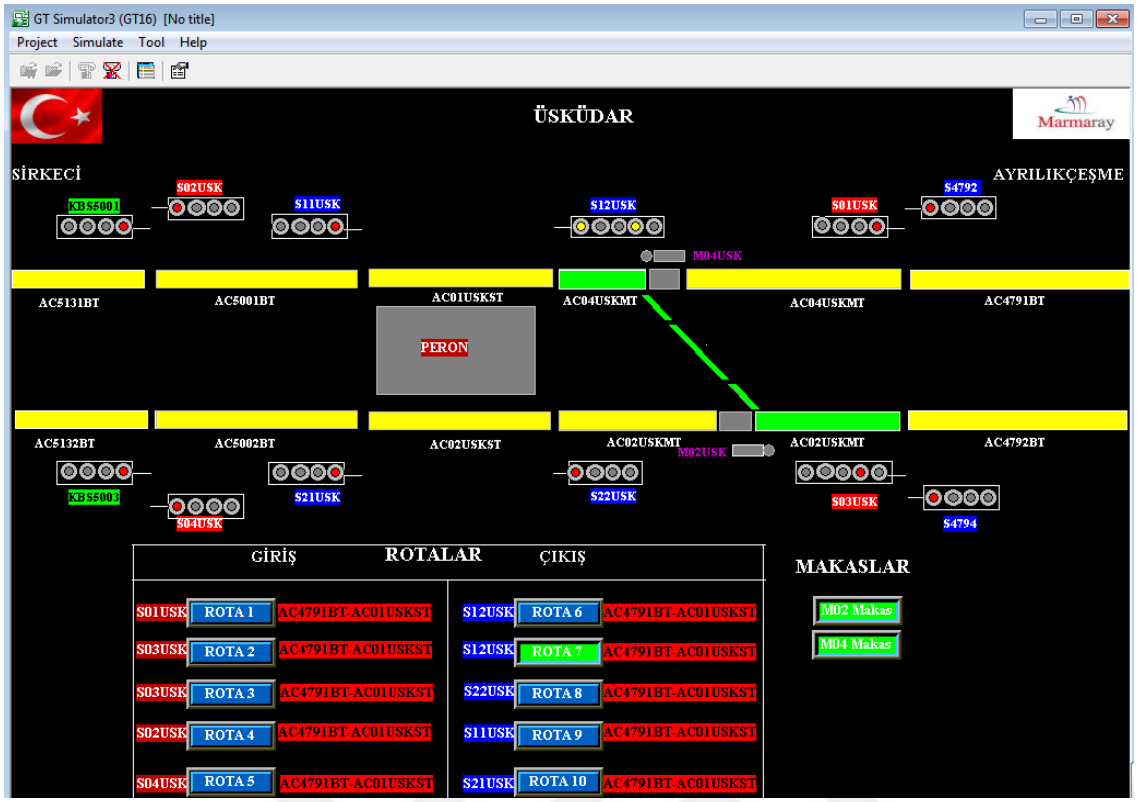
Şekil A.5. Üsküdar istasyonu rota 3



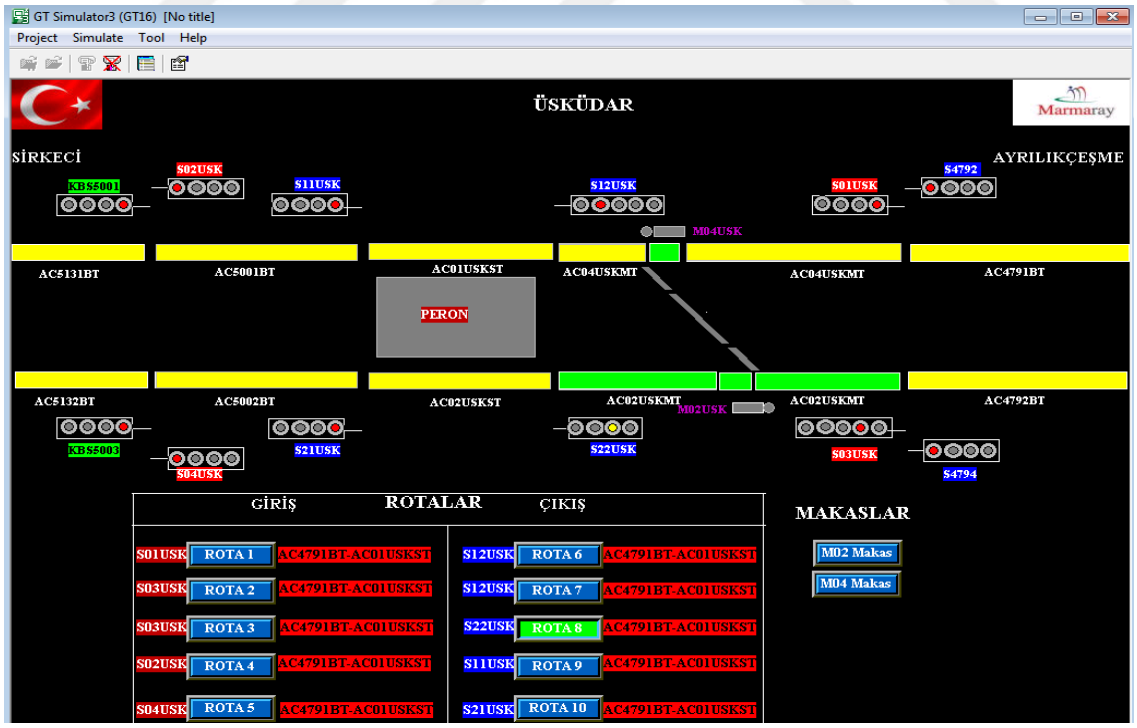
Şekil A.6. Üsküdar istasyonu rota 4 ve rota 5



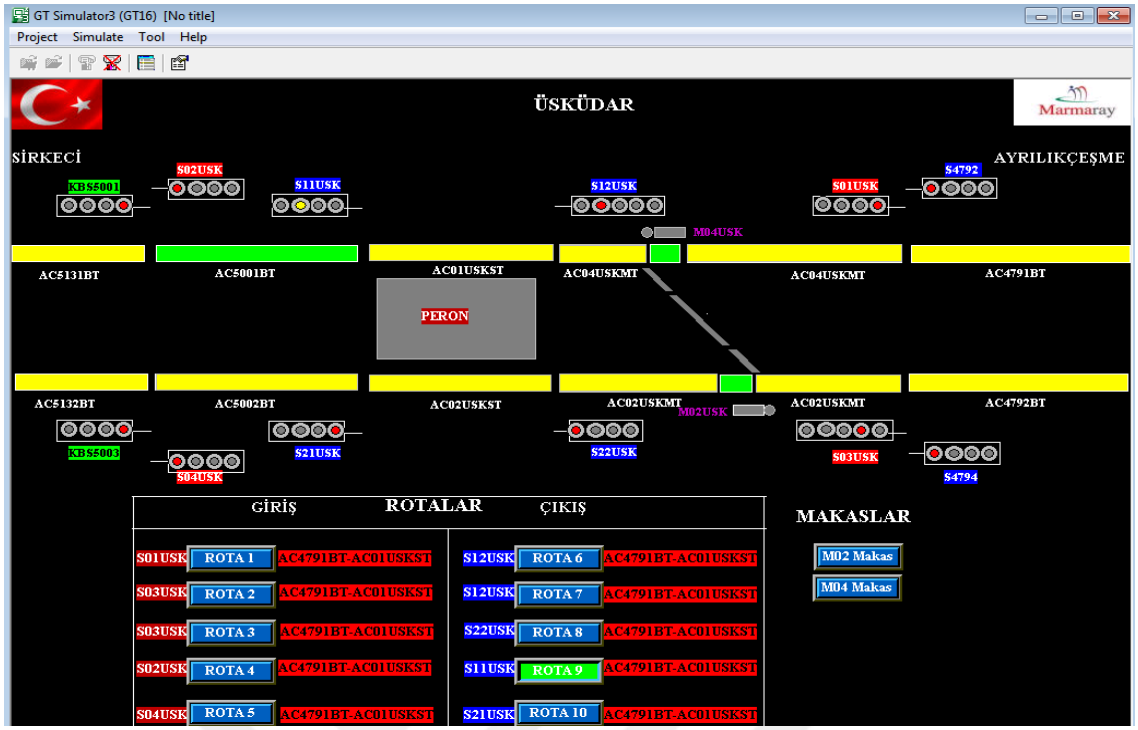
Şekil A.7. Üsküdar istasyonu rota 6



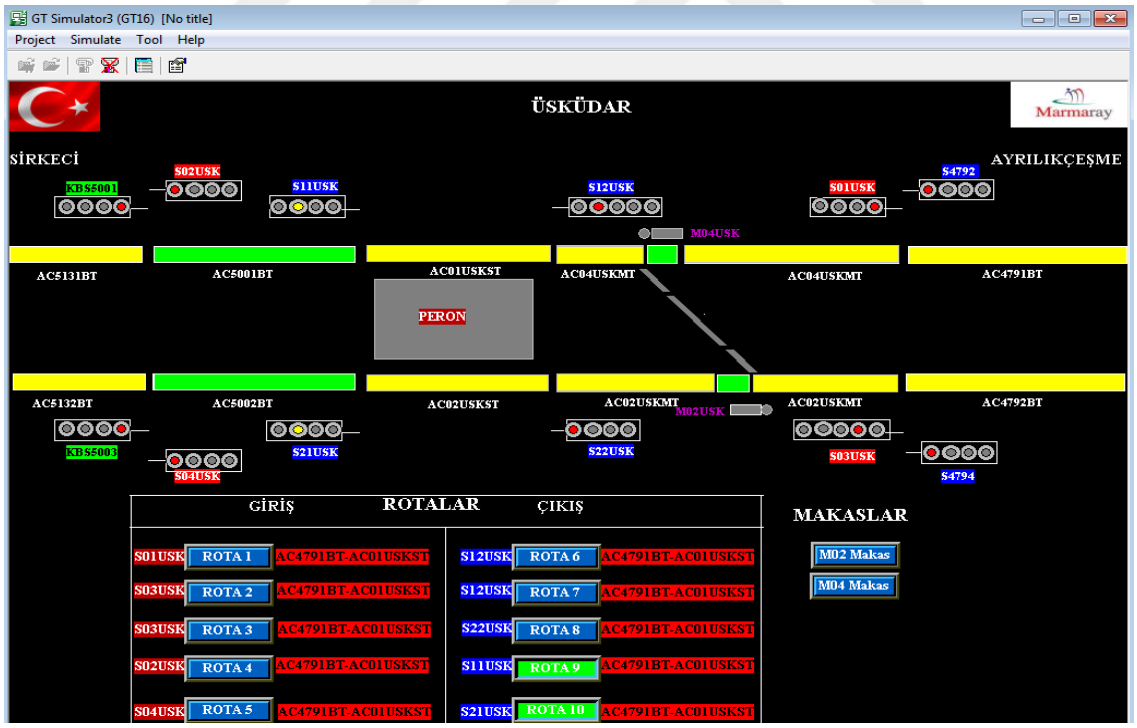
Şekil A.8. Üsküdar istasyonu rota 7



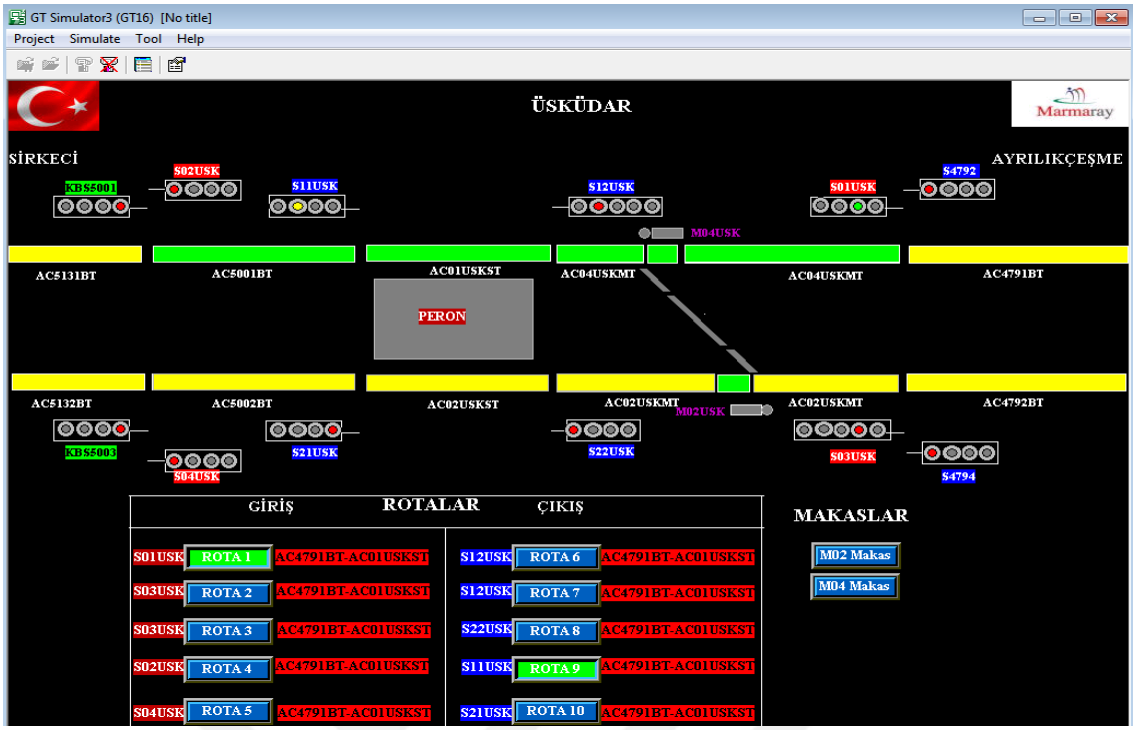
Şekil A.9. Üsküdar istasyonu rota 8



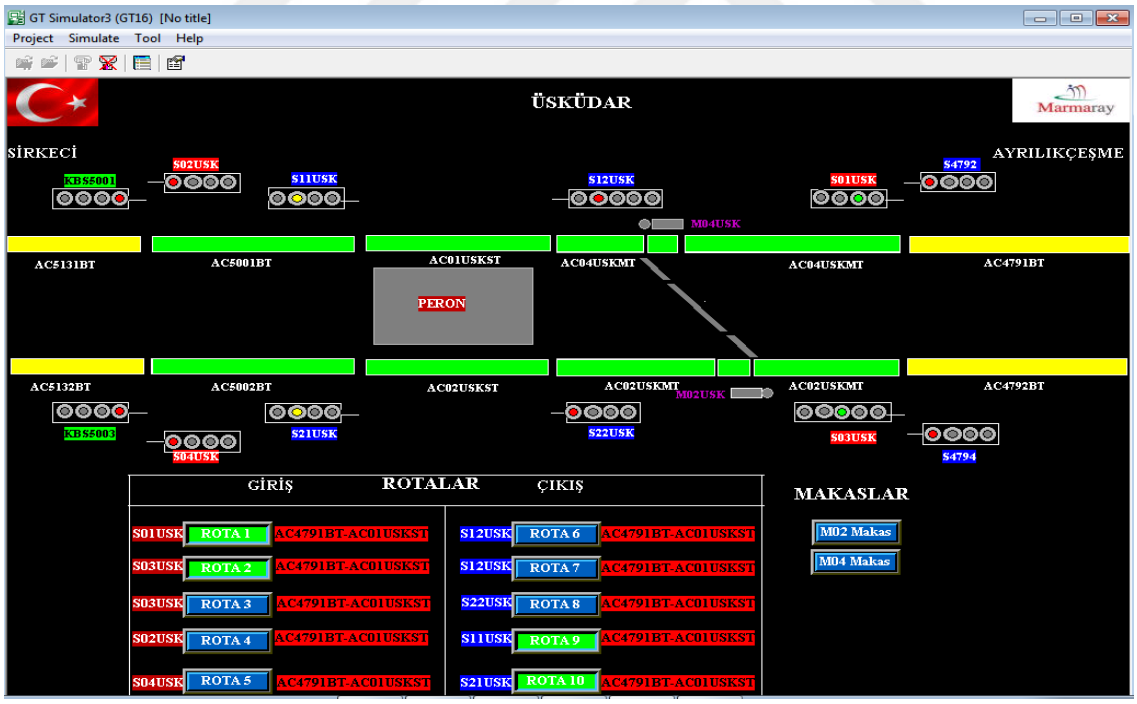
Şekil A.10. Üsküdar istasyonu rota 9



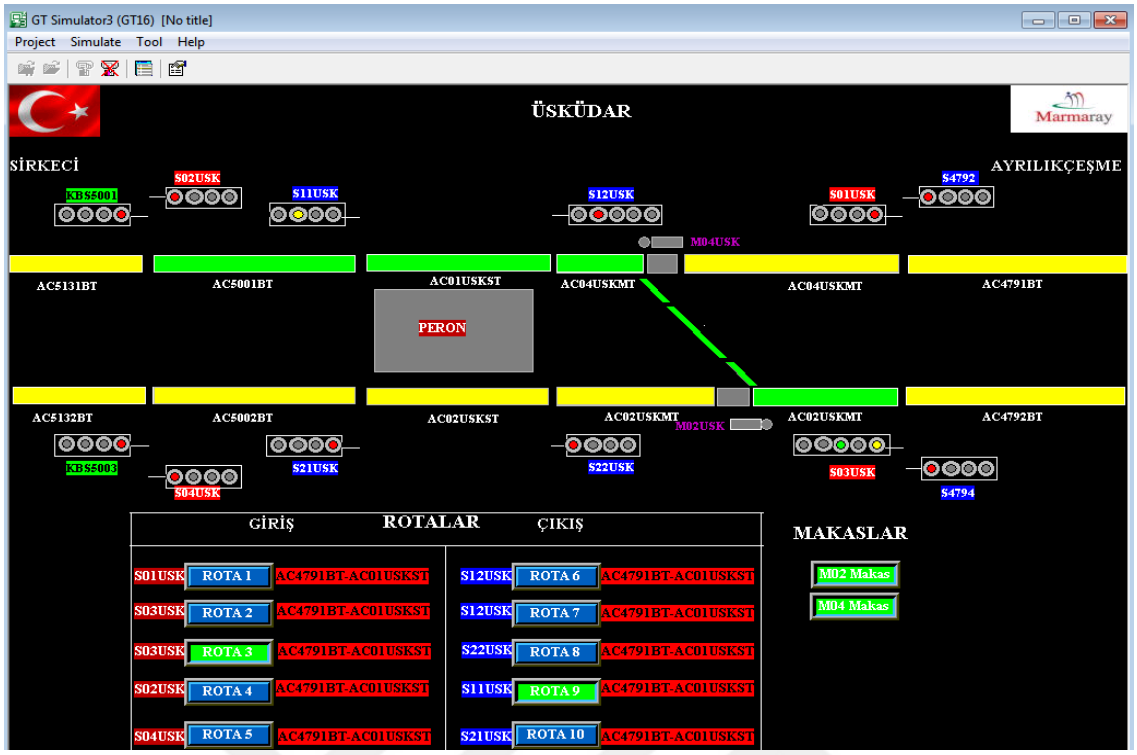
Şekil A.11. Üsküdar istasyonu rota 9 ve rota 10



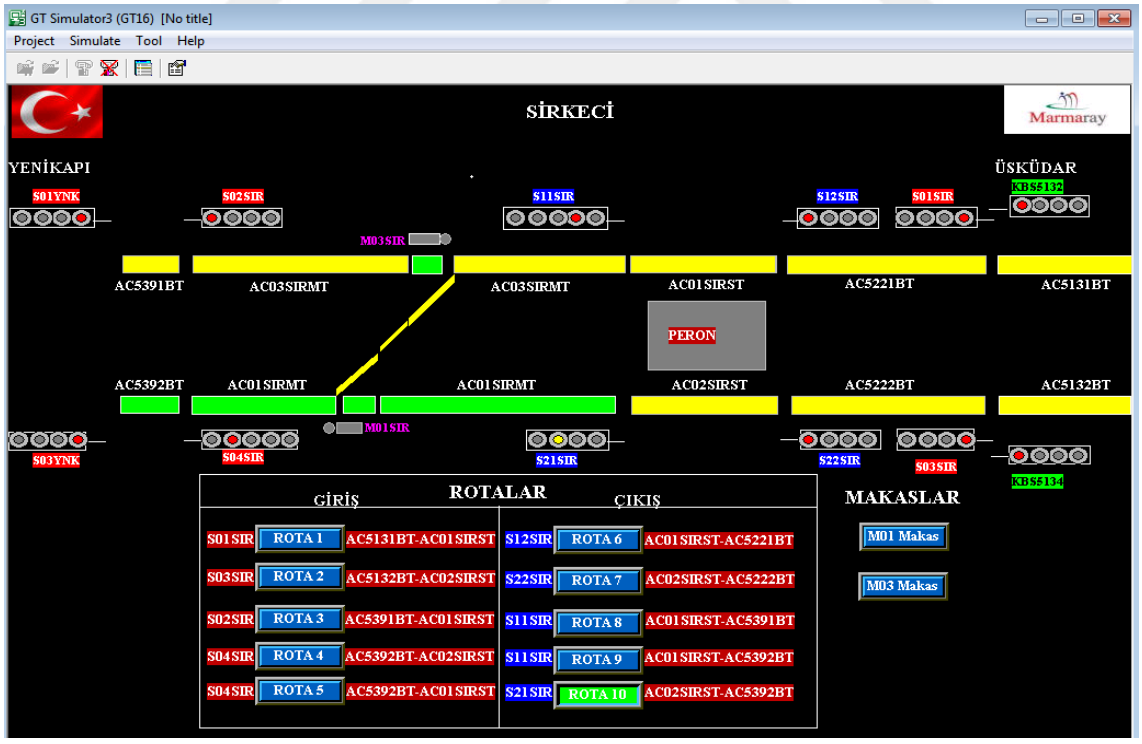
Şekil A.12. Üsküdar istasyonu rota 1 ve rota 9



Şekil A.13. Üsküdar istasyonu rota 1,rota 9 ve rota 2,rota 10



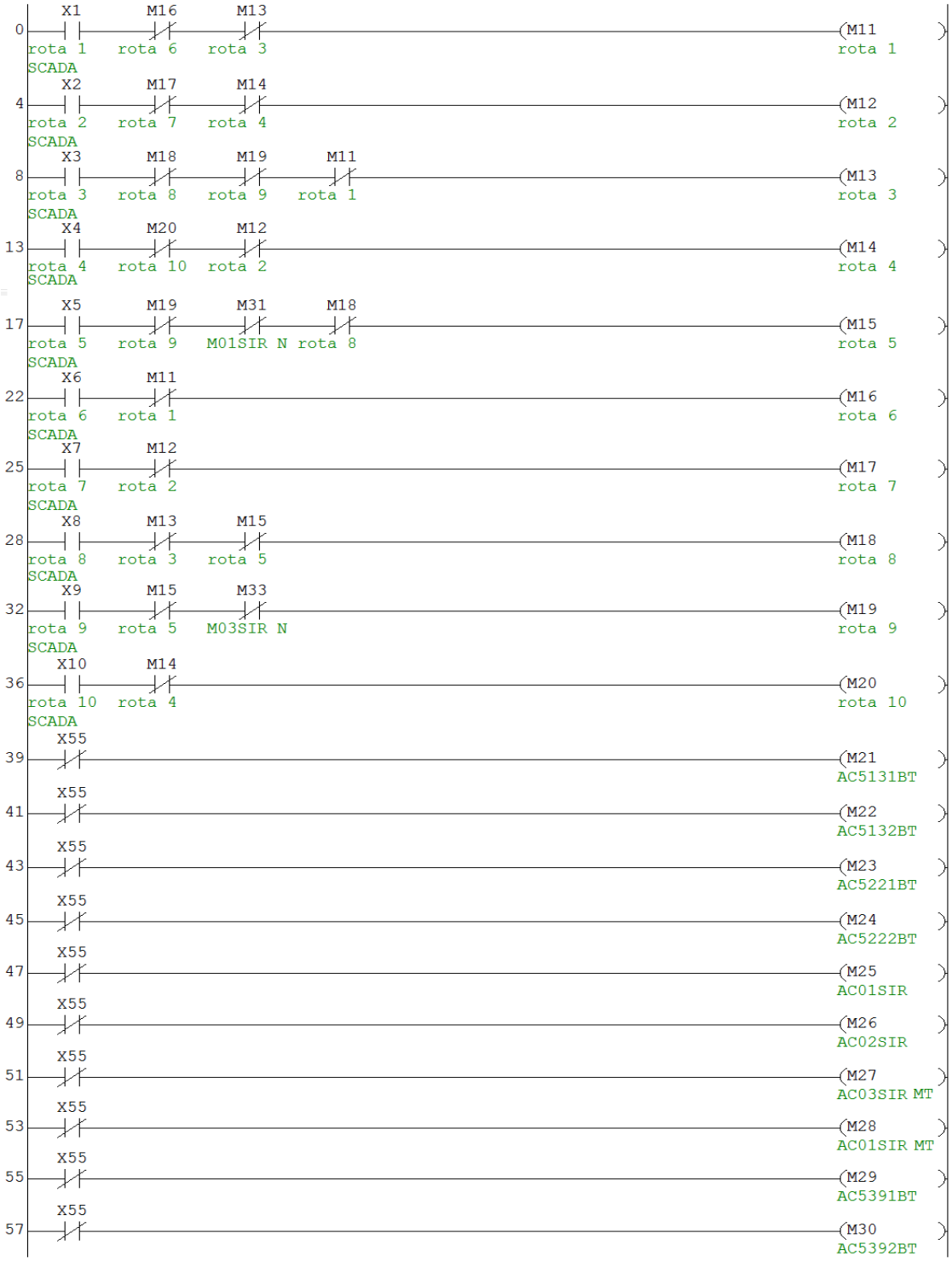
Şekil A.14. Üsküdar istasyonu rota 3 ve rota 9

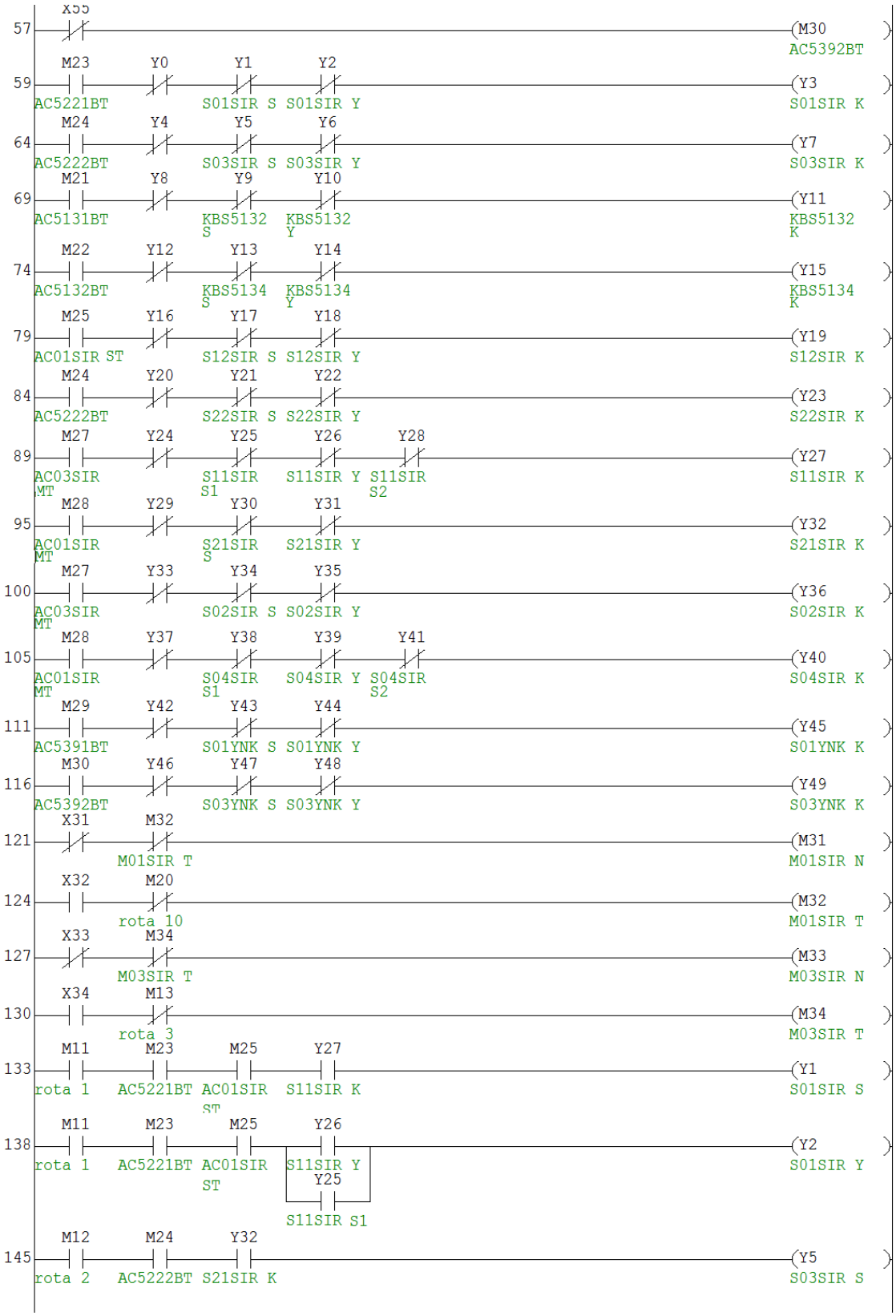


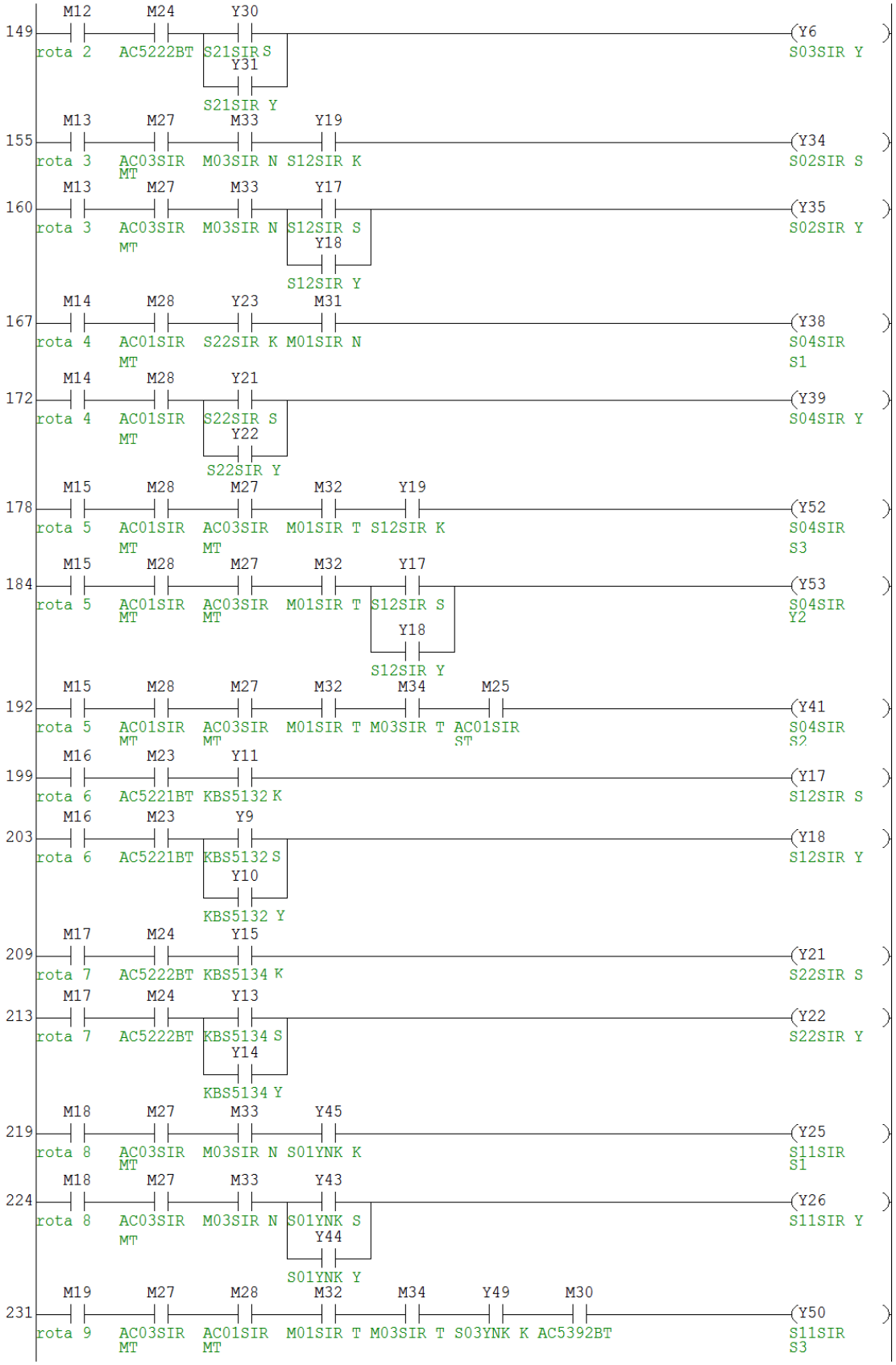
Şekil A.15. Üsküdar istasyonu rota 10

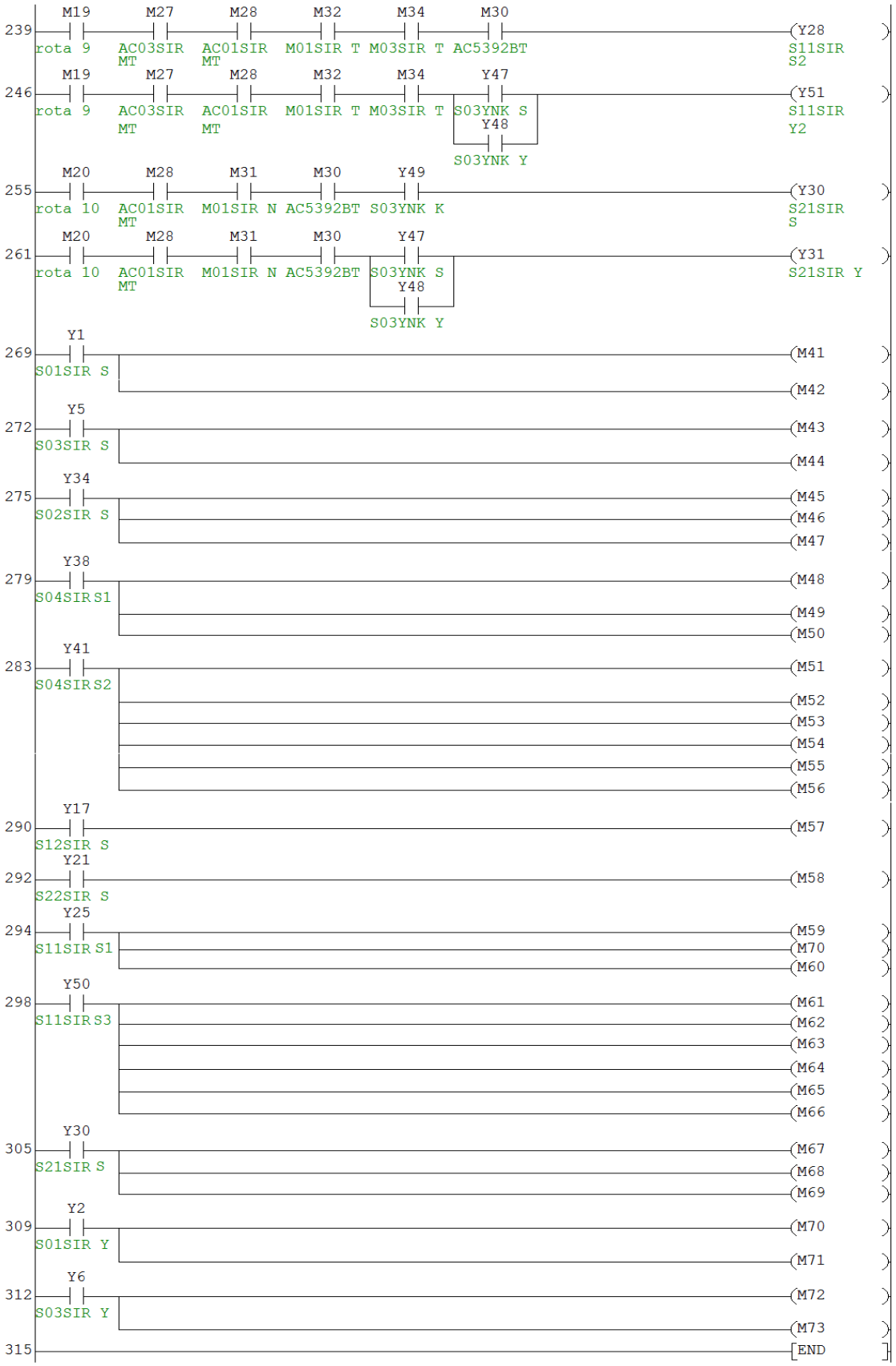
EK B

Sirkeci istasyonu anklaşman sistemi için 10 adet rota yazılmıştır. Giriş için 5 adet rota ve çıkış için 5 adet rota oluşturulmuştur. Şekil B.1'de Sirkeci istasyonu rotalarının PLC ile oluşturulması gösterilmiştir.

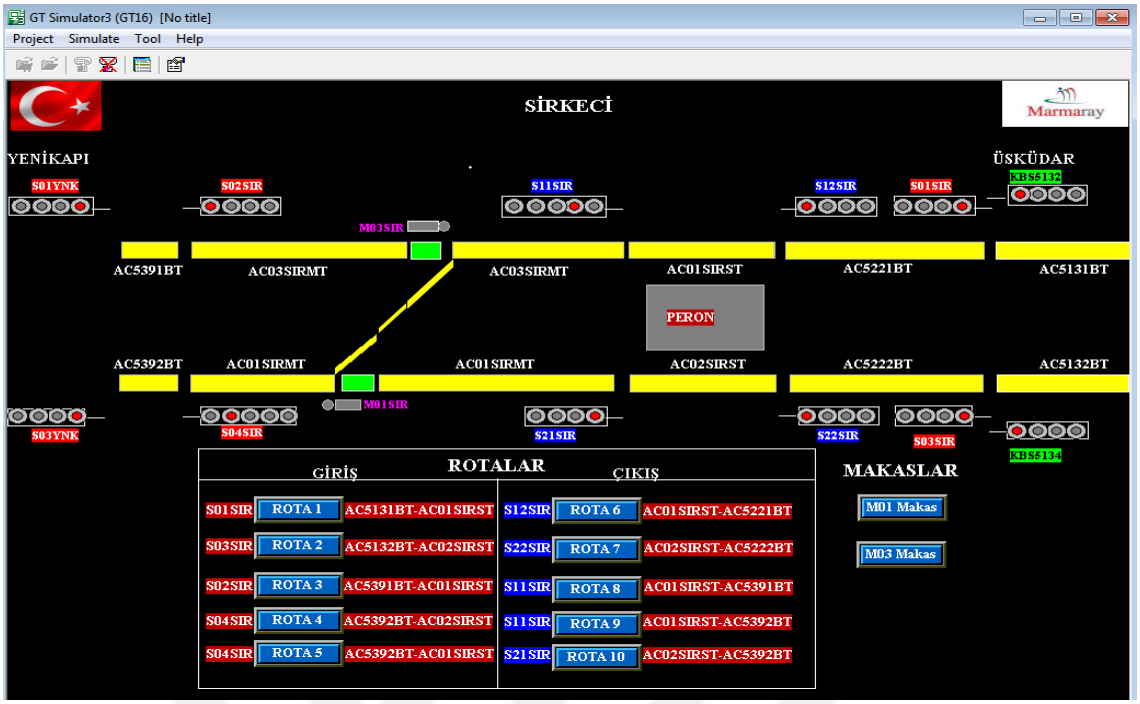



X55
57
M30
AC5392BT
M23 Y0 Y1 Y2
59
AC5221BT S01SIR S S01SIR Y
Y3
S01SIR K
M24 Y4 Y5 Y6
64
AC5222BT S03SIR S S03SIR Y
Y7
S03SIR K
M21 Y8 Y9 Y10
69
AC5131BT KBS5132 S KBS5132 Y
Y11
KBS5132 K
M22 Y12 Y13 Y14
74
AC5132BT KBS5134 S KBS5134 Y
Y15
KBS5134 K
M25 Y16 Y17 Y18
79
AC01SIR ST S12SIR S S12SIR Y
Y19
S12SIR K
M24 Y20 Y21 Y22
84
AC5222BT S22SIR S S22SIR Y
Y23
S22SIR K
M27 Y24 Y25 Y26 Y28
89
AC03SIR MT S11SIR S1 S11SIR Y S11SIR S2
Y27
S11SIR K
M28 Y29 Y30 Y31
95
AC01SIR MT S21SIR S S21SIR Y
Y32
S21SIR K
M27 Y33 Y34 Y35
100
AC03SIR MT S02SIR S S02SIR Y
Y36
S02SIR K
M28 Y37 Y38 Y39 Y41
105
AC01SIR MT S04SIR S1 S04SIR Y S04SIR S2
Y40
S04SIR K
M29 Y42 Y43 Y44
111
AC5391BT S01YNK S S01YNK Y
Y45
S01YNK K
M30 Y46 Y47 Y48
116
AC5392BT S03YNK S S03YNK Y
Y49
S03YNK K
X31 M32
121
M01SIR T
M31
M01SIR N
X32 M20
124
rota 10
M32
M01SIR T
X33 M34
127
M03SIR T
M33
M03SIR N
X34 M13
130
rota 3
M34
M03SIR T
M11 M23 M25 Y27
133
rota 1 AC5221BT AC01SIR ST S11SIR K
Y1
S01SIR S
M11 M23 M25 Y26
138
rota 1 AC5221BT AC01SIR ST S11SIR Y
Y25
S11SIR S1
Y2
S01SIR Y
M12 M24 Y32
145
rota 2 AC5222BT S21SIR K
Y5
S03SIR S

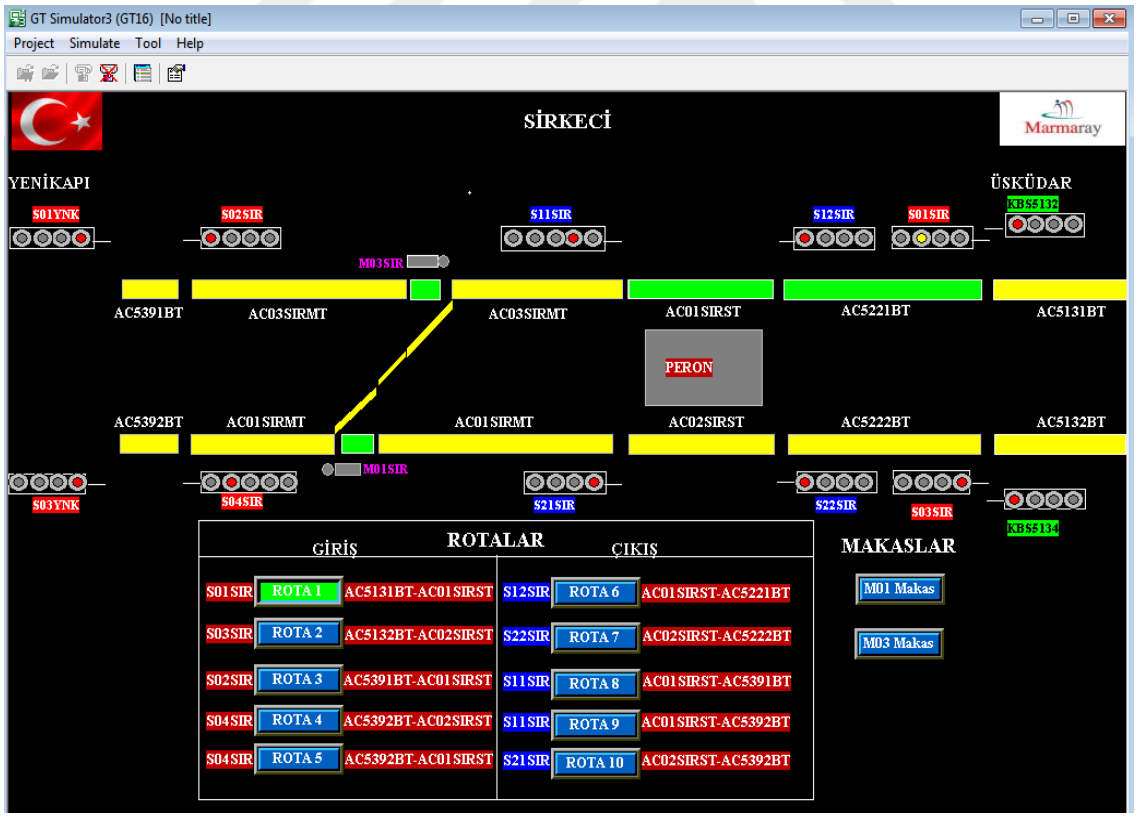

149
M12 M24 Y30
rota 2 AC5222BT S21SIR S
Y31
S21SIR Y
Y6
S03SIR Y
155
M13 M27 M33 Y19
rota 3 AC03SIR MT M03SIR N S12SIR K
Y34
S02SIR S
160
M13 M27 M33 Y17
rota 3 AC03SIR MT M03SIR N S12SIR S
Y18
S12SIR Y
Y35
S02SIR Y
167
M14 M28 Y23 M31
rota 4 AC01SIR MT S22SIR K M01SIR N
Y38
S04SIR S1
172
M14 M28 Y21
rota 4 AC01SIR MT S22SIR S
Y22
S22SIR Y
Y39
S04SIR Y
178
M15 M28 M27 M32 Y19
rota 5 AC01SIR MT AC03SIR MT M01SIR T S12SIR K
Y52
S04SIR S3
184
M15 M28 M27 M32 Y17
rota 5 AC01SIR MT AC03SIR MT M01SIR T S12SIR S
Y18
S12SIR Y
Y53
S04SIR Y2
192
M15 M28 M27 M32 M34 M25
rota 5 AC01SIR MT AC03SIR MT M01SIR T M03SIR T AC01SIR ST
Y41
S04SIR S2
199
M16 M23 Y11
rota 6 AC5221BT KBS5132 K
Y17
S12SIR S
203
M16 M23 Y9
rota 6 AC5221BT KBS5132 S
Y10
KBS5132 Y
Y18
S12SIR Y
209
M17 M24 Y15
rota 7 AC5222BT KBS5134 K
Y21
S22SIR S
213
M17 M24 Y13
rota 7 AC5222BT KBS5134 S
Y14
KBS5134 Y
Y22
S22SIR Y
219
M18 M27 M33 Y45
rota 8 AC03SIR MT M03SIR N S01YNK K
Y25
S11SIR S1
224
M18 M27 M33 Y43
rota 8 AC03SIR MT M03SIR N S01YNK S
Y44
S01YNK Y
Y26
S11SIR Y
231
M19 M27 M28 M32 M34 Y49 M30
rota 9 AC03SIR MT AC01SIR MT M01SIR T M03SIR T S03YNK K AC5392BT
Y50
S11SIR S3



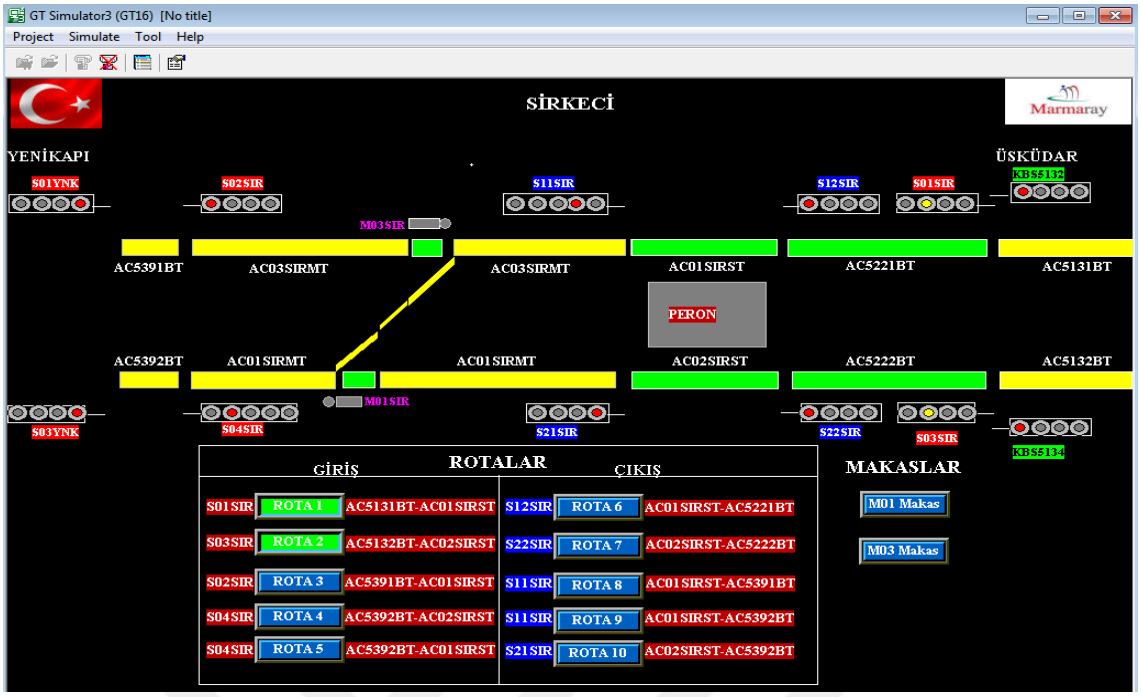
Şekil B.1. Sirkeci istasyonu rotalarının PLC ile oluşturulması



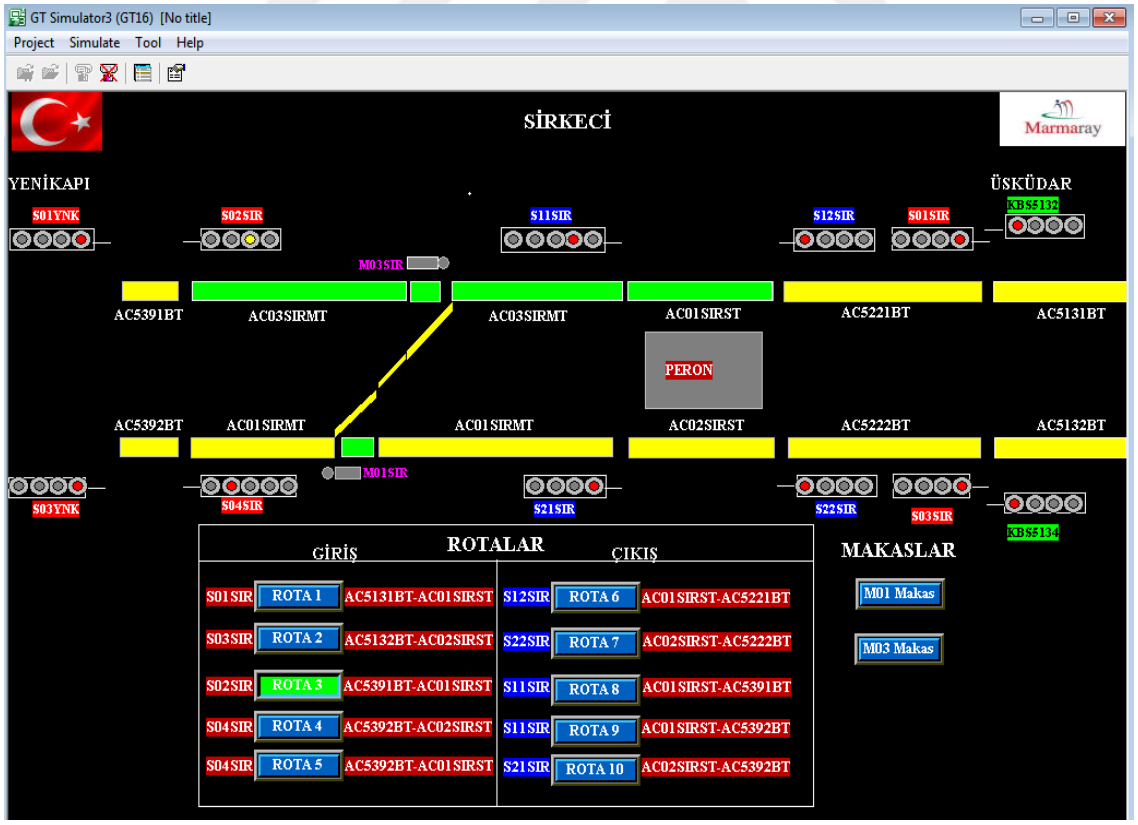
Şekil B.2. Sirkeci istasyonu SCADA görünümü



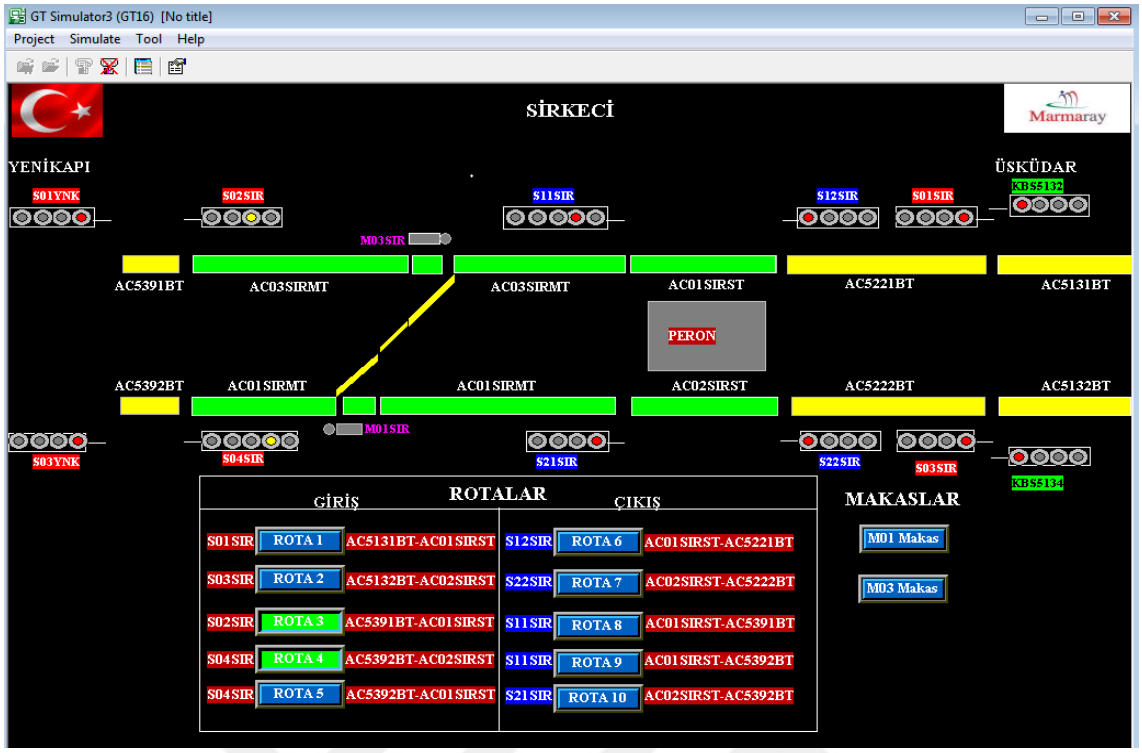
Şekil B.3. Sirkeci istasyonu rota 1



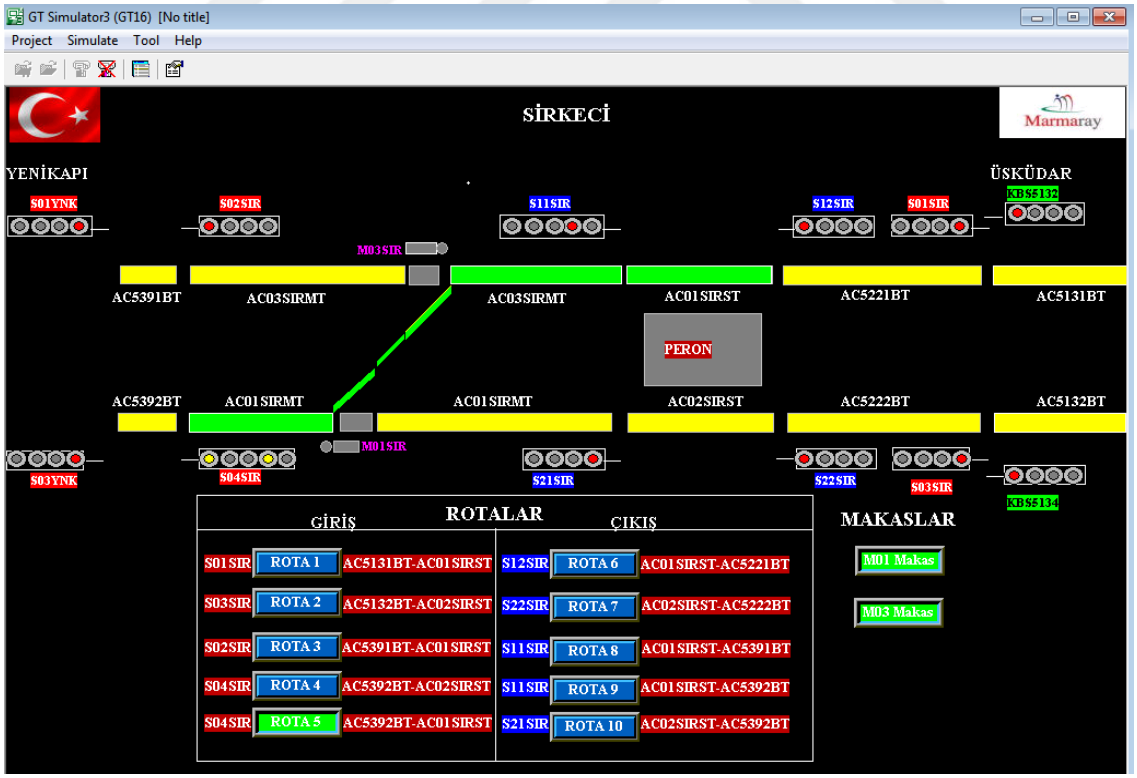
Şekil B.4. Sirkeci istasyonu rota 1 ve rota 2



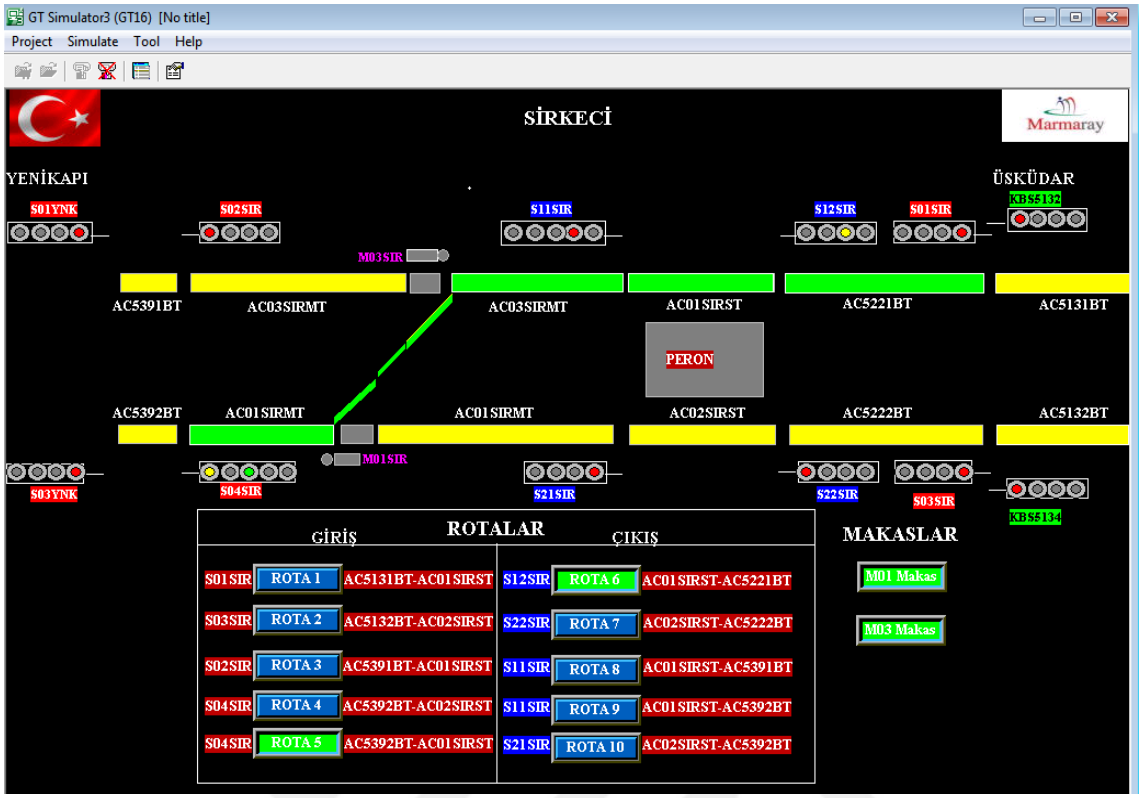
Şekil B.5. Sirkeci istasyonu rota 3



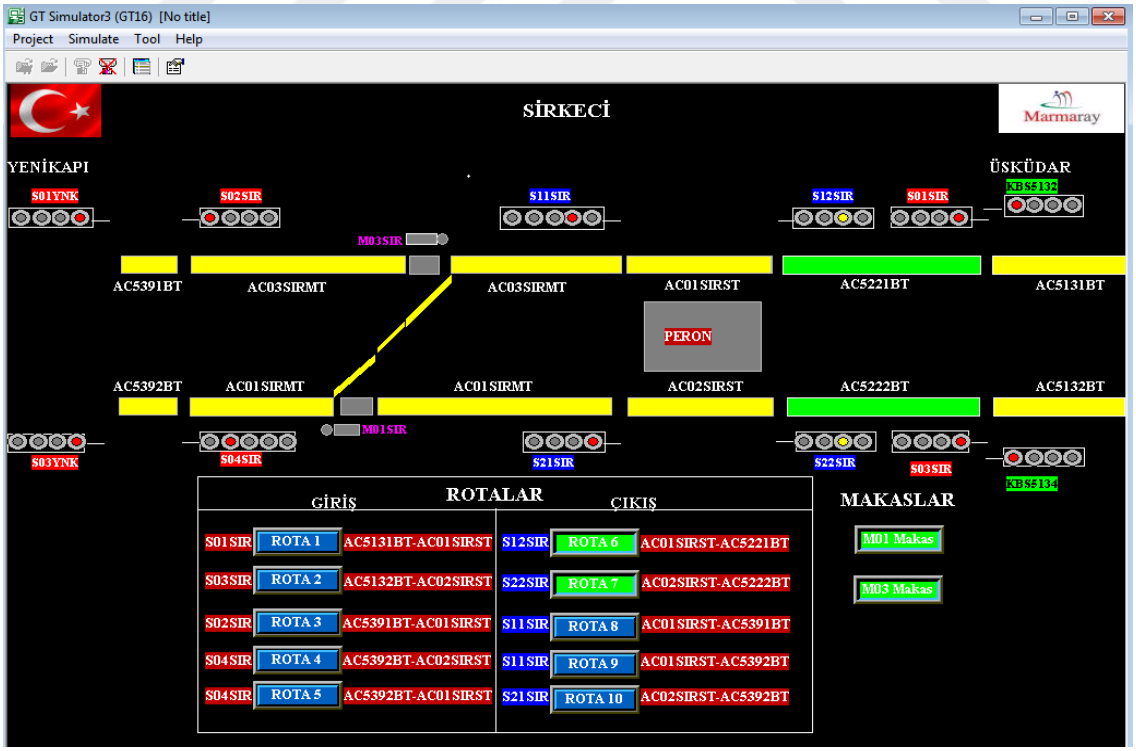
Şekil B.6. Sirkeci istasyonu rota 3 ve rota 4



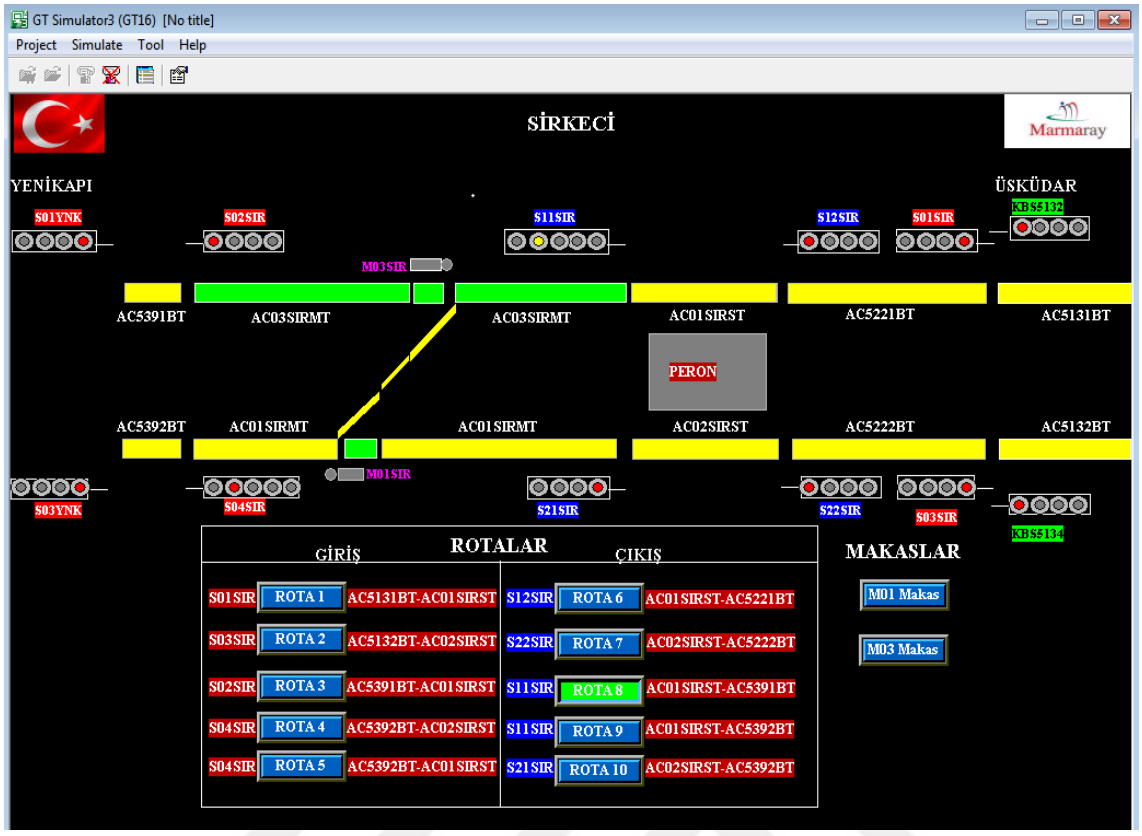
Şekil B.7. Sirkeci istasyonu rota 5



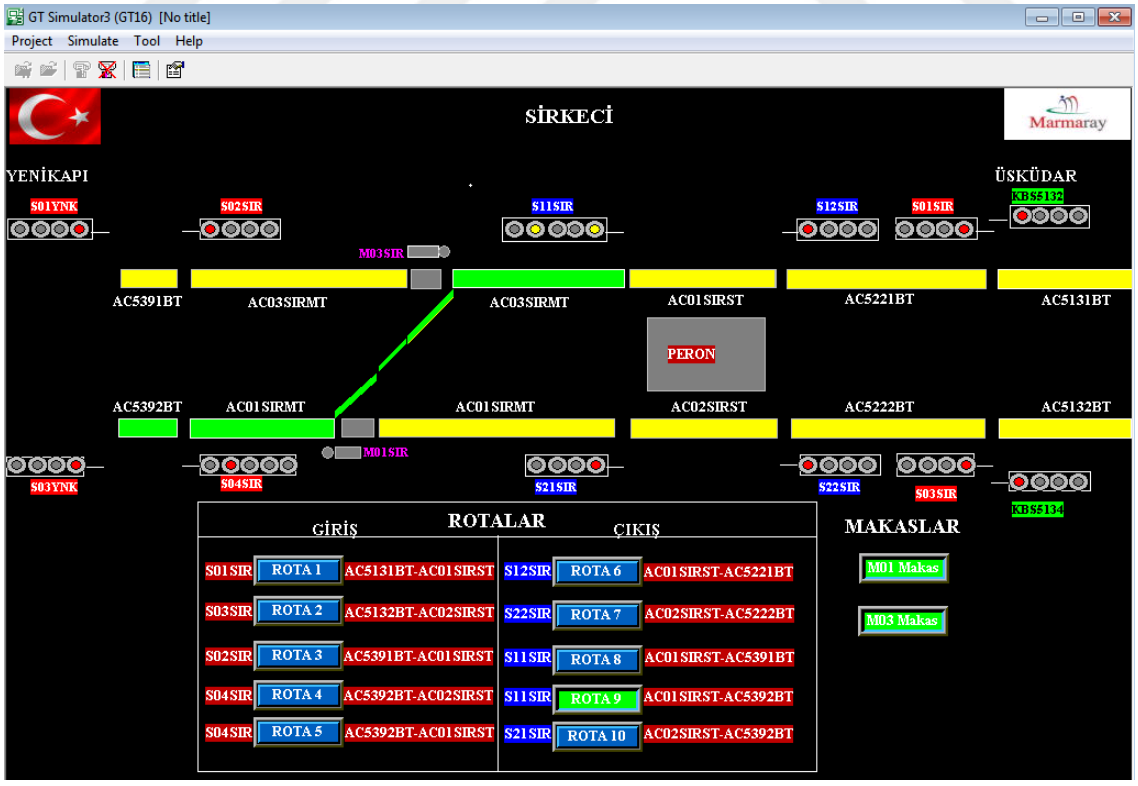
Şekil B.8. Sirkeci istasyonu rota 5 ve rota 6



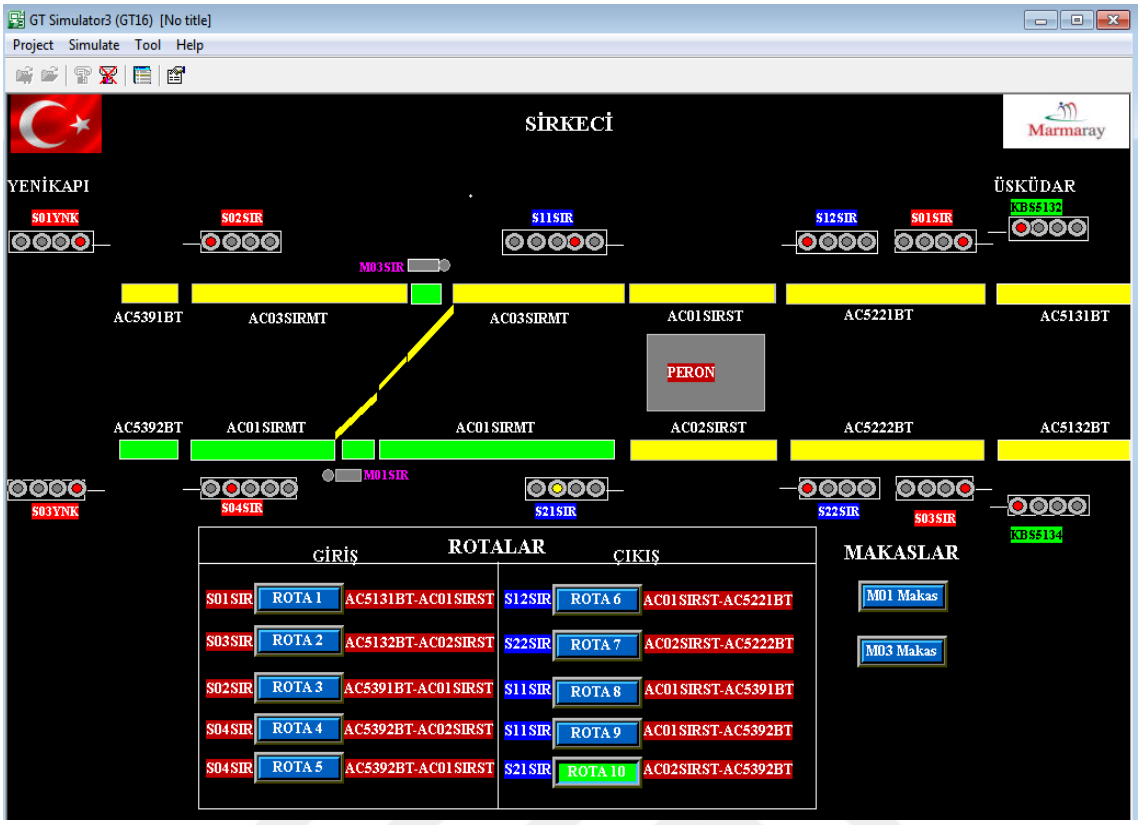
Şekil B.9. Sirkeci istasyonu rota 6 ve rota 7



Şekil B.10. Sirkeci istasyonu rota 8



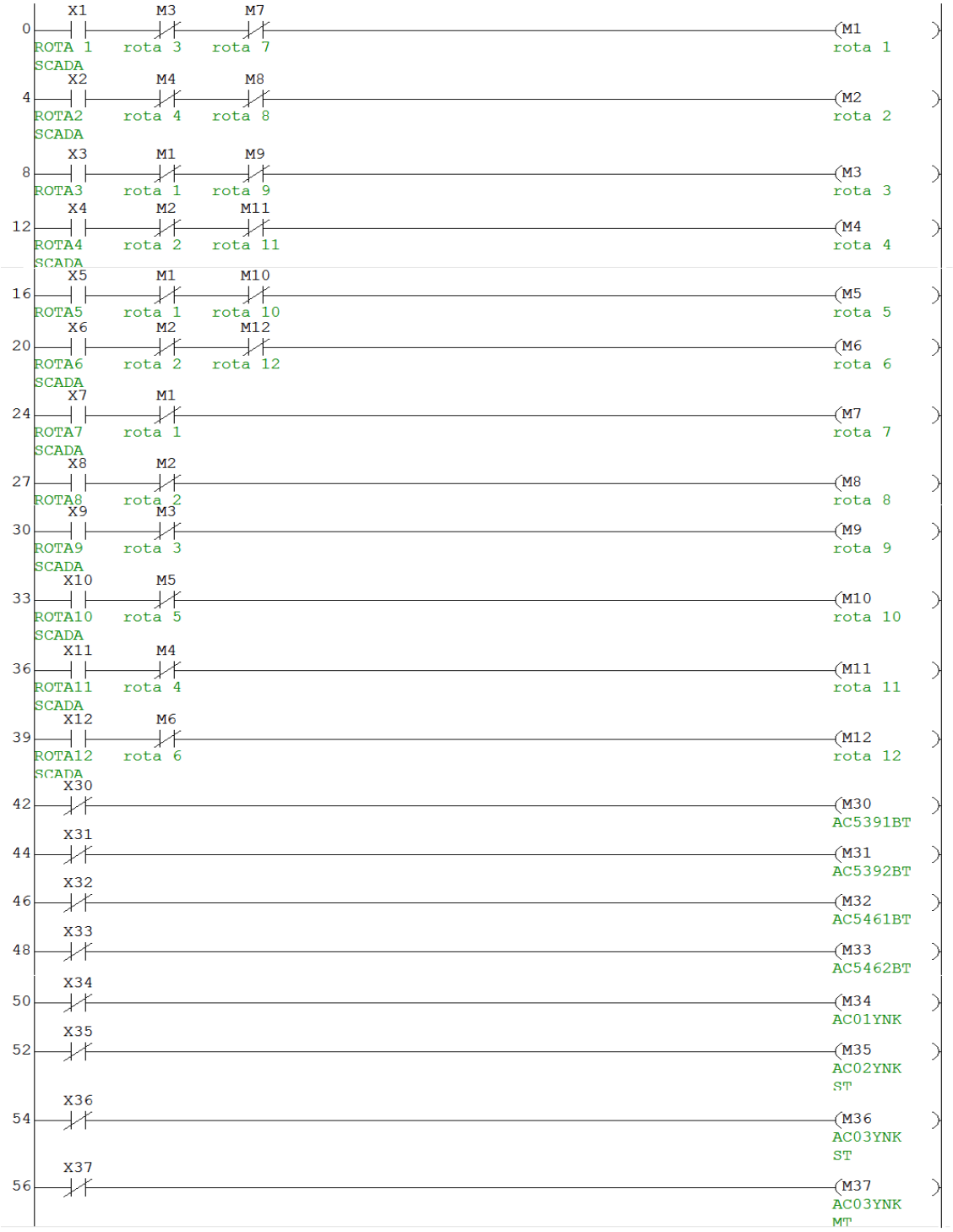
Şekil B.11. Sirkeci istasyonu rota 9

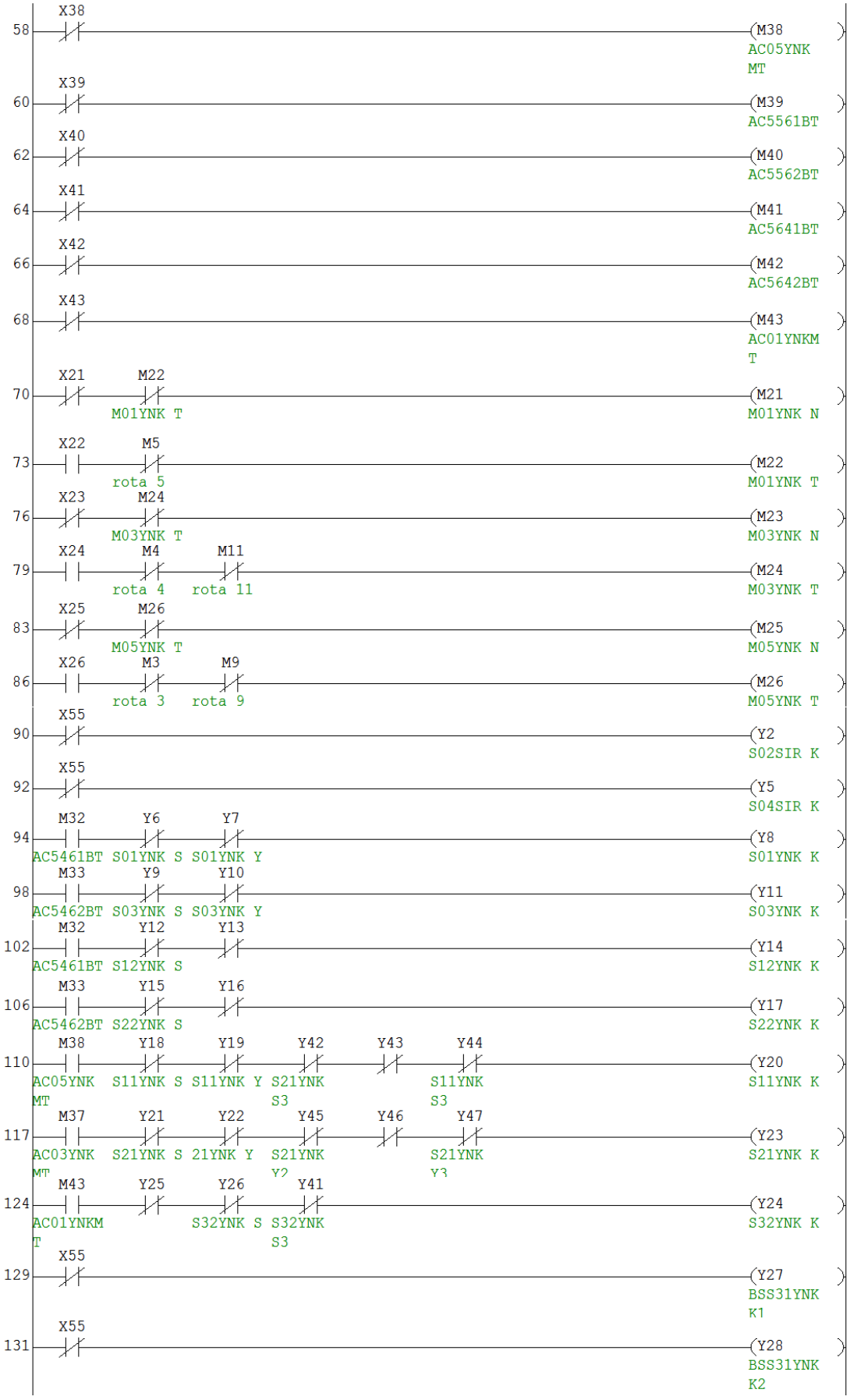


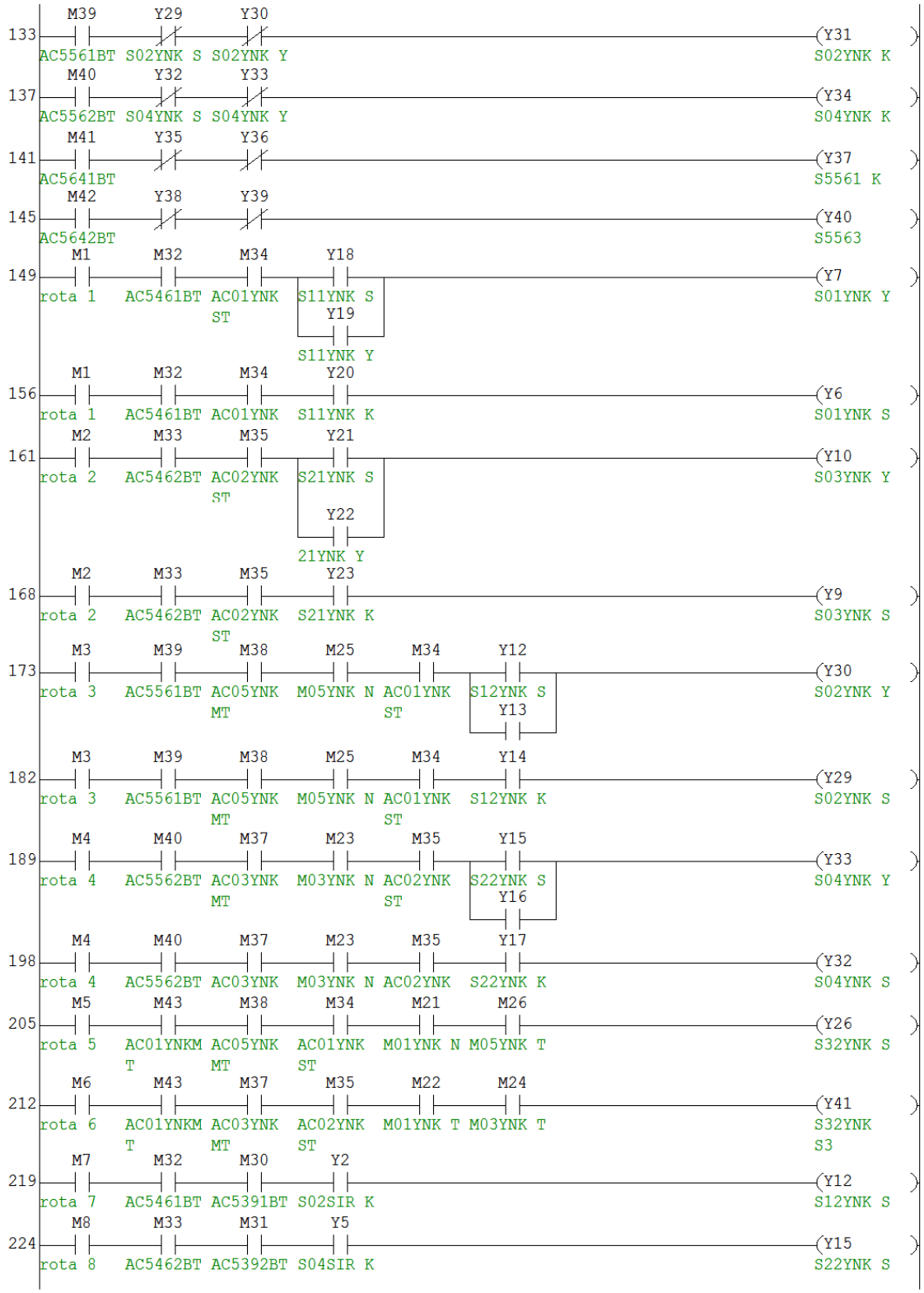
Şekil B.13. Sirkeci istasyonu rota 10

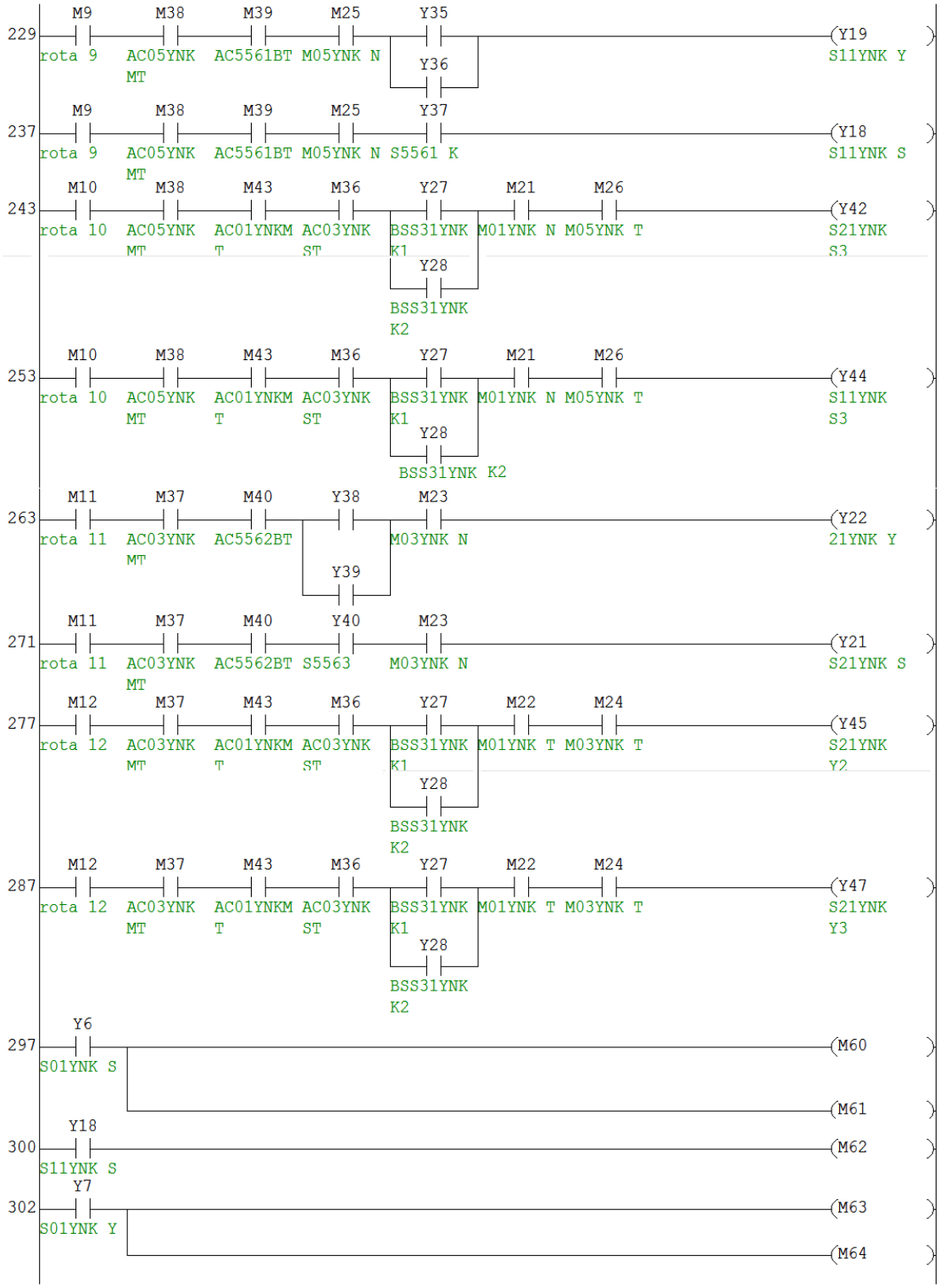
EK C

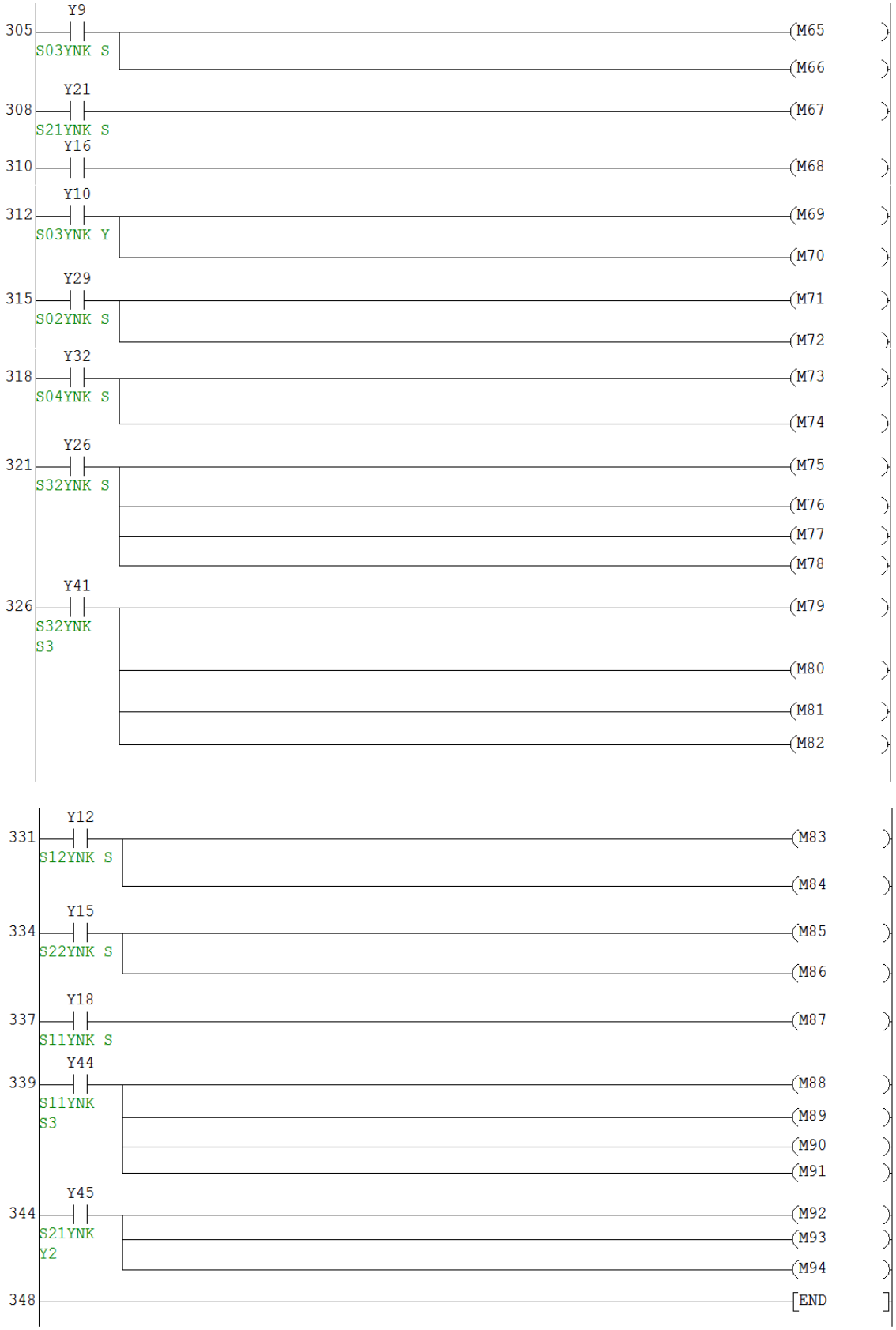
Yenikapı istasyonu Anklaşman Sistemi için 12 adet rota yazılmıştır. Giriş için 6 adet rota ve çıkış için 6 adet rota oluşturulmuştur. Şekil C.1'de Yenikapı istasyonu rotalarının PLC ile oluşturulması gösterilmiştir.



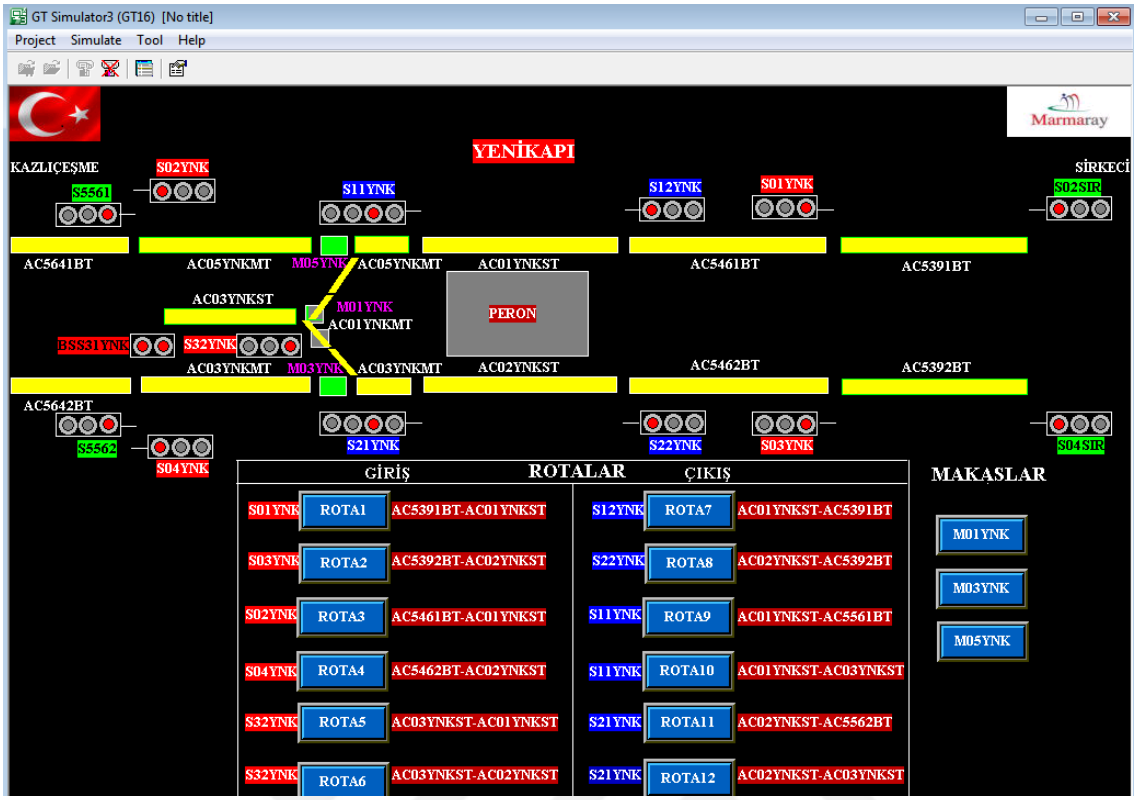

58 X38 (M38 AC05YNK MT)
60 X39 (M39 AC5561BT)
62 X40 (M40 AC5562BT)
64 X41 (M41 AC5641BT)
66 X42 (M42 AC5642BT)
68 X43 (M43 AC01YNKM T)
70 X21 M22 M01YNK T (M21 M01YNK N)
73 X22 M5 rota 5 (M22 M01YNK T)
76 X23 M24 M03YNK T (M23 M03YNK N)
79 X24 M4 rota 4 M11 rota 11 (M24 M03YNK T)
83 X25 M26 M05YNK T (M25 M05YNK N)
86 X26 M3 rota 3 M9 rota 9 (M26 M05YNK T)
90 X55 (Y2 S02SIR K)
92 X55 (Y5 S04SIR K)
94 M32 Y6 Y7 AC5461BT S01YNK S S01YNK Y (Y8 S01YNK K)
98 M33 Y9 Y10 AC5462BT S03YNK S S03YNK Y (Y11 S03YNK K)
102 M32 Y12 Y13 AC5461BT S12YNK S (Y14 S12YNK K)
106 M33 Y15 Y16 AC5462BT S22YNK S (Y17 S22YNK K)
110 M38 Y18 Y19 Y42 Y43 Y44 AC05YNK MT S11YNK S S11YNK Y S21YNK S3 S11YNK S3 (Y20 S11YNK K)
117 M37 Y21 Y22 Y45 Y46 Y47 AC03YNK MT S21YNK S 21YNK Y S21YNK Y2 S21YNK Y3 (Y23 S21YNK K)
124 M43 Y25 Y26 Y41 AC01YNKM T S32YNK S S32YNK S3 (Y24 S32YNK K)
129 X55 (Y27 BSS31YNK K1)
131 X55 (Y28 BSS31YNK K2)


133 M39 Y29 Y30 Y31
AC5561BT S02YNK S S02YNK Y S02YNK K
137 M40 Y32 Y33 Y34
AC5562BT S04YNK S S04YNK Y S04YNK K
141 M41 Y35 Y36 Y37
AC5641BT S5561 K
145 M42 Y38 Y39 Y40
AC5642BT S5563
149 M1 M32 M34 Y18 Y7
rota 1 AC5461BT AC01YNK ST S11YNK S Y19 S01YNK Y
S11YNK Y
156 M1 M32 M34 Y20 Y6
rota 1 AC5461BT AC01YNK S11YNK K S01YNK S
161 M2 M33 M35 Y21 Y10
rota 2 AC5462BT AC02YNK ST S21YNK S Y22 S03YNK Y
21YNK Y
168 M2 M33 M35 Y23 Y9
rota 2 AC5462BT AC02YNK ST S21YNK K S03YNK S
173 M3 M39 M38 M25 M34 Y12 Y30
rota 3 AC5561BT AC05YNK MT M05YNK N AC01YNK ST S12YNK S Y13 S02YNK Y
182 M3 M39 M38 M25 M34 Y14 Y29
rota 3 AC5561BT AC05YNK MT M05YNK N AC01YNK ST S12YNK K S02YNK S
189 M4 M40 M37 M23 M35 Y15 Y33
rota 4 AC5562BT AC03YNK MT M03YNK N AC02YNK ST S22YNK S Y16 S04YNK Y
198 M4 M40 M37 M23 M35 Y17 Y32
rota 4 AC5562BT AC03YNK MT M03YNK N AC02YNK ST S22YNK K S04YNK S
205 M5 M43 M38 M34 M21 M26 Y26
rota 5 AC01YNKMT AC05YNK MT AC01YNK ST M01YNK N M05YNK T S32YNK S
212 M6 M43 M37 M35 M22 M24 Y41
rota 6 AC01YNKMT AC03YNK MT AC02YNK ST M01YNK T M03YNK T S32YNK S3
219 M7 M32 M30 Y2 Y12
rota 7 AC5461BT AC5391BT S02SIR K S12YNK S
224 M8 M33 M31 Y5 Y15
rota 8 AC5462BT AC5392BT S04SIR K S22YNK S

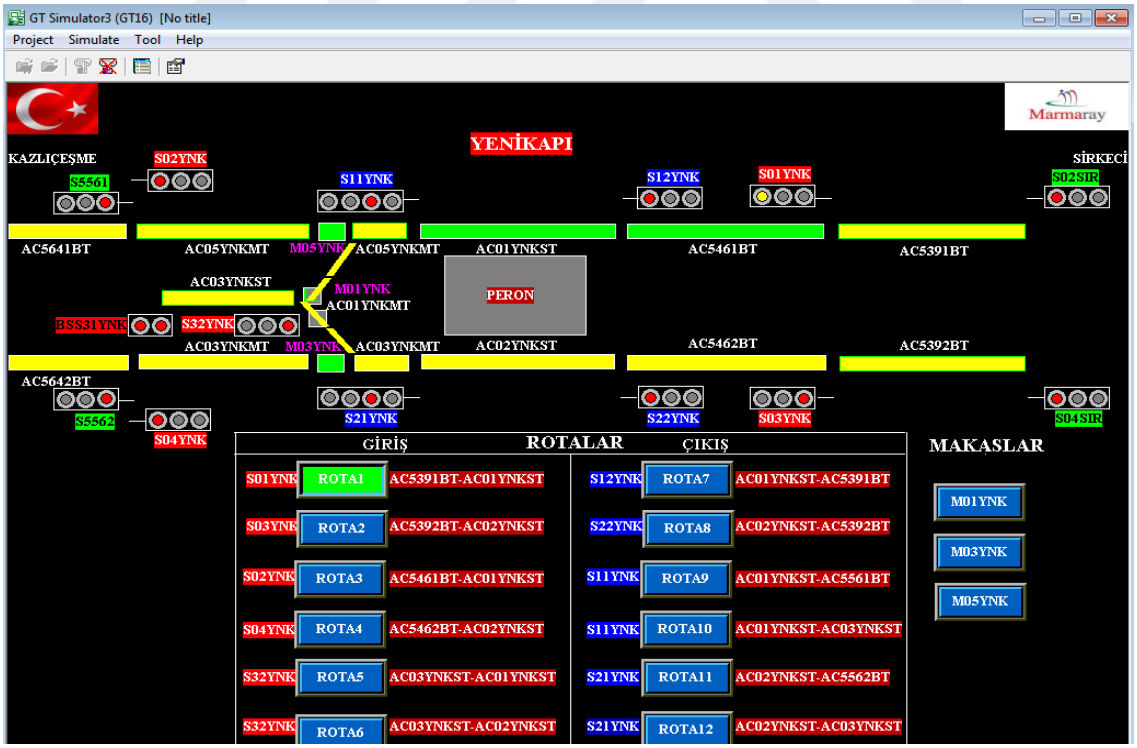

229
M9
M38
M39
M25
Y35
rota 9
AC05YNK MT
AC5561BT
M05YNK N
Y36
Y19
S11YNK Y
237
M9
M38
M39
M25
Y37
rota 9
AC05YNK MT
AC5561BT
M05YNK N
S5561 K
Y18
S11YNK S
243
M10
M38
M43
M36
Y27
M21
M26
rota 10
AC05YNK MT
AC01YNKM T
AC03YNK ST
BSS31YNK K1
M01YNK N
M05YNK T
Y28
BSS31YNK K2
Y42
S21YNK S3
253
M10
M38
M43
M36
Y27
M21
M26
rota 10
AC05YNK MT
AC01YNKM T
AC03YNK ST
BSS31YNK K1
M01YNK N
M05YNK T
Y28
BSS31YNK K2
Y44
S11YNK S3
263
M11
M37
M40
Y38
M23
rota 11
AC03YNK MT
AC5562BT
M03YNK N
Y39
Y22
21YNK Y
271
M11
M37
M40
Y40
M23
rota 11
AC03YNK MT
AC5562BT
S5563
M03YNK N
Y21
S21YNK S
277
M12
M37
M43
M36
Y27
M22
M24
rota 12
AC03YNK MT
AC01YNKM T
AC03YNK ST
BSS31YNK K1
M01YNK T
M03YNK T
Y28
BSS31YNK K2
Y45
S21YNK Y2
287
M12
M37
M43
M36
Y27
M22
M24
rota 12
AC03YNK MT
AC01YNKM T
AC03YNK ST
BSS31YNK K1
M01YNK T
M03YNK T
Y28
BSS31YNK K2
Y47
S21YNK Y3
297
Y6
S01YNK S
M60
M61
300
Y18
S11YNK S
M62
302
Y7
S01YNK Y
M63
M64



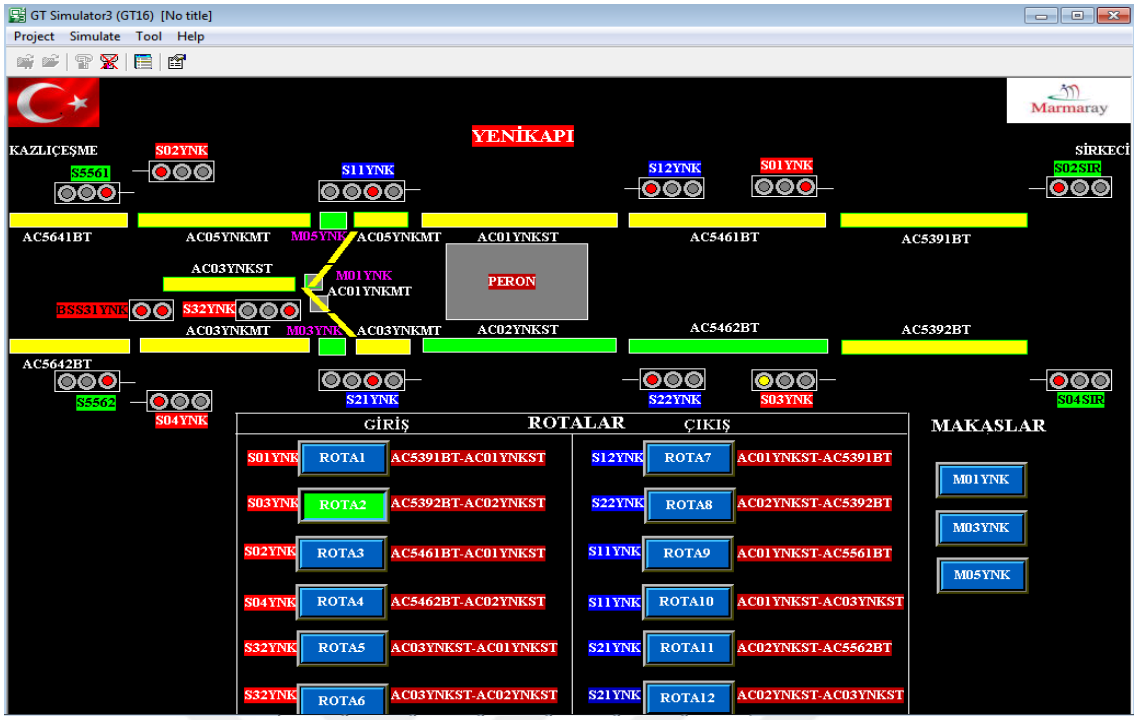
Şekil C.1. Yenikapı istasyonu rotalarının PLC ile oluşturulması



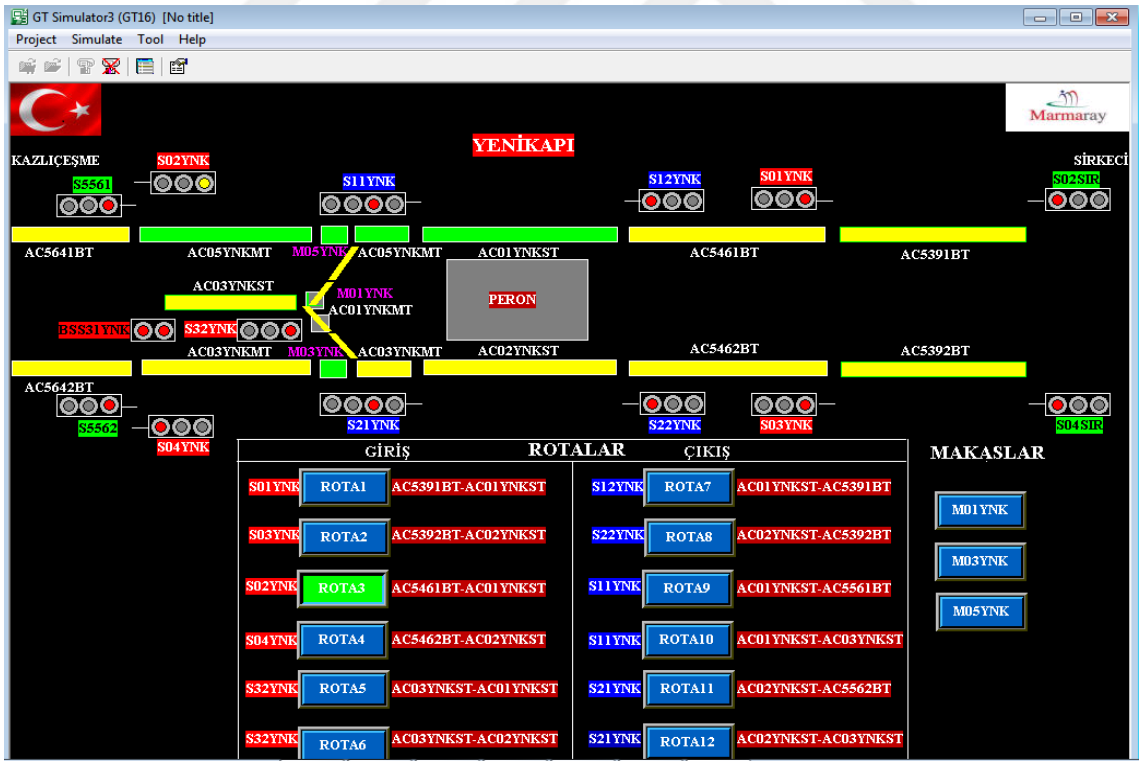
Şekil C.2. Yenikapı istasyonu HMI görünümü



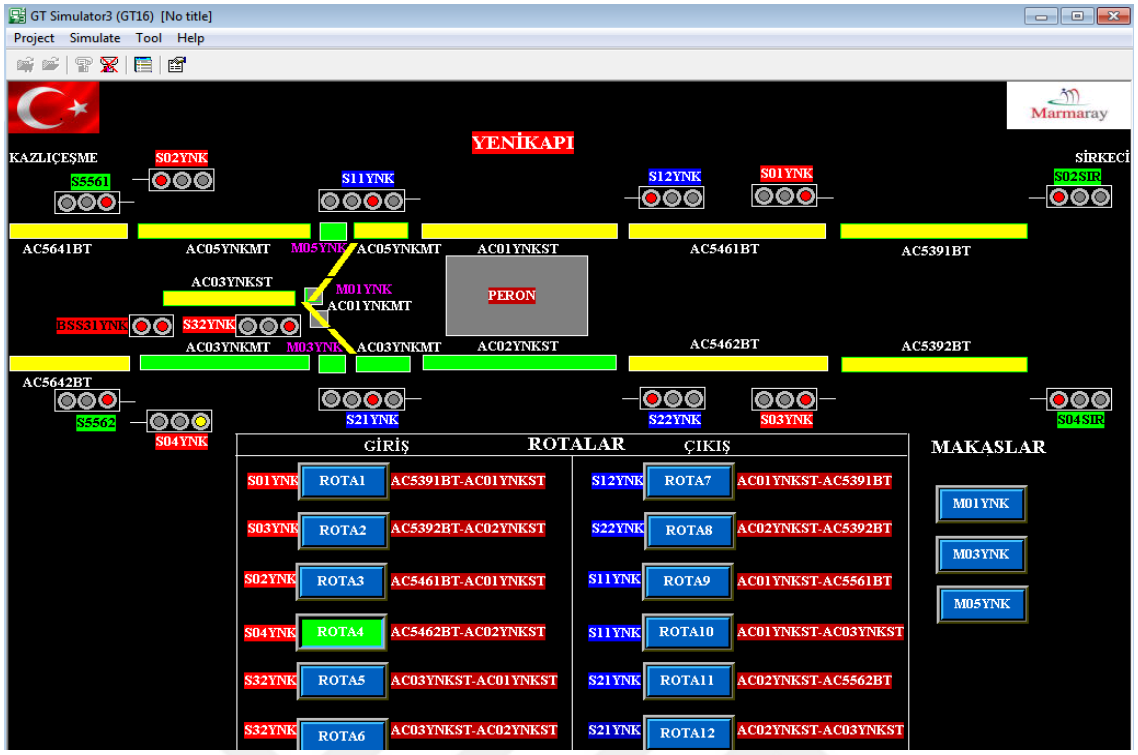
Şekil C.3. Yenikapı istasyonu rota 1



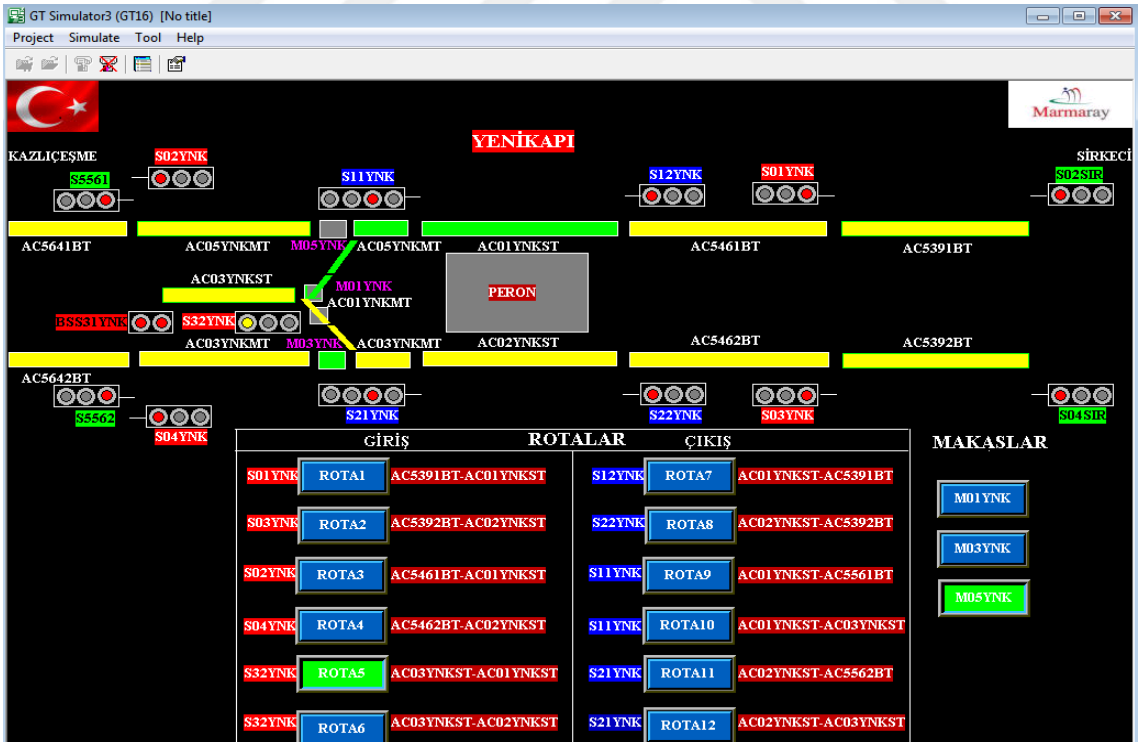
Şekil C.4. Yenikapı istasyonu rota 2



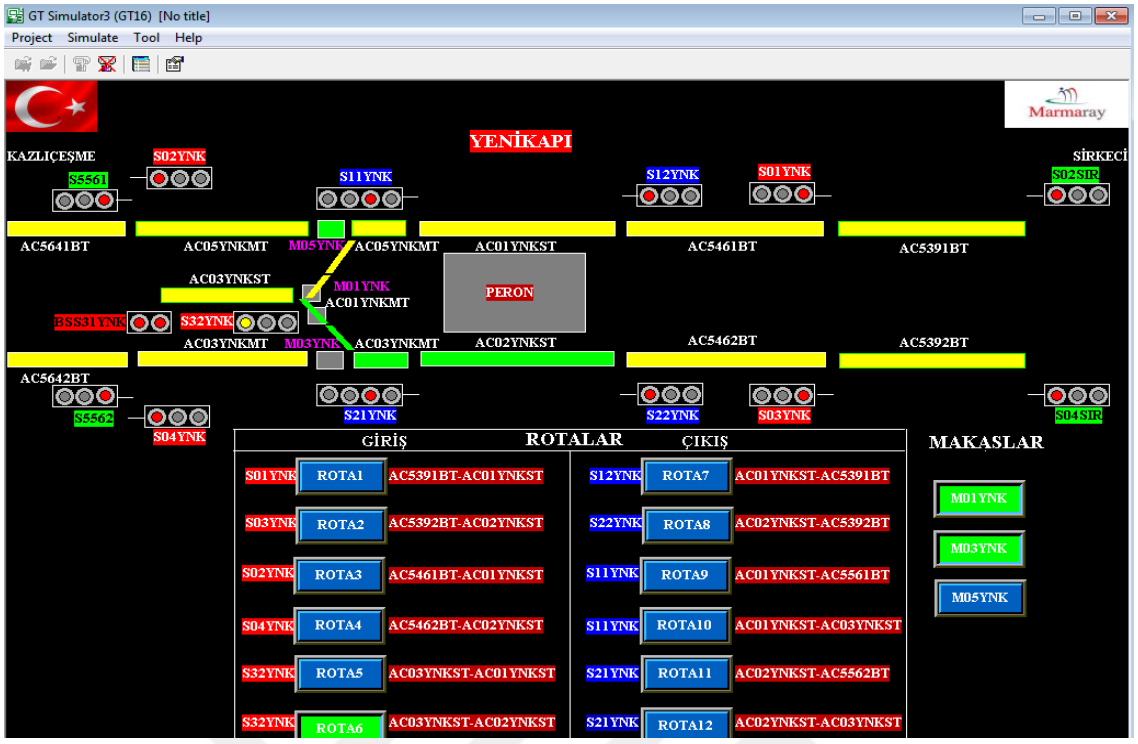
Şekil C.5. Yenikapı istasyonu rota 3



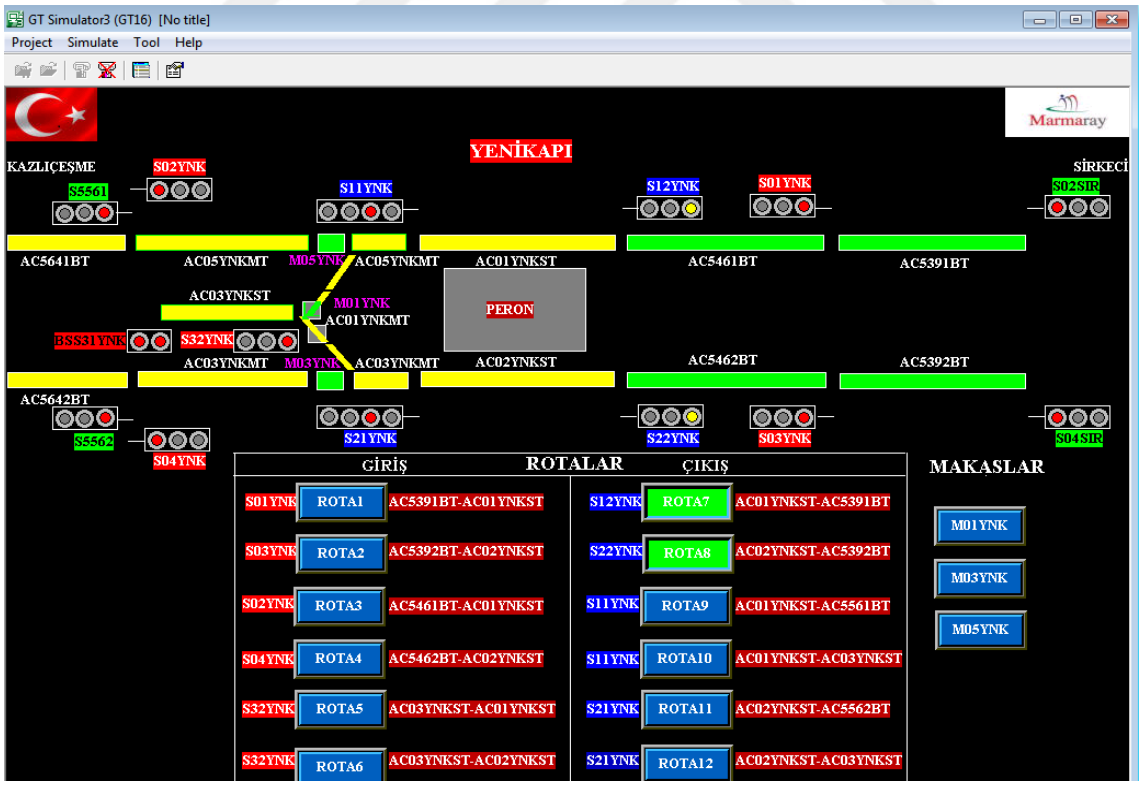
Şekil C.6. Yenikapı istasyonu rota 4



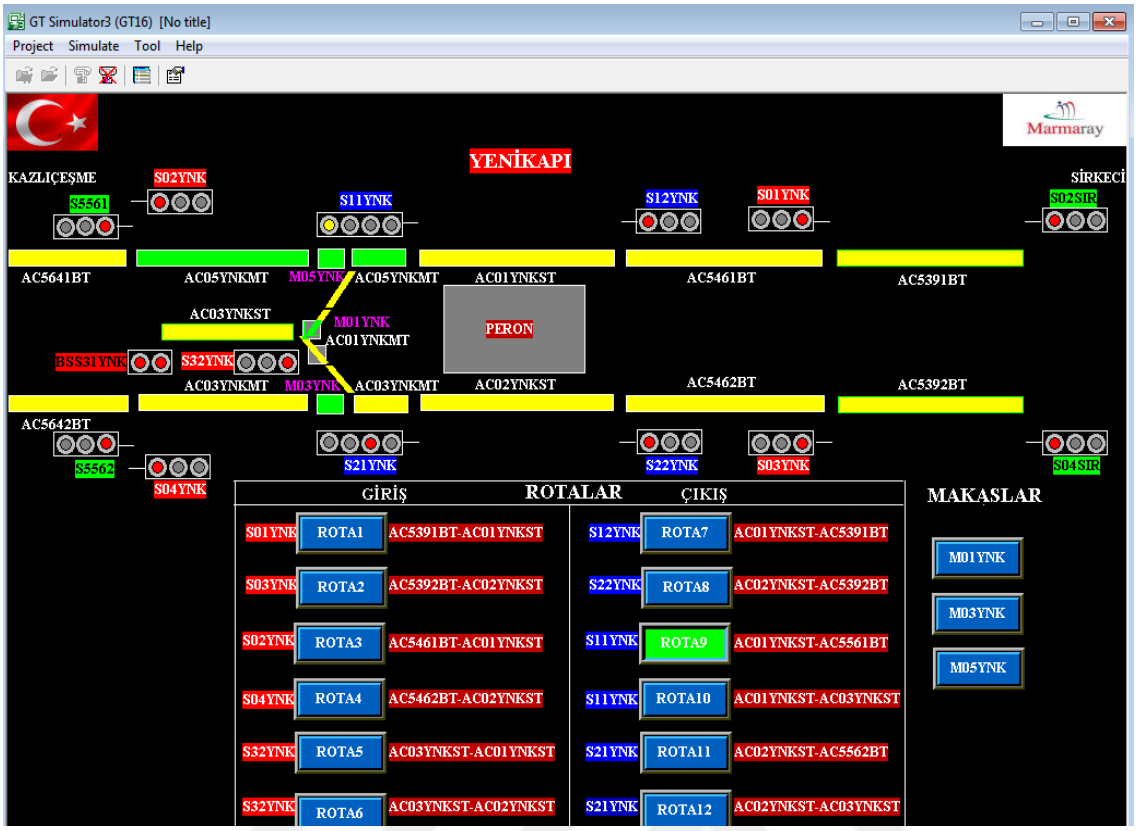
Şekil C.7. Yenikapı istasyonu rota 5



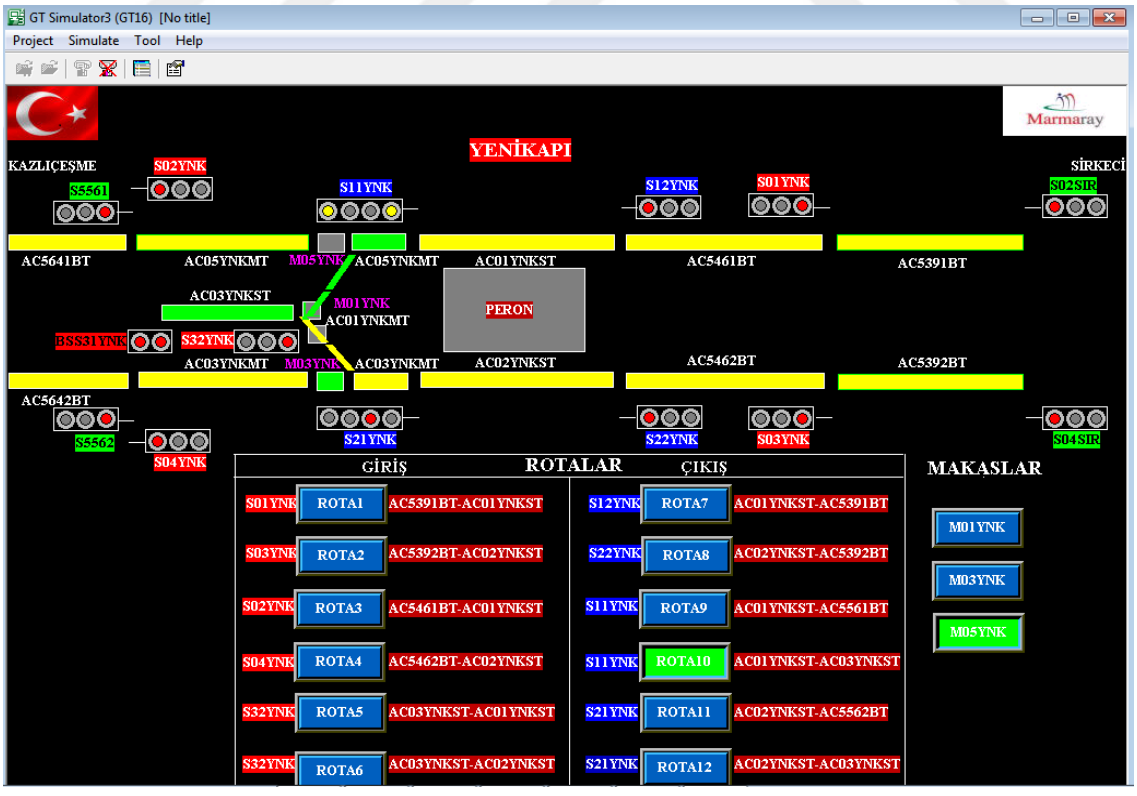
Şekil C.8. Yenikapı istasyonu rota 6



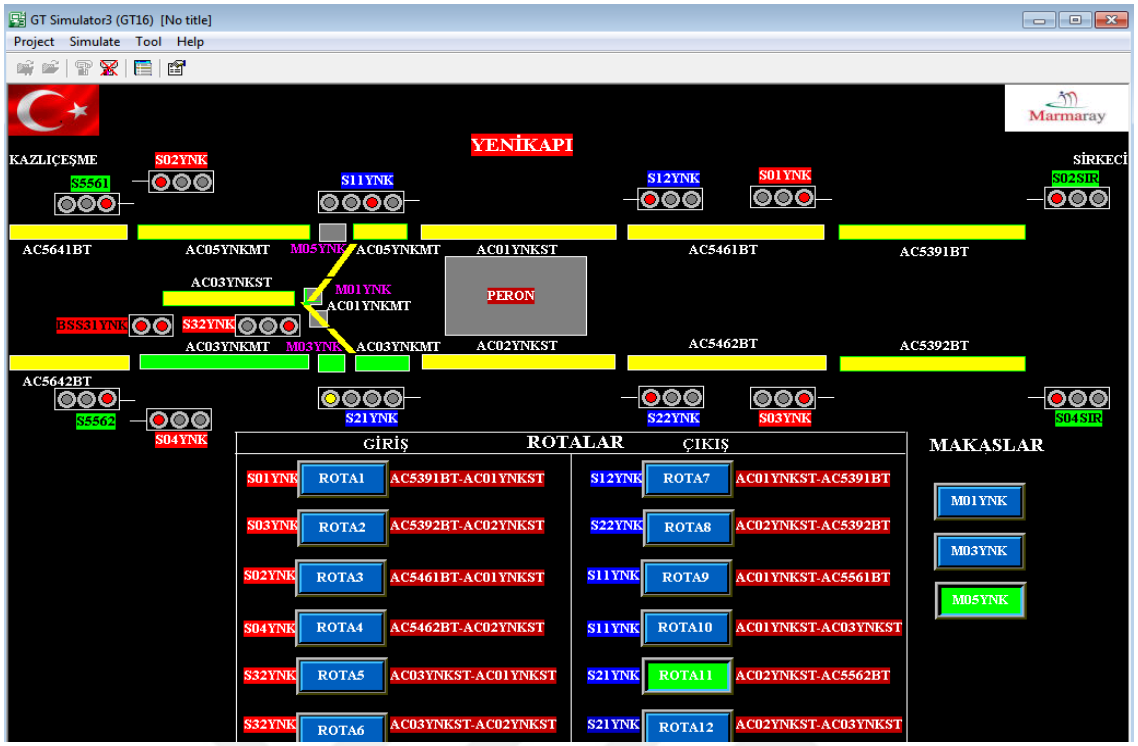
Şekil C.9. Yenikapı istasyonu rota 7 ve rota 8



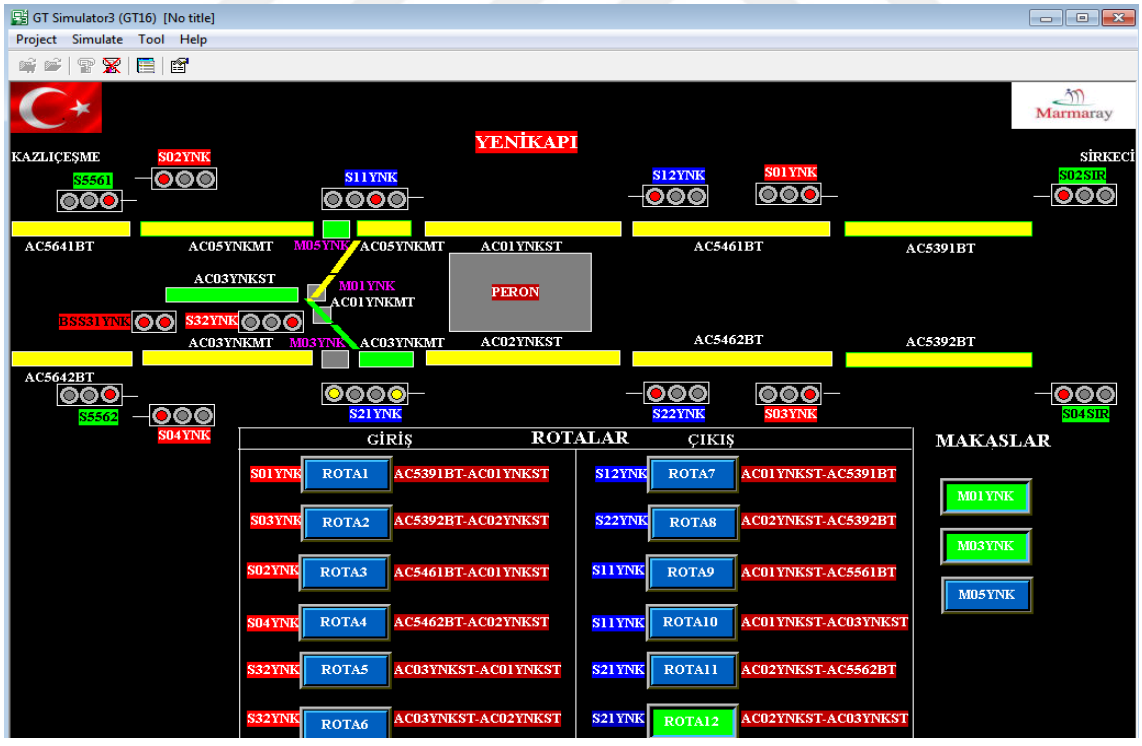
Şekil C.10. Yenikapı istasyonu rota 9



Şekil C.11. Yenikapı istasyonu rota 10



Şekil C.12. Yenikapı istasyonu rota 11



Şekil C.13. Yenikapı istasyonu rota 12

ÖZGEÇMİŞ



1981'de Zonguldak/Devrek Adatepe köyünde doğdu. İlkokulu Adatepe'de, ortaokulu Esenyurt İlköğretim Okulunda, liseyi Kastamonu Anadolu Meslek Lisesinde bitirdi. 2008 yılında Marmara Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Elektrik Öğretmenliği bölümünden mezun oldu. 2009 yılında Doğuş Üniversitesi, Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği (İng) bölümüne başladı. 2014 yılında Yeni Yüzyıl Üniversitesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği bölümünden birincilikle mezun oldu.

2007 yılında TCDD Haydarpaşa Sinyalizasyon Şefliğinde Tesisler Sürveyanı olarak işe başladı. 2013 yılında Marmaray Sinyalizasyon ve Telekomünikasyon Başmühendisliğine nakil oldu. Ocak 2017 tarihinden itibaren TCDD Taşımacılık A.Ş.'de sinyalizasyon araçüstü ekipmanlarından sorumlu, Elektrik Elektronik Mühendisi olarak çalışmaya devam etmektedir. TCDD Marmaray bakım personeline sinyalizasyon (Makas, sinyal, ray devresi, dingil sayıcı eğitimleri) eğitimleri vermiştir. Ayrıca demiryolu sinyalizasyonu ile ilgili yayınlanmamış kaynakları bulunmaktadır. Evli ve 2 çocuk sahibidir.

Bilimsel Eserler :

[1] Karayanık, S. Baba, F. (2017) Marmaray Trafik Yönetim Sistemleri ve Anklaşman Sisteminin SCADA ile Simülasyonu, İstanbul Ulaşım Kongresi, Transist 2017 (Gönderildi)

[2] Karayanık, S. (2017) Marmaray Sinyalizasyon Sistemleri. Demiryolu Mühendisliği Dergisi, Sayı 6, syf. 58-73

[3] Karayanık, S. (2016) Marmaray Sinyalizasyon Sistemleri. Demiryolu Mühendisliği Dergisi, Sayı 4, syf. 71-77

[4] Karayanık, S. Binay, İ. Temiz, İ. (2015) Demiryolu Ulaşımında Modern Sinyalizasyon Sistemlerinin Gelişim Süreci. Otomasyon Dergisi, Sayı 275, syf. 84-92, Mayıs 2015

[5] Karayanik, S. (2015) Marmaray Aydınlatma Sistemi. Yüzey İşlemler Dergisi, Sayı 100, syf. 66-72, Ocak-Şubat 2015

[6] Karayanik, S. (2015) Engelliler için Akıllı Evler. Yüzey İşlemler Dergisi, Sayı 102,

syf. 82-87, Mayıs-Haziran 2015