

RAYLI SİSTEMLER İÇİN SCADA TABANLI SİNYALİZASYON SİSTEMİ

Gül Fatma TÜRKER*, Mert ARSLAN, Abdulkadir ÇAKIR

Geliş Tarihi/ Received: 03.08.2017, Kabul tarihi/Accepted: 06.11.2017

Özet

Günümüzde artan nüfus ile trafik hava kirliliği ve enerji tüketimini arttırmaktadır. Raylı ulaşım kalabalık şehirlerdeki toplu taşımada trafik sıkışıklığına daha fazla kişinin taşınmasına imkan sağlamaktadır. Demiryolu ulaşımı kullanılan teknolojiler sayesinde oldukça hız kazanmıştır. Artan raylı sistem ve tren sayısı nedeniyle güvenli bir ulaşım yapılabilmesi için iyi bir sinyalizasyon sistemi zorunludur. Ülkemizde raylı ulaşım olarak kullanılmakta olan tramvay, metro, hafif metro ve funiküler hatlarının yüksek yolcu talebini karşılaması amaçlı sinyalizasyon sistemleri kullanılmaktadır. Bu çalışmada, programlanabilir mantıksal denetleyici (PLC – Programmable Logic Controller) ile bir sinyalizasyon sisteminin nasıl yapılacağı konusu incelenmiştir. Bu tür sistemlerin izlenmesinde kullanılan Uzaktan Kontrol ve Gözleme Sistemi (SCADA – Supervisory Control And Data Acquisition) yazılımı geliştirilerek gerçek zamanlı bir uygulama yapılmıştır. Küçük ölçekli geliştirilen bu sistem raylı ulaşımında geliştirilebilir bir sinyalizasyon örneği olarak katkı sağlayacaktır.

Anahtar kelimeler: PLC, Raylı Sistemler, SCADA, Sinyalizasyon, Ulaşım

SCADA BASED SIGNALING SYSTEM FOR IN RAILWAY SYSTEMS

Abstract

Nowadays traffic is growing with increasing population with which air pollution and energy consumption are increasing. Railed transportation that is encountered in the crowded cities allows the transportation of more people at the same time without causing traffic congestion. Railway transportation has gained much speed thanks to the technologies used. Due to the increased number of trains and railway route, a good signaling system is necessary to ensure safe transport. Tramway, subway, light metro and funicular lines which are used as rail transportation in our country use signaling systems to meet high passenger demand. In this work, we discuss how to construct a signaling system with a Programmable Logic Controller (PLC). Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) software used in monitoring such systems has been developed and implemented in a realtime system. This system, which is developed in small scale, will contribute as an example of signaling which can be improved in railway transportation.

Key Words: PLC, Railway Systems, SCADA, Signalization, Transportation

1. Giriş

Günümüzde, toplu yaşam alanlarında ulaşım, büyük bir sorun haline gelmiştir. Kentlerde yoğun nüfus artışı, hava kirliliği ve enerji yetersizliği gibi büyük sorunlar, ulaşımında raylı sistemi kullanımı gerektirmiştir. Dünyada birçok gelişmiş ülkede raylı sistemler ile ulaşım problemi büyük oranda çözülmüştür (Gülener, Y., 2009)

*Süleyman Demirel Üniversitesi, Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü
E-posta: gulturker@sdu.edu.tr

Sinyalizasyon sistemleri, demiryolu ulaşımının emniyetli ve planlanan zamanında gerçekleştirilmesi ve sistem emniyetinin sağlanması açısından önemlidir. Sinyalizasyon sistemlerinde amaç trenler arasındaki kazaların önlenmesidir (Söyler ve Gündoğdu, 2008). Clark yaptığı araştırmada demiryolu kontrolünün tarihsel gelişimini incelemiş ve 20. yüzyılının başından itibaren ilk elektrik ve elektronik sinyalizasyon sistemini geliştirmiştir (Clark, 2014).

Geleneksel demiryolu sinyalizasyon ve kontrol sistemleri çarpışma önleme ve trenin hareketinin kontrol etmek için hat sinyallerini kullanmaktadır. Ortaya çıkan son teknoloji olan ERTMS standardı ana hatlara yanıt verirken CBTC standardı toplu taşıma hatlarında ERTMS standardı ile birlikte hizmet sağlamaktadır. Yirmiden fazla tren kontrol sistemi bulunmaktadır. ERTMS ile; raylı sistem ekipmanlarını üreten firmalar ortak olan bu sinyalizasyon dilini kullanmak zorunda olmuştur. ERTMS bir dünya standardı olarak Çin, Tayvan, Güney Kore, Hindistan, Cezayir, Libya, Suudi Arabistan, Meksika, Yeni Zelanda ve Avustralya gibi ülkelerde ERTMS yatırım programları başlatılmıştır. Bu, entegre sistemlerin geliştirilmesi ve konuşlandırılmasına yönelik daha fazla sistem mühendisliği tabanlı bir yaklaşım gerektirmektedir (King, 2016).

Sinyalizasyon sistemleri demiryolu altyapıları içerisinde maliyeti oldukça yüksek sistemlerdir. Raylı sistemlerde saha ekipmanlarının birçok parçasını denetlemek için yüksek performanslı donanım ve yazılıma ihtiyaç duyulur. Onboard denetleyici ile anahtar denetleyici arasında kablosuz iletişim sağlayarak maliyeti etkin demiryolu sinyalizasyonu gerçekleştirilmiştir (Katsuta, 2014). Sinyalizasyon anında herhangi iletişim yetersizliği trenin durmasına ve kullanılabilirlik sorunlarına neden olabilir. Rodriguez vd., sinyalizasyon sistemlerinin elektromanyetik girişimlerini araştırarak tren iletişim akışını modellemiştir (Rodriguez vd., 2016).

Sinyalizasyon sistemlerinin durumuna göre demiryolu işletmesinin emniyet ve kullanılabilirlik değerlendirmesi yapılan bir araştırmada sinyalizasyon sistemlerinin arızalanması demiryolunun çalışmasına halen izin verdiği için yalnızca arızaları ve gecikmeleri dikkate alarak demiryolu üzerindeki etkilerini incelemek yeterli olmadığı belirtilmiştir. Markov modeli olarak bilenen güvenlik ve kullanılabilirlik hem onarım hem de değiştirme işlemleri ile kullanılabilir olduğunu değerlendirmektedir. Bu model İsveç demiryolu sinyalizasyon sistemlerinin farklı senaryolara ilişkin vaka incelemesiyle doğrulanmıştır (Morant vd., 2016).

Büyük oranda demiryolu ağları modası geçmiş, modern ve ortaya çıkan sinyalizasyon ve tren çalışma prensiplerinin bir karışımını kullanmaktadır. Karışık trafik senaryolarını desteklemek için yeni modelleme ve doğrulama mekanizmalarının geliştirilmesine ihtiyaç vardır. Çeşitli sinyal ilkelerini tutarlı bir şekilde yakalamak ve güvenli bir şekilde ağ düzeyinde yeni ve eski sinyal ilkelerinde karıştırmak için Birleştirilmiş Tren Sürüş Politikasını (Uni Ed Train Driving Policy - UTDP) modelleme dilini mühendisler için pratik hale getirilmiştir. Bu uygulama gelişmiş demiryolu kontrol sistemlerini modellemek için kullanışlı bir sistemdir (Stankaitis vd., 2017).

Türkiye’de ilk sinyalizasyon uygulamaları Sirkeci-Halkalı banliyö hattının 1955 yılında kurulması ile başlamış ve 1968 yılında da Haydarpaşa – Ankara hattının sinyalizasyonu ile devam etmiştir (Söyler ve Açıkbaş, 2005). Raylı toplu taşımada sürücüsüz veya Tam Otomatik Sistemler (TOS) yaygınlaşmaktadır. 2017 son aylarında Türkiye’nin ilk sürücüsüz

metro hattı, “Üsküdar-Ümraniye-Çekmeköy Hattının” vagonları 20 km’lik mesafede hizmete açılacaktır.

Bu çalışmada, raylı ulaşımında tüm üç istasyon, dört ray devresi, üç sinyal lambasından oluşan bir sinyalizasyon sisteminin maket tasarımı yapılmıştır. Sistemde iki ana hattan çift yönlü olarak rota kurulması sağlanmıştır. Bu sistem, tüm sistemin izlenmesi ve ‘interlocking’ yani merkezi anlaşılan işleminin başarımının sınanması amacı ile tasarlanmıştır. SCADA sistemi ise GOP43-070ET HMI ile GMTSoft HMI editör programı kullanılarak oluşturulmuş ve sistemin çalışması izlenmiş ve başarımı değerlendirilmiştir. Sistemde ray devreleri mevcut sistemlerin çeşitlerinden biri olan DC ray devresi prensibine göre tasarlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

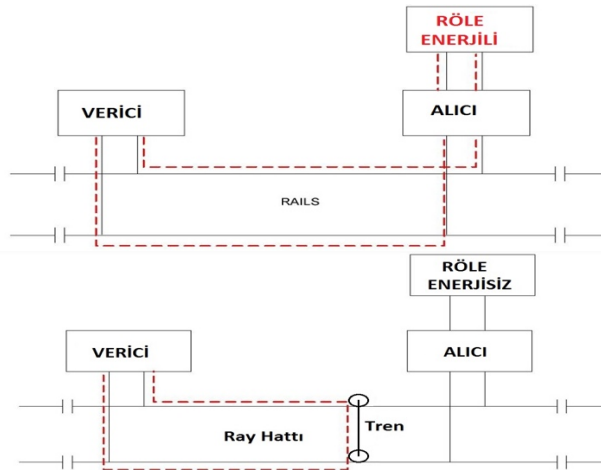
Raylı sistem hatları ilk gelişmeye başladığı yıllarda kontrolü kolayken, zamanla tren hızlarının ve ağırlıklarının artması, trenlerin bağlandığı vagon sayılarının artması, makinistlerin trenleri emniyetli bir şekilde kontrol etme ve durdurmaları zorlaşmaya başlamıştır. Demiryolu sistemleri; kendilerini oluşturan alt-sistemlere sahiptirler, örneğin sinyalizasyon sisteminin alt-sistemleri; ray devreleri, röleler, makas ekipmanları, sinyal lambalarıdır (Gündoğdu ve Açıkbaş, 2007).

Sinyalizasyon sistemi temel olarak 2 öğeden oluşur;

1. Saha Ekipmanları: Ray devreleri, sinyaller, röleler, makaslar, trenüstü ekipmanları
2. Merkezi yazılım ve interlocking (anlaşılan)

2.1. Ray devreleri

Ray devreleri, raylar üzerinde tren olup olmadığını algılayan elektrik devreleridir. Şekil 1’de ray devresi gösterilmiştir. Ray hattı üzerindeki enerji, o ray hattına bağlı olan röleyi devamlı olarak aktif tutmaktadır. Bunun anlamı o ray hattı üzerinde tren olmadığı anlamına gelmektedir. Şayet ray hattı üzerinde tren varsa, o ray hattında bulunan röle pasif durumda olacaktır. Rölenin pasif olmasının anlamı hattın meşgul olduğu anlamına gelmektedir. Röleden alınan aktif yada pasif bilgisi uzaktan kontrol ve gözleme sistemine aktarılmaktadır.



Şekil 1. Ray devresi

Ray devreleri tren varken lojik 0 işareti, tren yokken lojik 1 işareti üretir. Bu sayede, lojik işareti taşıyan kabloda herhangi bir kopma olduğu zaman da tren varmış gibi algılanır.

2.2. Sinyaller

Hatlarda trenlerin gerektiğinde ilerlemesi ya da durması konusunda uyarı veren trafik ışıkları bulunur. Bu konuda çeşitli sinyal teknolojileri vardır. Trene hangi hızlarda hareket etmesi gerektiği bilgisi verilir ve böylelikle güvenli bir yolculuk sağlanır (Söyler ve Açıkbaş, 2005). Renkli trafik ışıkları, dizilişlerine ve renklerine göre anlam kazanırlar. Kimi zaman yanıp sönen bir ışık şeklinde olabilirler ya da anlamları ışıklandırılmış göstergeler yardımıyla kuvvetlendirilirler (Zafer ve Ören, 2006).

Tren hatlarında iletim fiber optik üzerinden sağlanmaktadır. İletim ekipmanı olarak SDH (Senkron Dijital Hiyerarşi) veya sistem switchleri kullanılmaktadır. Bazı sistemler sdh üzerinden taşınmakta, bazıları ise direkt fiber uçları kullanılmaktadır. Sinyalizasyon için ayrı bir fiber optik hat kullanılmaktadır. Her 2 yönde 48 core fiber optik kablo ring olarak çikmiştir. İhtiyaca göre bu fiber uçları açılmış ve kaynak ile düz ek yapılmıştır.

2.3. Röleler

CTC (Merkezi Trafik Kontrolü) hat kilitleme devreleri için kullanılan rölelerin bir kısmı oldukça önemlidir. Gereken ayar işlemleri gerçekleştirilip montajları yapıldıktan sonra ihtiyaç duyulmadıkça bu rölelere dokunulmaz. Diğer bir kısım röleler ise, kumanda merkezi başında bulunan şahıs (dispeçer) tarafından kontrol edilebilir.

2.4. Makaslar

Trenlerin bir hattan diğerine geçişi yani yön değişimleri makaslar ile gerçekleşir. Makaslar, bölgede araç olması durumunda ya da konumları ile ilgili şüpheli bir durum söz konusu olduğunda güvenlik gereği merkezden komut almaz (Söyler ve Açıkbaş, 2005). Makasların konumu genellikle ana hatlar üzerinde elektriksel olarak değiştirilir ve uzaktan kumanda merkezinden kontrol edilir. Basit bir makas 3 bölümden oluşur. Bu bölümler; dil takımı, ara raylar ve son olarak göbek ve kontraylardır (Karaca, 2007). Makasların hareketi sağlayan ana unsur ise makas motorudur. Makas motoru, sapan raylardan herhangi birini hizaya sokan pnömatik ya da elektriksel bir mekanizmadır.

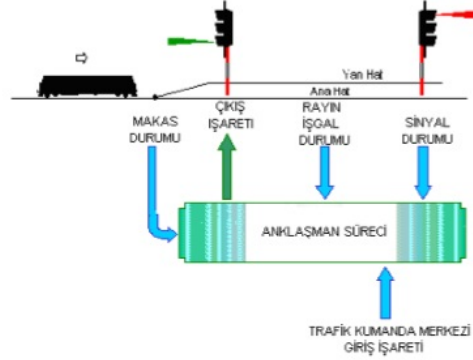
2.5. Tren üstü (On-board) ekipmanları

Tren üstü ekipmanlar trenlerin üzerinde sinyalizasyon sisteminden gelen bilgileri alan ve treni hareket ettiren, yönlendiren elektronik ünitedir. Bu ekipmanlar makinistin hız sınırına uymadığı veya kapıların açılması, fren sisteminde bir arıza gibi emniyet kurallarının ihlali durumunda makinisti uyarırlar ve sinyal sistemine göre bir hata gördükleri an treni durdururlar. Sinyalizasyon sistemlerindeki kazalar tren üstü ekipmanların devre dışı bırakılarak yapılan manuel sürüşlerde gerçekleşmektedir (Söyler H. ve Açıkbaş S., 2006).

2.6. Merkezi anlaşıman (Interlocking)

“Interlocking-İçkilitleme” ya da “anlaşıman” kavramı; bir sinyalizasyon siteminde bulunan tüm anlaşıman ekipmanlarının kilitlemesi, birbiriyle bağlantılı olarak hareket etmesi, biri hareket etmeden diğerinin hareket etmesinin engellenmesi olarak tanımlanabilir (Söyler ve

Gündoğdu, 2008). Şekil 3’de anlaşılan kavramının mantığı gösterilmiştir (Zafer ve Ören, 2006).



Şekil 3. Anlaşılan süreci

Hat boyunca yer alan ekipmanların bilgileri fiber optik ağ ile haberleşilerek kumanda merkezinde toplanır ve bu bilgilerden hareketle trenin bir bölgeye girmesinin uygun olup olmayacağına karar verilir. Anlaşılan sistemi, koşulların güvenli durumda rota tanzimi yapılmasını sağlar, rota tanzimi gerçekleştikten sonra da rota ve güvenlik bütünlüğünü sağlar. Anlaşılan sinyalizasyon sisteminin arka planındaki kontrol birimidir ve kumanda merkezleri tarafından anlık olarak takip edilmektedir (Söyler ve Açıkbaş, 2005).



Şekil 4. Kumanda merkezi

Rota kurma süreci, rotanın takibi, makas kontrolleri, trenlerin kalkış zamanlarının, yolcu bilgilendirme sistemlerinin takibi gibi işlemler Şekil 4’de gösterilen kumanda merkezinden kontrol edilmektedir. Kumanda merkezinde lokal bilgisayarlardan fiber optik altyapısı ile toplanan bilgiler operatörler tarafından görüntülenir. Her istasyonda bir adet ekipman kontrol kabini bulunmaktadır. İstasyonun bulunduğu bölgedeki ekipmanlara erişim bu kabin içerisindeki elektronik kartlar aracılığı ile gerçekleşmektedir. Aynı interlocking bölgesindeki ekipman kontrol kabinleri de bir çevrim şeklinde birbirlerine bağlıdır.

Bir ekipman kontrol kabini içerisindeki elektronik kartlar aşağıda sıralanmıştır;

LMP Kartları: Sinyalleri denetler ve kontrol eder.

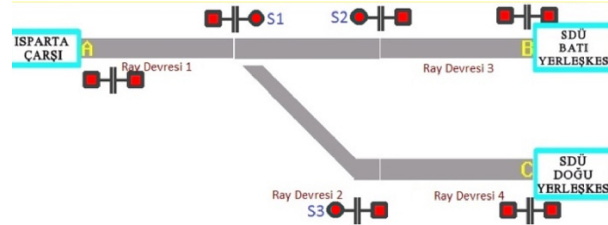
MOT Kartları: Makas motorlarını denetler ve kontrol eder.

BIS Kartları: Tren depo sahasındaki balisleri denetler ve kontrol eder.

CTK Kartları: Ray devresi kabinindeki özel bir ekipman aracılığı ile ray devrelerini denetler ve kontrol eder. Interlocking bölgelerinde, ana trafik kumanda merkezindeki operatör bilgisayarlarından da bulunmaktadır. Bu sayede, gerektiğinden her interlocking bölgesi kendi içinde kumanda edilebilir.

3. Raylı Sinyalizasyon Sisteminin Tasarımı ve Uygulaması

Bu uygulamada Isparta Çarşı – SDÜ Batı Yerleşkesi ve Isparta Çarşı – SDÜ Doğu Yerleşkesi hatlarının çift yönlü olarak sinyalizasyon otomasyonu tasarlanmıştır. Sistem iki ana hattan oluşmaktadır. Konum belirleyici dört ray devresi, yön (ray) değiştirme için kullanılan bir makas, uyarıcı amaçlı üç farklı sinyal lambası vardır.



Şekil 5. Sinyalizasyon otomasyonu uzaktan kontrol ve gözleme sistemi izleme ekranı

Şekil 5’de sinyalizasyonu gerçekleştirilen sistemin uzaktan kontrol ve gözleme sistemi üzerinde izleme ekranı verilmiştir. 1. Anayol A noktası Isparta Çarşı ve B noktası olan SDÜ Batı Yerleşkesi istikameti, 2. Anayol A noktası Isparta Çarşı ve C noktası olan SDÜ Doğu Yerleşkesi istikameti arasındaki hatlardır. S1 lambası 1. Anayolda Isparta Çarşı istikametinden gelen trenler için, S2 lambası 1. Anayolda SDÜ Batı Yerleşkesi istikametinden gelen trenler için, S3 lambası ise 2. Anayolda SDÜ Doğu Yerleşkesi istikametinden gelen trenler için uyarı işaretleridir. S1, S2 ve S3 dışında ekranda görülen kare lambalar belirlenen rotanın kullanıcı tarafından tespiti için yerleştirilmiştir.

Uyarı için kullanılan lambalar ile kırmızı ve yeşil olmak üzere iki adet uyarıcı sinyal gösterilmiştir. Bu uygulama uzaktan kontrol ve gözleme sistemi ekranı üzerinden gerçekleştirilmiştir. Fail-Safe kuralları dikkate alınarak güvenli bir seyahat için, Interlocking (kilitleme) işlemini gerçekleştiren algoritma PLC’de oluşturulmuştur. PLC programı, uzaktan kontrol ve gözleme sistemi olan SCADA programı ile senkronize edilmiştir.

Uzaktan kontrol ve gözleme sistemleri büyük alanda hizmet veren tesislerin uzak bir merkezden bilgisayar ya da taşınabilir bir cihaz ile izlenebildiği bir yazılımdır. Bu çalışmada hattın kontrol ve izlenmesi HMI operatör ekranı ile gerçekleştirilmiştir.

Tasarlanan sistem hat uzunluğu ve durak sayıları artırılarak sefer yoğunluğuna ve hatların dolu ve boş olma durumlarına göre sefer aralıkları da hesaplanarak genişletilebilir bir uygulamadır. Mevcut uygulamalarda aynı hatta tren bulunması durumunda bölünmüş ray sistemleri ile ayrı ayrı hesaplanarak trenlerin yönlendirilmesi sağlanabilmektedir. Hat uzunluğu arttığında sinyalin zayıflamasını kontrol etmek için iletim ekipmanı olarak SDH veya sistem switchleri kullanılmaktadır. Sinyalizasyon için ayrı bir fiber optik hat kullanılmaktadır

3.1. Sistemin Yazılım Aşaması

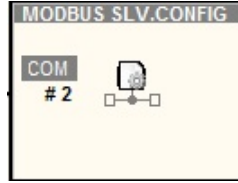
Bu projede GMT firmasının GLC-186R serisi PLC seçilmiş, programlanması için “GMTSoft” yazılımı kullanılmıştır.



Şekil 6. GMT CNT GLC-186R PLC

Şekil 6’da görülen GMT CNT GLC-186R PLC’nin CPU hızı 12ns/komut’dur. RS232 ve RS485 haberleşme portları bulunmakta ve MODBUS RTU protokol desteği bulunmaktadır. 8 dijital giriş (input), 6 dijital çıkış (output) bulunmaktadır. Girişlerden 4 tanesi ray devrelerinden bilgi almak amaçlı, 2 tanesi ise makas konum bilgisini almak için kullanılmıştır. Çıkışlardan ise 3 tanesi sinyal lambaları için, 2 tanesi makas yönü değiştirmek için kullanılmıştır.

PLC ile HMI (Human Machine Interface) dokunmatik panel arasındaki haberleşme Modbus protokolü kullanılarak RS-485 ile sağlanmıştır. Modbus, farklı tür veri yolu ve ağlarda sunucu/istemci haberleşmesini sağlayan bir uygulama katmanı haberleşme protokolüdür. 1979’dan itibaren kullanılmaya başlanan Modbus, bugün milyonlarca otomasyon cihazının haberleşmesini sağlamaktadır. Veri iletim ortamından bağımsızdır. RS-232, RS485 ve Ethernet ortamında çalışabilmektedir. Modbus TCP, TCP arayüzüyle Ethernet’te çalışan bir RTU (Remote Terminal Unit) protokolüdür.



Şekil 7. GMTSoft PLC modbus konfigürasyonu

PLC ile Modbus üzerinden haberleşebilmek için gerekli konfigürasyonlar yapıp değişken adresleri belirlenmelidir. Bunun için GMTSoft programında “Ladder” sayfasında ilk satıra Şekil 7’de görülen “Modbus Slave Konfigürasyon” modülü eklemek gerekmektedir. Bu modülün eklenmesinin ardından, PLC’ye giriş ve çıkış olarak tanımlanan değişkenlerin adreslemesi yapılır.

Param	Operan	Adres	Açıklama
Out	#	2	Port No RS:32=1/RS485=2
	#	1	Cihaz network adresi
	#	9600	Baudrate 4800, 9600, 19200, 38400,
	#	0	Paritiy No=1/Even=1/Odd=2
	#	8	Data bit 5..8
In	#	1	Stop bit 1 /2

Şekil 8. PLC modbus slave fonksiyon bloğu parametreleri

PLC ve similatör belli zamanlarda bu alanları okuyup veya bu alanlara yazarak haberleşmektedir. GLC-186R PLC ile GOP43-070ET HMI arasında RS485 ile bağlantı kurulmuştur. Sistem otomasyonu Şekil 9’da görüldüğü üzere, Başlangıç (Haberleşme Ayarları) dahil 18 başlık altında yazılmıştır.

<0>Ana modül	
	Başlangıç (Haberleşme Ayar)
1-	RESETLER
2-	RAY DEVRESİ 1 DURUM
3-	RAY DEVRESİ 2 MAKAS DURUM
4-	RAY DEVRESİ 3 DURUM
5-	RAY DEVRESİ 4 DURUM
6-	ROTA 1 A-B DÜZ
7-	ROTA 2 A-C SAPAN
8-	ROTA 3 B-A DÜZ
9-	ROTA 4 C-A SAPAN
10-	MAKAS KİLİT
11-	MAKAS DURUM BİLGİSİ YOK
12-	MAKAS KONTROL
13-	ROTA KURULMA DURUMLARI
14-	ROTA 1 TAMAMLAMA
15-	ROTA 2 TAMAMLAMA
16-	ROTA 3 TAMAMLAMA
17-	ROTA 4 TAMAMLAMA

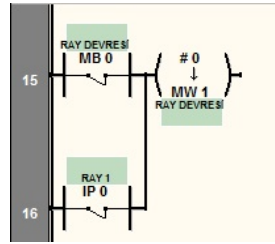
Şekil 9. PLC programlama alt başlıkları

Şekil 9’da verilen başlıklardan 2 ve 6 adımları sırası ile açıklanmıştır.

Ray devresi 1 durumu

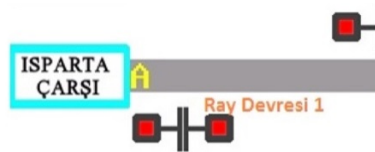
Burada Ray Devresi 1’in yani Isparta Çarşı’dan makas bölgesine kadar olan yolun boş ve meşguliyet durumlarında ki olasılıklarının açıklamaları bulunur.

Ray devresi 1 boş durumu



Şekil 10. PLC’de ray devresi 1 üzeri boş ve rotasız durumu

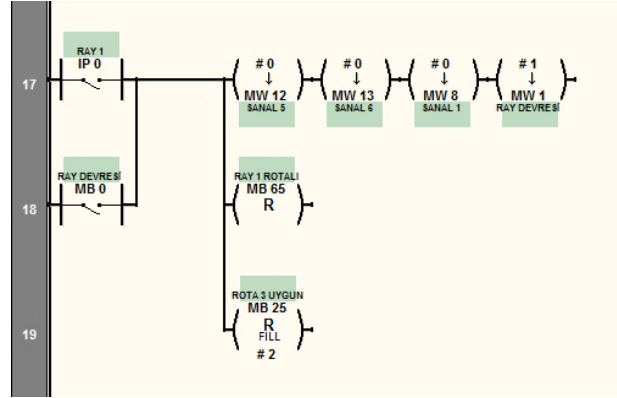
Şekil 10’da görüldüğü üzere MB 0 (Panel üzerinde RD 1 Sanal Meşguliyet butonu) ve IP 0 (Sahada RD 1 PLC Girişi) normalde kapalı kontakları açılmadığı sürece yani ekranda sanal meşguliyet verilmediği sürece ve Ray Devresi 1 üzerinde meşguliyet olmadığı sürece MW 1’e 0 değeri atanır ve Ray 1 Şekil 11’deki gibi gri renkte görülmektedir.



Şekil 11. Ray Devresi 1 boş durumu

Ray devresi 1 meşguliyet durumu

Şekil 11’de görülen Ray Devresi 1’in sanal ya da gerçek meşguliyet durumları, ekran üzerinde butonuna basılması ya da sahada Ray üzerinde tren bulunma durumlarında göre değişkenlik gösterir.



Şekil 12. PLC’de ray devresi 1 meşgul durumları

Şekil 12’de görülen IP 0 ve MB 0 normalde açık kontakları Ray Devresi 1’in panelden meşguliyet verilmesi durumunda MB 0 kapanır, sahada Ray Devresi’nin üzerinde tren olması durumunda IP 0 kontağı kapanarak, MW 12, MW 13, MW 8 sanal ve gerçek sinyal lambaları kırmızı yanar. MW 1’e 1 değeri atanması ise panelde yolun kırmızı renkte olmasını sağlar.

Şekil 12’de 18. satırda bulunan MB 65’in reset işleminin olması durumu ise Ray Devresi 1 üzerinden rota kurulduğunda sarı olan Ray’ı meşguliyet durumunda kırmızı olabilmesi için reset işlemi yapmasını sağlar.

Şekil 5’de görülen uzaktan kontrol ve gözleme sistemi ekranında görüldüğü üzere Ray Devresi 1’in meşgul olması (hattın kırmızı olması) durumunda Batı Yerleşkesi ve Doğu Yerleşkesi’nden Çarşı istikametine rota kurulamaması gerekmektedir. Şekil 10’da 19. satırdaki komut bu işlevi sağlar. Yani MB 25 ve MB 26’yı reset işlemi yaparak rota kurulmasını engeller.

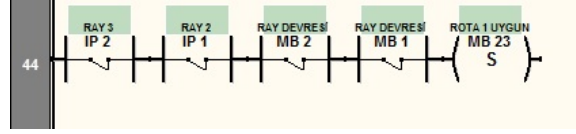
Rota 1 A-B düz (Çarşı – Batı yerleşkesi)

Bu sekme altında Isparta Çarşı – SDÜ Batı Yerleşkesi istikametinde rota kurulur. A noktasından B noktasına rota kurmak için panelde, solda bulunan butona basılır. Bu durumda eğer rota uygunsa yani Ray Devresi 2 ve 3’de meşguliyet yoksa, makas üzerinden yön bilgisi alınıyorsa ve makas rota yönünde tanzim edilmişse rotası belirtilen yol sarı renk olur ve ekranın üst bölümünde rotanın kurulduğuna dair bir uyarı verilir.

Rota uygunluk kontrolü

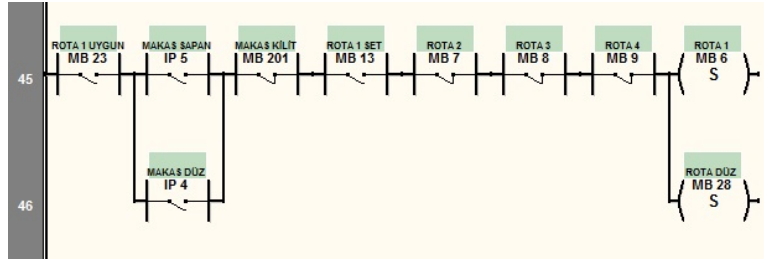
Rota kurmak istediğimizde önce sistem bazı kontrolleri yaptıktan sonra rotanın tanzimini gerçekleştirir. İlk olarak Şekil 11’de görüldüğü üzere IP 2 ve IP 1 normalde kapalı kontakları bulunur yani bu durum Ray 2 ve Ray 3’ün boş olması durumunda rota kurulmasına izin verileceği anlamına gelir. MB 2 ve MB 1 normalde kapalı kontakları ekrandan sanal meşguliyeti kontrol eder. Eğer kullanıcı ekranda Ray Devresi 2 ya da Ray Devresi 3’e

meşguliyet vermişse yine rota kurulmasına izin verilmez. Tüm bu şartlar sağlanıyorsa MB 23 çıkışında set işlemi yapılır ve Rota 1'in uygunluğu onaylanır.



Şekil 13. PLC'de Rota 1 uygunluk kontrolü


Bu şartlar sağlandıktan sonra bazı doğrulamalar daha yapılır. Bunlar Şekil 13'de incelenen 44. satırın bir alt satırı 45. satırda bulunur.



Şekil 14. Rota 1 kurulması

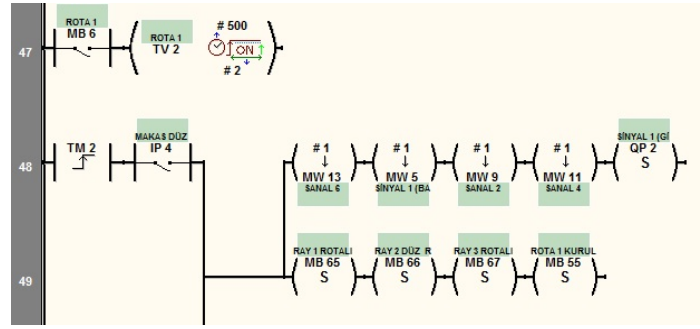
Şekil 13'deki şartlar sağlandıktan sonra MB 23 sanal kontağı set işlemi durumunda bulunmaktaydı. Bu set işlemi olan kontak Şekil 14'de bulunan normalde açık olan MB 23 kontağını kapatır. Bu kontak kapandıktan sonra paralel bağlı olan IP 4 ve IP 5 normalde açık kontakları kontrol edilir. Buradaki amaç makasın rota yönünde olup olmadığı bilgisinin alınması değil herhangi bir yönde olup olmadığı bilgisinin alınmasıdır.

Makasdan yön bilgisi alındıktan sonra makasın kilitli olup olmadığına bakılır. Herhangi bir güvenlik önlemi için makas kilitlendiği takdirde makas rota yönünde olsa bile sistem rota kurulmasına izin vermez.

Rota kurulması için gereken, panelden A'dan B'ye  butonuna basılmaz. Bu butonun adresi MB 13'dür. Butona basıldığında MB 13 normalde açık kontağı kapanarak, eğer başka rota tanzimi de aktif değilse MB 28 çıkışı set işlemi yapılarak makas sahada Isparta Çarşısı – SDÜ Batı Yerleşkesi yolu yönünü aktifleştirerek o yönde hareket eder ve bu satırda da şartlar sağlandığı için MB 6 çıkışı set işlemi yapılarak alt satırdaki kontağı kapatır.

Rota 1'in kurulması

Bundan sonraki aşamalarda ise rota kurulma işlemleri gerçekleştirilir. Üst satırda set işlemi yapılan MB 6 kontağı burada, MB 6 kontağını kapatarak buraya kadar Rota 1'in kurulması için engel olmadığı bilgisini verir.



Şekil 15. Rota 1 kurulma işlemleri

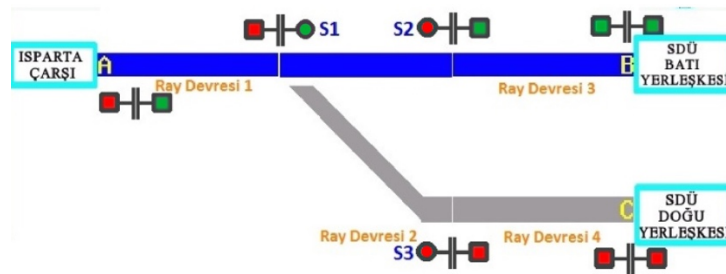
Şekil 15’de MB 6 kapalı kontağının yanında görülen çekmede gecikmeli zaman rölesi (TV 2, zaman rölesi bobini enerjilendikten belirlenen süre kadar sonra röle kontağı çeker), makasın konum değiştirmesi için 1 sn gecikme oluşturduktan sonra rotaya izin verir.

TV 2 zaman rölesi, TM 2 normalde açık kontağını kapattıktan sonra, IP 4 normalde açık kontağıyla makasın yönü son kez kontrol edilir. Eğer makas düzde ise MW 9, MW 11, MW 13 değişkenlerine 1 değeri atanarak ekrandaki sanal sinyaller yeşil renk olur ve rota yönünde MW 5 değişkeni ile de makas önündeki sinyal yeşil yanar. Bununla birlikte QP 2 fiziksel çıkışı da aktifleşir ve Şekil 16’daki gibi ilgili yöndeki sinyal lambası yeşil yanar.



Şekil 16. Rotaya açık istikamet – yeşil

Şekil 15’de görülen 49. satırda ise rota yönünde yolların mavi olması sağlanır.



Şekil 17. Panelde rota 1 kurulumu

Burada MB 65, MB 66 ve MB 67 kontakları set işlemi yapılarak 96. satırdan itibaren ilgili kontaklar çalışır ve rota yönündeki yollar Şekil 17’de görüldüğü üzere mavi renk olur ve ilgili sinyal lambaları yeşil sinyal verir.

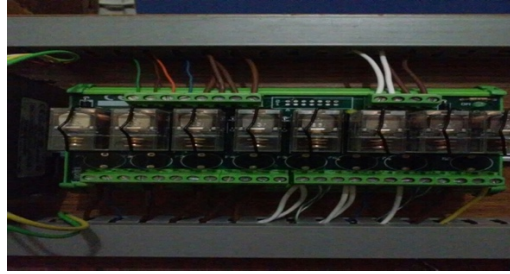
3.2. Sistemin Donanım Aşaması

Tasarlanan raylı sistem sinyalizasyon sisteminin Şekil 18’de gerçek zamanlı benzetimi oluşturulmuş ve çalışması izlenmiştir.



Şekil 18. Projenin tasarım görüntüsü

Doanım olarak, GMT GLC-186R PLC, GOP43-070ET HMI SCADA Operatör Paneli, 24V DC Power Supply, 8 Adet OMRON G2R-1-SN 24DC Röle ve Röle Baskı Devre Kartı, 4 Adet 490 Ω Direnç, 2 Adet M&M 24 V DC Selenoid Bobin, Ray Klemensi, Klemens ve Klemens Durdurucu, 1/87 Kavisli Makas – Sağ, 1/87 Kavisli Ray, 2 Adet 1/87 Düz Ray, 6 Adet LED kullanılmıştır.



Şekil 19. Ray devreleri, sinyal lambaları ve makas bilgisi için kullanılan röleler

Ray hattı bir tarafı pozitif diğer tarafı negatif olmak üzere DC 24 V ile enerjilendirilmiş ve rayın bir ucundan verilen pozitif değer hattın diğer ucundan alınarak rölenin bobin ucuna bağlanmıştır. Bu şekilde röle enerjilendiğinde kontaklarını otomatik olarak çekmektedir, fakat çektiği ucun çıkışı kullanılmamıştır. Tam aksine çekilmeyen diğer uç PLC'nin girişine bağlanmıştır. Bu şekilde raya verilen enerji doğrudan olarak röleye bağlanmıştır.

4. Sonuç ve Tartışma

Gerçekleştirilen raylı sistemler için SCADA tabanlı sinyalizasyon sistemi üç istasyon, dört ray devresi, üç sinyal lambasından oluşan bir maket tasarım üzerinde test edilmiştir. Bu çalışmada PLC, HMI ile gerçekleştirilen sistemin uygulanabilir olduğu gösterilmiştir. Bunun için GMT GLC-186R PLC, GMT GOP43-070ET HMI ve GMT yazılımları kullanılmıştır.

Geliştirilen yazılım ile:

- Ray devrelerindeki tren varlık yokluk bilgisi izlenebilmektedir.
- Rotaların tanzim durumları gözlemlenebilmektedir.
- Makasların konumları, kilit durumları, sinyallerin durumları izlenebilmektedir.
- Kullanıcı, rota tanzim isteğinde bulunabilmektedir.
- Rotanın uygun olup olmadığı bilgisi kontrol edilmektedir.
- Tanzim uygunsuzsa makaslar uygun konuma getirilmekte ve rota tanzim edilmektedir.

- Rota tanzimi yapılırken, uyarı bildirim yapılarak rota tanzimi yapılmaktadır.
- Tren son ray bloğuna tamamen girdiğinde ise rota tamamlama bilgisi verilmektedir.
- Rota tamamlandığında makas konumu serbest konuma geçmektedir.
- Operatörün yaptığı işlemler kayıt altına alınmaktadır.

Ülkemizde demiryolu sinyalizasyonu ile ilgili çalışmalar yeterli seviyede değildir. Henüz büyük şehirlerimizdeki metro ve hafif metro projelerinin sinyalizasyon sistemlerinde ulusal bir sistem tasarımı uygulanmamıştır. Oysa bu konuda uzman uluslararası firmalar ile ulusal projelerde uzun süre çalışma imkanı bulmuş bilgi birikimi olan insanların katkılarıyla tasarımı yapılacak bir sinyalizasyon sistemi, ulusal girişimcileri cesaretlendirebilir ve bu tasarım yeni bir raylı sistem projesinde kullanılabilir.

Bu sistemin avantajı, istasyon içerisindeki ve komşu istasyonlar arasındaki trafiği kontrol eden sistemin (interlocking), gerçekleşmesi maket bir sistem üzerinde gerçekleştirilerek mevcut sistemlere benzetilebilecek geliştirilmeye açık bir projenin ortaya koyulmasıdır.

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

5. Kaynaklar

- Clark, S. (2014). A historical overview of railway signalling & control (or from Bobbies to Balises').
- Gülener, Y. (2009). Bir raylı ulaşım sinyalizasyon sistemi gerçekleştirme, İstanbul Teknik Üniversitesi, Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Gündoğdu F., Açıkbaş S., (2007). Raylı Sistemlerde Emniyet Standartları ve Makas Otomasyon Sistemine Uygulaması,
- Katsuta, K. (2014). Cost effective railway signalling by wireless communication among onboard controllers and switch controllers. IET intelligent transport systems, 9(1), 67-74.
- King, K. M. (2016, August). Systems engineering framework for railway control & safety systems. In Intelligent Rail Transportation (ICIRT), 2016 IEEE International Conference on (pp. 236-243). IEEE.
- Megep 2009 Milli Eğitim Bakanlığı, Meslekî Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi - Raylı Sistem Teknolojisi – Raylı Sistemler, Ankara.
- Morant, A., Gustafson, A., Söderholm, P., Larsson-Kräik, P. O., & Kumar, U. (2016). Safety and availability evaluation of railway operation based on the state of signalling systems. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part F: Journal of Rail and Rapid Transit, 0954409715624466.

Rodriguez, L., Pinedo, C., Lopez, I., Aguado, M., Astorga, J., Higuero, M., ... & Mendizabal, J. (2016). Eurobalise-Train communication modelling to assess interferences in railway control signalling systems. *Network Protocols and Algorithms*, 8(1), 58-72.

Stankaitis, P., Iliasov, A., & Romanovsky, A. (2017). A Railway Simulation Suite For Modelling Advanced Railway Control Systems. *International Journal of Transport Development and Integration*, 1(3), 558-567.

Söyler H. ve Açıkbaş S., (2005). Raylı Toplu Tasımda Sinyalizasyon Sistemleri, Elektrik-Elektronik-Bilgisayar Mühendisliği 11. Ulusal Kongresi.

Söyler H. ve Açıkbaş S., (2006). Raylı Toplu Taşımda Sinyalizasyon Sistemleri.

Söyler H. ve Gündoğdu F., (2008). Demiryolu Sinyalizasyon Sistemlerinde Tasarım Kriterleri ve “Fail-Safe” Kavramı, *Raylı Sistemler Bülteni*, Sayı: 9, s. 25-29.

Zafer E. ve Ören Ö., (2006). Interlocking Systems, BSc Thesis, İTÜ, İstanbul, Turkey.

Karaca B. (2007). TCDD Mekanik Sinyalleri, <http://karaca.tr.gg/Makaslar.htm> (31.12.2016).