



T.C.
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DEMİRYOLU ELEKTRİFİKASYON TESİSLERİ
İÇİN BAKIM VE ARIZA YAZILIMININ
GELİŞTİRİLMESİ

AHMET DENİZ UZUNKAYA

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

KAHRAMANMARAŞ 2025

T.C.
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DEMİRYOLU ELEKTRİFİKASYON TESİSLERİ
İÇİN BAKIM VE ARIZA YAZILIMININ
GELİŞTİRİLMESİ

AHMET DENİZ UZUNKAYA

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

KAHRAMANMARAŞ 2025

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada, alıntı yapılan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Ahmet Deniz UZUNKAYA



Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirimlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir

DEMİRYOLU ELEKTRİFİKASYON TESİSLERİ İÇİN BAKIM VE ARIZA YAZILIMININ GELİŞTİRİLMESİ

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

AHMET DENİZ UZUNKAYA

ÖZET

Elektrifikasyonlu demiryolu hatlarının işletilmesi, enerji verimliliği ve sürdürülebilir ulaşım açısından günümüzde büyük önem taşımaktadır. Bu tür sistemlerin kesintisiz ve güvenli bir şekilde çalışmasını sağlamak için bakım ve arıza yönetimi süreçlerinin etkin bir şekilde yürütülmesi gerekmektedir. Geleneksel yöntemler, bu süreçlerin takibinde sınırlı kalmakta ve modern çözümlere adapte olma ihtiyacını ortaya koymaktadır.

Bu çalışma, demiryolu elektrifikasyon sistemlerinde dijitalleşme odaklı bir çözüm sunarak bakım ve arıza yönetimi süreçlerinin daha verimli hale getirilmesini amaçlamaktadır. Yapılan tez çalışmasında, demiryolu elektrifikasyon sistemlerine ait bakım ve arıza işlemlerinin takip süreçlerine yönelik bir web tabanlı yazılım geliştirilmiştir. Yazılım, kullanıcı dostu bir ara yüz aracılığıyla bakım ve arıza formlarını dijitalleştirerek hızlı ve doğru veri girişine olanak tanımaktadır. Ayrıca, sistem, kullanıcı, arıza ve bakım faaliyetlerini izleme modülleriyle entegre bir yapıya sahiptir. Yazılımın sağladığı raporlama ve grafik özellikleri, kullanıcıların operasyonel süreçleri daha iyi analiz etmelerini ve karar süreçlerini iyileştirmelerini sağlamaktadır. Sunucu tabanlı veri depolama özelliği sayesinde tüm bakım ve arıza kayıtları güvenli bir şekilde arşivlenmiş ve geçmiş verilerin erişilebilirliği artırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Arıza, Bakım, Raylı Ulaşım, Demiryolu Elektrifikasyon Sistemleri

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Ocak / 2025

Danışman: Doç. Dr. Ö. Fatih KEÇECİOĞLU

Sayfa sayısı: 91

DEVELOPMENT OF MAINTENANCE AND BREAKDOWN SOFTWARE FOR RAILWAY ELECTRIFICATION FACILITIES

(M.Sc. THESIS)

AHMET DENİZ UZUNKAYA

ABSTRACT

The operation of electrified railway lines is of great importance today due to its contributions to energy efficiency and sustainable transportation. Ensuring the uninterrupted and safe operation of such systems necessitates the effective management of maintenance and fault processes. Traditional methods often fall short in tracking these processes, highlighting the need for integration with modern solutions.

This study aims to provide a digitalization-focused solution for railway electrification systems, improving the efficiency of maintenance and fault management processes. In this thesis, a web-based software has been developed for the follow-up processes of maintenance and failure operations of railway electrification systems. The software enables fast and accurate data entry by digitizing maintenance and fault forms through a user-friendly interface. Additionally, it features integrated modules for monitoring users, faults, and maintenance activities. The reporting and graphical capabilities of the system allow users to analyze operational processes more effectively and improve decision-making. With server-based data storage, all maintenance and fault records are securely archived, enhancing the accessibility of historical data.

Keywords: Breakdown, Maintenance, Rail Transportation, Railway Electrification Systems

Kahramanmaraş Sütçü İmam University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Electrical-Electronics Engineering, January / 2025

Supervisor: Assoc. Dr. Ö. Fatih KEÇECİOĞLU

Page Numbers: 91

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışması süresince engin bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım ve çalışmamın her aşamasında sağladığı bilimsel katkılardan dolayı Doç.Dr. Ö.Fatih KEÇECİOĞLU'na, iş arkadaşım Mehmet Şinasi AKDOĞAN'a, tez çalışmasında bana destek olan değerli arkadaşım Bilal KAYIRAN'a, teşekkür ederim. Son olarak bu günlere gelmemde her türlü maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen annem Sevim, babam Şemsettin, ablam Meral, kardeşlerim Kubilay ve Burak UZUNKAYA'ya, tez çalışma sürecince bana sabreden moral ve motivasyon kaynaklarım kıymetli eşim Gülşen, oğlum Ege Yiğit ve kızım Beren Ece UZUNKAYA'ya sonsuz şükranlarımı sunarım.

Ayrıca akademik çalışmalara desteklerini esirgemeyen TCDD İşletmesi Genel Müdürlüğü Bakım, Modernizasyon, Eğitim, Kurumsal İletişim Dairesi Başkanlıklarına tez çalışmama verdikleri izin ve desteklerden dolayı teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiii
1. GİRİŞ	1
1.1. Amaç	1
1.2. Kapsam.....	2
1.3. Literatür Taraması	2
1.4. Tezin Organizasyonu	3
2.TANIM VE KAVRAMLAR.....	4
2.1. Demiryolu Elektrifikasyon Sistemleri	4
2.1.1 Katener Sistemleri	4
2.1.2 Trafo Merkezi.....	5
2.1.3 Telekomand Merkezi	6
2.2. Besleme Gerilimlerine Göre Elektrifikasyon Sistemleri.....	8
2.2.1. Az Yüksek Gerilimli (600 ile 3000 V) D.C. Sistemi	10
2.2.2. Yüksek Gerilimli Ve Özel Frekanslı (16 $\frac{2}{3}$ Hz) A.C. Sistemi.....	11
2.2.3. Ticari Frekanslı Ve Yüksek Gerilimli A.C. Sistemi	11
3. ELEKTRİFİKASYON SİSTEM ELEMANLARI	12
3.1 Direk.....	12
3.2. Konsol-Hoban Takımı.....	13
3.3.Portal.....	14
3.4. Şez.....	15
3.5. Otomatik Geri Cihazı	16
3.6.Sistem Yüksekliği	17
3.7.Açıklık.....	17

3.8.Etap Boyu.....	17
3.9.Dezeksman	17
3.10.Sehim.....	17
3.11. Fider İletkeni	18
3.12. Ekipman Bölge.....	19
3.13. Antişöminman Bölge	19
3.14. Seksiyonman Bölge.....	21
3.15. Nötr Bölge	22
3.16. Postalar	23
3.17. Seksiyon İzolatörüAntişöminman Bölge	25
3.18. Kruvazman Çubuğu	26
3.19. Yük Altında Otomatik Kademe Değiştiricisi	27
3.20. Mesafe Koruma Rölesi.....	27
3.21. Elle Kumandalı ve Motorlu Ayırıcılar.....	29
3.22. Toprak Bıçaklı Ayırıcılar	29
3.23. RTU (Remote Terminal Unit).....	29
3.24. Parafudr	31
3.25. Topraklama Sistemi ve Geri Dönüş Akım Barası.....	31
3.26. Katener Yardımcı Servis ve Makas Isıtıcısı Trafoları.....	31
4. Demiryolu Elektrifikasyon Sistemlerinde Bakım Faaliyetleri	34
4.1. Bakım	34
4.2. Bakım stratejisi.....	34
4.3. Elektrifikasyon bakım Çalışmasının İçeriği ve Amacı	36
4.4. Bakım Tipleri	36
4.5. Koruyucu Bakım	36
4.6. Düzeltici Bakım	37
4.7. Önleyici Bakım	37
4.8. Kestirimci Bakım	38
4.9. Bakım Politikalarının Karşılaştırılması.....	39
4.10. Elektrifikasyon Bakım İşleri Sürecinde Güvenlik Önlemleri	39
4.10.1 Tren Trafiği	39
4.10.2 Yüksek Gerilim Altında Çalışma	40

4.10.3 Yüksekte Çalışma.....	40
5.KATENER SİSTEM ELEMANLARININ BAKIMI VE PLANLAMASI	41
5.1. Betonarme Direkler	41
5.1.1. Bakım	41
5.2. Katener Direk Temelleri	41
5.2.1. Bakım	42
5.3. Ankrajlar	42
5.3.1. Bakım	43
5.4. Otomatik Gergi Cihazı	43
5.4.1. Bakım	43
5.5. Antişöminman Tesisleri	44
5.5.1. Bakım	44
5.6. Konsol-Hoban Takımı.....	44
5.6.1. Bakım	45
5.7. Katener Tesislerinde Kullanılan İzolatörler	45
5.7.1. Bakım	46
5.8. Dar Gabarılı Yerler ve Şezler	46
5.8.1. Bakım	46
5.9. Portör Teli	46
5.9.1. Bakım	47
5.10. Pandüller	47
5.10.1 Bakım	48
5.11. Seyir Teli Yüksekliği Dezeksman ve Aşınması.....	48
5.12. Seyir Teli Yüksekliği	49
5.12.1. Bakım	49
5.13. Dezeksman	49
5.13.1. Bakım	50
5.14. Seyir Teli Aşınması.....	50
5.14.1. Bakım	51
5.15. Nötr, Seksiyonman ve Ekipman Bölge	51
5.15.1. Bakım	52
5.16. Elle Kumandalı veya Motor Kumandalı Ayırıcı (Seksiyoner)	52
5.16.1. Bakım	52

5.17. IS (ayırma bölgesi)(insulated section)	53
5.17.1. Is Bakım ve Ayarı	53
5.18. Makas Kateneri	54
5.18.1. Bakım	54
5.19. Besleme Bağlantısı.....	55
5.19.1. Bakım	55
5.20. İzolman Mesafesi	56
5.20.1 Bakım	56
5.21. Bitki Örtüsü Ve Engeller.....	57
5.21.1. Bakım	57
5.22. Üst Geçit Koruma Panolarının Kontrol Ve Bakımı	57
5.22.1. Bakım	58
5.23. İkaz Levhaları İle Koruma Techizatları	59
5.23.1. Bakım	59
5.24. İstasyon ve Nötr Bölge Postaları.....	59
5.24.1. Bakım	59
5.25. Yaya Turne.....	62
5.26. Katener Bakım Otosu İle Dezeksmen Kontrolü.....	62
5.27. Olağandışı İncelemeler.....	63
5.28. Kısa Devre Nedeni İle Yapılan Olağandışı İncelemeler	63
5.29. Fırtına, Aşırı Sıcaklık, Yangın Veya Deprem Durumlarında Yapılan Olağandışı İncelemeler	64
5.30. Elektrifikasyon Sistemleri Bakımı İçin Gerekli Malzemeler.....	64
5.31. Elektrifikasyon Sistemleri Bakımı İçin Gerekli Sarf Malzeme Listesi.....	65
5.32. Trafo Merkezleri İle Kompanzasyon Sistemlerinin Ve Cer Postalarının Bakım İşleri Kapsamında Kullanılabilecek Asgari Alet-Ekipman Listesi.....	66
5.33. Trafo Merkezlerinin Ve Cer Postalarının Ağır Bakımı İşleminde Kullanılabilecek Malzeme Listesi.....	67
5.34. Elektrifikasyon Sabit Tesislerinde Yapılan Bakımlar İçin Uyulması Gereken Uluslararası Normlar	68
6. ELEKTRİFİKASYON SABİT TESİSLERİNE AİT FORMLAR	71
6.1. Katener Bakım Programı.....	71
6.2. Elektrifikasyon Sabit Tesisleri Bakım Formları	72
6.3. Arıza Raporu Formu	77

7. YAZILIM GELİŞTİRME VE TASARIM	78
7.1. Kullanılan Teknolojiler	79
7.2. Backend Geliştirme Süreci (API).....	79
7.3. Frontend Geliştirme Süreci (MVC)	80
7.4. Mimari ve Tasarım	81
7.5. Uygulama Modülleri	82
8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	90
KAYNAKLAR.....	91



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

V	: Volt
AC	: Alternatif Akım
DC	: Doğru Akım
OGC	: Otomatik Gergi Cihazı
IS	: Section Insulator
AT	: Akım Trafosu
GT	: Gerilim Trafosu
Hz	: Hertz
ST	: Seyir Teli
PT	: Portör Teli
OG	: Orta Gerilim
EİH	: Enerji İletim Hattı
SY	: Sistem Yüksekliği
d	: İletken Çapı
RTU	: Remote Terminal Unit (Uzak Uç Birimi)
TM	: Trafo Merkezi
YST	: Yardımcı Servis Trafosu
SCADA	: Supervisory Control and Data Acquisition
HT	: Hızlı Tren
YHT	: Yüksek Hızlı Tren
UIC	: International Union Of Railways (Uluslararası Demiryolu Birliği)
TCDD	: Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryollarını
TEİAŞ	: Türkiye Cumhuriyeti Elektrik İletim Anonim Şirketini
ENH	: Enerji Nakil Hattı
TS	: Türk Standartları
GDİ	: Geri Dönüş İletkeni

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1. Katener Sistemi Genel Görünümü.....	4
Şekil 2.2. Portik Subl Katener Sistemi	5
Şekil 2.3. Portik Rijit Katener Sistemi.....	5
Şekil 2.4. Trafo Merkezi Genel Görünümü	6
Şekil 2.5. Telekomand Merkezi Videowall Ekranı.....	7
Şekil 2.6. Telekomand Operatör Bilgisayar Ekranı Besleme Planı	7
Şekil 2.7. Server ve Sunucu Kabini	8
Şekil 2.8. Besleme Planı Örneği	9
Şekil 2.9. Cer Sistemi Gerilimleri.....	10
Şekil 3.1. Tek Konsol Taşıyan A Tipi Demir Direk.....	12
Şekil 3.2. Şemsiye Tipi Konsol Hoban Takımı	13
Şekil 3.3. Dört Yollu Tam Portal	14
Şekil 3.4. Çiftli Şez.....	15
Şekil 3.5. Yaylı Otomatik Gergi Cihazı Seti.....	16
Şekil 3.6. Geri Dönüş İletkeni Sehim Tablosu	18
Şekil 3.7. Fider İletkeni.....	18
Şekil 3.8. Ekipman Bölge	19
Şekil 3.9. Antişöminman Bölge	20
Şekil 3.10. Seksiyonman Bölge	21
Şekil 3.11. IS ile Yapılan Nötr Bölge	22
Şekil 3.12. Cer Posta Binası.....	23
Şekil 3.13. Hertz Portalı ve Cihazları	24
Şekil 3.14. Makas IS	25
Şekil 3.15. Kruvazman Çubuğu Montajı	26
Şekil 3.16. Kruvazman Çubuğu.....	26

Şekil 3.17. Yük Altında Otomatik Kademe Değiştiricisi	27
Şekil 3.18. Mesafe Koruma Rölesi	28
Şekil 3.19. Rtu Panosu	30
Şekil 3.20. Katener Yardımcı Servis Trafosu	32
Şekil 3.21. Makas Isıtıcısı Yardımcı Servis Trafosu ve Kabini.....	33
Şekil 4.1. Bakım Planlama Faaliyetlerinin gösterimi	34
Şekil 4.2. Yüksek Gerilim Altındaki Bölümlerle Olması Gereken Minimum Açıklıklar	40
Şekil 5. Yükseltilmiş Ankraj.....	42
Şekil 5.1. Çubuk İzolatörlü IS.....	53
Şekil 5.2. Porselen İzolatörlü IS	54
Şekil 5.3. M Besleme Bağlantısı.....	55
Şekil 5.4. Ara İzolman Örneği	57
Şekil 5.5. Koruma Panosu Örneği.....	58
Şekil 5.6. İstasyon Postası 110V Akü Grubu.....	60
Şekil 5.7. İstasyon Postası 48V Akü Grubu.....	60
Şekil 5.8. 110VDC Redresör	61
Şekil 5.9. 48VDC Redresör	61
Şekil 7.1. API Tasarım Uygulamaları.....	79
Şekil 7.2. Bakım Yazılımı Backend Çalışma Örneği	80
Şekil 7.3. Bakım Yazılımı Frontend Çalışma Örneği.....	81
Şekil 7.4. Admin ve Kullanıcı Giriş Ekranı	82
Şekil 7.5. Admin Kullanıcı Paneli	82
Şekil 7.6. Kullanıcı Modülleri	83
Şekil 7.7. Kullanıcı Oluşturma Modülü.....	83
Şekil 7.8. Kullanıcı Rolü Oluşturma Modülü	84
Şekil 7.9. Kayıtlı Bakım Ekranı	84

Şekil 7.10. Katener Bakım Kayıt Oluşturma Ekranı.....	85
Şekil 7.11. Katener Bakım Kontrol Maddeleri Onay Ekranı.....	85
Şekil 7.12. Trafo Merkezi Bakım Kayıt Oluşturma Ekranı	86
Şekil 7.13. Trafo Merkezi Bakım Kontrol Maddeleri Onay Ekranı	86
Şekil 7.14. Admin Bakım Onaylama Ekranı	87
Şekil 7.15. Onaylı, Onaysız Bakım İle Kullanıcı Bazlı Bakım Sayısı Grafikleri.....	87
Şekil 7.16. Onaylı Bakıma Ait Çıktı Ekranı	88
Şekil 7.17. Onaylanan, Bekleyen, Reddedilen Bakım Modülleri Kayıt Ekranı	88
Şekil 7.18. Kullanıcı Bazlı Arıza Kayıt Grafikleri	89

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 4.1. Sınıflandırma, Muayene, Periyodik Bakım, Onarım ve İyileştirme İçeriklerinin Belirlenmesine Yönelik Olan Bakım Konsepti	35
Çizelge 4.2. Bakımın Planlanabilir ve Planlanamaz Tedbirler Şeklinde Sınıflandırılması.	35
Çizelge 5.1. Portör Teli Teknik Özellikleri	47
Çizelge 5.2. Seyir Teli Teknik Özellikleri.....	50
Çizelge 5.3. Uluslararası Normlar	68
Çizelge 6.1. Katener Tesisleri Bakım Programı Formu	71
Çizelge 6.2. Katener Tesisleri Yaya Kontrolü Bakım Formu	72
Çizelge 6.3. Şalt Sahası Genel Kontrol Bakım Formu	73
Çizelge 6.4. Katener Hattı Dezeksmen-Seyir Teli Yüksekliği-Sistem Yüksekliği Kontrolü Ve Arıza Bakım Formu	74
Çizelge 6.5. Katener Hattı Statik Ölçüm Bakım Formu.....	75
Çizelge 6.6. Topraklama Sistemi Bakım Formu	76
Çizelge 6.7. Arıza Raporu Formu.....	77

1. GİRİŞ

Dünyada ve ülkemizde raylı sistemlerin tercih edilmesindeki en önemli etkenler arasında emniyet, konfor hız ve ekonomik olması nedeniyle gelmektedir. Karayolu ulaşımında meydana gelen trafik kazalarındaki artış, yüksek karbon emisyonu, trafikten kaynaklı zaman kayıpları gibi etkenler insanların tercihlerini raylı sistem ulaşımına doğru sevk etmeye başlamıştır. Hız, emniyet, konfor gibi kaliteyi belirleyen faktörlerin yükseltilmesi için demiryolu hat kapasitesinin artırılması, demiryolu araçları teknolojisinin geliştirilmesi, demiryollarına yapılan yatırımların artmasıyla beraber mevcut demiryolu ağının fiziki ve geometrik standartlarının yükseltilmesi, seyrüsefer emniyetinin ve kontrolünün sağlanması için elektrifikasyon sistemlerinin devreye alınması gerekmektedir [1]. Demiryolu hatlarına elektrifikasyon tesisleri kurulmasıyla beraber elektrikli tren işletmeciliğinin milli ekonomiye katkısı dizel tren işletmeciliğiyle kıyaslandığında üç kat daha ekonomik olduğu görülmektedir. Çağımızın en büyük problemleri arasında yer alan küresel ısınma sorunu da düşünüldüğünde elektrifikasyon sistemlerinin temiz ve gürültüsüz bir sistem olması dünyamız için çok önemli bir kazanım olacaktır. Elektrifikasyon sistemlerin tesis edilmesinde kullanılan malzemelerin yerli ve milli olarak üretim oranı her geçen gün artmakta olup, dışa bağımlılığımız her geçen gün azalmaktadır.

Demiryolu hatlarının elektrifikasyonlu hale gelmesiyle beraber işletme ve doğal etkenlerden kaynaklı olarak katener hatlarının sürekli gözetim altında tutulması ihtiyacı doğmuştur. Konforlu bir ulaşım, hat güvenliği, hat kapasitesi, malzemelerin ekonomik ömrü için yapılacak olan periyodik bakım faaliyetleri çok önemli bir husus olarak önümüze çıkmaktadır.

Bu tez çalışmasının giriş kısmında demiryolu elektrifikasyon sistemlerine ait arıza, bakım ve onarım konuları ile ilgili yapılan çalışmalar irdelenmiş ve tezin amacı belirtilmiştir. Gerçekleştirilen bu tez çalışmasında elektrifikasyon sistem bakımının süreç yönetimini optimize ederek, takip işlemlerinin daha hızlı ve dijital platformlarda modernize edilmesi amaçlanmıştır.

1.1. Amaç

Bu tez çalışmasında demiryolu elektrifikasyon sistemlerine ait mevcut bakım faaliyetlerin takibinde kullanılan formların dijitalleştirilerek takibinin kolaylaştırılması, bürokratik işlemlerin bypass edilmesi, bakım işlemlerini efektif bir şekilde planlanarak zaman ve kaynakların verimli kullanılması amaçlanmaktadır. Bu işlemleri

gerçekleştirebilmek için web tabanlı bir yazılım üzerinde çalışma yapılmıştır. Tasarlanan yazılım çalışması geliştirilmeye açık olup, kullanıcının talepleri doğrultusunda ilave modüller tasarlanarak beklentilere karşılık verebilecektir. İlk aşamada bakım ve arıza programına ait formların takip ve işlemleri devreye alınacaktır. Yazılımın ikinci faz aşamasında ataşman takip, hak ediş modülü, stok kontrol yönetimi, as-build proje takip ve inceleme modülleri devreye alınması öngörülmektedir.

1.2. Kapsam

Bu tez çalışması, demiryolu elektrifikasyon sistemlerinin tanımı, sistem elemanlarının görevleri, elektrifikasyon sistemlerinde yapılan bakımın mantığı, stratejisi, söz konusu sisteme ait elemanların görevleri ve bakımlarının nasıl yapılacağını, elemanlara ait kontrol listeleri ve bu işlemlerin tasarlanacak olan yazılım ile dijitalleştirilmesi hakkında bilgileri kapsamaktadır. Planlı bakım işlemlerinde kullanılan formların dijitalleştirilerek zamandan tasarruf sağlanmış, arşivleme işleme sunucu üzerinden yapılıp, dokümantasyon işlemi rafa kaldırılmıştır.

1.3. Literatür Taraması

Demiryolu elektrifikasyon sistemlerine ait bakım, arıza ve onarım konuları ile ilgili yapılan akademik çalışmalar incelendiğinde genel olarak hat bakımlarının planlanması, yönetimi ve risk değerlendirmesi üzerine olduğu görülmüştür.

Yaptığı çalışma ile bakım faaliyetlerinin hem sistem güvenliği hem de maliyet açısından demiryolu işletmelerinin vazgeçilmez bir parçası olduğu bakım çalışmalarında uyulması gereken standartlara değinmiştir. Bu standartlar, bakım çalışmalarında uyulması gereken kurallar için önem arz ettiği ve sonrasında demiryollarında klasik bakım yaklaşımları incelenerek bakımın demiryollarındaki öneminden bahsetmiştir [2].

Yaptığı çalışma ile katener sistemleri'nin projelendirmesi, projelendirme için gereken hesaplar, transformatör merkezleri, bu transformatör merkezlerinin muhafazası, son olarak da besleme sistemi için yapılması gereken testlerden bahsetmiş ve yapılan testler sonucunda elde edilen veriler ve bilgilere göre en ideal elektrifikasyon sistem elemanları seçilip, elektrifikasyon sistemi tasarlamaya çalışmıştır [3].

Yaptığı çalışma ile kent içi raylı sistemlerin hat bakım çalışmalarının yurtdışında ve Başak şehir Metro Hattında nasıl planlanıp, uygulandığından bahsetmiştir. Planlama aşamasındaki sınırlayıcı koşullara, aynı haftaya tekabül eden bakımların nasıl ötelendiğine

değınmiş ve ardından hat bakım çalışmalarını sonucu ortaya çıkan riskler, bu risklere karşı alınmış mevcut tedbirler ve risklerin bertaraf edilmesi için uygulanması gereken tedbirler üzerinde durmuştur [4].

Yaptığı çalışmada demiryolu cer gücü sistemlerinin verimliliğini arttırmak, daha etkili işletme yapmak için AC beslemeli ve DC beslemeli demiryolu elektrifikasyon sistemi, geliştirilen yeni bir algoritma ile tasarlanmış ve ideal sonuçlar elde etmiştir. Geliştirilen bu algoritma ile benzetimler yapmıştır. Elde edilen bu benzetim sonuçları daha sonra yapay zekâ yöntemlerinden olan Yapay Sinir Ağları, Destek Vektör Makinaları ve Uyarlamalı Sinirsel Bulanık Çıkarım Sistemi yöntemleriyle tahmin edilen sonuçlar ile karşılaştırmıştır [5].

1.4. Tezin Organizasyonu

Tez, sekiz ana başlıkta altında toplanmıştır. Birinci bölümde; yapılacak olan çalışma hakkında genel bilgiler verilerek literatür taraması incelenmiş tezin kapsam ve amacı belirtilmiştir. İkinci bölümde demiryolu elektrifikasyon sistemlerine ait genel tanımlamalar yapıp, sisteme ait bilgiler verilmektedir.

Üçüncü bölümde demiryolu elektrifikasyon sistem elemanlarının detaylı tanımları, görevleri hakkında görsel materyaller ile açıklamalarda bulunmaktadır. Dördüncü bölümde demiryolu elektrifikasyon sistemdeki mevcut bakım yaklaşımları anlatılarak yapılan bakım türleri açıklanmaktadır. Beşinci bölümde katener sistemi ve trafo merkezinde kullanılan sistem elemanlarına ait yapılan bakımlar detaylı bir şekilde anlatılmaktadır.

Altınca bölümde demiryollarında bakım faaliyetlerinde kullanılan mevcut formlar tanıtılıp, görsel olarak bilgilendirme yapılmaktadır. Yedinci bölümde tasarlanan yazılım çalışmasında kullanılan teknolojiler tanıtılıp, yazılım uygulamasına yönelik yapılan çalışmalardan bahsedilmektedir.

Sekizinci bölümde yapılan tez çalışmasından elde edilen sonuçlar belirtilip, mevcut bakım faaliyetleri ile kıyaslamalar yapılarak sistemin avantajlarından bahsedilmiştir. Son olarak tasarlanan yazılımın geliştirilmesi için çeşitli önerilerde bulunmaktadır.

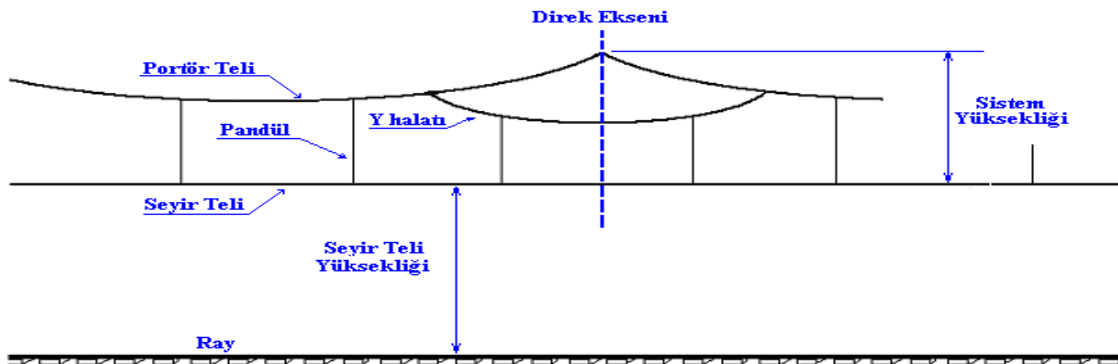
2. TANIM VE KAVRAMLAR

2.1. Demiryolu Elektrifikasyon Sistemleri

Demiryolu tren işletmeciliğinin elektrikli olarak yapılabilmesi için katener sistemi, trafo ve telekomand merkezinden oluşan elektrifikasyon tesislerinin kurulması gerekmektedir. Katener sistemleri kendi içerisinde portik supl ve rijit sistemler olarak ayrılmaktadır. Trafo merkezleri açık şalt sahası tasarımı sahip olup, metro ve tramvay işletmeciliğinde gis (gaz izoleli şalt) sahası şeklinde planlanmaktadır. Scada sistemleri telekomand merkezi tarafından sürekli gözetim altında tutulmaktadır. Katener enerjisinin uzaktan kesilmesi-verilmesi gibi işlemler telekomand merkezi tarafından yapılmaktadır.

2.1.1 Katener sistemleri

Katener sistemi seyir teli, taşıyıcı (portör) tel, pandüller ile bu iletkenleri taşıyan, direk (Beton-Demir) üzerine izole edilerek takılan alüminyum boru ile bağlantı parçalarından oluşur. Katener tesisleri, elektrik enerjisini trafo merkezlerinden alarak demiryolu boyunca pantograf aracılığıyla elektrikli lokomotiflere iletmektedir. Katener sisteminde sadece seyir teli kullanılması durumunda maksimum 60 Km/h hız yapılabileceği deneyler ile gözlemlenmiştir [11]. Trenin hızını seyir telindeki eğim değişimi ve hat geometrisi etkilemektedir. Seyir telindeki eğimi azaltmak ve tren hızını artırmak için portör iletkeni ve pandüller daha yüksek hızlar için y halatları, seyir teli antişöminmanları ek olarak kullanılmaktadır. İşletme hızının artmasıyla beraber katener tesislerinin dizaynı önemli ölçüde değişmektedir. Sisteme ait elemanların yapısı, cinsinin belirlenmesinde hız faktörü belirleyici bir unsur olarak önümüze çıkmaktadır. Bkz. Şekil 2.1, 2.2 ve Şekil 2.3’de farklı katener sistemlerine ait görseller paylaşılmaktadır.



Şekil 2.1 Katener sistemi genel görünümü [11]



Şekil 2.2 Portik subl katener sistemi [11]



Şekil 2.3 Portik rijit katener sistemi

2.1.2 Trafo merkezi

Elektrikli tren işletmeciliğinde kullanılmak üzere enerji sağlamak için ulusal elektrik şebekesinden alınan 154 kV. Yüksek gerilimi güç transformatörleri vasıtasıyla 25 kV gerilime indirip bu enerjiyi kontrol ve kumanda ederek katener sistemini besleyen merkezlerdir [20].

Trafo merkezi tasarımında işletme kapasitesi, mücavir trafo merkezlerinin durumu, hattın yapısı gibi birçok etken göz önünde bulundurulmaktadır. Trafo merkezleri önünde

bulunan nötr bölgeler dizayn edilirken aliyman, kurp yarıçapının yüksek olduğu, deversiz yerlerde tesis edilmesine dikkat edilmesi gerekmektedir. Demiryolları tarafından kullanılan trafo merkezine ait görsel Şekil 2.4.'de görülmektedir. Yeni tasarlanan trafo merkezlerinde kablo yerleşimi için galeri katı uygulaması yapılmaya başlanmış olup, meydana gelebilecek kablo arızaların kolay tespit edilmesi amaçlanmaktadır.

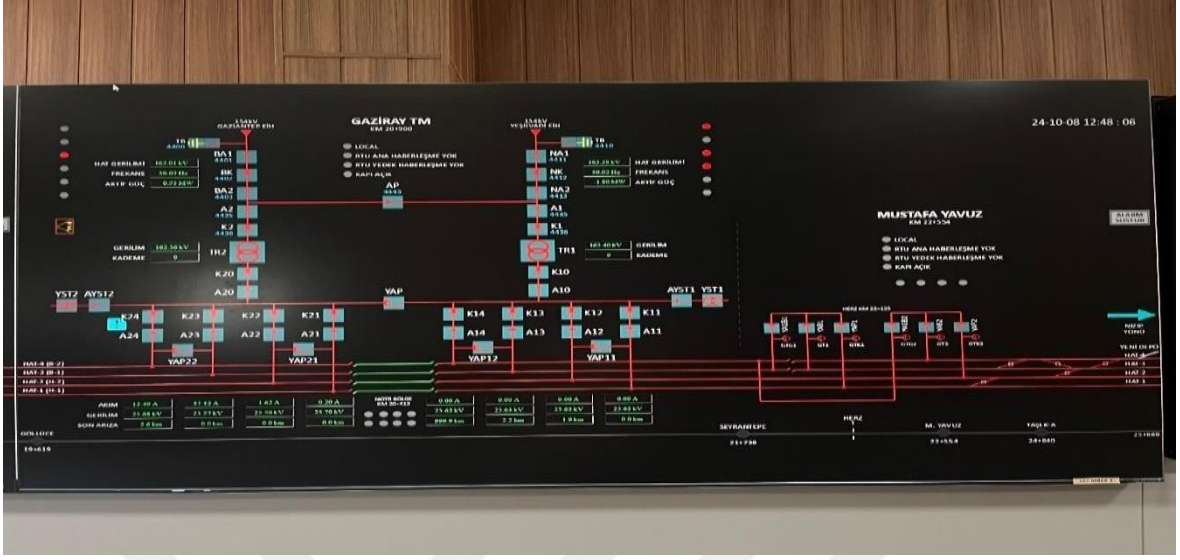


Şekil 2.4 Trafo merkezi genel görünümü

2.1.3 Telekomand merkezi

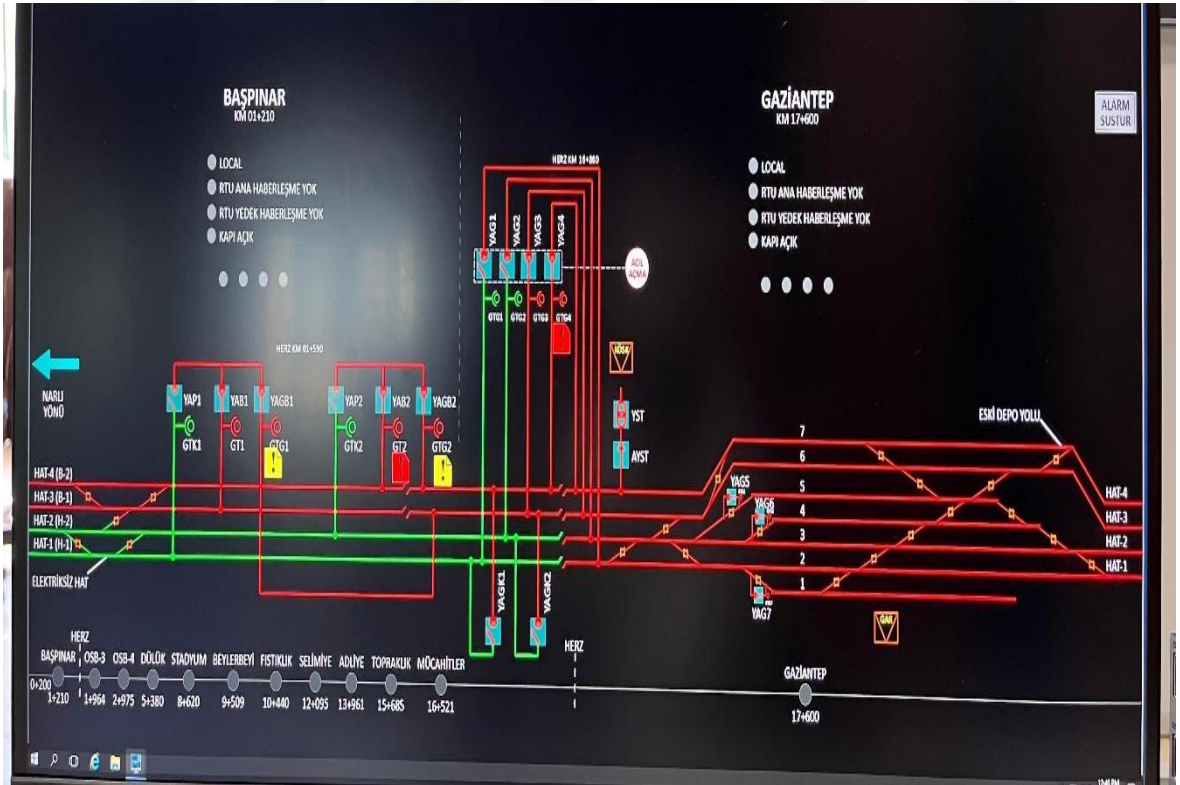
Trafo merkezleri, trafo gruplarının genel elektrik şebekesine ve katener hat bağlantılarına ve bağlantılarının kesilmesini sağlayan cihazlar (kesiciler-ayırıcılar-yük ayırıcıları) ile çeşitli koruyucu ekipmanlar ile (röleler-rtu'lar) donatılmıştır[11]. Trafo merkezinden ve cer postalarından anlık olarak gelen veriler ile söz konusu hatta ait elemanlar telekomand merkezi tarafından takip edilmektedir. Elektrifikasyon tesisleri ile ilgili uzaktan enerji kesme-verme, sisteme ait tüm alarmların izlendiği ve uzaktan manevraların yapıldığı

merkezlere telekomand merkezi denir. Örnek olarak telekomand merkezinde yer alan Videowall ekranı Şekil 2.5.'te görülmektedir.



Şekil 2.5 Telekomand merkezi videowall ekranı

Telekomand operatörleri tarafından kullanılan masaüstü bilgisayar ekranında bulunan besleme planına ait görüntü Şekil 2.6'da paylaşılmaktadır.



Şekil 2.6 Telekomand operatör bilgisayar ekranı besleme planı

Telekomand merkezinde bulunan Scada sistemine ait sunucu ve switchlerin bulunduğu panoya ait görsel Şekil 2.7.'de paylaşılmaktadır.



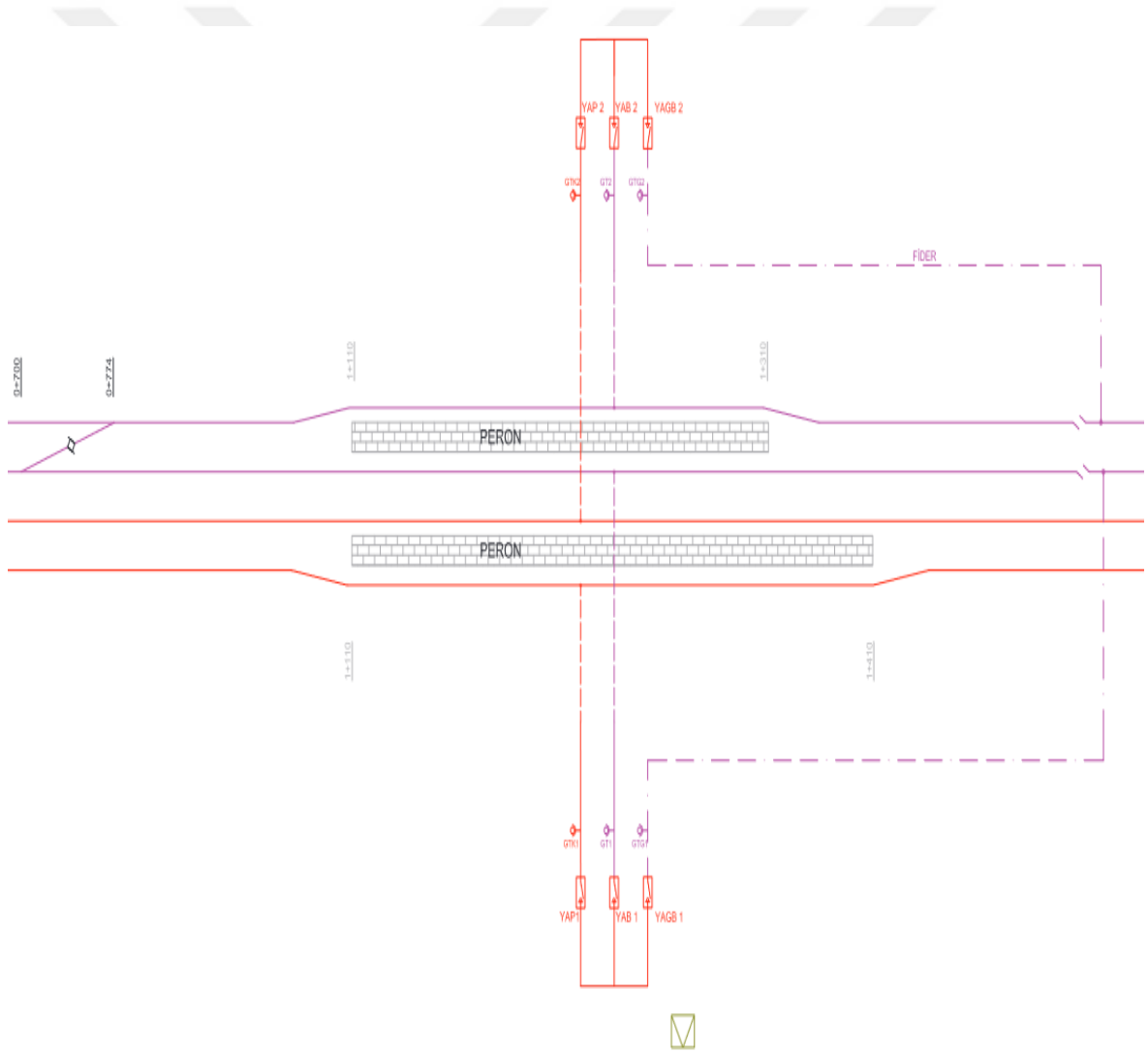
Şekil 2.7 Server ve sunucu kabini

2.2. Besleme Gerilimlerine Göre Elektrifikasyon Sistemleri

Elektrifikasyon tesislerinin işlevi, insanları ve eşyaları emniyetli biçimde bir yerden başka bir yere katener hatları vasıtasıyla taşımaktır. Katener tesisleri, lokomotiflerde bulunan pantograf vasıtasıyla akım taşıyarak enerji sağlayan bir nevi enerji nakil hattı tesisleridir. Kontak(seyir) hat sistemleri; Basit katener, üçüncü ray ve rijit katener hat sistemleri olarak dizayn edilebilmektedir [10]. Katener hatları besleme gerilimlerine göre üç sınıfa ayrılmaktadır. Demiryolu katener tesislerinde konvansiyonel ve hızlı tren hatlarında

ticari frekanslı ve yüksek gerilimli A.C. besleme sistemi kullanılmaktadır. Hafif raylı sistemler ve tramvay hatlarında az yüksek gerilimli D.C. sistemi ile besleme planı yapılmaktadır. Özel frekanslı ve yüksek gerilim A.C. besleme sistemi Avrupa kıtasında yer alan ülkelerde kullanılmaktadır. Bir istasyonda bulunan dört yolu beslemek için dizayn edilen besleme planı Şekil 2.8.'de görülmektedir.

- Az yüksek gerilimli (600 ile 3000 V) D.C. Sistemi
- Özel frekanslı ve Yüksek gerilimli A.C. Sistemi
- Ticari frekanslı ve Yüksek gerilimli A.C. Sistemi



Şekil 2.8 Besleme planı örneği

Elektrifikasyon sistemi	En düşük daimi olmayan gerilim $U_{en\ az2}$ V	En düşük daimi gerilim $U_{en\ az1}$ V	Anma gerilimi U_n V	En yüksek daimi gerilim $U_{en\ fazla1}$ V	En yüksek daimi olmayan gerilim $U_{en\ fazla2}$ V
d.c. (ortalama değerler)	400 500 ^f 1 000 2 000	400 500 1 000 2 000	600 ^a 750 1500 3000	720 900 ^f 1 800 ^f 3 600	800 1 000 1 950 3 900 ^b
a.c. (r.m.s. değerleri)	11 000 17 500 ^f	12 000 19 000 ^f	15 000 25 000	17 250 27 500 ^f	18 000 29 000
Fransa için özel ulusal koşullar, Ek B'ye bkz.					
* Tramvaylar ve bölgesel demiryolları için gelecekteki d.c. cer sistemleri 750 V, 1 500 V veya 3 000 V anma gerilim sistemine uymalıdır.					
^b Belçika için özel ulusal koşullar, Ek B'ye bkz.					
^c Birleşik Krallık için özel ulusal koşullar, Ek B'ye bkz.					

Şekil 2.9 Cer sistemi gerilimleri [13]

2.2.1. Az yüksek gerilimli (600 ile 3000 v) d.c. sistemi;

Doğru akım ile beslenen seri karakterli elektrik motoru ideal cer motoru olup, hacmi küçük, imali kolay ve verimliliği yüksektir. Lokomotifler için gerekli enerji 34,5 kV şehir şebekesinden alınan alternatif akımın doğru akıma dönüştürülmesi ile temin edilmektedir. 600 V ile 3000 V DC doğrudan katener hattına veya demiryolu hattının yanına döşenmiş olan üçüncü raya verilmektedir [11]. Bkz Şekil 2.9.'da cer sistemine ait cer sistem gerilimleri paylaşılmaktadır.

Katener hatlarında kullanılan iletkenler seyir teli 120 mm² ya da 107 mm², portör teli 65 mm², pandül teli 12 mm² veya 16 mm², geri dönüş iletkeni 180 mm², Fider iletkeni 280 mm² olmak üzere toplam bakır eşdeğer kesitleri 400 mm² ile 800 mm² arasında değişkenlik göstermektedir. İletkenlerin kesitlerinin yüksek olması nedeniyle, direk ve temellerin seçiminde bu kriterler dikkate alınarak hesaplamalar yapılmalıdır.

En önemli avantajlarından bir tanesi dar gabarili noktalarda, elektriksel atlama mesafelerinin sağlanmasının kolay olmasıdır. DC sistemler daha şehir içi hafif raylı tramvay hatlarında kullanılmaktadır.

DC gerilimi uzak mesafelere taşımak, çok sık trafo merkezlerinin kullanılması ile mümkündür. En önemli teknik özelliği korozyon probleminin olmasıdır. Kaçak akımlar yeraltındaki petrol, doğalgaz, su boru hatları üzerinde korozyonlara neden olmaktadır [11].

Demiryolu hatları düşünüldüğünde Km.lerce uzunluktaki güzergâh boyunca hat altında yer alan alt yapı tesislerinin kontrolü oldukça zor olacaktır.

2.2.2. Yüksek gerilimli ve özel frekanslı ($16\frac{2}{3}$ Hz) a.c. sistemi;

AC motorlarda normal frekanstan daha düşük frekansta 15KV $16\frac{2}{3}$ Hz AC sistemleri Almanya, İsviçre, İskandinav ülkelerinde tesis edilmektedir. Bu sistem ile enerjinin üretimi ve katenerlere kadar nakli kolay olup, trafo merkezleri tasarımı kolay ve istasyon cer posta sayıları azdır [11]. Katenerde gerilimin 27,5kV-25kV gibi yüksek seviyelerde olması sebebiyle trafo merkezleri aralarındaki mesafeler 60km'yi bulmaktadır. Katener hattından çekilen akımlar düşük olup, tesis edilen iletken kesitleri küçük seçilmektedir. Bilindiği gibi $16\frac{2}{3}$ hz.lik özel frekanslı akım sadece demiryollarında kullanıldığı için temin edilen gerilim şehir şebekesinde kullanılamamaktadır. Ticari olarak değerlendirilememesi en büyük dezavantajdır.

2.2.3. Ticari frekanslı ve yüksek gerilimli a.c. sistemi:

25 KV, 50 Hz AC ile beslenen hatlara sahip olan demiryolları, Türkiye Elektrik İletim Anonim ve Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketlerine ait elektrik şebekesinin alıcısı olduğu için, TCDD'ye ait elektrik üretim santralleri, enerji iletim hatları ve enerji nakil hatları bulunmamaktadır. Trafo merkezleri basitleşmiş ve hacimleri küçülmüştür. İki transformatör merkezi arasındaki mesafe 50 -70 km.'dir [11].

Diğer besleme sistemleri ile kıyaslandığında kurulumu daha ekonomik olup, sistem bakımlarının yapılabilmesi için enerji kesintisi gerekmektedir. Diğer besleme sistemleri ile kıyaslandığında en verimli ve avantajlı olan besleme sistemidir. TCDD tarafından elektrikli tren işletmeciliği yapılan bazı hat kesimlerinde tesis edilen trafo merkezlerinin nominal çıkış gerilim 27,5 kV AC'dir. Spesifik bir işletme gerilimi olduğu için malzeme temin noktasında üreticiler belli sayıda olup, termin sürelerinde gecikmeler yaşanabilmektedir. İşletme ve bakım süreçleri için hatta kullanılan ekipmanların yedek malzeme olarak depolarda bulunması faydalı olacaktır.

3. ELEKTRİFİKASYON SİSTEM ELEMANLARI

3.1. Direk

Yol kenarında dikey bir sütun ya da çelik konstrüksiyondan oluşan destektir [14]. Beton, demir olarak iki çeşit olarak imal edilmektedir. Beton direkler ucuz ve kullanışlı oldukları için daha çok tercih edilmektedir. Demir direkler silindirik ve H profil şeklinde olmak üzere şekilde üretilirler, demir direkler beton direklere göre daha pahalı olup, ekonomik ömrünü tamamladıktan sonra geri dönüşüme kazandırılma imkanları bulunmaktadır. Seçilen direğin şekline göre sabit parça seçimi işletme ve bakım faaliyetleri için çok önemli bir husustur. Hatta kullanılan tek konsol taşıyan A tipi direğe ait görsel Şekil 3.1’de görülmektedir.



Şekil 3.1 Tek konsol taşıyan a tipi demir direk

3.2. Konsol-Hoban Takımı

Bir direk, şez veya herhangi bir sabit yapıya montajı yapılan bir ya da birden fazla sayıdaki yatay elemandan oluşan destek takımıdır [14]. Konsol-Hoban takımı eski konvansiyonel hatlarda çelikten imal edilirken, günümüzde alüminyum olarak üretilmektedir. Konsol-Hoban seti antibalansan, çelik pandül, destek borusu, rapel, portör pensi, rüzgâr pandül ve izolatörlerden meydana gelmektedir. İşletme altında kullanılan çift taraflı çalışan konsol hoban takımı örneği Şekil 3.2.'de görülmektedir.



Şekil 3.2 Şemsiye tipi konsol hoban takımı

3.3. Portal

Çok yollu hatların katenerini askıda tutan iki dikey direk, yatay bir çelik kirişten(bom) ve gerektiğinde çelik askı halatlarından oluşan yapıdır [14]. Demiryolu işletme faaliyetlerinde her hatta ait müstakil direk dikmek suretiyle işletme yapılması amaçlanmaktadır. Bunun sebebi ise olası bir kaza durumunda hatta meydana gelen direk devrilmesi sonucunda diğer hatların işletme faaliyetlerinden olumsuz yönde etkilenmesinin önüne geçmektir. Portalların uzunluğuna göre gerdirme halatlarının sayısı artmaktadır. Üzerinde 2 hatta ait konsol hoban taşıyan 4 yollu tam portala ait görsel Şekil 3.3.'de paylaşılmaktadır.



Şekil 3.3 Dört Yollu tam portal

3.4. Şez

Konsol-Hoban takımını taşımak üzere, portal kirişi, tünel yüzeyleri, köprü altı ve benzeri yerlere tutturulan çelik konstrüksiyonlardır [14]. Sistem tasarımı yapılırken şezler tekli ve çiftli şez olarak dizayn edilmektedirler. Kutu profil ve kafes tipinde olmak üzere iki çeşit imal edilebilip, direk dikilemeyecek ve gabari probleminin olduğu noktalarda kullanılırlar. Tam portala montajı yapılmış çiftli şez örneği Şekil 3.4’de görülmektedir.



Şekil 3.4 Çiftli şez

3.5. Otomatik Gergi Cihazı

Belirli sıcaklık sınırları arasında iletkenin mekanik gerginliğini otomatik olarak belirli bir değerde tutan gerdirme sistemidir [14]. Yaylı otomatik gergi cihazı ya da taşlı olmak üzere iki çeşit olarak üretilmektedir. Yaylı otomatik gergi cihazları pahalı olması sebebiyle çok kullanılmamakta olup, gabari probleminin olduğu yerlerde kullanılmaktadır. Taşlı olan otomatik gergi cihazları hattın profiline göre döküm demir şeklinde de imal edilebilirler. Etap boyu uzunluğun 750 m'den daha yüksek olması durumunda etap sonu ve etap başlangıç direklerinde ogc kullanılıp, 750 m'den kısa olan etaplar için etap başlangıcında ogc kullanılması yeterli olacaktır. Hatta kullanılan tensorex C+625/2400 4m model yaylı ogc görseli Şekil 3.5'de paylaşılmaktadır.



Şekil 3.5 Yaylı otomatik gergi cihazı seti

3.6. Sistem Yüksekliği

Seyir teli ile portör teli arasındaki dikey mesafeye denir. Konvansiyonel hatlarda 1,4m olup hızlı tren hatlarında 1,6m'dir. Sistem yüksekliğindeki değişim belli standartlar doğrultusunda hat üzerine denk gelen sanat yapılarından kaynaklı olarak değişim gösterebilmektedir.

3.7. Açıklık

Yol boyunca birbiri ardına gelen iki direk ya da askı noktası arasındaki mesafeye direk açıklığı denir [12]. Katener hatları üzerinde art arda gelen direkler arasındaki açıklık farkı yapılan sistem tasarımına göre belli bir tolerans aralığında olmak zorundadır.

3.8. Etap Boyu

Birbirini takip eden iki ankraj noktası arasındaki katener uzunluğudur [12]. Bir etap boyu maximum 1300m olarak tasarlanmakta olup, etap boyları makas bölgelerinde çok kısa, aliyman bölgelerde çok uzun olarak karşımıza çıkmaktadır.

3.9. Dezekzman

Pantograf yüzeyinin hep aynı noktadan aşınmasını önlemek için, seyir telinin sırayla bir biri ardına gelen askı noktalarında yol ekseninin her iki yanına kaydırılması işleminde denir [12]. Aliyman bölgelerde ± 20 cm, kurplu bölgeler ± 24 cm olarak tasarımı yapılmaktadır. Dezekzman ayarı işletme ve bakım faaliyetleri açısından çok önemli bir husustur. Dezekzman kontrolünün belli dönemlerde yapılmadığı hatlarda demiryolu tren işletmeciliği pantograf kırılması, tel kopması gibi sebeplerden dolayı olumsuz yönde etkilenmektedir.

3.10. Sehim

İki askı noktası arasındaki iletkenin en düşük seviyedeki noktası ile askı noktaları arasındaki yükseklik farkıdır [12]. Katener hatları tesis edilirken Bkz. Şekil 3.6'da tablosundaki sıcaklık ve açıklık değerleri doğrultusunda iletkenlere (Geri dönüş İletkeni) sehim verilir.

h	f	-40°C	-20°C	-10°C	0°C	10°C	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C	70°C	80°C
35,0 m	lensile H	10,39 kN	6,03 kN	4,37 kN	3,25 kN	2,57 kN	2,16 kN	1,88 kN	1,68 kN	1,53 kN	1,41 kN	1,32 kN	1,24 kN
	sag f	0,10 m	0,17 m	0,24 m	0,32 m	0,40 m	0,48 m	0,55 m	0,62 m	0,68 m	0,73 m	0,78 m	0,83 m
36,0 m	lensile H	10,39 kN	6,06 kN	4,41 kN	3,30 kN	2,63 kN	2,21 kN	1,93 kN	1,72 kN	1,57 kN	1,45 kN	1,35 kN	1,27 kN
	sag f	0,11 m	0,18 m	0,25 m	0,33 m	0,42 m	0,50 m	0,57 m	0,64 m	0,70 m	0,75 m	0,81 m	0,86 m
37,0 m	lensile H	10,39 kN	6,09 kN	4,45 kN	3,36 kN	2,68 kN	2,26 kN	1,97 kN	1,77 kN	1,61 kN	1,49 kN	1,39 kN	1,31 kN
	sag f	0,11 m	0,19 m	0,26 m	0,34 m	0,43 m	0,51 m	0,59 m	0,66 m	0,72 m	0,78 m	0,83 m	0,88 m
38,0 m	lensile H	10,39 kN	6,11 kN	4,50 kN	3,41 kN	2,74 kN	2,31 kN	2,02 kN	1,81 kN	1,65 kN	1,53 kN	1,43 kN	1,34 kN
	sag f	0,12 m	0,20 m	0,27 m	0,36 m	0,45 m	0,53 m	0,60 m	0,67 m	0,74 m	0,80 m	0,86 m	0,91 m
39,0 m	lensile H	10,39 kN	6,14 kN	4,54 kN	3,46 kN	2,79 kN	2,36 kN	2,06 kN	1,85 kN	1,69 kN	1,56 kN	1,46 kN	1,38 kN
	sag f	0,12 m	0,21 m	0,28 m	0,37 m	0,46 m	0,55 m	0,62 m	0,69 m	0,76 m	0,82 m	0,88 m	0,93 m
40,0 m	lensile H	10,39 kN	6,16 kN	4,58 kN	3,51 kN	2,84 kN	2,41 kN	2,11 kN	1,89 kN	1,73 kN	1,60 kN	1,50 kN	1,41 kN
	sag f	0,13 m	0,22 m	0,29 m	0,38 m	0,48 m	0,56 m	0,64 m	0,71 m	0,78 m	0,84 m	0,90 m	0,96 m
41,0 m	lensile H	10,39 kN	6,19 kN	4,63 kN	3,56 kN	2,89 kN	2,45 kN	2,15 kN	1,94 kN	1,77 kN	1,64 kN	1,53 kN	1,44 kN
	sag f	0,14 m	0,23 m	0,31 m	0,40 m	0,49 m	0,58 m	0,66 m	0,73 m	0,80 m	0,87 m	0,93 m	0,98 m
42,0 m	lensile H	10,39 kN	6,22 kN	4,67 kN	3,61 kN	2,94 kN	2,50 kN	2,20 kN	1,98 kN	1,81 kN	1,68 kN	1,57 kN	1,48 kN
	sag f	0,14 m	0,24 m	0,32 m	0,41 m	0,51 m	0,60 m	0,68 m	0,75 m	0,82 m	0,89 m	0,95 m	1,01 m
43,0 m	lensile H	10,39 kN	6,24 kN	4,71 kN	3,66 kN	2,99 kN	2,55 kN	2,24 kN	2,02 kN	1,85 kN	1,71 kN	1,60 kN	1,51 kN
	sag f	0,15 m	0,25 m	0,33 m	0,43 m	0,52 m	0,61 m	0,70 m	0,77 m	0,85 m	0,91 m	0,98 m	1,04 m
44,0 m	lensile H	10,39 kN	6,27 kN	4,75 kN	3,71 kN	3,04 kN	2,60 kN	2,29 kN	2,06 kN	1,89 kN	1,75 kN	1,64 kN	1,54 kN
	sag f	0,16 m	0,26 m	0,34 m	0,44 m	0,54 m	0,63 m	0,71 m	0,79 m	0,87 m	0,93 m	1,00 m	1,06 m
45,0 m	lensile H	10,39 kN	6,30 kN	4,79 kN	3,76 kN	3,09 kN	2,65 kN	2,33 kN	2,10 kN	1,93 kN	1,79 kN	1,67 kN	1,58 kN
	sag f	0,16 m	0,27 m	0,36 m	0,45 m	0,55 m	0,65 m	0,73 m	0,81 m	0,89 m	0,96 m	1,02 m	1,09 m
46,0 m	lensile H	10,39 kN	6,32 kN	4,83 kN	3,81 kN	3,14 kN	2,69 kN	2,37 kN	2,14 kN	1,97 kN	1,83 kN	1,71 kN	1,61 kN
	sag f	0,17 m	0,28 m	0,37 m	0,47 m	0,57 m	0,66 m	0,75 m	0,83 m	0,91 m	0,98 m	1,05 m	1,11 m
47,0 m	lensile H	10,39 kN	6,35 kN	4,88 kN	3,86 kN	3,19 kN	2,74 kN	2,42 kN	2,19 kN	2,00 kN	1,86 kN	1,74 kN	1,64 kN
	sag f	0,18 m	0,29 m	0,38 m	0,48 m	0,59 m	0,68 m	0,77 m	0,85 m	0,93 m	1,00 m	1,07 m	1,14 m
48,0 m	lensile H	10,39 kN	6,37 kN	4,92 kN	3,90 kN	3,24 kN	2,79 kN	2,46 kN	2,23 kN	2,04 kN	1,90 kN	1,77 kN	1,67 kN
	sag f	0,19 m	0,31 m	0,40 m	0,50 m	0,60 m	0,70 m	0,79 m	0,87 m	0,95 m	1,03 m	1,10 m	1,16 m
49,0 m	lensile H	10,39 kN	6,40 kN	4,96 kN	3,95 kN	3,29 kN	2,83 kN	2,51 kN	2,27 kN	2,08 kN	1,93 kN	1,81 kN	1,71 kN
	sag f	0,20 m	0,32 m	0,41 m	0,51 m	0,62 m	0,72 m	0,81 m	0,90 m	0,98 m	1,06 m	1,12 m	1,19 m
50,0 m	lensile H	10,39 kN	6,43 kN	4,99 kN	4,00 kN	3,33 kN	2,87 kN	2,55 kN	2,31 kN	2,12 kN	1,97 kN	1,84 kN	1,74 kN
	sag f	0,20 m	0,33 m	0,42 m	0,53 m	0,63 m	0,73 m	0,83 m	0,92 m	1,00 m	1,07 m	1,15 m	1,21 m

Şekil 3.6 Geri dönüş iletkeni sehim tablosu [28]

3.11. Fider İletkeni

Bir katener hattını transformör merkezine veya elektriksel manevra cihazlarına irtibatlayan elektriksel hat bağlantısıdır [12]. Fider iletkeni katener hatlarında bypass, takviye fideri olmak üzere iki amaçla kullanılmaktadır. Demiryolu katener hatlarında genel olarak 280mm² kesitinde LA280 26 adet alüminyum, 7 adet çelik telden örgülü olarak imal edilirler. Seksiyonman bölgede enerjinin devamlılığı için fider taşıma işlemine ait görsel Şekil 3.7.'de paylaşılmaktadır.



Şekil 3.7 Fider iletkeni

3.12. Ekipman Bölge

Aynı elektrikli bölgeye ait gerdirilmiş iki katener kesiminin birleştiği noktalardır [12]. Katener hattının mekaniksel olarak devamlılığı sağlanmakta olup, üç açıklı, dört açıklı ekipman bölge olmak üzere hattın durumuna göre tasarlanabilmektedir. Ekipman bölgeler istenildiği durumlarda seksiyonman bölgeye de dönüştürülebilir. Ekipman bölge içerisinde yer alan çift konsollu, yükselen katener ve eksen direğine ait görsel Şekil 3.8.'de paylaşılmaktadır.



Şekil 3.8 Ekipman bölge

3.13. Antişöminman

Katener hattının dalgalanması ve gezinmesini önlemek ve iletkenlerdeki mekanik gerilmeyi düzenli bir şekilde yaymak için etabın ortasında oluşturulan sabitleme noktasıdır [12]. Antişöminman ankraj noktalarında tandür kullanılması bakım faaliyetlerinde yaz-kış ayar işlemlerini kolaylaştırmaktadır. Antişöminman tesisleri etap

boyunun 750m'nin altında olduğu durumlarda tesis edilmezler. Bu etapların ankraj noktalarının bir noktası otomatik gergi cihazı ile diğer ankraj noktası fix olarak tasarlanırlar. Antişöminman tesisine ait eksen ve ankraj direği görseli Şekil 3.9'da paylaşılmaktadır.



Şekil 3.9 Antişöminman bölge

3.14. Seksiyonman Bölge

Peş peşe gelen iki katenera ait seyir tellerinin uçları paralel çalışmaya müsaade edecek biçimde bir biri üzerinden geçirilerek oluşturulan izole noktalardır. İzolasyon bu iki takım ekipman arasında yeterli bir hava boşluğu bırakılarak sağlanır [12]. Seksiyonman bölgeler genel olarak istasyon giriş-çıkışlarında oluşturulurlar. Seksiyonman bölgeler oluşturulurken sinyalizasyon sistemi de göz önünde bulundurulurken tasarım yapılmalıdır. Aksi durumda seksiyonman bölgenin kaydırılması gibi demiryolu tren işletmeciliğini olumsuz yönde etkileyecek durumlarla karşılaşılacaktır. Örnek bir seksiyonman bölge, besleme inişleri ve fider taşıma işlemleri Şekil 3.10.'da görülmektedir.



Şekil 3.10 Seksiyonman bölge

3.15. Nötr Bölge

Faz çakışmasını önlemek amacıyla, farklı fazlardan beslenen iki besleme bölgesini birbirinden elektriksel olarak izole eden katener kısımlarıdır [12]. Hava aralıklı nötr bölge veya 15'li nötr bölge olmak üzere iki şekilde oluşturulabilir. İşletme faaliyetleri açısından hava aralıklı nötr bölge daha çok tercih edilmektedir. Hava aralık olarak tesis edilen nötr bölgelerde yaklaşık olarak konvansiyonel hatlarda 40m, hızlı tren hatlarında 200m enerjisiz bölge bulunmaktadır. Trenler bu noktalarda kendi ivmeleri ile hareketlerini devam ettirmektedir. Söz konusu noktalarda trenlerin kalma durumu için nötr postaları imal edilerek, olumsuz durumlara karşı enerjisiz bölgeler, beslenebilmektedir. IS'lerle oluşturulan nötr bölgelerde enerjisiz kısım yaklaşık olarak 7m'dir. Şekil 3.11'de IS kullanılarak tasarımı yapılmış nötr bölge örneği bulunmaktadır. Nötr IS'lerin boyları makas IS'lerine göre daha uzun olarak üretilmektedir.



Şekil 3.11 Is ile yapılan nötr bölge

3.16. Postalar

Güç-kumanda cihazları, elektriksel manevra-ölçü cihazları ve yardımcı servis transformatörünün yerleştirildiği konstrüksiyonlardan hertzler ve posta binasından oluşan yapılardır [12]. Cer postası içerisinde AC/DC Pano, RTU Panosu, Kumanda panosu, akü, klimalar ve redresör grupları yer almaktadır. Cer postaları elektriksel manevraların yapıldığı noktalar olup, elektrikli tren işletmeciliğinin sürdürülebilmesi için önemli tesislerdir. İstasyon, nötr bölgelerde kullanılmak üzere dizayn edilirler. Mono blok beton köşk ya da betonarme şeklinde imatlatları bulunmaktadır. Şekil 3.12.'de beton köşk tipi istasyon cer postası, Şekil 3.13.'de hertz portalı ve üzerinde yer alan gerilim trafosu, yük ayırıcılar ve panolarına ait görselleri yer almaktadır.



Şekil 3.12 Cer posta binası



Şekil 3.13 Hertz portalı ve cihazları

3.17. Seksiyon İzolatörü (IS)

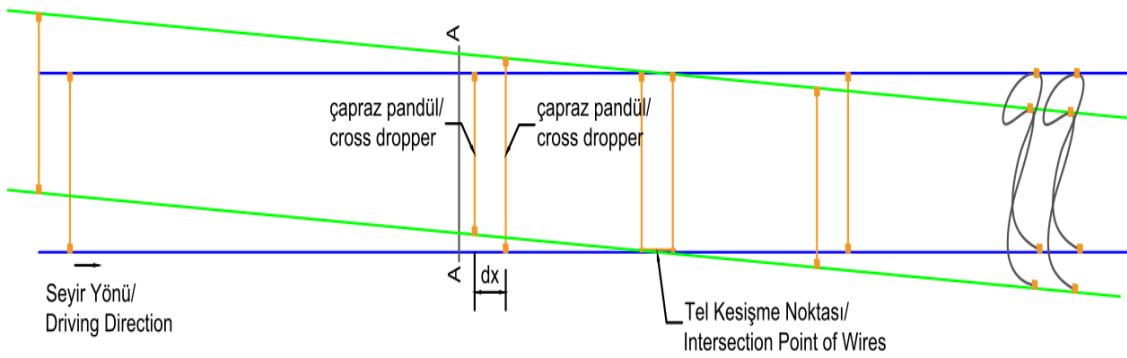
Pantografin devamlı olarak katener hattına temasını sağlamak üzere, seyir telleri arasında devamlılığı sağlayacak biçimde katener arasına montajı yapılan yalıtım cihazlarıdır [12]. Eski tip IS'lerde portör telinde ara izolatör kullanılarak üretilmekte olup, yeni tip üretilen IS'lerde çubuk (rod) İzolatörlü olarak tasarlanmıştır. Krepaj mesafesi 1200mm'dir. Makas katenerinde kullanılan Şekil 3.14.'de bonomi firmasına ait makas IS görüntüsü paylaşılmaktadır.



Şekil 3.14 Makas 1s

3.18. Kruvazman Çubuğu

IS montajından sonra makas kateneri bölgesinde birbirini kesen seyir teli üzerine, her iki katener hattının birbirine yakın oranlarda hareket etmesini sağlamak amacıyla kruvazman çubuğu montajı yapılır. Bu noktada seyir telleri arasında birbiri üzerine yük uygulamayacak kadar ve seyir telinin kruvazman çubuğu içerisinde rahat bir şekilde hareketine imkân verecek kadar bir boşluk olmalıdır. Kruvazman çubuk montajından sonra çapraz pandüller de takılarak montaj tamamlanır [28]. Kruvazman çubuğunun kullanım mantığını anlatan görsel Şekil 3.15.'de paylaşılmaktadır. Hatta kullanılan kruvazman çubuğu imalatına ait görsel Şekil 3.16'da yer almaktadır.



Şekil 3.15 Kruvazman çubuğu montajı



Şekil 3.16 Kruvazman çubuğu

3.19. Yük Altında Otomatik Kademe Değiştiricisi

Trafolarada, TEİAŞ'tan temin edilen gerilimde meydana gelen değişimlere karşı çıkış geriliminin sabit tutulmasını sağlamaktadırlar [30]. Yük altında ve yüksüz olmak üzere iki çeşit kademe değiştirici bulunmaktadır. Demiryollarında yeni tesis edilen trafo merkezlerinde yük altında otomatik olarak kademe değiştiren özelliğe sahip cihazlar kullanılmaktadır. Gaziray trafo merkezinde kullanılan huamin marka ET-SZ6 model yük altında otomatik kademe değiştirici görseli Şekil 3.17'de yer almaktadır.



Şekil 3.17 Yük altında otomatik kademe değiştiricisi

3.20. Mesafe Koruma Rölesi

Mesafe koruma rölesi arıza empedansını, llen gerilim ve röle lokasyonundan geçen akım üzerinden hesap etmektedir. llen arıza empedansı bilinen hat empedansı ile

karşılaştırarak arıza noktasını tespit belirlemektedir. Mesafe ölçümünde meydana gelen kaymalar trafo hataları ve hat empedanslarının yanlış girilmesinden kaynaklanmaktadır [31].

Şekil 3.18’de 25kV katener fiderinde kullanılan ABB markasına ait RER670 model mesafe koruma rölesinin görseli bulunmaktadır.



Şekil 3.18 Mesafe koruma rölesi

3.21. Elle Kumandalı ve Motorlu Ayırıcılar

Devre kesici tarafından açıldıktan sonra enerjisi kesilen kısmı enerjiden ayırmak için kullanılır. Bakım için, ilgili cihazın kataloğundaki ilkelere uygun şekilde işlem yapılmalıdır [21]. Motorlu ayırıcılar uzaktan ve mahallî olarak kumanda edilebilmektedir.

3.22. Toprak Bıçaklı Ayırıcılar

Toprak bıçaklı ayırıcılar devre kesici tarafından açıldıktan sonra enerjisi kesilen kısmı enerjiden ayırmakla beraber hattı topraklama özelliğine sahiptir. Genel olarak demiryolu hatlarında rampa yollarının bulunduğu hatların enerjilendirilmesinde kullanılmaktadır.

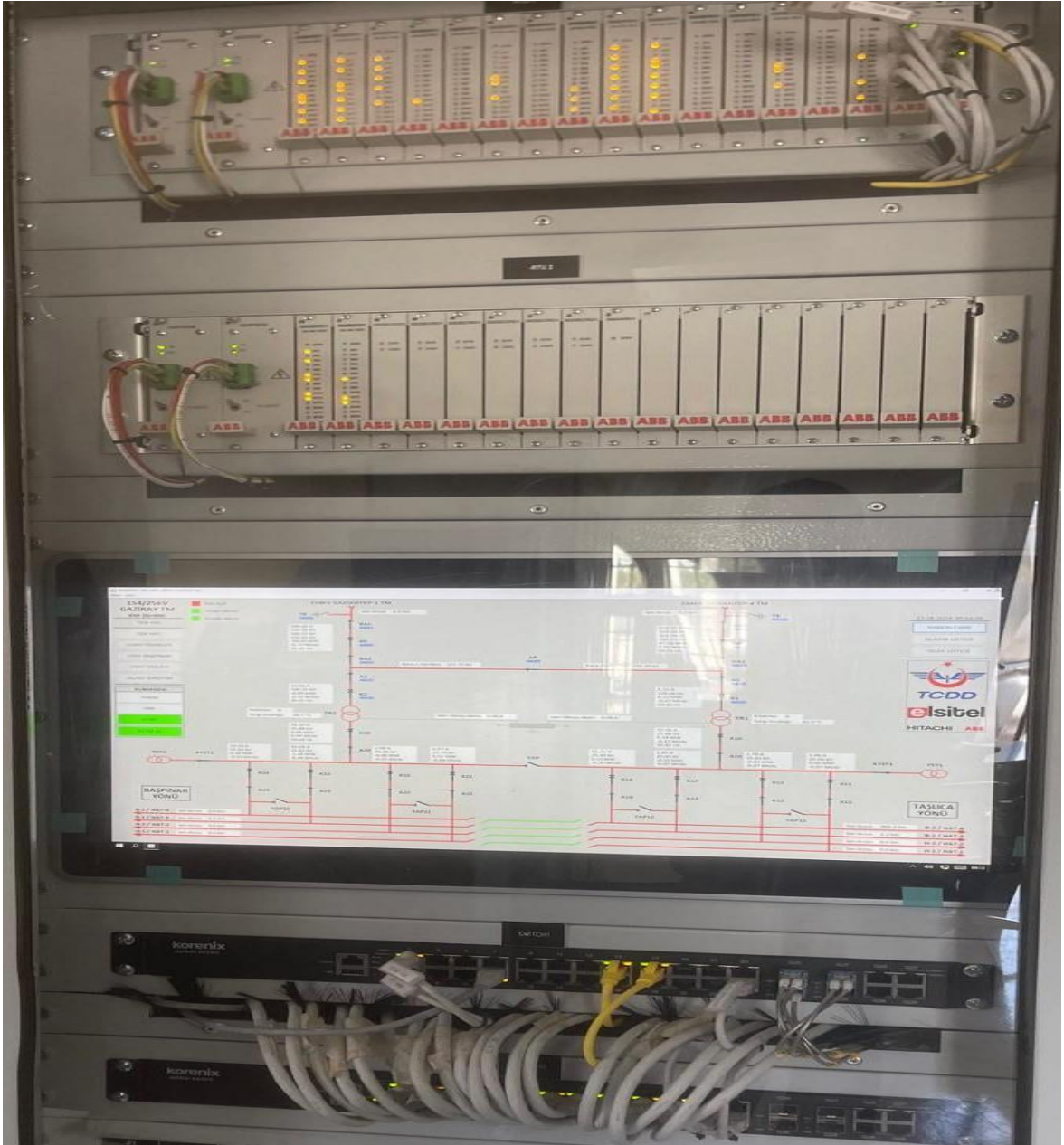
3.23. Rtu (Remote terminal units)

Bir SCADA sisteminde uzak terminal birimleri (RTU), bağlı bulunduğu merkezin sistem değişkenlerine ilişkin bilgileri depolayan gerektiğinde bu bilgileri kontrol merkezine belirli bir iletişim ortamı yolu ile gönderen kontrol merkezinden gelen komutları uygulayan bir SCADA donanım birimidir [22].

154kV trafo merkezindeki RTU ile yine bu merkezde bulunan koruma röleleri IEC61850 protokolü üzerinden haberleşmektedir [23]. Koruma rölelerinden üzerinden anlık olarak durum ve alarm bilgileri alınmakta olup, kumanda panosunda bulunan enerji analizörleri, 110V/48VDC redresörler ile Modbus RTU protokolü üzerinden haberleşme sağlanmaktadır. Bu ekipmanlardan ilgili ölçüm değerleri anlık olarak alınmaktadır. Trafo merkezi ve istasyon postalarında bulunan RTU'lar aracılığı ile toplanan tüm sinyaller IEC60870-5-104 protokolü üzerinden Telekomand merkezindeki SCADA sistemine aktarılmaktadır. Şekil 3.19'da RTU panosu ve içerisinde bulunan switch, hmi ekrana ait görsel yer almaktadır. NTP zaman sunucusu yardımıyla networkte bulunan tüm cihazların zaman senkronizasyonu sağlanmaktadır. ABB RTU560 modeli içerisinde 5 modül yer almaktadır.

- CPU Modülü (560CMR01): Haberleşme protokollerini yöneten, sahadan aldığı sinyalleri işleyen ve SCADA sistemine gönderen işlemci modüldür.
- Güç Kaynağı Modülü (560PSR00): Takılı olduğu rack ve tüm slotlara enerji sağlayan modüldür. 24-60VDC gerilim aralığında çalışmaktadır.

- Dijital Input Modülü (560BIR01): Sahadaki kesici-ayırıcı pozisyonları, durum ve alarm bilgilerinin bağlandığı dijital giriş modülüdür. 16 giriş kapasitesine sahiptir.
- Dijital Output Modülü (560BOR01): Sahadaki kesici-ayırıcı vb. ekipmanları kumanda etmek için kullanılan modüldür. 16 çıkış kontak kapasitesine sahiptir.
- Analog Input Modülü (560AIR01): Sahadaki gerilim, akım, güç vb. analog giriş bilgilerinin bağlandığı modüldür. 8 giriş kapasitesine sahiptir.



Şekil 3.19 Rtu panosu

3.24. Parafudr

Alternatif akımlı güç sistemlerinde çeşitli nedenlerle (yıldırım düşmesi, anahtarlamalar, vb.) oluşan gerilim yükselmelerini sınırlamak amacıyla tasarlanmış olup; sistem ve teçhizatın hasarlanmasının önlenmesinde ve enerji besleme sürekliliğinin sağlanmasında çok önemli bir görevi olan, vazgeçilmez bir koruma cihazıdır [11]. Darbe alması durumunda değiştirilmesi gerekmektedir.

3.25. Topraklama Sistemi ve Dönüş Akım Barası

Trafoalarda, güvenlik için toprak bağlantısı kılavuzu, elektrik istasyonları ile trafoalarda teknik kanun ve benzeri standartlar göz önüne alınarak topraklama ağı oluşturulmaktadır. Kurulacak trafo merkezi sahasında toprak özgül direnci ölçülerek elde edilecek değere göre ilgili standart dâhilinde yapılacak hesaplamalar sonucu bir topraklama ağı tesis edilmelidir. Topraklama ağı, tel fensin (iç ihata) 1 m dışına aşacak şekilde planlanmalıdır. Parafudrlar için ayrı, ayrı müstakil topraklama elektrotları, parafudr kaidesinin hemen yanına çakılacak, parafudrlar bu elektrota bağlanacak, aynı zamanda toprak ağı ile irtibatlandırılmalıdır.

Şalt sahasında güç trafoaları, yardımcı servis trafoaları, akım, gerilim trafoaları vb. cihazlar ile diğer sistemlerin devrelerini tamamlayabilmek için bir geri dönüş akım barası bulunmaktadır. Geri dönüş akım barası raylara bağlı olacağından, şalt sahasının sekonder tarafında raya yakın tesis edilirler. İzoleli alüminyum 1x400 mm² kesitinde geri dönüş kabloları ile taşınarak şalt donanımı ve sistemler ile irtibatlandırılır. Tüm çelik konstrüksiyonun toprak bağlantıları 120 mm² kesitte bakır iletkenle irtibatlanır.

Trafo merkezlerinin kuruluşu öncesinde trafo merkezleri şalt sahaslarında toprak özgül dirençleri ölçümleri yapıp, tesis edilecek olan trafo merkezine ait topraklama sistemi için direnç değeri TEİAŞ'ın ilgili standartlarına uygun olmak zorundadır [11]. Topraklama sistem tasarımı hatta meydana gelecek olan adım ve temas gerilim değerlerini doğrudan etkilediği için titizlikle hazırlanması gerekmektedir.

3.26. Katener Yardımcı Servis ve Makas Isıtıcısı Trafoaları

Yardımcı servis transformatörleri postaların iç enerji ihtiyacının karşılanması amacıyla kullanılmaktadırlar. Yardımcı servis transformatörleri harici tip, tek fazlı, yağa daldırılmış, atmosfere açık, genleşme depolu, anma gerilimi 25/0,23 kV olacaktır. Tek fazlı

transformatörün bir ucu toprakta olmaktadır [16]. Şekil 3.20’de istasyon postasını besleyen katener yardımcı sistemine ait görsel yer almaktadır.



Şekil 3.20 Katener yardımcı servis trafosu

Demiryolu tren işletmeciliğinin önemli bileşenlerinden biri olan makasların soğuk hava ve kar yağışı durumunda işletme faaliyetlerinde aksaklıklara mahal vermeden çalışabilmesi için makas mekanizmalarının ısıtıcı sistemleri ile teçhiz edilmesi

gerekmektedir. Makas ısıtıcılara ait yardımcı servis trafoları katener hattından beslenecek şekilde planlama yapılmaktadır [17]. Üç adet makas için kullanılan makas ısıtıcısını beslemek için tesis edilen trafo görseli Şekil 3.21’de yer almaktadır.

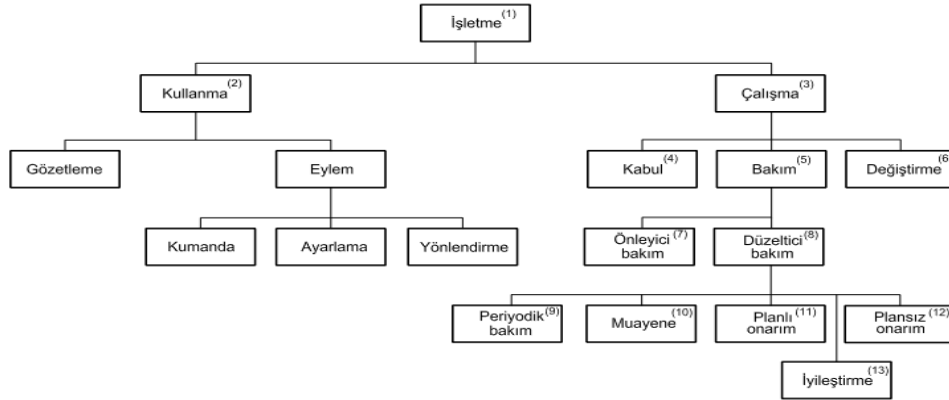


Şekil 3.21 Makas ısıtıcısı yardımcı servis trafosu ve kabini

4. DEMİRYOLU ELEKTRİFİKASYON SİSTEMLERİNDE BAKIM FAALİYETLERİ

4.1. Bakım

İşletme araçları ve sistemlerde olması istenen durumun muhafaza edilmesi, mevcut durumun tespit edilmesi ve değerlendirmesi, olması istenen durumun yeniden tesis edilmesine yönelik olan tedbirlerin tamamıdır. Bu aşamalar periyodik bakım, muayene, onarım ve iyileştirme kavramlarıyla ilişkilendirilmiştir. Modern yapıdaki katener sistemleri için periyodik bakım yalnız, belli bir sayıda kumanda hareketinden sonra bakım gerektiren anahtar motorları için gereklidir. Yapı parçalarının ancak bir hasar oluşuktan sonra değiştirildiği arıza metodu, yedekli olmamasından ve tren işletimine olumsuz etkilerinden dolayı katener sistemleri için uygun değildir. Buna karşın sabit bir döngü içerisinde yapılan koruyucu bakım daha yüksek derecede hazır bulunuşu, doğru personel, cihaz ve kapalı hat planlamasını mümkün kılar, ancak maliyeti yüksektir. Bkz. Şekil 4.1.'de bakım planlama faaliyetlerine ait görsel yer almaktadır. Muayene sonucuna bağlı olarak yapılan koruyucu bakım ise hazır bulunuş derecesini artırır ve en verimli uygulama şeklidir [6].



Şekil 4.1 Bakım planlama faaliyetlerinin gösterimi [6]

4.2. Bakım Stratejisi

Bakım stratejisinin temelinde periyodik bakım, muayene, onarım ve iyileştirme yatar. Önleyici ve düzeltici bakım tedbirlerinin birbirinden ayrılması maliyetlerin doğru şekilde ilişkilendirilmesini sağlar. Koruyucu bakım sabit bir döngüdeki periyodik bakım ve muayeneden oluşur. Ancak periyodik bakım, düzenli aralıklarla kontrol edilmesi ve onarılması gereken katener anahtar tahrikleriyle ilgilidir. Katener sistemi muayenesi sırasında tespit edilen kusurlar düzeltici bakım kapsamında giderilir. Bu onarımlar uzun

vadede ve kısa vadede yapılacak onarımlar olarak sınıflandırılabilir. Bu sınıflandırma tespit edilen kusurun türüne, ağırlık derecesine ve işletmeyi etkileme olasılığına bağlıdır [6]. İşletme esnasında dış etkenlerden kaynaklı arızalar öngörülemede olup, problem nöbetçi arıza personelleri tarafından giderilmelidir. Bkz. Çizelge 4.1.'de önleyici ve düzeltici bakım faaliyetlerine yönelik kıyaslamalar yapılmaktadır.

Çizelge 4.1 Sınıflandırma, muayene, periyodik bakım, onarım ve iyileştirme içeriklerinin belirlenmesine yönelik olan bakım konsepti [6]

Bakımın Türü	No:	Bakım kademesi	Yapılacak İş	Planlama
Önleyici Bakım	1	Muayene (I)	Hataları ve nedenlerini zamanında fark etmek için olan tedbirler — Gerilim olan/olmayan katelerde, — İşletme kesintisi varken / yokken, — Ölçüm düzenekleri varken / yokken, — İşlev testleri varken / yokken.	planlanabilir
	2	Periyodik Bakım (S)	Belirli aralıklarla uygulanan tedbir, örneğin — Kumanda hareketi sayısı, bilir — Çalışma saati veya — Çalışma yükü.	planlanabilir
Düzeltilici Bakım	3	Onarım (R)	İstenen işlevi yeniden yerine getirebilmek için sorunlu ekipmanların değiştirilmesine yönelik tedbir. Bu tedbirin ne zaman uygulanacağı mevcut yedeklik ve işletme üzerindeki olası etkiye bağlıdır. Bu tedbir, onarım gerçekleşinceye kadar işlevi kısıtlı bir süre için mümkün kılmak amacıyla da uygulanabilir.	planlanabilir / planlanamaz
	4	İyileştirme (V)	Bir modülün, ondan beklenen işlevi değiştirmeksizin, işlev güvenliğini artırmaya yönelik olan Teknik ve idari tedbirler.	planlanabilir

Bkz. Çizelge 4.2.'de Bakım faaliyetlerinin planlanma durumlarına yönelik sınıflandırmalar yapılmaktadır.

Çizelge 4.2 Bakımın planlanabilir ve planlanamaz tedbirler şeklinde sınıflandırılması[6]

Bakım			
Planlanabilir Bakım Tedbiri		Planlanamaz Bakım Tedbiri	
Periyodik Bakım ve Muayene	Onarım	Kontrol ve İşlev Testi	Onarım
Önleyici Bakım	Düzeltilici Bakım	Düzeltilici Bakım	Düzeltilici Bakım

4.3. Elektrifikasyon Bakım Çalışmasının İçeriği ve Amacı

Elektrifikasyon tesislerinde bakımın amacı, mümkün olduğu sürece katener hattını güvenli bir şekilde kullanılabilir kılmak, ekipmanların fonksiyonlarını yerine getirmesini ve hattın güvenliğini sağlamaktır. Bu hedefe ulaşabilmek için zaman içinde oluşabilecek hasarları belirlemek amacı ile düzenli olarak montajları kontrolden geçirmek ve nihai proje değerleri ile karşılaştırmak gerekmektedir [7].

Bu amaç doğrultusunda, arıza ve meydana gelen hasarlar hattın tren trafiğini etkileyecek düzeyde olması durumunda mümkün olan en kısa sürede ıslah çalışmalarının yapılması gerekmektedir. Örnek olarak: pandüllerde meydana gelen kopmalar, seyir teli kopmaları, izolatörler yapraklarında meydana gelen yırtılmalar, arktan kaynaklı konsol hoban takımında meydana gelen erimeler vs. arızalar tren işletmeciliğini doğrudan etkilemektedir. Katener hattında oluşabilecek küçük hasarlar tehlikeli değil ise örnek olarak; seyir teli aşınması, kuş yuvaları, küçük dezeksman ayarsızlığı vb. gibi arızalar tamiratı planlı bakım kuşağında ya da tren trafiğinin uygun olduğu zaman aralığında geciktirilmeden yapılmalıdır.

Bakımı yapacak kişilerin yetkin, tecrübeli ve bilgili kişilerden oluşması gerekmektedir. Söz konusu personellerin aniden meydana gelen arızalara hızlı bir şekilde müdahale edebilmesi için tecrübeli ve bilgi birikimine sahip olması gerekmektedir.

4.4. Bakım Tipleri

Demiryolu Elektrifikasyon sistemlerinde 4 çeşit bakım yapılmaktadır.

- Koruyucu Bakım
- Öngörülen Bakım
- Düzeltici Bakım
- Kestirimci Bakım

4.5. Koruyucu Bakım

Demiryollarında yapılan koruyucu bakım belli periyodik bakım ve muayeneden oluşmaktadır. Koruyucu bakım kendi içerisinde 3 aşamadan meydana gelir.

1. Hazırlık
2. Gerçekleştirme
3. Kontrol

Hazırlık aşamasında yapılacak olan işlemin net bir şekilde analiz edilmesi gerekmektedir. Bu evre kendi içerisinde 3 bölüme ayrılmaktadır.

- Bakım için gerekli gerekli resmi yazışmaların ve şifai görüşmelerin yapılması
- İş için gerekli malzemelerin hazırlanması
- Kaynakların verimli kullanılması

Gerçekleştirme aşamasında öncelikle olarak 641 nolu tamim ve gerekli emniyet tedbirlerinin alınması, planlanan bakımların yapılması, saha tespit tutanaklarının tutulmasıyla tamamlanmaktadır. Kontrol bölümü bakım sonrasında yapılan revizyonun takip edilmesinden oluşmaktadır [11].

4.6. Düzeltici Bakım

Herhangi bir sebeple meydana gelen arıza sonrasında yapılan bakım faaliyetlerine düzeltici bakım tanımı yapılmaktadır. Düzeltici bakım kendi içerisinde geçici ve kesin bakım olmak üzere 2 kısımdan oluşmaktadır.

Geçici bakım tren trafiğini ivedilikle açmak için yapılan çalışmalardır. Kesin bakım ise çalışmaların asbuilid proje değerlerine uygun hale getirmek üzere yapılan bakım çalışmalarını içermektedir.

4.7. Önleyici Bakım

Önleyici bakımın en önemli, kolay ve etkili olan yönü gözle yapılan muayenedir. Etkili bir göz ile yapılan kontrol oluşabilecek hata riskini en aza indirgeyecek ve bakımdan sorumlu personel için daha organize çalışma programının hazırlanmasına yardımcı olacaktır. Söz konusu gözle muayenenin tecrübeli personeller tarafından yapılması büyük önem arz etmektedir. Koruyucu bakım sırasında elde edilen bilgiler ışığında, yapılan öngörülen bakımı daha etkili bir halde gerçekleştirecektir. Montaj ve koruyucu bakım sırasında elde edilen bilgiler, parametrelerin veri tabanında yer alacak bilgilerin yardımcı olacağı bilgiler bir parçanın hata yapma olasılığını belirlememize, bu nedenle hatanın önlenmesine ve meydana gelen soruna ait çözümün daha kolay tespit edilmesini sağlayacaktır [7].

Önleyici bakımın en önemli özelliği sorunlar meydana gelmeden, proaktif çözümler üreterek verimliliği artırmasıdır.

Önleyici Bakım çalışmasının hedefi:

- Hatalı çalışan parçaların kontrolü ve analizi.
- Sorunlu parçanın değişimi için ideal zamanın seçimi.
- Arıza tespitinin yapılıp, gerekli müdahalelerinin yapılması ve takibi.

Önleyici Bakımın görevleri:

- Parçanın zayıflamasına neden olan parametresinin seçilmesi.
- Seçili parametre için kabul edilebilir zamanın tanımlanması. Hata riskine sebep olan nedene karar verebilmek.
- Aletlerin kullanımı, ölçüm kriterlerinin belirlenmesi ve parametrelerin kontrolü
- Parametre seçimi ve tanımlaması için uygun periyodun belirlenmesi.

4.8. Kestirimci Bakım

Kestirimci bakım, ekipman ve makinelerin arızalanmadan önce bakımının yapılmasını sağlayarak, beklenmedik duruşları ve pahalı onarımları önlemeyi amaçlar [24]. Kestirimci bakım 3 ana kısımdan meydana gelir: probleme ait veri toplama, analiz ve proaktif bakım planlamasıdır.

Kestirimci bakımın diğer bakım faaliyetlerinden ayıran en önemli özelliklerden biriside bu yaklaşımın bizi, koruyucu bakımda oluşabilecek gereksiz parça değişimlerinden alıkoymasındır. Çünkü Kestirimci bakımda çeşitli metotlar kullanarak arızaların ne zaman oluşabileceği tahmin edilir ve böylece parçaların çalışma sürelerini tamamlamadan değiştirilmesinin önüne geçilir. Bu da parça ve stok maliyetlerini düşürür. Gereksiz olabilecek bir periyodik duruş yapılmaz ve üretim kayıpları meydana gelmez. Yalnızca gerektiğinde gerektiği kadar duruş yapılarak sorun giderilir ve üretime devam etme imkânı sağlar [25].

Kestirimci bakım yöntemi işletme maliyetini azaltmak ile kalmayıp sistemin arıza durumunda ve bakım amaçlı durmaları arasındaki zamanı yani işletme zamanını arttırarak sistemin uzun süreli ve güvenilir bir şekilde çalışmasına olanak vermektedir [26]. Son dönemlerde kestirimce bakım yöntemi giderek yaygınlaşmaya başlanmış olup, birçok ülkede bu konu üzerinde çalışmalar yapılmaya başlanmıştır.

4.9. Bakım Politikalarının Karşılaştırılması

Reaktif bakımın derhal veya kısa vadeli olarak gerçekleştirilmesi gerekiyken, duruma bağlı bakım politikalarında, planlama periyodu seçilen tetikleyiciye ve denetim aralığına bağlıdır. Duruma bağlı bakım genel olarak kısa vadede planlanmalıdır, ancak tetikleyicinin bozulma oranı düşük ya da geniş bir toleransı varsa, planlama süresi daha uzun olabilmektedir. Önleyici ve kestirimce bakım daha uzun planlama dönemlerine sahiptir. Önleyici bakımda planlama periyodu, zaman tetikleme süresinin uzunluğuna bağlıdır. Kestirimci bakım orta veya uzun vadeli olup planlama dönemleri tahmin modellerinin güvenilirliğine bağlıdır [27].

4.10. Elektrifikasyon Bakım İşleri Sürecinde Güvenlik Önlemleri

Montaj, arıza ve bakım sırasında meydana gelen kazaların farklı sebepleri bulunmaktadır. Genel itibariyle 3 başlık altında toplayabiliriz.

1. Tren Trafîği
2. Yüksek Gerilim Altında Çalışma
3. Yüksekte Çalışma

4.10.1 Tren trafiği

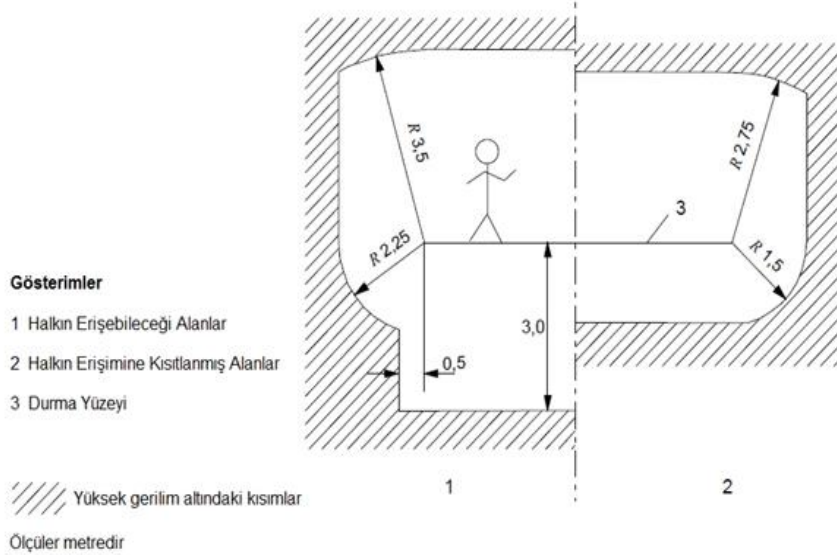
Demiryolu tren işletmeciliğinin aktif yapıldığı hatlarda elektrifikasyon çalışmaları yapılırken son derece dikkatli olunmalıdır. Aşağıda kesinlikle uyulması gereken maddeler 4 madde olarak belirtilmiştir. Aksi takdirde geri dönüşü olmayan sonuçlar meydana gelebilecektir.

- Tren trafiğinden sorumlu birimden yazılı izin alınmadan herhangi bir çalışma yapılmayacaktır. Trafik kontrolörünün talimatlarına kesinlikle uyulacaktır.
- Montaj ve bakım sırasında personel ve iş makinelerinde, her türlü ikaz işaretleri kullanılacaktır.
- Hatta çalışma yapan personelin iş güvenliği ekipmanlarını kullanması zorunlu olup, iş güvenliği ekipmanı bulunmayan personel hatta çalışma yapamayacaktır.
- Demiryolu hatları üzerinde herhangi bir malzeme istiflemesi yapılmamalıdır.

4.10.2 Yüksek gerilim altında çalışma

Demiryolu katener hatlarında (25kV-27,5kV) seviyelerinde gerilim bulunmakta olup, bakım çalışmaları 641 nolu tamim şartlarına uygun olarak yapılması gerekmektedir. Hiç kimse katener hattının enerjisi kesilmeden ve uygun topraklama yapılmadan katener sisteminde çalışamaz [9]. Güvenli bir çalışma ortamı sağlamak için aşağıda belirtilen maddelere sırasıyla riayet edilmesi gerekmektedir. Bkz. Şekil 4.2.'de katener hattına yaklaşılabilecek olan mesafeler gösterilmektedir.

- Katener hattının ya da hatlarının enerjisinin kesilmesi.
- Elektriksel geri besleme ihtimaline karşı durdurma yapılması.
- Katener hattının topraklamasının yapılması.



Şekil 4.2 Yüksek gerilim altındaki bölümlerle olması gereken minimum açıklıklar[9]

4.10.3 Yüksekte çalışma

Katener seyir teli yüksekliği Hızlı tren hatların 5,3m, konvansiyonel hatlarda 5,75m'dir. Sistem yüksekliklerin 1,4m ile 1,6m arasında olduğu düşünüldüğünde katener hattında çalışan personel yaklaşık olarak 8,5m-9m yükseklikleri arasında çalışmalarını yapacaklardır. Söz konusu noktalarda yapılacak olan çalışmalar sadece gerekli eğitimleri almış yetkili personel marifetiyle ve tüm tedbirlerin alınması durumunda yapılması gerekmektedir. Katener otosunda bakım, arıza, onarım işlemlerini yapacak olan tüm personelin yüksekte çalışma eğitimi alması zorunludur.

5. KATENER SİSTEM ELEMANLARININ BAKIMI VE PLANLAMASI

Katener sistemine ait sabit tesislerin bakımı hattın ekonomik ömrünün optimum süre içerisinde kullanılması için çok önemlidir. Aşağıda maddeler halinde her bir eleman için ayrı ayrı bakım prosedürleri açıklanacaktır.

5.1. Betonarme Direkler

Betonarme direklerde gözle kontrol işlemi yapıp, şekil, durum ve çatlak ya da herhangi bir yüzey kötüleşmesi olup olmadığına görsel olarak muayene edilecektir. Beton direkler karot içerisine kumla sıkıştırıldıkları için direk içerisinde ve temel yüzeyinde bulunan çember betonunda hasar olmaması, kumun korunması ve sabitleme görevi görmesi nedeni ile önemlidir.

Deniz ve otoyollara yakın olan bölgelerde aşındırıcı çevre koşullarında ya da yüksek kirlilik olduğunda çatlaklar meydana gelebilmektedir. Meydana gelen çatlaklar büyük ise donatıya hava ulaşması sonucu paslanma ve beton yüzeyinde kırılmalara neden olacaktır. Aşırı rüzgâr gücü, sıcaklıkta çok büyük artış ve azalışın olması ya da depremlerden kaynaklı direk yüzeyinde çatlaklar meydana gelebilecektir [15].

5.1.1 Bakım

Betonarme direkler çok yoğun şekilde periyodik kontrol gerektirmezler. Çatlak olan direklerde bulunan demir donatıda pas oluşmamasına dikkat edilmelidir. Eğer direk yüzeyi çok büyük hasar görmüşse ve demir donatılarda açığa çıkmış ise ivedilikle değiştirilmelidir. Yaya turneleri esnasında rutin kontrollerinin yapılması yeterli olacaktır. Kaza ve deray durumlarında hasar tespit çalışmalarının sonucuna göre direk değişim durumu teknik personel tarafından değerlendirilecektir. Belli bir bakım periyotları bulunmamakta olup, yaya turneleri esnasında görsel kontrollerinin yapılması yeterli olacaktır.

5.2. Katener Direk Temelleri

Temeller yamuk ve prizma şeklinde olan beton kütlede oluşmaktadır. Görsel olarak kontrol edilmeleri yeterli olup, herhangi bir bakıma ihtiyaç duymazlar. Bazen etrafındaki dolgu sıkı ise dirençlerini ve ömürlerine etki etmeyecek ufak yüzey çatlakları ve kırılmaları meydana gelmektedir [15].

5.2.1. Bakım

Yapılan kontrollerde eğer temelde büyük bir kırığın olduğu gözlemlendiğinde, özellikle kuyruklu tip temeller için yeni beton ve donatı ile bağlanması gerekmektedir. Demir direk temellerinde karot bulunmamakta olup, direklere ait tijlerin kontrol edilmesi eğilme ve bükülme durumlarının takip edilmesi gerekmektedir. Senede bir rutin kontrollerinin yapılması yeterli olacaktır [15].

5.3. Ankrajlar

Lente iki çelik çubuk ve bir etriye bağlantısından oluşmaktadır. Son kısmında bulunan dişli kısımdan somun vasıtası ile sıkılırlar. Bu ankraj raya paralel olan güçleri absorbe edip bu istikametteki katener sisteminden dolayı oluşan direktteki yükü dengeler. Bu nedenle direkte herhangi bir ankraj var ise direğin gereğinden güçlü olması gerekmemektedir. Ekipman bölgelerde, Antişöminman tesislerinde, geri dönüş iletkeni başlangıç- bitiş noktalarında, seksiyonman bölgelerde kullanılırlar. İki tip ankraj bulunmakta olup, birincisi direktten 7m uzakta bulunan zeminde yer alan temel kısımdaki çelik bir etriyeye bağlanarak yer ankraji adını alır.

İkincisi de insanlara yakın olan bölgelerde herhangi bir kazaya sebebiyet vermemek için direktten 4,5m uzakta bulunan temelden çıkan 2 metre uzunluğundaki yükseltilmiş tip olan ankrajlardır [15]. İstasyon bölgesinde imalatı yapılmış yükseltilmiş ankraj örneği Şekil 5.'te yer almaktadır.



Şekil 5 Yükseltilmiş ankraj

5.3.1.Bakım

Ankrajlar genel olarak bakıma ihtiyaç duymazlar ancak her durumda yine de gözle kontrolün yapılması ve herhangi bir harici etki ile hasar görmüş olabilme ihtimaline karşı kontrol edilmelidirler. Ayrıca temel içinde bulunan etriyelerin hasar görüp görmediğinin kontrol edilmesi gerekmektedir. Harici bir etki ile lentelerde meydana gelen bir eğilme, kırılma durumlarında söz konusu ekipmanın değişimi yapılmalıdır. Olağan dışı kontrol haricinde senede bir rutin kontrollerinin yapılması yeterli olacaktır [15]. Yüzeylerinde oluşan paslanma durumlarına karşı antipas ve sprej boya ile gerekli müdahalelerin yapılması gerekmektedir.

5.4. Otomatik Gergi Cihazı

Otomatik gergi cihazları hızlı ve konvansiyonel tren hatlarında farklı tiplerde üretilmektedir. Toplam ağırlık olarak 1200 kg eş değerindeki seyir teli ve portör teli için ayrı ayrı ya da birlikte regülerize katener sisteminin gerilmesini sağlamak ve sıcaklık nedeni ile oluşan uzamaları dengelemek için kullanılır. Makara oranı 5:1 ya da 3:1 şeklindedir. Bu da 480 kg 5 ile çarpılması sonucu 2400 kg'lık mekanik gerilme yaratmasını sağlar ki bu portör ve seyir teli için eşit olarak gerilmesini ve ayarlanmasını sağlar. Ayrıca seyir ve portör telinin birlikte gerdirildiği otomatik gergi cihazlarında makara oranı 3:1 olup, 800kg ağırlık ile gerdirilerek 2400 kg'lık mekanik gerilme elde edilir.

Otomatik gergi cihazı mutlaka düşey yerleştirilmelidir ki her iki tele de aynı gücü verebilsin ve düşey pozisyonu sağlayınca kadar tandürden gerekli ayar yapılabilsin. Belli bir süre sonra otomatik gergi cihazında seyir telinin genleşme etkisi ile portör telinin genleşme etkisi farkından ötürü biraz sehim yapabilir. Yatayda 8 cm'lik bir tolerans verebiliriz ki bu gücün %15 tekabül edecektir [15]. Yaylı otomatik gergi cihazları bakımsız olup, ilk kurulum aşamasından sonra yaz ve kış aylarında içerisindeki yay sistemi sayesinde telde gerdirme ve gevşetme işlemlerini otomatik olarak yerine getirmektedir. Yaylı otomatik gergi cihazları tünel içlerinde ve gabari probleminin olduğu yerlerde tesis edilmektedir.

5.4.1. Bakım

Otomatik gergi cihazı için ağırlığın mevsim sıcaklığına göre seviyesinin kontrolü gerekir. Ayrıca ağırlığın değişimi Katener tellerinin uzamasından 5 kat daha fazlasıdır. Ağırlık seviyesinin istenilen seviyede olması ve içerisinde yer alan kılavuz borusunun zarar görmemiş olmasını kontrol etmek gerekir.

Aşırı sıcak havalarda balansiye ayarının kötü yapılması durumunda ağırlıklar son noktaya dayanabilmektedir. Bunun için ek bir çelik kablo mevcuttur. Soğukta ise ağırlık makaraya temas ederek sisteme zarar verebilecektir. Çok sıcak olduğunda yine ağırlık zemine temas edebilir ve teldeki gerginliği azaltabilmektedir. Bunun için tel biraz gevşetilebilir hatta gerekirse kesilebilir. Eğer ağırlık kablosu uzun geliyorsa yaz süresince teli kısaltabilir, kış sürecinde ise tel biraz çözülebilir. Harici hasarlara ve hırsızlık olaylarına karşı kontrol edilmelidir. Bu gibi durumlara karşı otomatik gergi cihazının freninin devrede olması gerekmektedir. Döküm olarak imal edilen ağırlıklar 3.şahıslar tarafından hırsızlık girişimlerine maruz kalabilmektedir. Her altı ayda bir kontrol edilmesi sıradan kontrollerde büyük bir hasar tespit edilmemişse yeterlidir [15]. Rutin bakım ve kontrollerinin altı ayda bir yapılması gerekmektedir.

5.5. Antişöminman Tesisleri

Antişöminman ortalama olarak katener etap uzunluğunun ortasında yer almaktadır. Paralel direklere olan portör teli ankrajından oluşur. Hatta paralel konsol hareketlerini engellemek için portör teline sabitlenmiştir. Her iki tarafa çekilen bir portör teli vasıtası hattın sabitlenmesi sağlanmaktadır [15]. Antişöminman ankraj noktalarında tandür kullanılması ayar ve bakım işlemlerini büyük oranda kolaylaştıracaktır.

5.5.1. Bakım

Antişöminmanların kontrolü için belli bir bakım programına ihtiyaç duyulmamaktadır. Sabit konsolun hatta dik olup olmadığına ve çekilen portör telinin gergin olup olmadığına bakmak yeterli olacaktır. Somunların gevşek olmadığını ve civataların yeteri kadar sıkı olduğunun kontrol edilmesi gerekmektedir.

Katener hattının kopması ya da pantografin teması sonucu seyir teline hasar vermesi durumu dışında olağan dışı kontroller yerine sıradan kontroller yeterlidir. Pantograf boynuzu, antişöminman telininin seyir teli seviyesine sarkması durumunda kırılabilir ve katener hattına zarar verebilecektir [15]. Rutin bakım ve kontrollerinin altı ayda bir yapılması gerekmektedir.

5.6. Konsol Hoban Takımı

Konsollar alüminyum borulardan oluşmaktadır. Bir konsol(yatay) ve bir de metalik parçaya bağlanan hoban(destek) borusundan oluşur. Hoban borusundan antibalansan borusu

desteklenir, bu boruda rapelin asılı olduğu borudur. Antibalansan borusunu sıkıca tutması için çelik telden oluşan eğimli bir antibalansan çelik pandülü vardır.

5.6.1. Bakım

Boruların dekoduna bakılması ve hasar durumunun görsel olarak kontrol edilmesi gerekmektedir. Katener tellerinin kopması ya da hırsızlıklardan kaynaklanan aşırı yüklenmeler boruların bükülmesine neden olacaktır. Antivan askı takımının ve antibalansan pandülün iyi durumda olup olmadığını kontrol edilmelidir. Rapel kolunun gözle görülür hasarı olup olmadığı ve seyir telinin çekme nedeni ile dönmediği kontrol edilmelidir. Eğer böyle bir durum oluşmuşsa rapel kolu aşağı yukarı hareket ettirilerek durumu düzeltilmelidir. Bağlantı parçasının ve cıvataların sıkı olup olmadığının kontrolü yapılmalıdır. Zamanla ve tren geçişlerinde oluşan titreşimle cıvatalar gevşeyebilmektedir. Böyle bir durum tespit edildiğinde cıvata silinmez bir kalem ile işaretlenmeli ki ileriye dönük olarak gerçekleşen değişikliklerin takibi yapılabilecektir [15]. Rutin bakım ve kontrollerinin altı ayda bir yapılması gerekmektedir.

5.7. Katener Tesislerinde Kullanılan İzolatörler

Konsol hoban izolatörlerinin görevi, enerji altında bulunan konsol-hoban takımlarının direk ve diğer direk üstünde bulunan tüm metal parçalara elektrik geçişini önlemektir. Aynı zamanda hatta zincir izolatörler de kullanılmaktadır. Dört zincirden oluşmakta ve hat boyunca seksiyonman ve nötr bölgelerde aynı zamanda antişöminman ankraji, katener ve besleme ankrajlarında kullanılmaktadırlar.

Tüm bu izolatörler zaman içinde dizel çalışan lokomotif egzozlarından çıkan gaz, denize yakın olan bölgelerde deniz tuzu nedeni ile kirlenmektedirler. Sonucusu çok zarar vericidir çünkü iyonlardan oluşur ve iletken olmaları sebebi ile elektriği iletirler. Ayrıca porselen ya da cam izolatörün bir yaprağının ya da zincirinin kırılması elektriksel atlama mesafesini değiştirdiğinden elektrik arklarının oluşma olasılığının artmasına sebep olmaktadır [15].

Günümüzde porselen ve cam izolatörler dış etkenler, doğa olaylarından kaynaklı hasar gördükleri için yerlerini silikon izolatörlere devretmiştir. Yeni tesis edilen hatlarda silikon izolatörlerin mekanik dayanımı, kirlenmeye karşı toleransı yüksek olması sebebiyle daha çok tercih edilmeye başlanmıştır.

5.7.1. Bakım

İzolatörlerin bir bez ile temizlenmesi, aşırı kirlenmesi durumunda deterjanlı ve nemli bir bez ile silinmesi gerekmektedir. Denize yakın ya da tünel ya da istasyon içerisi gibi üstü kapalı ve kirli bölgelerde altı ayda bir temizlenmesi gerekir. Temiz ve açık bölgelerde temizliğin on iki ayda yapılması yeterlidir. Gece yapılacak bir kontrolde kıvılcımları aşırı kirli izolatörlerde akım boyunca iyon akışından ötürü görmek mümkündür. Bu belirlendiğinde bakım ekibine haber verilip en kısa sürede o izolatörün değişimi yapılmalıdır. Bazen porselen izolatörü boyunca akım akışı olduğundan yüzeyde inci şeklinde kabartılar görmek mümkündür. İzolatörde büyük olayda bir bozulma varsa değiştirilmesi gerekecektir [15].

5.8. Dar Gabarili Yerler ve Şezler

Tünel ve köprü altlarında bulunan şezler özel olarak üretilmektedir. İnsanları etkileyecek düşme ve elektrik hatalarından kaynaklanacak kazalar için gerekli görsel kontroller yaya turneleri esnasında yapılmalıdır [15]. Tünel içerisinde bulunan konsol-hoban izolatörleri toz ve dizel trenlerden kaynaklı olarak egzoz dumanına maruz kalmakta olup, yalıtım kayıpları yaşanabilmektedir.

5.8.1. Bakım

Tüneller ve dar gabarili yerlerde buzlanma ve su akıntılarına karşı şezler kontrol edilmelidir. Şez bağlantısının sağlam ve cıvatalarının sıkı olduğu kontrol edilmelidir. Zamanla ve tren geçişlerinde oluşan titreşimle cıvatalar gevşetebilmektedir.

İzolatörler için bu bölgelerde kirlenme çok olacağından, kontrol ve gerekli ise temizlik yapılmalıdır. Her bir parçanın tam olarak topraklandığı kontrol edilmelidir. Yeraltında bulunan kablolar ohm metre ile kontrol edilmelidir. Her altı ayda bir veya mevsim geçişlerinde kontrol edilmesi gerekmektedir [15].

5.9. Portör Teli

Portör telinin ana görevi seyir telinde meydana gelecek torbalama olayını engellemek için taşıma görevi olup, seyir telini %0.1 lik bir sehim ile yatayda tutmaktadır. Ek olarak elektriksel olarak akım taşıma görevi de bulunmaktadır.

Akım seyir teli, portör teli, pandül ve besleme bağlantıları arasında akmakta olup, pandüller arası mesafe tasarıma göre değişkenlik gösterip, genel olarak 9m aralıklarla montajı yapılmaktadır. Bu bağlantılardan beslemeler, en az her 200 m mevcut olup, pandüllerinde elektriksel bağlantısı çok güvenilir olmadığından akımın akışı için çok büyük önem taşımaktadır [15]. BzII 70 tipi portör telinin teknik özellikleri Bkz. çizelge 5.1’de gösterilmektedir.

Çizelge 5.1 Portör teli teknik özellikleri [29]

Standart	Ebat	Malzeme	Tip	Nominal Kesit (mm ²)	Hesaplanan Kesit (mm ²)	Maks. Dış Çap (mm)	Kopma Mukavemeti (N/mm ²)	Kopma Yüklü (kN)	Maks. Ağırlık (kg/km)	Kullanım Yeri
DIN 48201	19x2,10	Sert CuMg0,4	Class2	65	65,8	10,61	589	38,64	602,7	Portör Teli

5.9.1. Bakım

Portör telinin rutin bir bakım periyodu bulunmamakta, oto turneleri esnasında görsel olarak liflenme, korozyon ya da portör teline takılan yabancı maddelerin olup olmadığının kontrol edilmesi yeterli olacaktır. Sistem yüksekliğinin ve seyir teli yüksekliğinin normal sistem değerlerinin dışında olan bölgelerinde daha çok dikkat edilmelidir, bu noktalar hemzemin geçit ya da köprü gibi alanlardır. Bu kesimlerde hat yüksekliği, sistem yüksekliği ve güvenli mesafenin kontrolü çok önemlidir [15]. Hatta düşen yabancı cisim, kuş yuvalarından kaynaklı meydana gelen faz toprak kısa devresi portör telinde liflenme ve damarlarında kopmalar meydana getirebilmektedir. Bu gibi durumlarda portör teline ek yapılmak suretiyle arıza ıslah edilmelidir.

5.10. Pandüller

Pandüller katener sisteminin temel elemanları arasında olup, kesintisiz bir elektrikli tren işletmeciliği için çok önemli bir yere sahiptir. Pandüller çok iyi iletkenliği olan 12-16 mm² lik kesitli bakır tellerden yapılır. Portör teli ile seyir teli arasına bağlıdır. Portör telinin seyir telini taşımasında bir ara elemandır. Seyir teli ile portör teli arasındaki gerilim dengelemesini sağlarlar. Pandüller sistem yüksekliği, direk açıklıklarına ve kullanıldığı yere göre boyutları değişmektedir [15]. Günümüzde katener hatlarında kullanılan pandüller ayarlanabilir şekilde imal edilmektedir.

5.10.1. Bakım

Pandülün pozisyon ve muhtemel kırılmalar için gözle kontrol edilmesi yeterli olacaktır. Pandül yan yatmış veya çalışmıyor ise ayarlanması gerekmekte olup, eğer pandül hasarlı ise yenisi ile değişimi yapılmalıdır. Bazen küçük arıza durumlarında tren trafiğini geçici olarak sürdürmek için pandül sistemimde değişiklik yapılabilir. Yapılan değişiklikler pandüllerin asbuid proje değerlerine göre düzeltilmesi gerekmektedir. Katenerin köprü ve üst geçit gibi sistem yüksekliğinin düşük olduğu yerlerde daha çok dikkat edilmelidir. Pandüller çok kısa olduğu için işlevselliği o kadar iyi olmaz ve problemlere sebep olmaktadır [15]. Rutin bakım ve kontrollerinin altı ayda bir yapılması gerekmektedir.

5.11. Seyir Teli Yüksekliği, Dezeksmen ve Aşınması

Seyir teli katener sisteminin en önemli elemanlarından biri olup, elektrik enerjisini pantograf vasıtası ile sürtünerek lokomotiflere aktarmaktadır. Seyir teli ile hat ekseni hat ekseni aynı noktadan birbirine paralel olarak gitmemekte olup, her bir direkte konsol-hoban takımları vasıtasıyla bir taraftan bir tarafa zig zag şeklinde ilerlemektedir. Ters durumda pantograf seyir teline aynı noktadan sürtünmeye maruz kalacaktır. Sistemdeki dezeksmanın amacı seyir teli ile pantografin sürekli aynı kesitte bir hat boyunca devam etmesini engelleyerek, pantografin tek bir noktadan aşınarak zarar görmesini engellemek ve pantograf kömürünün homojen olarak aşınmasını sağlamaktır [15]. Dezeksmen 1600 lük pantografa göre aliyman hatlarda ± 20 cm, kurban olduğu yerlerde ± 24 cm'dir. Dezeksmen 1900 lük pantografa göre aliyman hatlarda ± 40 cm, kurban olduğu yerlerde ± 40 cm'dir.

Dezeksmen değerinin uygun olmadığı noktalarda seyir teli ile pantograf arasında temassızlık, dolayısı ile elektriksel arklar meydana gelecektir. Pantograf seyir telinden kurtularak, seyir teli ile portör arasına girerek seyir telini koparabilecek, bazı açıklıklarda pandülleri zarar verebilecek, o kesimde konsol-hoban sisteminin kırılmasına ve hatta portör telinin kopmasına neden olabilecektir [15]. Söz konusu arızalar nedeniyle elektrikli tren işletmeciliği sekteye uğrayacaktır.

Seyir teli için temel alınan parametreler aşağıda sıralanmıştır:

- Seyir teli yüksekliği.
- Hattın dezeksmanı.
- Seyir telindeki eğim değişimi.
- Seyir telinde meydana gelen aşınma.

- Emplantasyon
- Kurp yarıçapı

5.12. Seyir Teli Yüksekliği

Seyir telinin yükseklik değerleri katener hattına ait nihai derüaj projelerinde bulunmaktadır. Hızlı tren hatlarında 5,3m konvansiyonel hatlarda 5,75m'dir. Bu değerler hat üzerinde bulunan sanat yapılarının durumuna göre değişiklik gösterebilecektir. Sistem tasarımı ve hız livresine göre fonksiyon kaybı olmadan bu yükseklik için tolerans değerleri değişiklik göstermektedir.

Derüaj projelerinden seyir teli yüksekliğinde belirgin değişikliklerin olduğu özellikle tünel giriş çıkışları, köprüler, aç-kapa tünellerin bulunduğu bölgelerinin kontrolü yapılmalıdır. Konsola ait sabit parçalarda kaymaların olup olmadığının yaya turneleri esnasında takip edilmesi gerekmekte olup, silindirik direk tipine sahip hat kesimlerinde kurplu ve ekipman bölgede bulunan direklere ait sabit parçalarda kaymaların meydana geldiği görülmektedir. Eğer eğim artışı aşırı derece çok ise pantograf seyir telinden ayrılabilir ve elektrik arkı oluşmasına neden olur. Bu arklar seyir telinin daha fazla aşınmasına ve hatta kopmasına neden olabilir. Bu nedenden dolayı hatların durumu çok önemli olup, aylık olarak takip edilmediler. Hattın eğimi proje değerlerinde değilse ya da ray olması gereken dresaj mesafesinde bulunmuyorsa trenin hızlı hareketi sırasında pantografin seyir telinden ayrılacağı bilinen bir durumdur [15].

5.12.1 Bakım

Seyir telinin yüksekliği her bir direk için proje değerlerinde olup olmadığını kontrolü yapılmalıdır. Bu kontrol işlemi katener hattında yapılan her bir değişiklikten sonrada yapılmalıdır. Ayrıca her altı ayda bir tam bir kontrol yapıp ayarsız olan yerin olup olmadığı gözden geçirilip, seyir teli yüksekliğinin katener nihai projelerindeki değerlerine göre ayarının yapılması gerekmektedir [15].

5.13. Dezeksman

Derüaj planında yer alan dezeksman değerlerinin kontrolü sağlanmalıdır. Dezeksman da meydana gelecek pantografin kömüründe istenmeyen aşınma, kırılma, ısınma, tel kopması ve arklara neden olacaktır. Rapelin her zaman çekme etkisi olmalıdır ve

montaj karnesine göre çeki veya bası konumuna göre imal edilmelidir. Dezeksman değeri pantograf tarafından izin verilen maksimum değerlerin içerisinde yer almalıdır [15].

5.13.1 Bakım

Katener hattının bakım otosu ile dezeksman kontrolü sonucunda tespit edilen ayarsızlıklar, bir iş programı oluşturularak proje değerlerine göre düzeltilmelidir. Dezeksman değeri her ay bakım otosu ile kontrol edilip, 6 ayda bir dezeksman değerlerinin proje değerlerine göre ayarlanması gerekmektedir [15]. Elektrikli tren işletmeciliği için dezeksman kontrol sağlıklı bir pantograf ömrü ve katener tesislerinde meydana gelecek arızaların önüne geçilmesi için üzerinde durulması gereken hususların başında gelmektedir. Dezeksman ayrı düzgün yapılmayan hatlarda seyir teli ömrünü de olumsuz yönde etkileyecektir.

5.14. Seyir Teli Aşınması

Seyir teli rijit bir bakır tel olup kesiti konvansiyonel hatlarda 107, hızlı tren hatlarında 120 mm² ve çapı 12,24-13,12 mm'dir. Daireseldir ancak her iki tarafında yiv vardır ki bu yivlere rapel grifi tutturulur.

Pantografla olan temas sonucu sıcaklık ve elektrik arkları sebebi ile seyir telinde zamanla aşınmalar meydana gelmekte olup, bu noktalarda pantografla olan sürtünme yüzeyi artmaktadır. Statik ölçüm esnasında dikkat edilecek olan noktalarda arasında seyir teli aşınması da yer almaktadır.

Seyir telinde bir bükülme olup olmadığının kontrol edilmesi önemlidir. Bu seyir telinde bir dönme ya da istenmeyen harici bir bükülmenin oluşmasının istenmediği anlamına gelmektedir. Bu bükülmeler sürtünmeyi ve pantograf ile olan teması etkiler. Bu tür aksaklıkların tespit edilmesi kolaydır zira pantograf bu bölgelerde bir iz bırakmaktadır [15]. Bkz. Çizelge 5.2.'de EN 50149 standardına uygun AC 120mm² CuAg0,1 seyir telinin teknik özelliklerini gösteren tablo yer almaktadır.

Çizelge 5.2 Seyir teli teknik özellikleri [29]

Standart	Nominal Kesit Alanı (mm ²)	Malzeme	Tip	Çap (mm)	Nom. Ağırlık (kg/m)	Nom. Kopma Kuvveti (kN)	Çekme Dayanımı (N/mm ²)	Kopma Mukavemeti (kg/mm ²)	Uzama(%)
EN 50149	120	Cu	AC	13,2	1,068	38,4	330	33,5	3 - 7

5.14.1. Bakım

Seyir teli kesitinin max. %20 si kadar sürtünmeden dolayı aşınmasına izin verilebilir. Bir etapta bu değer dört yerde aşılmış ise seyir telinin değiştirilmesi gereklidir. Ama sadece bir kesitte ise bir ek yapılması sureti ile düzeltilmelidir. Seyir telinde meydana gelen kopmalara karşı ek yapılarak tren işletmeciliğine devam edilir, ancak bir etapta 4 adet ek bulunması durumunda telin değişiminin yapılması gerekmektedir.

Seyir telinin sürtünmesi kesiti için bu tür tespitler rastgele yapılmamalıdır. En az senede bir kere olmak şartı ile seyir telinin kalınlığının kaydedilmesi özellikle sürtünmenin fazla olduğu yerlerde yapılması gerekir. Aşağıda en çok sürtünme riskinin olabileceği bölgeler belirtilmiştir [15].

Eğim artışının başladığı yerler.

İstasyonlarda makasların olduğu bölgeler.

IS'lerin beslendiği yerin hemen öncesi ve sonrası.

Çok kirli olan sanayi bölgeleri ve denize çok yakın olan bölgeler.

Hemzemin geçitlerde.

Kurp yarıçapının düşük olduğu yerlerde.

Ölçümler elektronik kumpas ile demiryolu hattı üzerindeki herhangi bir platformlu araç ile yapılmalıdır. Son dönemlerde statik ölçümler otonom cihazlarla yapılmaya başlanmış olup, sisteme ait seyir teli yüksekliği, dezeksman, emplantasyon, seyir telindeki eğim değişimi, kurp bilgisi verileri noktasal olarak tespit edilerek, sorunlu noktalara müdahale edilebilmektedir.

5.15. Nötr, Seksiyonman ve Ekipman Bölge

Farklı trafolardan beslenen ayrı fazlardaki katener tesislerini, elektriksel olarak birbirinden ayırıp ve mekanik yönden devamlılığını sağlayan bir bölgelerdir [15]. Bu bölgelerde tren setleri enerjisiz bölümü konvansiyonel hatlarda 100 m olup, 33m enerjisiz bölgeyi kendi ivmeleri ile geçmektedir. Bu bölge hızlı tren hatlarında 400m olup, yaklaşık 200m enerjisizdir. Nötr bölgeler elektrikli tren işletmeciliğinde enerji devamlılığı için çok önemli bir noktaya sahiptir. Mücavir trafo merkezinde yapılacak olan bir çalışma esnasında gerekli manevralar yapılarak elektrikli tren işletmede aksaklıklar meydana gelmeyecektir.

5.15.1.Bakım

Nötr bölgelerde öncelikle kontrol edilmesi gereken iki farklı trafodan beslenen katener etapları ile nötr bölge kateneri arasındaki güvenlik mesafeleri olup, iki katener arası 52cm'dir. Her hangi bir arıza durumunda güvenlik mesafesinde meydana gelecek değişim, katener hattında arklara sebebiyet vererek pantografta hasar meydana getirecektir. Bakım çalışmaları esnasında tersten besleme durumuna karşı iki yönden topraklama yapılmalıdır. Nötr bölge seksiyonman ve ekipman ayarları altı ayda bir kere yapılması yeterlidir [15].

5.16. Elle Kumandalı veya Motor Kumandalı Ayırıcı (Seksiyoner)

Seksiyonerler (Ayırıcılar) 1x25kV tek fazlıdır. Genelde elle kumanda edilirler. Bazıları uzaktan kontrollüdür ve bu tip seksiyonerler DC 110 V elektrik motoru ile çalışırlar. Elektriksel voltajı kesmek için kullanılırlar. Seksiyonerler elektriksel akımı kesmek için tasarlanmamışlardır. Hatta yük varken kullanılmamalıdır. Belirli bir bölgenin enerjisini açıp veya kapatmak için kullanılır.

5.16.1. Bakım

Katener hattının enerjisi kesilmeden seksiyoner üzerinde çalışma yapılmamalıdır. Ayrıca enerji kesildikten sonra gerilim detektörü ile kontrol yapıldıktan sonra 641 numaralı tamimde yer alan talimatlara uygun şekilde topraklama yapıldıktan sonra çalışmaya başlanmalıdır. Seksiyonerin düzgün olarak açılıp ve kapanmasının kontrolünün yapılması gereklidir. Bıçaklarının tam olarak yerine oturup oturmadığının görsel olarak tetkik edilmesi önemlidir. Bıçaklar çok kuru ise açılırken problem yaratabilir bu durumda kontak gresi ile yağlanmalıdır. Bağlantı parçaları ve civataları kontrol edilmeli eğer gevşeklik var ise sıkılmalıdır. Üzerinde bulunan izolatörler kontrol edilmeli eğer kirliyse bir bez parçası ile temizlenmelidir. Ayrıca mekanik aksamında oksitlenme oluşmuşsa temizlenip yeniden boyanmalıdır. İzolatörlerden biri hasar görmüşse en kısa sürede değiştirilmelidir. Ayrıca motor kontrollü olanların düzgün çalışıp çalışmadığı kontrol edilmelidir. Eğer kontrol sırasında her hangi bir arıza tespit edilirse, 110 V dc gerilimin olup olmadığı kontrol edilmelidir. Tüm klemens, köprüler ve bağlantıları kontrol edilmelidir. Ayrıca el seksiyonerlerinde de olduğu gibi bıçaklarının tam olarak oturup oturmadığı kontrol edilmelidir. Eğer tam olarak oturmuyorsa ark meydana gelir, bu yüzden gerekli ayarlamalar yapılmalıdır. Gözle görülür bir hasar yoksa motorun içsel bir problemi vardır. Tüm panoyu değiştirmek veya kontrol amacıyla rutin testlerinin yapılması faydalı olacaktır. Ayırıcıların

açma ve kapama fonksiyonlarını yerine getirip getirmediği ve kontaklarının her altı ayda bir kontrol edilmesi gerekmektedir [15]. Rutin kontrollerinin aylık, bakımların ise altı ayda bir yapılması gerekmektedir.

5.17. Is (ayırma bölgesi) (insulated Section)

IS izolatörü (IS) farklı elektrik kesimlerinin ayrılmasında kullanılan bir araçtır. Genelde istasyon yollarının ayrılmasında, OS bölgelerinin ayrılmasında çok nadiren de hattı caride kullanılırlar. İki bakır levhadan oluşur, aralarında yatay pozisyonda bir izolatör vardır ve katener akışını keser ve her iki taraf arasındaki voltajı ayırır. Bıçaklar arası mesafenin 46 cm olması gerekir. Bu mesafeyi ayarlamak için üzerinde cıvatalar vardır. Her iki uçta vidalı ankraj kavalileri ile seyir teli sonlanır ve burada başka bir seyir teli ve kavalye mevcuttur. Bu parçalar IS 'e yakın olan yerde 1m, uzak olan tarafta 2m'dir. IS yükseklik seviyesini regüle eden iki tandür ile portör teli desteklenmektedir. Ayrıca IS'e bağlı seyir telini regüle eden başka bir tandür de vardır. IS üzerinde seyir teli için 4 cam zincir olan ara izolman izolatörü U-40 vardır [15]. Mevcut demiryolu hatlarında yerli imkanlarla üretilen makas ve nötr 1s'ler kullanılmaya başlanmıştır.

5.17.1 Is Bakım ve ayarı

Is bakım ve ayar işlemlerinde kontrol edilmesi gereken hususlar; İzolatör pozisyonu (Seyir telinden yüksekliği +50mm olmalı), bakır kızakların aşınma durumunun kontrolü, bakır levha ve seyir teli regülasyonu için bağlantı, vida ve tandürler kontrolü, 1s ile seyir teli bağlantı noktalarının incelenmesi, bakır bıçakların yükseklik ve denge ayarının yapılması gerekmektedir. Şekil 5.1'de rot izolatörlü, Bkz Şekil 5.2'de cam izolatörlü makas IS'i ait görselleri yer almaktadır. Rutin bakım ve kontrollerinin altı ayda bir yapılması gerekmektedir.



Şekil 5.1 Çubuk izolatörlü 1s



Şekil 5.2 Porselen izolatörlü 1s [11]

5.18. Makas Kateneri

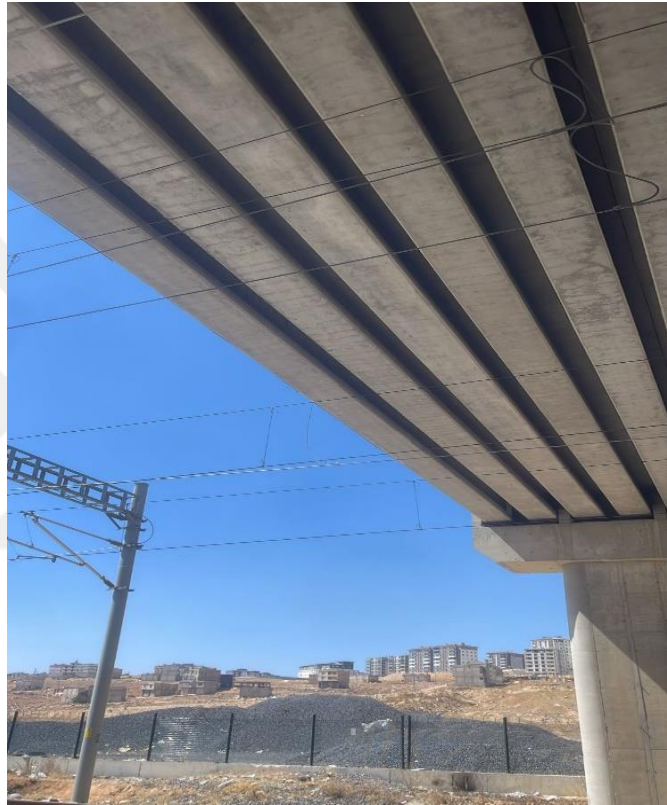
Makas yeni bir katener hattının başladığı yer olup, pantografin iki katener hattında beraber çalışmaya başladığı noktalar. Tellerden biri ana hatta gelen ve giden, diğeri makasa aittir. Çok karmaşık ve katener arızalarının sık sık meydana geldiği yerler olup ekstra bir dikkatin gösterilmesi gereken yerlerdir [11]. Makas kateneri her zaman ana hattaki katenerden 5 cm daha yüksekte olmalıdır.

5.18.1. Bakım

Dezeksmanın ve seyir teli yükseklik değerlerinin projeye uygunluğu kontrol edilmelidir. Makas katenerinin 5 cm yukarıda olduğu lazer metre ile ölçülerek görülmelidir. Pandüllerin tam olarak çalışıp çalışmadığını ve uzunluklarının doğru olarak ayarlanması gerekmekte olup, çapraz makaslarda kruvazman çubuğu kontrolü yapılmalıdır. Makaslarda doğru bakım yapılması ve makas katenerinden pantograf geçişlerinin iyi tutulması pantoğraf ömrü için önemlidir. Her altı ayda bir fonksiyonellik özelliklerin, ayarların doğru olup olmadığı ve düzgün çalışıp çalışmadığı katener bakım otosu ile kontrol edilmesi edilmelidir [11].

5.19. Besleme Bağlantısı

Ekipman bölgelerde ve makas kateneri öncesinde bağlantıları yapılmaktadır. Görevi iki katener etabı arası elektriksel devamlılığı sağlamaktır. Mekanik olarak iki katener ayrı olup, elektriksel olarak aynı faza sahiptir. Esnek 105 mm² ve 95 mm² kesitli örgülü bakır tel ve 4 adet grifden oluşur [11]. Yeni tesis edilen katener hatlarında grif yerine baskı makinesi ile sıkılarak montajları yapılmaya başlanmış olup, makas katenerinde kullanılan m besleme örneği Şekil 5.3.'te görülmektedir.



Şekil 5.3 M besleme bağlantısı

5.19.1. Bakım

- Besleme bağlantılarının grif bağlantılarının iyi ve sıkı olması, renginin değişmediğinin görsel muayenesi, elektriksel ark ve kısa devre nedeni ile yapısının bozulup bozulmadığının kontrol edilmesi gerekmektedir.
- Besleme bağlantısına yakın olan yerlerde görsel bakımın yapılması ve mekanik olarak bağlantının iyi olup olmadığı kontrol edilmelidir.
- Katener telleri çok sıcak ya çok soğuk zaman dilimlerinde yatay olarak salınım yaparlar bunun sonucunda besleme kablosunun boyunda değişiklikler meydana gelir.

- Altı ayda bir kere gözden geçirilmesi ile iyi bir bağlantı sağlanması için yeterlidir. Tabi ki yanlış bakım ve beklenmedik durumlar oluştuğunda tekrar kontrol edilmelidir.

5.20. İzolman Mesafesi

Katener sisteminin gerilimi 25 kV 'tur. Bu nedenle katener sisteminin canlı uçları ile herhangi bir yapı arasında en az 40 cm. mesafe bırakılmalıdır. Enerji altında olan bir ekipman ile topraklanmış başka bir ekipman arasında minimum 32 cm., seksiyonman bölgelerde ve nötr bölgelerde iki katener arası mesafenin 52 cm. olması gerekmektedir. Bunun nedeni ise etaplar arası enerji geçişinin önlenmesi içindir [15].

Katener sisteminin kısa boylamsal hareketi ve konsolların raya göre dik istikamete dönebilme durumu nedeni ile tünel ve köprü altlarında bulunan hattın kontrol edilmesi bu açıdan önemlidir. 3'lü yüksek sinyal ile katener etap sonunun kesişim noktasında izole mesafenin sağlanması için kullanılan ara izolmanlara ait görsel Şekil 5.4.'te yer almaktadır.

Yüksek sinyallerin katener etap sonlarıyla kesiştiği noktaların kontrol edilmesi gerekmektedir. Bu noktalarda sinyal bakımı için çalışma yapacak olan personel katener enerjisi kesilmeden kesinlikle çalışma yapmamalıdır. İzolasyon mesafesinin sağlanamadığı noktalarda izole portör teli, hat kapama elemanları kullanılarak gerekli güvenlik önlemleri alınmalıdır. Katener hattı ile enerji nakil, iletim hatlarının kesiştiği noktalarda TS 13643 standartlarına göre gerekli yaklaşma mesafelerine riayet edilmesi gerekmekte olup, uygun olmayan noktalarda ilgili kurum tarafından hatların deplase edilmesi gerekmektedir.

5.20.1. Bakım

- Katener sistemi ekipmanları ile en yakın üst geçit yapıları, portal imalatları ve diğer imalatlar arasındaki mesafesinin kontrol edilmesi gerekmektedir.
- İzolman mesafesi açısından kritik olan bölgelerin bir listesi oluşturulmalı ve bölgelerin bakım programı takip edilerek kontrol edilmeli ve kontrol altında tutulmalıdır.
- Banliyö tren işletmeciliğinin yapıldığı hat kesimlerinde insan yoğunluğunun fazla olduğu bölgeler sürekli olarak gözetim altında tutulmalıdır.



Şekil 5.4 Ara izolman örneği

Rutin bakım ve kontrollerinin altı ayda bir yapılması gerekmektedir.

5.21. Bitki Örtüsü ve Engeller

Demiryolu hattı boyunca özellikle ağaçlardan oluşan çok sayıda bitki örtüsü bulunmaktadır. Katener hattına yakın noktalarda ağaç dallarının uzamasında kaynaklı yangınlar çıkabilmektedir. Şehir merkezlerinde ve şehir merkezlerine yakın olan yerlerde plastik torbaların, uçurtmaların ve katener tellerine atılan nesnelere teması söz konusu olabilmektedir. Portal imalatlarının olduğu noktalarda kuş yuvaları oluşumuna karşı kontrol edilmelidir. Çünkü kuş yuvaları hatta kısa devre oluşturup sisteme zarar vermektedir [15].

5.21.1. Bakım

- Bitki örtüsü ve engellerin oluşması mevsime göre değişiklik arz etmektedir. Bu yüzden bakım programı bu şartlar göz önüne alınarak planlanmalıdır.
- Her altı ay da bir katenere ya da elektrik altındaki ekipmanlara 3m den daha yakın bir bitki örtüsünün olup olmadığı kontrol edilmelidir. Mümkünse ağaçlar budanmalıdır. Mevsimsel olarak da katener sistemi üzerinde oluşan kuş yuvalarının kontrolü yapılmalı ve temizlenmelidir.

5.22. Üst Geçit Koruma Panolarının Kontrol ve Bakımı

Koruma panoları, karayolu üst geçitlerinde veya izolman mesafesinin kritik değerlerde olduğu noktalarda insanların temasını ve herhangi bir kazaya sebebiyet vermesini

engellemek amacıyla tesis edilmektedir. Kullanılan koruma panolarının topraklama bağlantıları yapılmalı ve üzerine yüksek gerilim uyarı levhaları monte edilmelidir. Ayrıca tüm galvanizli sacların birbirine alüminyum kablo ile irtibatlı olması büyük önem arz etmektedir. İmal edilen koruma panolarının geri dönüş iletkeni ile bağlantısı yapılmalıdır. Ayrıca koruma panosu bulunan karayolu köprü alınlarına alüminyum şerit çekilerek geri dönüş iletkeni ile bağlantısı yapılmalıdır. Herhangi bir tel kopmasında hattı kısa devre ettirmek suretiyle kesicinin açmasını sağlamak üzere tesis edilmişlerdir. Karayolu köprüsü ile demiryolunun kesiştiği noktalarda imalatı yapılmış olan, koruma panosu görseli Şekil 5.5'te yer almaktadır [15].

5.22.1. Bakım

- Koruma panolarında öncelikle kontrol edilmesi gereken, panoların herhangi bir sebepten hasar görüp görmediğinin tespit edilmesidir. Koruma panolarında bir hasar tespit edildiğinde tamir edilmeli yâda yenisi ile değiştirilmelidir. Üzerinde bulunan uyarı levhalarına 3.şahıslar tarafından zarar verilme durumlarında yenilerinin montajının yapılması gerekmektedir.
- Ayrıca topraklama iletkenlerin, kablo inişlerinin ve bağlantılarının kontrol edilmesi gerekmektedir. Gözle yapılan kontrollerde herhangi bir sıkıntı görülmediyse sürece her yıl kontrol ve bakımın yapılması yeterli olacaktır.



Şekil 5.5 Koruma panosu örneği

5.23. İkaz Levhaları ile Koruma Teçhizatları

Elektrikli tren işletilen hatlarda trafik açısından kullanılan, sistemde 25 kV gerilim bulunmasından kaynaklı 3. şahısların uyarılması için kullanılan ikaz ve koruma levhaları yer almaktadır. Demiryolunu enine geçen yaya ve karayolu üst geçitlerinde kullanılan koruma panolarındaki ve katener sistemini canlı uçlarına yakın olan bölgelerde bulunan gerilim ikaz levhalarının kontrolü, 3. şahısların zarar görmemeleri açısından çok önemlidir

İkaz levhaları ve koruma teçhizatlarının sağlam ve hasar durumunun kontrolünün yapılmaması halinde 3. şahısların can ve mal güvenliğini tehlikeye altına girebilecek ve tren trafiğini olumsuz yönde etkileyecektir. Bu hususun hukuksal açıdan da sorumluluğu olup, takip ve kontrollerinin yapılması büyük önem arz etmektedir [15].

5.23.1. Bakım

İkaz levhaları ve koruma teçhizatlarının her ay kontrol edilerek, kullanılan uyarı levhalarına her hangi bir dış etkiden dolayı hasar görüp görmediği tetkik edilmelidir. İkaz levhalarının toprak bağlantıları ve durumu kontrol edilip herhangi bir deformasyon oluşması durumunda tamir edilmeleri veya yenisi ile değişimlerinin yapılması gerekmektedir [15].

5.24. İstasyon ve Nötr Bölge Postaları

İstasyon ve Nötr Bölge postaları: yerel kumanda, AC/DC, Rtu panosu, 110V ve 48V redresör ve akü grupları, yük ayırıcılar, motorlu ayırıcılar, el kumandalı ayırıcılar, gerilim ve akım trafoları ile kumanda ve enerji kablolarından oluşmaktadır. Şekil 5.6 ve Şekil 5.7'de trafo merkezi içerisinde kullanılan sulu tip start marka 110 V – 48 V akü gruplarının yer aldığı görseller paylaşılmaktadır. Şekil 5.8. ve Şekil 5.9.'da akü gruplarını besleyen vertiv markasına ait 110 V DC ve 48 V DC redresörler görülmektedir.

5.24.1. Bakım

İstasyon ve Nötr Bölge Posta binalarının, 110V ve 48V redresör ve akü gruplarının, yük ayırıcısı ve ayırıcıların periyodik bakım ve temizliği yapılmalıdır. Sulu tip akülerin su seviyeleri aylık olarak kontrol edilmelidir. Yükte ve boşta akülere ait ölçümler yapılarak, takip edilmesi gerekmektedir.



Şekil 5.6 İstasyon postası 110v akü grubu



Şekil 5.7 İstasyon postası 48v akü grubu



Şekil 5.8 110v Dc redresör



Şekil 5.9 48v Dc redresör

5.25. Yaya Turne

Koruma incelemeleri yürüyerek gözle, montajı yapılan mevcut katener sisteminin, direklerin ve diğer tüm ekipmanların, topraklama bağlantılarının gerçek durumunun kontrolü için çok önemlidir [15]. Katener bakım ekipleri tarafından tüm hat yürümek suretiyle her ay düzenli olarak yapılmaktadır. Tespit edilen hususlar not alınarak, planlı bakım kuşağında gece ekipleri tarafından giderilmektedir.

Yaya turne yapılırken dikkat edilmesi gereken hususlar aşağıda maddeler halinde belirtilmiştir.

- Ankraj lentelerinin bağlantıları ve gevşeme durumları.
- Ogc ağırlık hareketlerinde anormal değişikliklerin olup olmadığı.
- Direklerin üzerinde yer alan uyarı levhalarının durumunun takibi.
- Konsol-hoban takımına ait dekod değerlerinde anormal değişimler.
- Karayolu köprü altlarındaki izole mesafe kontrolü,
- Pandüllerin görsel muayenesi.
- Seyir telinde kuşgözü oluşumu durumu
- IS'lerin görsel olarak incelenmesi.
- Topraklama istasyonlarının bağlantı kontrolleri.
- İzolasyon mesafesinin kritik olduğu noktaların kontrolünün enerji olmadan detaylı bir inceleme ile yerine yapılması gerekir.
- Katener sistemi üzerinde yer alan bitki örtüsü ve diğer yabancı nesnelere.
- Katener tesisleri üzerine düşen yabancı cisimlerin tespiti ve kaldırılması.
- Direkten raya bağlantıların kontrolleri.
- TELEKOM, TEDAŞ, TEAŞ, BOTAŞ kurumlarına ait olan hatların katener hattına yaklaşma durumlarının takibi.
- Koruma üçgeni içeresine giren ekipmanların topraklama bağlantı kontrolleri.
- Hertz portalları ve cer postalarının görsel muayenesi.

5.26. Katener Bakım Otosu ile Dezeksman Kontrolü

Pantograf-katener sistemi ilişkisini incelemek için kullanılmaktadır. Katener bakım otosuna montajı yapılan özel pantograf vasıtasıyla yapılmaktadır. Bu inceleme sırasında seyir teli yüksekliği, sistem yüksekliği, dezeksman gibi önemli parametrelerin gözden

geçirilmesi gerekmektedir. Seyir telinin hemzemin bölgeleri, makas geçişleri dezeksman değeri sağlıklı bir pantoğraf ömrü ve katener hattında meydana gelebilecek arızalar için aylık olarak kontrol edilmelidir [15].

5.27. Olağandışı İncelemeler

Bu tür incelemeler rutin olarak yapılmamakta olup, hava olayları, hayvanların yâda 3.şahısların etkileri sonucunda yapılmaktadır.

- Kısa devre nedeni ile yapılan olağan dışı incelemeler.
- Aynı noktada sıklıkla kısa devre oluşması durumunda.
- Doğal afetlerden hemen sonra kontrol amaçlı yapılan incelemeler.
- Meydana gelen arıza ıslahı sonrasında yapılan incelemeler.

5.28. Kısa Devre Nedeni ile Yapılan Olağandışı İncelemeler

Bu olağandışı inceleme, katener hattında kısa devre meydana geldikten sonra yapılmakta olup ve kısa devrenin nerede oluştuğunun tespit edilmesine yönelik çalışmaları içermektedir. Faz toprak kısa devresinin olduğu nokta tespit edildikten sonra $\pm 500m$ aralığında yer alan direklerin kontrol edilmesi faydalı olacaktır.

Genelde kısa devreler katener sisteminde, seksiyonman bölgelerde, topraklama kablosunda, xlpe kablo başlıklarında, topraklama bağlantılarında ve geri dönüş akım kablolarının olduğu yakın çevrede oluşur. Günümüzde trafo merkezlerinde kullanılan mesafe koruma röleleri sayesinde hatta meydana gelen kısa devre kilometresi %1'lik hata payı ile noktasal olarak tespit edilebilmektedir. Bu röleler sayesinde arıza tespit süresi kısalmış ve elektrikli tren işletmeciliğinin devamlılığı için çok önemli bir kazanım olmuştur. Kısa devre meydana gelme olasılığın yüksek olduğu bölgeler: Seksiyonerler, Portallar, Kara yolu üst geçitleri, Köprüler, yaylı ogc ile gdi'nin yakın geçtiği yerler olarak sıralanabilmektedir. Mesafe koruma rölelerinde bulunan tekrar kapatma özelliği sayesinde hatta meydana gelen kısa devre durumunda işletme durumlarına göre 3-5 sn. arasında kesiciye kapatma komutu verilebilmektedir. Hızlı tren ve yoğun yük taşımacılığının yapıldığı hat kesimlerinde röle üzerinden bu özellik aktif edilerek kullanılmaktadır.

Kısa devrenin tam olarak nerede oluştuğu net değil ise yapılacak olan kısa devre akımı ile hangi bölgenin hasar gördüğünün analiz edilmelidir. İncelemeler katener bakım otosu ile enerji kesilip katener sisteminin tam olarak topraklamasının yapılmasından sonra

gerçekleştirilmelidir. Kısa devre nedeni ile oluşan hasarın nerede, hasar durumu ve tamirat ile yapılan müdahalelerin tüm detaylarını içeren bir arıza raporu hazırlanmalıdır [15].

5.29. Fırtına, Aşırı Sıcaklık, Yangın veya Deprem Durumlarında Yapılan Olağandışı İncelemeler

Bu tür incelemeler fırtına, sel, yangın, don, aşırı sıcak, depremler gibi doğal afetler meydana geldikten hemen sonra yapılmaktadır. Katener direklerinin, geri dönüş sisteminin, ankraj lentelerinin, direktten raya bağlantı noktalarının, hertz portallarının kontrol edilmesi gerekmektedir. İncelemeler yaya turne veya katener bakım otosu yapılabilir. Yapılan kontroller ön inceleme niteliğinde olup, asıl amaç hasarların tespit edilerek fizibilite çalışması yapmaktır. Meydana gelen hasarın nerede, durumu ve onarım çalışmaları hakkında tüm detaylarını içeren bir arıza raporu hazırlanmalıdır [15].

5.30. Elektrifikasyon Sistemleri Bakımı İçin Gerekli Malzemeler

- Açıkçağız anahtar takımı (6-32,)
- Açıkçağız anahtar (36-41,)
- Cırcır Kombine anahtar takımı (10-13 / 17-19 / 22-24 / 27-32)
- Yıldız anahtar takımı (6-32,)
- Yıldız anahtar (36-41,)
- Allen anahtar takımı
- Boru anahtarı izoleli 12", kurbağacık anahtar izoleli 12"
- Trifor (4- tonluk)
- Pull lift (1 adet 3 tonluk, 1 adet 1,5 tonluk ve 2 adet 750 kg.lık)
- 1 adet 1,5 tonluk calaskal
- Çiftli (2 x 5 m) ve tekli merdiven (4 m)
- Su terazisi (50 cm)
- Direk ayar terazisi (1 m)
- Topraklama ölçüm megeri
- Tam otomatik multimetre ölçü aleti
- Termometre
- Eğe (lama, üçgen, balıksırtı, yuvarlak)
- İzole pense, izole karga burun, izole yan keski

- Tornavida takımı (Düz ve yıldız)
- Demir testeresi
- Demir testeresi
- Plastik tokmak
- Ahşap pantograf
- Lazerli seyir teli yükseklik ve dezeksman ölçüm cihazı
- Lazermetre
- Şerit metre (5 m)
- Şerit metre (50 m)
- Mitroet
- Manivela (100 cm)
- Tork anahtarları
- Reglaj (dezeksman) çubuğu
- Tel kesme makası
- Pandül kesme makası
- İpek sapan (halat) (3 tonluk, 2 tonluk ve 1 tonluk)
- Servis ipi
- Mengene
- 27,5 kV Topraklama seti
- Gerilim var yok çubuğu
- Takım çantası
- ISG Ekipmanları
- Seyir teli düzeltme bisikleti
- Yeteri miktarda Kapma, mapa
- Matkap, jeneratör, hidrolik pres, tel kesme makası
- Termal Kamera
- Bomometre
- Pensampermetre
- Akü şarj cihazı [14].

5.31. Elektrifikasyon Sistemleri Bakımı İçin Gerekli Sarf Malzeme Listesi

- Güç transformatörü ve yardımcı servis transformatörü için silika jel

- Yardımcı servis trafosu izolasyon yağı
- Akım ve gerilim trafoları izolasyon yağı
- Endüstriyel yağ (Ayırıcı-Yük Ayırıcı kontakları için)
- Sıvı Gres (Ayırıcı-Yük Ayırıcı kolları için)
- SF6 ve azot gazı ile Saf Su
- Vida, dübel, saplama cıvata
- Somun, cıvata, kupilya, rondela, pul
- Sprey çinko-alüminyum boya
- Temizlik ürünleri
- Boya (Şalt cihazları, trafolar, direkler ve diğer metal aksamın boya tamiratları için gerekli her çeşit boya, inşaat yapılarının boya tamiratları için iç cephe ve dış cephe boyaları)
- Alçı, sıva ve diğer tamirat malzemeleri
- Zımpara
- Normal Gres
- Pas sökücü ve yağlayıcı
- Her çeşit temizlik bezi
- Eldiven
- Boya Fırçaları
- Metaller için sert fırça
- Haşere için ilaç
- Otlar ve bitkiler için zirai ilaç
- Köpük, silikon, üstüğü
- Klips, tel, bağ, etiket
- Klemens, kablo sonlandırıcı
- İzolatör temizleyici (silikon, cam ve porselen izolatörler için)
- İzole Fider Kablo Başlığı Tamir ve Bakım Malzemeleri (Kablo Soyma Aparatı, Isıtma Tüpü vs.) [14].

5.32. Trafo Merkezleri İle Kompanzasyon Sistemlerinin Ve Cer Postalarının Bakım İşleri Kapsamında Kullanılabilecek Asgari Alet-Ekipman Listesi

- Dijital ve analog multimetreler (taşınabilir tip)

- Pens ampermetreler
- Dijital ve analog voltmetreler
- Toprak megeri (iki ve dört kazıklı)
- Allen, yıldız, açığağz ve lokma anahtar takımları
- Pense, tornavida, klemens tornavida seti, lokma uçlu tornavida seti, yan keski, kablo soyacağı vb. alet takımları
- Seyyar aydınlatma ve ısıtma cihazları
- Yüksek gerilim hat bağlantı presleri (standart iletken kesitlerine uygun pres kalıpları)
- Her personele verilecek şekilde; paraşüt tipi emniyet kemeri, fosforlu yelek, yağmurluk, ağır iş eldiveni, tamamı Yüksek gerilime uygun sweet, elbise (class 1)-kaban (class 1)-baret-ayakkabı-bot
- 154 kV Topraklama seti (2 ıstaka, 50mm² kesitli 8 m kablo ve pabuçlar dâhil) (Standartlara uygun, yıllık olarak ölçüm ve kontrolleri yapılmış) (en az dört set)
- Bomemetre
- 27,5 kV Topraklama seti (2 ıstaka, 50mm² kesitli 8 m kablo ve pabuçlar dâhil) (Standartlara uygun, yıllık olarak ölçüm ve kontrolleri yapılmış en az üç set)
- Klima ve kumanda panoları için üfleme ve çekme fanı
- Akü deşarj cihazı (20 A. kadar)
- İzole merdiven [14].

5.33. Trafo Merkezlerinin Ve Cer Postaların Ağır Bakımı İşleminde Kullanılabilecek Malzeme Listesi

- Otomatik trafo test cihazı (Doble test)
- Otomatik kapasite ve Tanjant & Delta test cihazı
- Sargı direnci ölçüm test cihazı
- Trafo çevirme oran test cihazı
- Yağ test cihazı (70 kV Delinme)
- Uzaktan okumalı (enerjili Ölçüm) termal kamera
- Güç analizörü (TCDD Transformatör değerlerine uygun taşınabilir tip)
- Mili ve mikro ommetreler
- İzolasyon / Yüksek gerilim (Delinme Hıpot) / Kaçak Akım / Topraklama test cihazları

- Osiloskop
- LCR Metre (El ve Masa tipi)
- Güç kaynakları DC ve AC
- Akü test cihazları
- Kablo test cihazı
- Kalınlık ve kaplama kalınlığı ölçüm cihazları
- Kalibratörler
- Nem ve sıcaklık ölçerler
- Voltaj detektörleri
- Wheatstone / Kelvin Bridge
- 40 t. kapasiteli hidrolik krikolar [14].
- Fiber Optik Ek Cihazı
- Fiber Optik Ek Kiti

Trafo merkezinde yapılacak olan ağır bakım çalışmalarında yük tevzi merkezinden 154 kV enerji kesintisi müsaadesi alınması gerekmekte olup, kesinti işleminden 5 iş günü öncesinde bildirim yapılması zorunludur. Bu işlemler için trafo merkezinde manevra işlemi yapılabilecek yetkinlikte personellerin görevlendirilmesi yük tevzi merkezi tarafından talep edilmektedir. Demiryolları tarafından işletmesi yapılan trafo merkezlerin iki yılda bir ağır bakımlarının yapılması gerekmektedir.

5.34. Elektrifikasyon Sabit Tesislerinde Yapılan Bakımlar İçin Uyulması Gereken Uluslararası Normlar

Bkz. Çizelge 5.3’de demiryolu elektrifikasyon sistemleri bakım, yapım, arıza ve onarım uygulamalarında dikkat edilecek olan uluslararası normlar belirtilmektedir.

Çizelge 5.3 Uluslararası normlar[14]

Norm	Açıklama
	Havai Hat Sistemi Ekipmanları
prEN 50119	Demiryolu Uygulamaları-Sabit Montajlar-Elektrik cer havai hat kontak hatları
EN50122 (seri)	Demiryolu Uygulamaları-Sabit Montajlar

EN 50149	Demiryolu Uygulamaları-Sabit Montajlar-Bakır ve bakır alaşımlı kontak telleri
EN 50163	Demiryolu Uygulamaları-Cer sistemlerinin besleme gerilimleri
EN 50124 (seri)	Demiryolu Uygulamaları-Yalıtım Eşgüdümü
prEN 50125 (seri)	Demiryolu Uygulamaları-Teçhizatlar için çevresel
	İzolatörler
EN 60507	A.C. sistemlerinde kullanılacak olan yüksek gerilim izolatörlerinin yapay kirlilik testleri
EN 61325	1000 V. altında nominal gerilimli katener hatları için izolatörler
EN 60168	100 V. ' dan daha büyük nominal gerilimli sistemlerde seramik yada cam direk mesnet izolatörlerinin iç ve dış testleri
EN 60815	Kirlilik koşulları ile ilgili olarak izolatörlerin seçimine ilişkin kılavuz
IEC 61109 IEC 61109 AMD 1	1000 V. 'dan daha büyük nominal gerilimli, A.C. Katener hatları için kompozit izolatörler. Tanımlar, test yöntemleri ve kabul ölçütleri.
	Akım Toplama Performansı
prEN 50317	Demiryolu uygulamaları-Akım Toplam Sistemleri-Pantograflar ve Katener temas hattı arasındaki etkileşiminin ölçümleri ve doğrulama gerekleri
prEN 50318	Demiryolu uygulamaları-Akım Toplam Sistemleri-Pantograflar ve Katener temas hattı arasındaki etkileşim simülasyonunun doğrulanması
UIC 794	Pantograf-Avrupa Yüksek hız ağında havai hat etkileşimini
	Diğerleri
EN 50126	Demiryolu uygulamaları-Bağımlılık, emre amadelik, sürdürülebilirlik ve emniyet şartları ve gösterimleri (RAMS)
ENV 1993-1-1	Eurocode 3: Çelik yapıların tasarımı; Bölüm 1-1: Genel Kurallar ve binalar için kurallar
DIN 0210 Teil 100 (IEC 826)	Havai iletim hatlarının yüklenmesi ve mukavemeti
ISO 3864	Emniyet işareti: DIN 4844 Bölüm 1 ve 2 uyarınca ilave gereksinimler

ENV 50121-5	Demiryolu uygulamaları-Elektromanyetik uygunluk-Bölüm 5: Sabit güç kaynağı montajları
	Demiryolu Araçları
EN 50206-1	Demiryolu uygulamaları-Demiryolu Taşıtları-Bölüm 1: Ana hat araçları için pantograflar; özellikler ve testler
UIC 505-1	Demiryolu taşıma araçları- Demiryolu araçları yapı gabarisi
UIC 505-4	Raylar ve birbiriyle ilişkisi olan raylar ile ilgili yapıların yerleştirilmesine ilişkin broşürlerin 505. serisinde açıklanan kinematik gabarilerin birbirleri ile uygulanmasının etkileri
UIC 506	Genişletilmiş GA, GB ve GC gabarilerin uygulanmasına ilişkin kurallar
UIC 606-1	Kontak hatların tasarımına ilişkin UIC Broşürlerinin 505. serisinde açıklanan kinematik açıklıkların uygulanmasının sonuçları
	Sözlükçe
IEC60050-821	Uluslararası elektromekanik sözcükler-Bölüm 821: Demiryolları için sinyalizasyon ve emniyet araçları
IEC 60050-826 IEC 60050-826 AMD 1 bis AMD 3	Uluslararası elektromekanik sözcükler-Bölüm 826: Binaların elektriksel montajları
DIN 0100-200	Binaların elektriksel montajları- Bölüm 200: Tanımlar.
IEC 60050-466	Uluslararası elektroteknik sözcükler-Bölüm 466: Katener hatları
IEC 60050-811	Uluslararası elektroteknik sözcükler-Bölüm 811: Elektrik cer sistemleri

6.ELEKTRİFİKASYON SABİT TESİSLERİNE AİT FORMLAR

Demiryolu elektrifikasyon sabit tesislerinde yapılacak olan bütün çalışmalar için ayrı ayrı bakım formları mevcuttur. Bu formlar yıllar süren işletme tecrübeleri ve dünya standartlarından faydalanılarak hazırlanmıştır.

6.1. Katener Bakım Programı

Katener Bakım programı her bir ekipman için bakım periyodunda programlanan ve gerçekleşen miktarların takip edildiği formdur. Bkz. Çizelge 6.1.'de katener sistem elemanları için hâlihazırda kullanılan bakım programı aylık-6 aylık- yıllık yer almaktadır.

Çizelge 6.1 Katener tesisleri bakım programı formu [14]

KATENER TESİSLERİ BAKIM PROGRAMI									
..... BAKIM BÖLGESİ									
AYLIK KONTROLLER									
Sıra No	Kontrolü Yapılan Ekipmanlar-Sistemler	KONTROL YAPILAN AYLAR						TOPLAM	
		Programlanan	Gerçekleşen	Programlanan	Gerçekleşen	Programlanan	Gerçekleşen	Programlanan	Gerçekleşen
		1	KATENER HATTI YAYA KONTROLÜ (UIC 791-1)						
2	KATENER OTOSU İLE HAT KONTROLÜ (UIC 791-1)								
3	KATENER HATTININ MAKİNELİ KAMERA İLE KONTROLÜ								
6 AYLIK BAKIMLAR									
Sıra No	Bakım Yapılan Sistemler-Ekipmanlar	BAKIM YAPILAN AYLAR						TOPLAM	
		Programlanan	Gerçekleşen	Programlanan	Gerçekleşen	Programlanan	Gerçekleşen	Programlanan	Gerçekleşen
		4	KATENER HATTI DEZEKSMAN-SEYİR TELİ YÜKSEKLİĞİ-SİSTEM YÜKSEKLİĞİ KONTROLÜ VE AYARI (UIC 791-1)						
5	EKİPMAN - SEKSİYONMAN BÖLGE BAKIM VE AYARI								
6	İS BAKIMI ve AYARI								
7	OTOMATİK GERGİ CİHAZI BAKIMI ve AYARI								
8	İZOLMAN MESAFESİ KONTROLÜ ve AYARI (UIC 791-1)								
9	KONSOL HOBAN SETİ BAKIM VE AYARI								
10	ANTİŞÖMİNMAN BAKIM VE AYARI								
11	PANDÜL VE BAĞLANTI PARÇALARININ BAKIM VE AYARI								
12	ÇELİK PORTAL, ŞEZLER VE SUPL PORTAL BAKIMI								
YILLIK BAKIMLAR									
Sıra No	Bakım Yapılan Sistemler-Ekipmanlar	BAKIM YAPILAN AYLAR						TOPLAM	
		Programlanan	Gerçekleşen	Programlanan	Gerçekleşen	Programlanan	Gerçekleşen	Programlanan	Gerçekleşen
		13	TOPRAKLAMA SİSTEMİ BAKIMLARI (EN 50122-1, ELEKTRİK TESİSLERİNDE TOPRAKLAMALAR YÖNETMELİĞİ)						
14	KİRLİ BÖLGELERDE İZOLATÖR TEMİZLİĞİ								
15	"ÜST GEÇİT KORUMA PANOLARININ BAKIM VE KONTROLÜ (ANTİVANDALİZM BARIYERLERİ) (EN 50122-1)"								
16	FİDER VE GERİ DÖNÜŞ İLETKENİ, EK VE BAĞLANTI NOKTALARININ KONTROLÜ								
17	STATİK ÖLÇÜM								

Şalt sahasında yapılan aylık genel kontrollerde kullanılan formu Bkz Çizelge 6.3.'de gösterilmektedir.

Çizelge 6.3 Şalt sahası genel kontrol bakım formu [14]

TANIM :	ŞALT SAHASI GENEL KONTROL	Referans: TCDD-ELF-7367
Bölgesi:		
Elektrifikasyon Şefliği:		
Kilometreleri:		
TARİH :		
SAAT :		
EKİP SORUMLUSU:		
İşlem No	İŞLEM	SONUÇ
1	ŞALT SAHASININ GENEL TEMİZLİĞİN YAPILMASI	
2	ŞALT SAHASI İÇİNDE VE ETRAFINDA HAREKET HALİNDE OLAN VE/VEYA TEHLİKELİ DURUMLARA SEBEBİYET VERECEK YABANCI EŞYA-CİSİMLERİN TESPİTİ VE UZAKLAŞTIRILMASI	
3	OT - ÇİMLERİN TEMİZLİĞİ (İÇ-DIŞ FENS ARASI DAHİL)	
4	TEL FENSİN, TM KAPILARI VE TÜM KAPI SWİTCHLERİN KONTROLÜ	
5	ÇEVRE AYDINLATMASI KONTROLÜ	
6	YANGIN ALGILAMA SİSTEMİ, YANGIN SÖNDÜRME TÜPLERİ KONTROLÜ	
7	KABLO KANALLARI, KABLO TAVALARI VE KABLO KANALI KAPAKLARI, SU BİRİKMESİ VE DRENAJ SİSTEMİ, MENHOLLER KONTROLÜ	
8	KUMANDA BİNASININ İNŞAAT YAPILARI (BOYA, SIVA, METAL AKSAM, ÇATI, SİHHİ TESİSAT, ELEKTRİK TESİSATI, CAM-PENCERE, DOĞRAMALAR, KAPILAR VB) AÇISINDAN KONTROLÜ	
9	KUMANDA BİNASINDA MEVCUT PANOLARIN ÜZERİNDE BULUNAN TECHİZATIN KONTROLÜ	
10	KUMANDA BİNASININ TEMİZLİĞİ	
11	KUMANDA BİNASI İÇERİSİNDE BULUNAN KABLONUN KONTROLLERİ, KABLO KANALLARININ VE BİNA GİRİŞLERİNİN KONTROLLERİNİN YAPILMASI	
12	HAŞERELER VE OTLAR-BİTKİLER İÇİN İLAÇ UYGULANMASI	
	Sonuç kısmına gerçekleştirilip gerçekleştirmediği işaretlenecektir.	
Düşünceler :		

Katener hattında senede bir yapılan statik ölçümde yapılması gereken kontrol işlemleri için kullanılan form Bkz. Çizelge 6.5.'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.5 Katener hattı statik ölçüm bakım formu [14]

	STATİK ÖLÇÜM	Referans: TCDD.ELF.7346
TANIM :		
Bölgesi:		
Elektrifikasyon Şefliği:		
Kilometreleri:		
TARİH :		
SAAT :		
EKİP SORUMLUSU:		
İşlem No	İŞLEM	SONUÇ
1	SEYİR TELİ YÜKSEKLİK ÖLÇÜMÜ (PANDÜL ASKI NOKTALARINDA SEYİR TELİ YÜKSEKLİK ÖLÇÜMÜ DAHİL)	
2	SEYİR TELİ DEZEKSMAN ÖLÇÜMÜ	
3	SEYİR TELİ EĞİMİ ÖLÇÜMÜ	
4	SEYİR TELİ AŞINMASI ÖLÇÜMÜ	
5	DEVER ÖLÇÜMÜ	
6	EMPLANTASYON ÖLÇÜMÜ	
7	ÖLÇÜM SONUÇLARININ RAPORLANMASI	
Düşünceler :	Sonuç kısmına gerçekleştirilip gerçekleştirmediği işaretlenecektir.	
Bakımı Yapan	Kontrol Eden	Onay

Katener tesislerinde bulunan topraklama istasyonlarının kontrol ve ölçüm işlemleri için hazırlanan bakım formu Bkz. Çizelge 6.6.'da yer almaktadır.

Çizelge 6.6 Topraklama sistemi bakım formu [14]

TANIM :	TOPRAKLAMA SİSTEMİ BAKIMLARI (EN 50122-1, ELEKTRİK TESİSLERİNDE TOPRAKLAMALAR YÖNETMELİĞİ)	Referans: TCDD-ELF-7341
Bölgesi:		
Elektrifikasyon Şefliği:		
Kilometreleri:		
TARİH :		
SAAT :		
EKİP SORUMLUSU:		
İşlem No	İŞLEM	SONUÇ
1	KATENER HATTINDA BULUNAN DÖNÜŞ İLETKENİ-RAY BAĞLANTILARI, ENİNE GEÇİŞLER VE PARALELLEMELER, TOPRAKLAMA İSTASYONLARI (TOPRAKLAMADA KULLANILAN İLETKENLER, ELEKTROTLAR, GRİFLER, KLEMENSLER, BAĞLANTI PARÇALARI) VE DÖNÜŞ İLETKENİ İLE EMPEDANS BONDLAR ARASI TOPRAKLAMA BAĞLANTILARININ KONTROLÜ VE BAĞLANTI CİVATLARININ TORKLARININ AYARLANMASI	
2	TOPRAKLAMA ÖLÇÜMLERİ, SÜREKLİLİK ÖLÇÜMÜ VE BAKIMLARININ YAPILMASI	
3	KOROZYON KONTROLÜ VE KOROZYONA UĞRAMIŞ VEYA PASLANMIŞ BÖLGELERİN SPREY ÇİNKO-ALÜMİNYUM BOYA VEYA ÇELİK MALZEMENİN TÜRÜNE GÖRE UYGUN BOYA İLE BAKIMININ YAPILMASI	
	Sonuç kısmına gerçekleştirilip gerçekleştirmediği işaretlenecektir.	
Düşünceler :		
Bakımı Yapan	Kontrol Eden	Onay

6.3. Arıza Raporu Formu

Katener hattında herhangi bir sebeple meydana gelen(kısa devre, direk devrilmesi, demiryolu araç kazaları, pantoğraf kırılması vb.) hat açması sonucunda arıza tespiti yapıp, ıslah çalışmaları sonrasında arıza raporu formu düzenlenmektedir. Meydana gelen arıza işlemlerinde kullanılan arıza raporu formu Bkz. Çizelge 6.7.'de yer almaktadır.

Çizelge 6.7 Arıza raporu formu [14]

TANIM :	ARIZA RAPORU	TCDD.KAT.B.020
BÖLGESİ :		
ELEKTRİFİKASYON ŞEFLİĞİ:		
ARIZANIN SEBEBİ:		
ARIZANIN BÖLGESİ:		
ARIZANIN KİLOMETRESİ:		
İHBAR TARİHİ :		
İHBAR SAATİ:		
EKİP SORUMLUSU:		
İşlem No	ARIZADA YAPILAN İŞLEMLER	SONUÇ
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
ARIZANIN GİDERİLDİĞİ TARİH:		
ARIZANIN GİDERİLDİĞİ SAAT:		
KULLANILAN ARAÇ TİPİ/SAYISI:		
GÖREV ALAN PERSONEL :		
KULLANILDIYSA YEDEK MALZEME TİPİ/MİKTARI:		
DÜŞÜNCELER:		
Yapan	Kontrol Eden	Onay

7. YAZILIM GELİŞTİRME VE TASARIM

Bu tez çalışmasında, modern yazılım geliştirme süreçlerine uygun bir mimariyle, hem Application Programming Interface (API) hem de Model View Controller (MVC) tabanlı bir ara yüze sahip bir web uygulamasının geliştirilmesi amaçlanmıştır. Proje, hem kullanıcı dostu bir ara yüz sunmayı hem de arka planda güvenilir ve performanslı bir API sağlamayı hedeflemiştir. Bkz. Şekil 7.1.'de API uygulamaların kullanıldığı sektörlerle yönelik görsel yer almaktadır.

API, Türkçede “Uygulama Programlama Ara yüzü” anlamına gelen “Application Programming Interface” teriminin baş harflerinden oluşur. Kısaca API, kendi verileri ve çalışma prensipleri ile geliştirilmiş uygulamaların birbirleri ile iletişime geçerek çalışmasını sağlayan yazılımdır.

API (Application Programming Interface), uygulamaların birbirleriyle iletişime geçmesini sağlayan bir yazılımdır. 1970'li yıllarda geliştirilmiş ve 1990'larda aktif olarak kullanılmaya başlanmıştır [19].

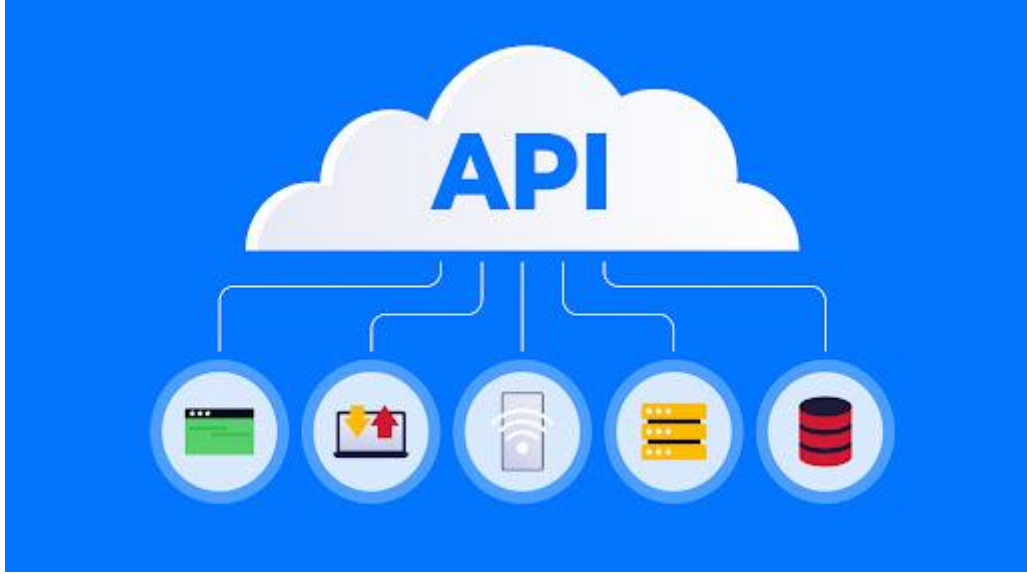
API'ların nasıl kullanıldığını takip etmek ve yanlış kullanımını azaltmak için API anahtarı kullanılır. API anahtarı, kullanıcı verilerinden oluşan ve ara yüzün çağrılması esnasında iletilen kod yapısıdır. Çalışma prensipleri ve erişim sınırlandırmaları doğrultusunda birden fazla ara yüz türü mevcuttur:

Partner API'lar: İş ortaklığı süreçlerinde bir ortak tarafından diğeri için sunulur. Sadece ortaklığa dahil olanlar tarafından özel yetkiler dahilinde kullanılabilir.

Internal (Private) API'lar: Şirket gibi sadece belli bir grubun erişimindeki uygulamalar arasında iletişim kurmak için kullanılır. Bu API'lara yetkilendirilmiş grubun dışında kalan kullanıcılar erişemez.

Open (Public) API'lar: İlgili uygulamaya erişimi bulunan kullanıcıların tamamı tarafından kullanılabilen, herkese açık ara yüzlerdir. Tamamen açık olabilir veya API anahtarı ya da kayıt işlemi gerektirebilir.

Composite API'lar: Çok sayıda ara yüzü birbirine bağlamak amacıyla kullanılan API'lardır. Geliştirilmesi için de birtakım ara yüzlere ihtiyaç duyulmaktadır.



Şekil 7.1 API tasarım uygulamaları [18]

7.1. Kullanılan Teknolojiler

Proje, Microsoft'un sunduğu ASP.NET Core platformunu temel alarak geliştirilmiştir. Backend kısmında, RESTful API mimarisi kullanılarak ve HTTP üzerinden veri alıp göndermek için gerekli tüm altyapı sıfırdan inşa edilmiştir. API ile birlikte kimlik doğrulama ve yetkilendirme, veri doğrulama, hata yönetimi gibi modern uygulama metinlerinde kullanılan best practices'lerin tamamı projeye entegre edilmiştir.

7.2. Backend Geliştirme Süreci (API)

Backend geliştirmesi sırasında, RESTful API tasarım prensiplerine sadık kalınarak, HTTP isteklerinin GET, POST, PUT ve DELETE metodları kullanılarak işlenmesi sağlanmıştır. Veri tabanı işlemleri için Entity Framework Core kullanılmıştır. API'nin temel işlevleri arasında kullanıcı kimlik doğrulama (JWT ile), veri doğrulama ve hata yönetimi yer almaktadır. Projede ayrıca birim testleri de yapılarak API'nin güvenilirliği test edilmiştir.

Veri modelleme sürecinde, proje için özel olarak tasarlanan domain yapısı kullanılmıştır. Böylece, veri tabanı işlemleri ve iş kuralları birbirinden ayrılarak kodun daha modüler ve bakımı kolay hale getirilmesi sağlanmıştır. Projede, iş katmanında kullanılan Repository ve Unit of Work desenleri ile veri erişimi soyutlanmış ve test edilebilir bir yapı oluşturulmuştur. Şekil 7.2.'de yazılım çalışmasının backend geliştirme sürecine ait görseli yer almaktadır.

```

public override async Task<MaintenanceDto> UpdateAsync(Guid id, CreateUpdateMaintenanceDto input)
{
    try
    {
        var maintenanceDetail = await maintenanceRepository.GetAsync(id);

        var maintenance = ObjectMapper.Map<MaintenanceWithDetails, Maintenance>(maintenanceDetail);

        var maintenanceItem = maintenance.MaintenanceItems.ToList();

        maintenance.Date = input.Date;
        maintenance.Definition = input.Definition;
        maintenance.EndTime = input.EndTime;
        maintenance.Kilometers = input.Kilometers;
        maintenance.ReferenceCode = input.ReferenceCode;
        maintenance.TeamManager = input.TeamManager;
        maintenance.Thoughts = input.Thoughts;
        maintenance.Time = input.Time;
        maintenance.PersonelID = input.PersonelID;
        maintenance.IsDone = input.IsDone;

        await _maintenanceItemRepository.DeleteManyAsync(maintenance.MaintenanceItems.ToList());

        if (input.MaintenanceItems.Any())
        {
            await _maintenanceItemRepository.InsertManyAsync(input.MaintenanceItems.Select(q => new MaintenanceItems.MaintenanceItem { ProcessName = q.ProcessName, MaintenanceId=maintenance.Id
        });

        var maintenanceDto = await maintenanceRepository.UpdateAsync(maintenance, true);

        return ObjectMapper.Map<Maintenance, MaintenanceDto>(maintenance);
    }
    catch (Exception ex)
    {
        throw;
    }
}

```

Şekil 7.2 Bakım yazılımı backend çalışma örneği

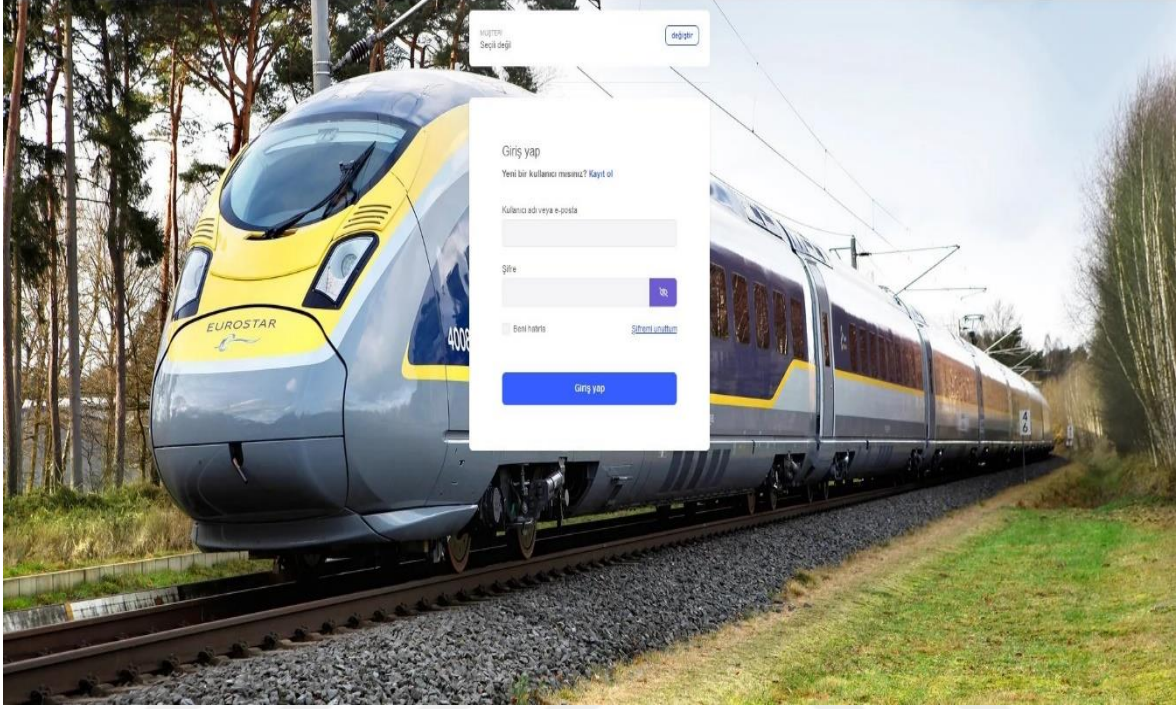
7.3. Frontend Geliştirme Süreci (MVC)

Projenin ön yüzü, ASP.NET Core MVC yapısı kullanılarak geliştirilmiştir. Kullanıcı dostu bir ara yüz oluşturmak için HTML5, CSS3, ve Bootstrap gibi modern web teknolojileri kullanılmıştır. MVC yapısı sayesinde, backend ile frontend arasında güçlü bir entegrasyon sağlanmış ve verilerin dinamik olarak işlenmesi mümkün olmuştur.

Veri doğrulama ve hata mesajları, kullanıcı deneyimini iyileştirmek amacıyla, ön yüzde de gerçekleştirilmiştir. Bu doğrultuda, hem sunucu hem de istemci taraflı doğrulama uygulanmıştır. Ara yüz, responsive (duyarlı) bir yapıya sahiptir ve mobil cihazlardan erişimi kolaylaştırmak için optimize edilmiştir. Şekil 7.3.'de yazılım çalışmasının frontend kısmına ait görsel bulunmaktadır.

7.5. Uygulama Modülleri

Geliştirilen yazılım elektrifikasyon sistemleri bakım ve arıza modülü olmak üzere iki ana bölümden oluşmaktadır. Şekil 7.4.'te sisteme giriş login ekranına ait görsel verilmektedir.



Şekil 7.4 Admin ve kullanıcı giriş ekranı

Admin paneline giriş ekranına ait görsel Şekil 7.5.'te görülmektedir.



Şekil 7.5 Admin kullanıcı paneli

Admin panelinde yer alan bakım, arıza, müşteri yönetimi, kimlik yönetimi, ayarlar modülün bulunduğu görsel Şekil 7.6.'da gösterilmektedir.



Şekil 7.6 Kullanıcı modülleri

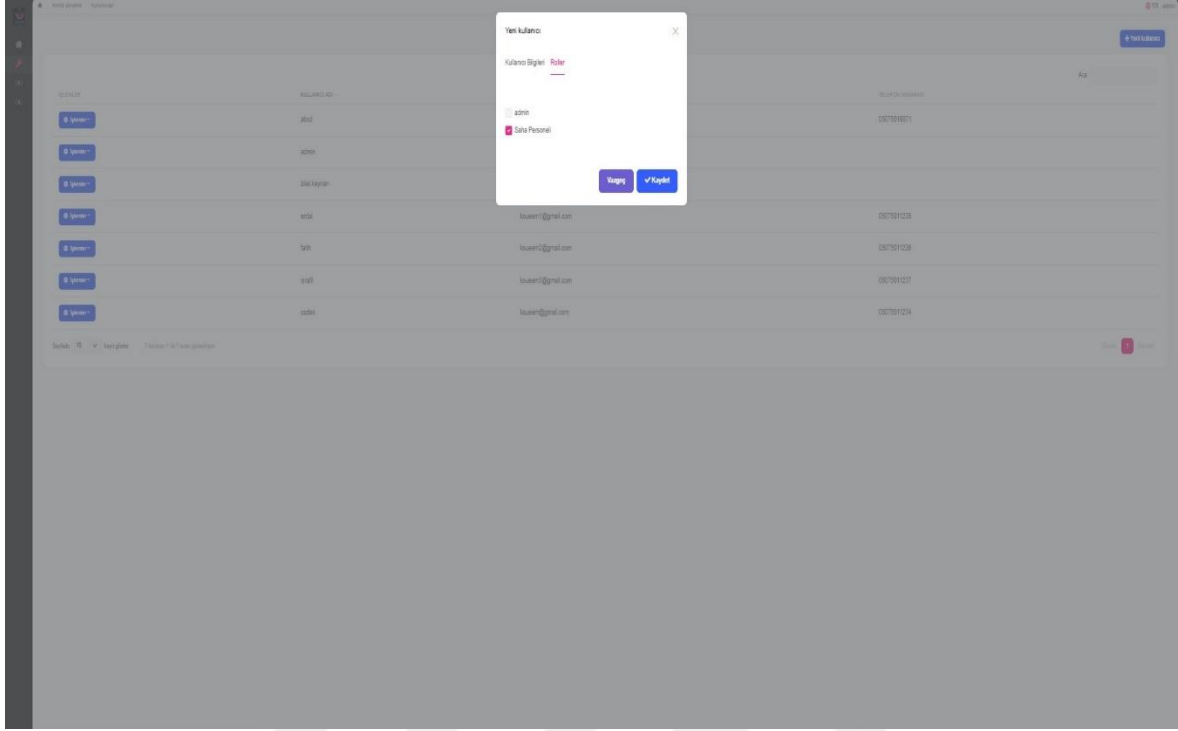
Sisteme kullanıcı tanımlamak için tasarlanan kullanıcı oluşturma ekranı Şekil 7.7'de görülmektedir.

The figure shows the user creation form in the TCCD admin panel. The form is titled 'Yeni kullanıcı' and includes fields for 'Kullanıcı adı*', 'Ad', 'Soyad', 'Şifre*', 'E-posta adresi*', and 'Telefon numarası'. There are also checkboxes for 'Aktif' and 'Beyaz listede görünmesini istemiyorum'. The form is set against a background of a user list table.

Kullanıcı adı	Kullanıcı adı
admin	admin
admin	admin
admin	admin
admin	admin
admin	admin
admin	admin
admin	admin

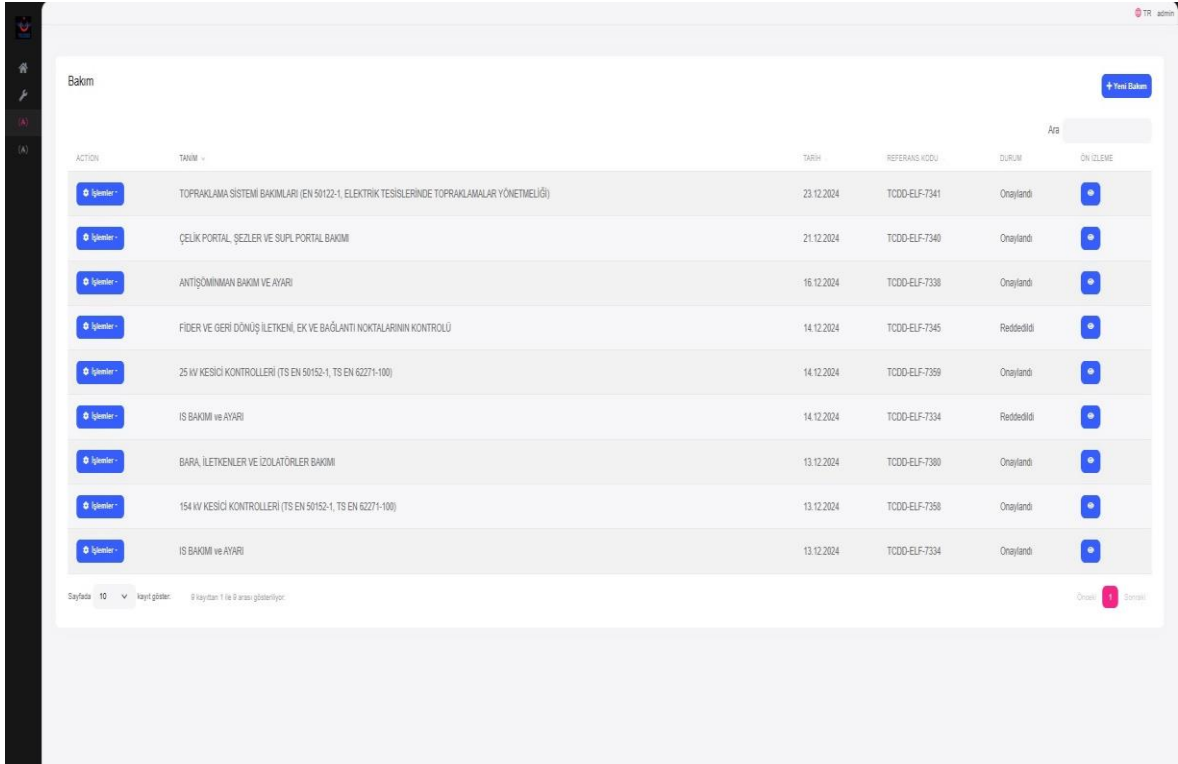
Şekil 7.7 Kullanıcı oluşturma modülü

Sisteme tanımlanan kullanıcılara ait görev tanımlama modülüne ait görsel Şekil 7.8.'de yer almaktadır.



Şekil 7.8 Kullanıcı rolü oluşturma modülü

Sistemde kayıt altına alınan bakım formlarının saklandığı bakım ekranı görseli Şekil 7.9.'da bulunmaktadır.



Şekil 7.9 Kayıtlı bakım ekranı

Sisteme yapılan bakımların kayıt edilmesi için tasarlanmış yazılım ekranına ait görsel Şekil 7.10.'da görülmektedir.

Yeni Bakım

Bakım Kayıtları Bakım Maddeleri

Personel: İbrahim

Definition: KATENER HATTI VARSA KONTROLÜ (UC 704-1)

Bölge: 3. Bölge (Mudanya)

ReferansCode: TCCD-EL-F708

Elektrikçiyin Sınıfı: 001 Elektrikçiyin Bakım Şifri

Kilometreler:

Tarih: 28.12.2024

Saat: 01:18

Dakikalar: 0

İptal Kaydet

Şekil 7.10 Katener bakım kayıt oluşturma ekranı

Katener bakım formlarında yer alan maddelerin kontrol ve onay ekranına ait görüntü Şekil 7.11.'de yer almaktadır.

Onaylama

Bakım Kayıtları Bakım Maddeleri

Bakım maddesi giriniz...

Sistem

000001 LİTENİM A B KİLEME VE TANDIRILAR VE ANKARALARIN KONTROLÜ VE SORUMLARININ DENETİMİ

RED GREEN

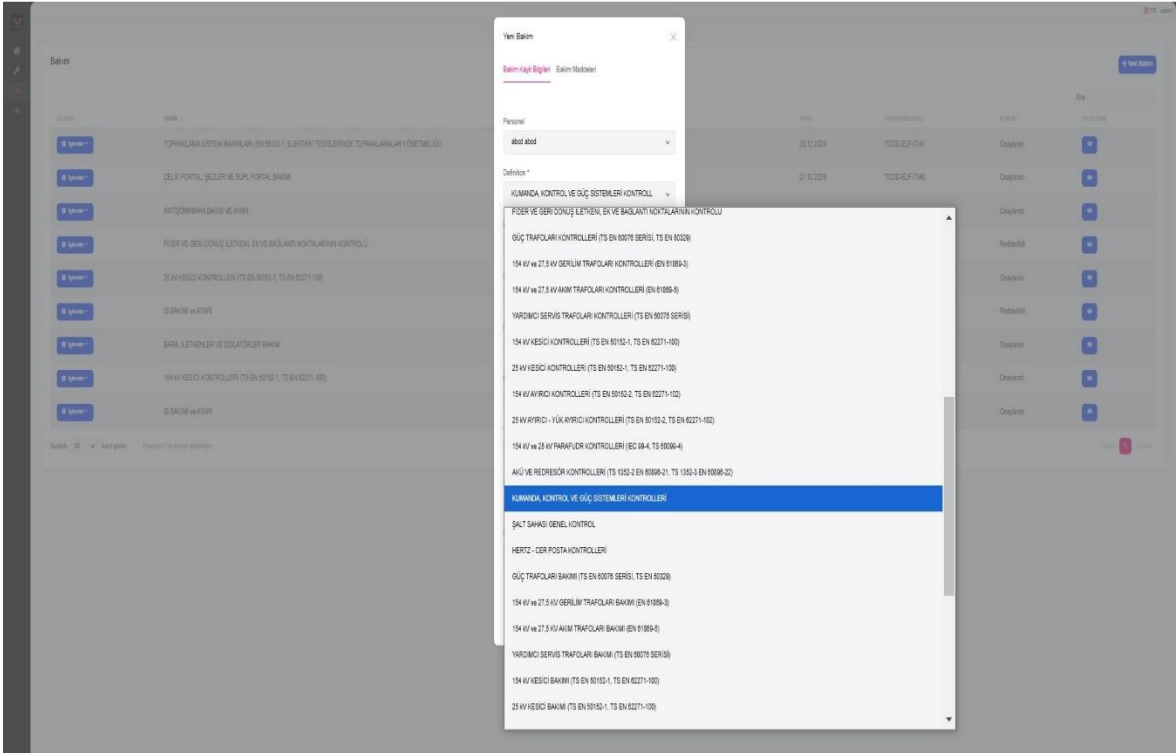
000001 LİTENİM SUREHLİ ÖNEM ÖLÜ (0001)

RED GREEN

İptal Kaydet

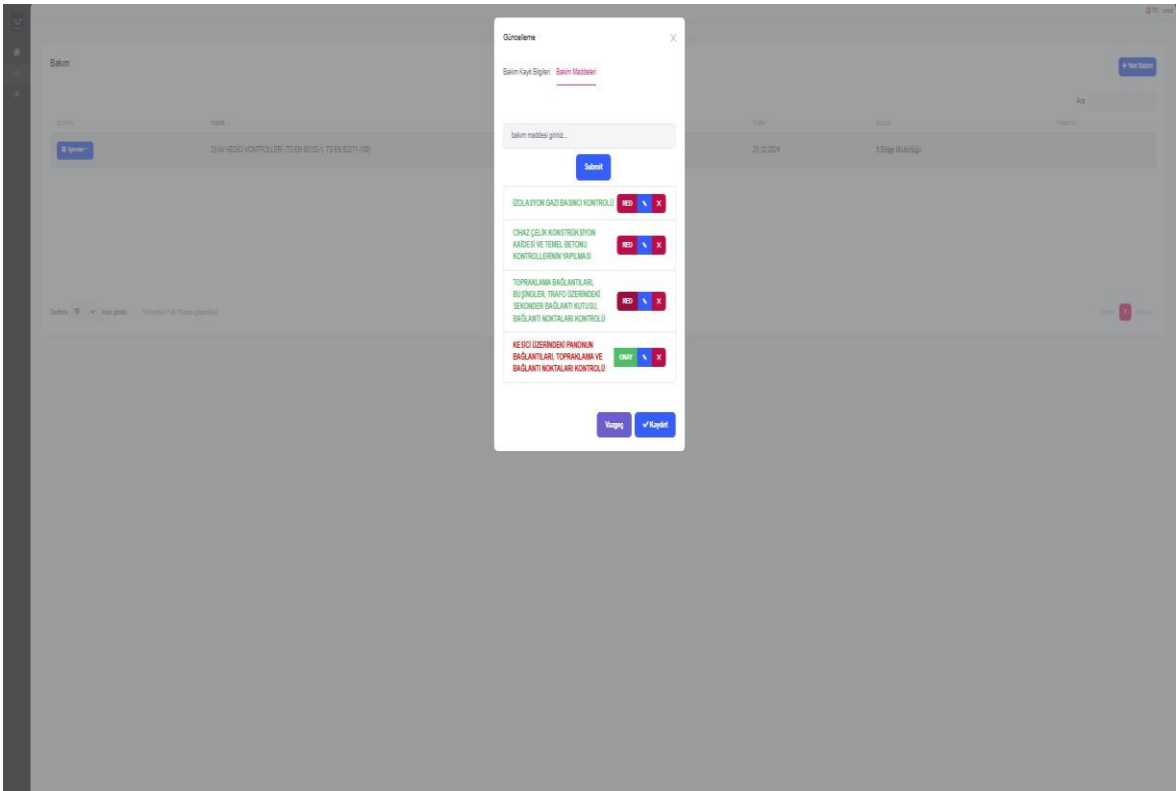
Şekil 7.11 Katener bakım kontrol maddeleri onay ekranı

Trafo merkezinde yapılan bakımlar için kayıt ekranı Şekil 7.12.'de görülmektedir.



Şekil 7.12 Trafo merkezi bakım kayıt oluşturma ekranı

Trafo merkezinde bakımı yapılan cihazlara ait kontrol ve onay ekranına ait görsel Şekil 7.13.'de yer almaktadır.



Şekil 7.13 Trafo merkezi bakım kontrol maddeleri onay ekranı

Sistemde kullanıcılar tarafından oluşturulan bakımların admin tarafından onaylama ekranı Şekil 7.14.'te gösterilmektedir.

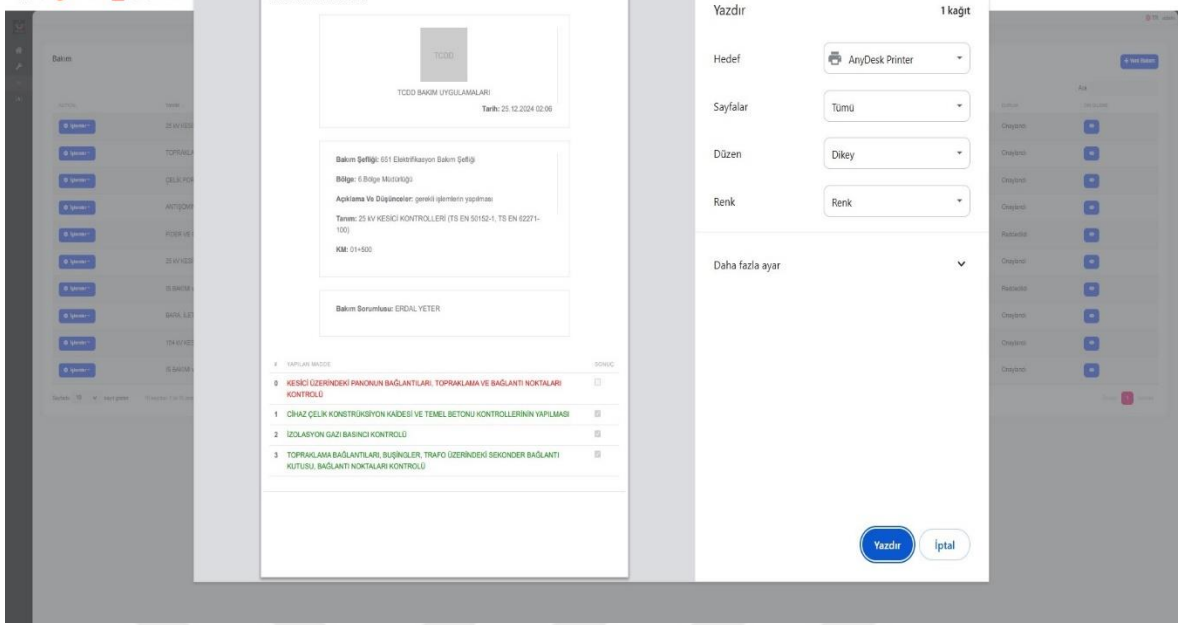
Şekil 7.14 Admin bakım onaylama ekranı

Sistemde onay süreci tamamlanan, devam eden bakımları ve kullanıcı bazlı bakım sayılarını gösteren grafik Şekil 7.15.'te yer almaktadır.



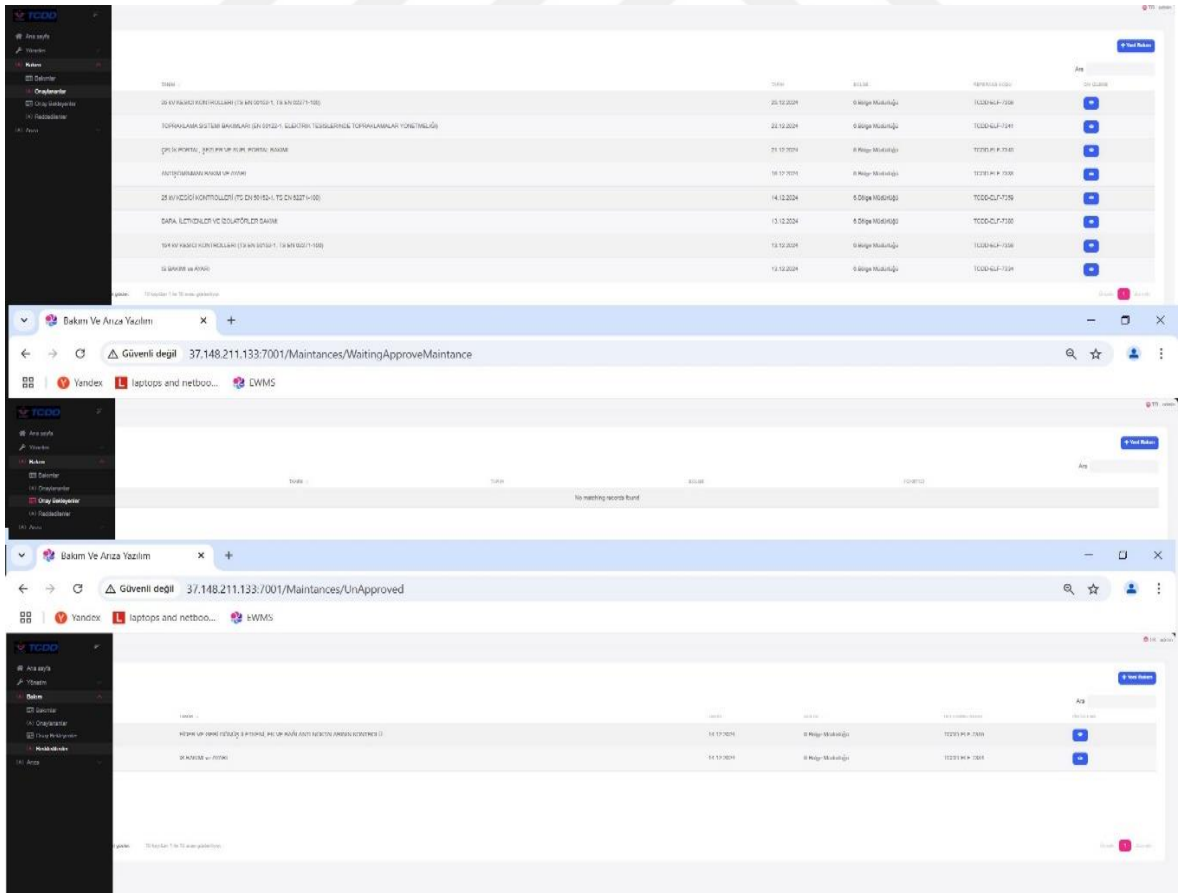
Şekil 7.15 Onaylı, onaysız, reddedilen bakım ile kullanıcı bazlı bakım sayısı grafikleri

Sistemde onaylanan bakım faaliyetine ait çıktı ekranı Şekil 7.16.'da görülmektedir.



Şekil 7.16 Onaylı bakıma ait çıktı ekranı

Sistemde yapılan bakımların onaylandığı, onay beklediği ve reddedildiklerinde kayıtlarının düştüğü modüllere ait görseller şekil 7.17.'de yer almaktadır.



Şekil 7.17 Onaylanan, bekleyen, reddedilen bakım modülleri kayıt ekranı



Şekil 7.18 Kullanıcı bazlı arıza kayıt grafikleri

Sistemde giriş yapılan arıza kayıtlarına ait kullanıcı bazlı personel grafiği şekil 7.18.'de görülmektedir.

8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Dizel ile elektrikli tren işletmeciliği karşılaştırıldığında enerji, teknik, işletme, ekonomik ve sosyal yönden elektrikli tren işletmeciliğinin daha fazla avantajları bulunmaktadır. Bunları sıralamamız gerekirse güç üstünlüğü, aşırı yükleme olanağı, kapasite artışı, dizilerin teşkili, yakıt tasarrufu, işletme ve bakım kolaylığı, personelin giderleri, lokomotif sayısının azalması gibi sebepler başta gelmektedir.

Elektrifikasyon tesislerinde bakımın amacı, optimum sürede katener hattında güvenli işletme faaliyetlerini yerine getirmektir. Zaman içerisinde meydana gelebilecek hasarları belirlemek amacıyla düzenli olarak montajların kontrol edilmesi ve nihai proje değerleri ile karşılaştırılması büyük önem arz etmektedir. Bakım stratejilerinin uygulanması sayesinde arızaların azaltılması ve bakım giderlerinin en az seviyelere indirilmesi amaçlanmaktadır.

Yapılan bu tez çalışması ile elektrifikasyon sistemleri için bir web tabanlı bakım ve arıza programı geliştirilmiştir. Geliştirilen program sayesinde aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- Elektrifikasyon tesislerine ait rutin bakım formlarının dijital ortama aktarılması,
- Yapılan işlemlerinin takibinin izlenmesi,
- Kullanıcı dostu ara yüz özelliğinin bulunması,
- Raporlama seçenekleri, veri görselleştirme ve analiz araçlarının kullanılabilirliği,
- Çeşitli cihazlarla uyumlu mobil erişim seçeneklerinin olması,
- Yeni özellikler, hata düzeltmeleri ve güvenlik güncellemelerinin yapılabilirliği,
- Kâğıt tasarrufu ve bürokratik işlemlerin azaltılması,
- Zamanın etkin ve verimli olarak kullanılması,

Demiryolu elektrifikasyon sistemleri sürekli gelişmekte olup, yeni ihtiyaçlar doğrultusunda ilave edilecek modüller ile geliştirilen yazılım güncellenebilecektir. Böylece kullanıcıların gelecekteki ihtiyaçlarına cevap verebilecektir.

KAYNAKLAR

- [1] Doğruer Ö., 2019. Demiryolu hatlarında elektrifikasyon sistem tasarımı ve uygulaması. Yüksek Lisans Tezi. Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Kocaeli. 187s
- [2] Elden, B., 2020. “Demiryolu bakım izleme sistemi”, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Eskişehir. 80s
- [3] Taşdan, S.G., 2015 “Yüksek Hızlı Tren Uygulamalarında Elektrik Besleme Sistemlerinin İncelenmesi” , Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Niğde 255s
- [4] Şen, O.S., 2015 “Kentiçi Raylı Sistemlerde Hat Bakımlarının Planlanması, Yönetimi ve Risk Değerlendirmesi” , Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul 145s
- [5] Akçay, M.T., 2018 “Demiryollarında Optimum Elektrifikasyon Sisteminin Tasarımı, Analizi ve Enerji Yönetimi”, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul 116s
- [6] Rainer Puschmann Havai Hat Katener Sistemi Bakım Kitabı Re250 Ankara – Eskişehir
- [7] TCDD Gaziray Elektrifikasyon Sistemleri Katener Bakım Dokümanları
- [8] TCDD Elektrifikasyon Sistemleri Eğitim Dokümanları
- [9] 641 Numaralı Tamim Elektrikli Tren İşletilen Bölgelerde Alınması Gereken Tedbir ile Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar ve Taşıma Belgelerine Yazılacak Uyarılar
- [10] Friedrich, K., Rainer, P., Axel, S., Egid, S., 2009, Contact Lines for Electric Railways: Planning, Design, Implementation and Maintenance, Publicis Publishing, Germany, 2nd Ed., p.31, 661-682, 708, 721-731.
- [11] TCDD Demiryolu Teknik Elemanları EST Eğitim Notları 2022
- [12] TCDD Kayaş Yerköy Yüksek Hızlı Tren Projesi Katener Tesisleri için Sistem Tasarım Uygulamaları ve İncelemeleri Eğitim Dokümanı
- [13] TS EN 50163 standarttı
- [14] TCDD - Başpınar (Dâhil) – Taşlıca (Dâhil) Hat Kesimi (Gaziray) Katener Sistemleri Ve 1 Adet Trafo Merkezinin Bakımlarının Yapılması Ve Arızalarının Giderilmesi İşine Ait Teknik Şartnamesi
- [15] TCDD Elektrifikasyon Sabit Tesisleri Katener Sistemleri Bakım Talimatları
- [16] TCDD Gaziray Elektrifikasyon ve Sinyalizasyon Sistemleri Malzeme Onay Dokümanı
- [17] TCDD Gaziray Elektrifikasyon Sistemleri Malzeme Onay Dokümanı
- [18] <https://www.mehmetevirgen.net/2023/08/17/nedir-bu-api>(Erişim tarihi:28.09.2024)

- [19]<https://www.ideasoft.com.tr/application-programming-interface-nedir>(Erişim tarihi:20.10.2024)
- [20]https://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/EnerjiKesimiVeEmniyet.pdf(Erişim tarihi:25.09.2024)
- [21] TCDD Gaziray Elektrifikasyon Sistemleri Trafo Merkezi Eğitim Notları
- [22]https://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/ScadaProgramlama.pdf(Erişim tarihi:08.06.2024)
- [23] TCDD Gaziray RTU ve Scada Eğitim Notları
- [24]<https://www.simovate.com/blog/kestirimci-bakim-ile-arizalari-onceden-tespit-edin>(Erişim tarihi:25.10.2024)
- [25] Yaman, G., 2014. Titreşim Analizi ile Pompalarda Arıza Tespiti ve Kestirimci Bakım İçin Örnek Bir Çalışma. Tesisat Mühendisliği, Sayı 140, pp. 36-51.
- [26] Karaduman, G., 2020 “Raylı Sistemlerde Bilgisayarlı Görme Ve Nesnelerin İnterneti Kullanılarak Kestirimci Bakım Yöntemlerinin Geliştirilmesi”, Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Elâzığ 139s
- [27] İça, S., 2023 “Demiryollarında Yol Bakım ve Onarım Önceliklerinin Belirlenmesi”, Doktora Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.Eskişehir415s
- [28]TCDD Gaziray Elektrifikasyon Sistemleri Katener Montaj Dokümanları
- [29] TCDD Gaziray Seyir ve Portör Teli Malzeme Onay Dokümanı
- [30]<https://www.trafoservis.com.tr/hizmetler-ve-urunler/yuk-altinda-kademe-degistirici-bakimlari-oltc-bakimlari>(Erişim tarihi:05.08.2024)
- [31] RER670 Mesafe Koruma Rölesi Dokümanı