

**T.C.
BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ**

**KENT İÇİ RAYLI SİSTEMLER (İSTANBUL ULAŞIM)
ELEKTRİK TESİSLER UYGULAMALARI VE
EKONOMİK ANALİZ**

Yüksek Lisans Tezi

GÜRAY MUTLU

İSTANBUL, 2013

**T.C.
BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ**

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

**KENT İÇİ RAYLI SİSTEMLER (İSTANBUL ULAŞIM)
ELEKTRİK TESİSLER UYGULAMALARI VE
EKONOMİK ANALİZ**

Yüksek Lisans Tezi

GÜRAY MUTLU

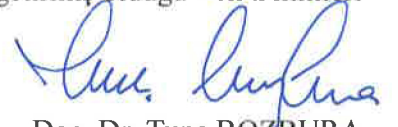
Tez Danışmanı: Dr. Ramazan YÜKSEL

İSTANBUL, 2013

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

Tezin Adı: Kent içi raylı sistemler elektrik tesisler uygulamaları ve ekonomik analiz
Öğrencinin Adı Soyadı: Güray MUTLU
Tez Savunma Tarihi: 4 Haziran 2013

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


Doç. Dr. Tunç BOZBURA
Enstitü Müdürü
İmza

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

Prof. Dr. Mustafa ILICALI
Program Koordinatörü
İmza

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

Jüri Üyeleri

Tez Danışmanı
Dr. Ramazan YÜKSEL

Üye
Prof. Dr. Mustafa ILICALI

Üye
Doç. Dr. Serkan TAPKIN

İmzalar







ÖZET

KENT İÇİ RAYLI SİSTEMLER (İSTANBUL ULAŞIM) ELEKTRİK TESİSLER UYGULAMALARI VE EKONOMİK ANALİZ

Güray Mutlu

Kentsel Sistemler ve Ulaştırma Yönetimi

Tez Danışmanı: Dr. Ramazan Yüksel

Haziran 2013, 131 Sayfa

Kent içi raylı sistemlerde alt yapı dikkate alındığında elektrik tesisleri, büyük önem arz etmektedir. Her geçen gün enerjiye olan talep artmakta ve birim fiyatlar giderek yükselmektedir. Bu nedenle enerji takibi, enerji tüketimini azaltmak için yapılan çalışmalar ve hesaplar dikkat çekmektedir. Buna istinaden, bu tezde raylı sistemlerdeki elektrik tesisler uygulaması ve sistemin ekonomik analizine dair incelemeler yapılmış ve çözüm önerileri sıralanmıştır.

İkinci bölümde, Kent içi raylı sistemlerin İstanbul'daki gelişiminde İstanbul Büyükşehir Belediyesi'ne bağlı Raylı Sistemler Daire Başkanlığı'nın rolü ve katkısı vurgulanmakta ve müdürlüklerin İstanbul'un her iki yakasındaki projelerinden söz edilmektedir. Üçüncü bölümde, kent içi raylı sistemlerin İstanbul'daki işletiminde, İBB iştiraklerinden olan İstanbul Ulaşım A.Ş.'nin rolü ve katkısı vurgulanmakta ve şirketin kapsamından, görevlerinden ve uygulamalarından söz edilmektedir. Dördüncü bölümde, elektrik sistemlerin ve tesislerin incelemesi yapılmıştır. Örnekleme amacıyla; İstanbul'daki raylı sistemlerin içerisinden Başakşehir metrosu seçilmiştir. İlk olarak Başakşehir metro hattının elektrik sistemlerinin genel bileşenleri incelenmiş, sonrasında da özel bileşenlerine indirgenmek suretiyle ayrıntılı olarak inceleme fırsatı bulunmuştur. Beşinci bölümde, elektrik enerjisi sarfiyat değerleri ile yolcu sayıları beraberce analiz edilerek geçmiş yıllarla karşılaştırmalı değerler, grafiklerle verilmiştir. Örnekleme amacıyla; tüm etapların içinde Taksim metrosu ve Taksim-Kabataş *Füniküler* hattı seçilmiştir. Altıncı bölümde, raylı sistemlerde enerjinin optimum kullanımına yönelik uluslararası bir projeden ve bunun İstanbul metrosundaki uygulamalarından bahsedilmektedir.

Sonuç olarak, raylı sistemlerin enerji beslemesinde kullanılan klasik tip kapalı ring sistem ile bu tez çalışmasında tasarlanan sistem, teknik özellikler, ekonomik özellikler ve hizmet özellikleri bakımından karşılaştırılmıştır. Bu bilgilerden bir sonuç çıkarılarak yeni sistemin avantajlı mı yoksa dezavantajlı mı olduğu tespit edilmeye çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Elektrik Tesisleri, Kent İçi Raylı Sistemler, Elektrik Tesisler Uygulamaları, Ekonomik Analiz

ABSTRACT

THE APPLICATIONS OF THE ELECTRICAL SYSTEMS IN URBAN RAIL SYSTEMS (İSTANBUL TRANSPORTATION) AND THE ECONOMICAL ANALYSIS

Güray Mutlu

Urban Systems and Transportation Management

Thesis Supervisor: Dr. Ramazan Yüksel

June 2013, 131 Pages

Electrical systems have a great importance when urban rail systems' infrastructure are taken into consideration. Accordingly, the application of electrical systems and economic analysis conducted on the findings. The demand for energy is increasing with each passing day, and gradually increasing unit prices. For this reason, energy monitoring, calculates and works done to reduce energy consumption are so remarkable. In the second chapter, it is emphasized that Istanbul Metropolitan Municipality Directorate of Rail Systems makes a enormous contribution to the developments in urban rail systems in Istanbul. In this section, the directorate has been mentioned about its projects on both sides of Istanbul. In the third chapter, it is emphasized that Istanbul Transport AG makes a big contribution to Istanbul operation of urban rail system in Istanbul. In this section, the scope of the company is a subsidiary of a municipality. In the fourth chapter, electrical systems were examined. Başakşehir Subway has been selected for the purpose of sampling in all stages. First, the general components of the line and then to the finest detail by a special opportunity to examine the components were found to be reduced. In the fifth chapter, depending on the number of passengers and the values of electrical energy consumption compared with the previous years values are given in time frame. All the stages have been selected for illustration in the Istanbul Railway and Funicular. The sixth chapter discussed the energy-oriented international project. Urban rail systems reduce energy consumption and optimum strategies for the introduction of innovation is important, given that it is important to participate in international projects related to this issue.

In this dissertation, a new design with the classic type of closed ring system; technical characteristics, economic characteristics were compared in terms of features and services. This information is an advantage or disadvantage for the new system to be removed and the result is determined.

Keywords: Electrical Systems, Urban Rail Systems, The Applications of The Electrical Systems, The Economical Analysis

İÇİNDEKİLER

TABLolar	x
ŞEKİLLER	xi
KISALTMALAR	xv
1. GİRİŞ	1
2. KENT İÇİ RAYLI SİSTEMLERİN GELİŞİMİ (İSTANBUL)	2
2.1 AVRUPA YAKASI RAYLI SİSTEMLER MÜDÜRLÜĞÜ (İBB)	2
2.1.1 Çalışmaları	2
2.1.2 Tamamlanmış Projeler	3
2.1.3 Devam Eden Projeler	3
2.2 ANADOLU YAKASI RAYLI SİSTEMLER MÜDÜRLÜĞÜ (İBB)	4
2.2.1 Çalışmaları	4
2.2.2 Tamamlanmış Projeler	4
2.2.3 Devam Eden Projeler	4
2.2.4 İhale Aşamasında Olan Projeler	5
3. RAYLI SİSTEMLERDE ULAŞIMIN İŞLETİLMESİ (İSTANBUL)	7
3.1 TANITIM	7
3.2 TARİHÇE	7
3.3 ORTAKLIK YAPISI	8
3.4 ORGANİZASYON ŞEMASI	10
3.5 FAALİYETLER	11
3.5.1 İşletme	11
3.5.2 Araç Bakım	11
3.5.3 Hat Bakım	12
3.5.4 Elektrik ve Elektronik Tesisler	13
3.5.5 Arge ve Teknoloji	14
3.5.5.1 Yerleştirme projeleri	15
3.5.5.2 Yerli raylı araç üretimi	15
3.5.5.3 Yeni nesil yerli tramvaylar	16
3.5.6 Tesis Bakım Hizmetleri	16
3.5.6.1 Hat ve tesis bakımları	17

3.5.6.2 Elektromekanik ve kontrol sistemleri bakım hizmetleri.....	17
3.6 YOLCU İSTATİSTİKLERİ.....	18
3.6.1 Yıllara Göre Yolcu Sayıları.....	18
3.6.2 Hat Açılışlarına Göre Yolcu Sayıları	18
3.6.3 Hatların Yıllara Göre Yolcu Dağılımları.....	19
3.6.4 Yıllara Göre Yolcu Sayıları (M1 Hattı)	19
3.6.5 Yıllara Göre Yolcu Sayıları (M2 Hattı)	20
3.6.6 Yıllara Göre Yolcu Sayıları (T1 Hattı)	20
3.6.7 Yıllara Göre Yolcu Sayıları (T3 Hattı)	21
3.6.8 Yıllara Göre Yolcu Sayıları (T4 Hattı)	21
3.6.9 Yıllara Göre Yolcu Sayıları (F1 Hattı)	22
3.6.10 Teleferik Hatları Yıllara Göre Yolcu Sayıları	22
3.6.11 Hatlara Göre Yolcu Sayıları (2011 Yılı)	23
4. ELEKTRİK TESİSLERİN İNCELENMESİ (BAŞAKŞEHİR METRO).....	24
4.1 ANA ENERJİ TEMİNİ.....	24
4.2 ORTA GERİLİM RİNG ŞEBEKE DAĞITIM SİSTEMİ.....	25
4.3 JENERATÖRDEN BESLENME.....	26
4.4 İSTASYON ELEKTRİK DAĞITIM SİSTEMİ	27
4.5 CER GÜCÜ DAĞITIMI.....	28
4.6 İSTASYON İÇ İHTİYAÇ YÜKLERİ DAĞITIMI.....	29
4.7 TOPRAKLAMA SİSTEMLERİ:	31
4.8 ELEKTRİK SİSTEMLERİ GENEL BİLEŞENLERİ.....	31
4.8.1 Orta Gerilim Sistemi (34500 Volt AC).....	31
4.8.2 Jeneratör Sistemi	31
4.8.3 Transformatörler	32
4.8.4 Cer Gücü (DC) Dağıtım Sistemi	33
4.8.5 Katener Sistemi (İletken ve Taşıyıcılar)	34
4.8.6 Alçak Gerilim Dağıtım Sistemi (400 Volt AC)	35
4.8.7 UPS Sistemi	36
4.8.8 110V DC Redresörler	36
4.8.9 Topraklama Sistemi.....	36
4.9 ORTA GERİLİM TESİSLERİNİN ÖZEL BİLEŞENLERİ.....	37

4.9.1 Orta Gerilim Hücreleri (36 kV).....	37
4.9.1.1 Ana özellikler	37
4.9.1.2 Montaj ve bakım	39
4.9.1.3 Pano yapısı	39
4.9.2 Orta Gerilim Kesici Bölmesi.....	39
4.9.3 Orta Gerilim Bara Bölmesi.....	40
4.9.4 Orta Gerilim Kablo Bölmesi.....	41
4.9.5 Orta Gerilim Kesicileri (SF6 Gazlı)	41
4.9.6 Orta Gerilim Kesicileri (Vakumlu)	42
4.9.7 Topraklama Ayırıcısı.....	42
4.9.8 Akım ve Gerilim Transformatörleri	43
4.9.9 Koruma, Kontrol ve Ölçü (REF 542 Röle)	44
4.9.10 Hat Diferansiyel Rölesi (SEL 387L).....	45
4.9.10.1 Özellikleri.....	45
4.9.11 Aktif Ark Koruma Sistemleri	46
4.9.12 Standart Güvenlik Kilitlemeleri	47
4.9.13 Transformatörler	47
4.9.13.1 Kuru tip transformatörler.....	47
4.9.13.1.1 <i>Transformatör temel çalışma prensibi</i>	48
4.9.13.1.2 <i>Prensip</i>	48
4.9.13.1.3 <i>Üretim detayları</i>	49
4.9.13.1.4 <i>İzolasyon sistemi</i>	49
4.9.13.1.5 <i>Kayıplar</i>	49
4.9.13.1.6 <i>Kademe değiştirici</i>	51
4.9.13.1.7 <i>Özellikler</i>	51
4.9.13.1.8 <i>Kuru tip transformatör avantajları</i>	52
4.9.13.1.9 <i>Transformatörlerin karşılaştırılması</i>	52
4.9.13.2 Yağlı tip transformatörler	52
4.9.13.2.1 <i>Temel çalışma prensibi</i>	53
4.9.13.2.2 <i>Sargular</i>	53
4.9.13.2.3 <i>Yalıtım ve yağ sirkülasyonu</i>	54
4.9.13.2.4 <i>Çekirdek (nüve)</i>	54

4.9.13.2.5 Buşingler	55
4.9.13.2.6 Sargı bağlantı çeşitleri	56
4.9.13.2.7 Trafo kademe değiştirici şalterleri	57
4.9.13.2.8 Soğutma ekipmanları	57
4.9.13.2.9 Nem alıcı/kurutucu	58
4.9.13.2.10 Yağ seviye göstergesi	58
4.9.13.2.11 Bucholz rölesi	59
4.9.13.2.12 Yağ sargı sıcaklık göstergesi	60
4.9.13.2.13 Basınç emniyet valfi	60
4.9.13.2.14 Yağ akış rölesi (surge relay)	61
4.9.13.2.15 Transformatör izolasyon yağı	61
4.9.14 Sıcaklık Kontrol Rölesi (TMD-T4).....	61
4.9.15 Fan Kontrol Rölesi (VRT-200)	62
4.9.16 Soğutma Fanları.....	62
4.10 DC TREN CER GÜCÜ TESİSLERİNİN ÖZEL BİLEŞENLERİ	63
4.10.1 Genel Prensip	63
4.10.2 Doğrultucu Hücresi.....	64
4.10.3 Güç Devresi	65
4.10.4 Diyotlar	66
4.10.5 Doğrultucu Sönümlleme (Filtre) Devresi.....	67
4.10.6 Negatif Geri Dönüş Hücresi	68
4.10.7 Giriş Hücresi	69
4.10.8 Hat Besleme Hücresi.....	70
4.10.9 DC Yüksek Hızlı Devre Kesici (Gerapid Tipi).....	71
4.10.9.1 Cebri açtırma serbest bırakması	72
4.10.9.2 OCT Serbest bırakması	73
4.10.9.3 ED Açtırma cihazı	74
4.10.9.4 Açtırma cihazı (a-, r-)	74
4.11 ALÇAK GERİLİM TESİSLERİNİN ÖZEL BİLEŞENLERİ.....	75
4.11.1 Uygulanan Pano Tiplerinin Tanıtılması	75
4.11.1.1 ArTu ve SR serilerine bakış (ABB)	75
4.11.1.2 Uygulanmış AG ana ve tali dağıtım panolarının genel bilgileri	76

4.11.2 Uygulanan Şalterlerin Tanıtılması.....	77
4.11.2.1 Kullanılan açık tip şalterlerin genel özellikleri	77
4.11.2.2 Kullanılan kompakt tip şalterlerin genel özellikleri	79
4.11.2.3 Koruma fonksiyonları ve açtırma eğrileri	80
4.11.3 Uygulama Projelerinin Tanıtılması.....	81
4.11.3.1 Ana dağıtım panoların kumanda mantığı	81
4.11.3.2 Tali panoların kumanda mantığı.....	84
5. ENERJİ MALİYETLERİNİN ANALİZİ (TAKSİM METROSU).....	85
6. KENT İÇİ RAYLI SİSTEMLERDE OSIRIS UYGULAMALARI	93
6.1 GENEL	93
6.2 PROJEDEN FAYDALANACAK OLAN KATILIMCILAR.....	94
6.3 HEDEFLER	94
6.4 FAYDALAR.....	95
6.5 BEKLENEN SONUÇLAR	96
6.6 PROJENİN GENEL YAPISI	96
6.7 İSTANBUL ULAŞIM SORUMLULUĞUNDAKİ İŞ PAKETİ (WP5).....	97
6.7.1 Amaç	97
6.7.2 İş Paketinin Tanımı ve Katılımcıların Rollerini.....	98
6.7.3 Wp5 Kapsamında Verilecek Olan Teslimatlar	99
6.8 ENERJİ TAHMİN MODELİ.....	100
6.9 YOLCU TAHMİN MODELİ	104
7. ORTA GERİLİM SİSTEMLERİNİN REVİZE TASARIMI ANALİZİ.....	106
7.1 KLASİK TİP ORTA GERİLİM KAPALI RİNG SİSTEMİ	106
7.2 YENİ TASARIM ORTA GERİLİM SİSTEMİ.....	108
8. SONUÇ.....	109
KAYNAKÇA	113
ÖZGEÇMİŞ.....	116

TABLULAR

Tablo 3. 1: İstanbul Ulaşım AŞ'nin tarihçesi.....	7
Tablo 3. 2: İstanbul Ulaşım AŞ'nin hissedarları ve hisse dağılımı.....	9
Tablo 4. 1: Hat diferansiyel röle ön panel LCD ekran ledlerinin tanımları	46
Tablo 4. 2: Transformator termal sınıflandırması	49
Tablo 4. 3: Transformatorlerin bakım periyotları	51
Tablo 6. 1: Osiris katılımcıları	94
Tablo 6. 2: Bahçelievler istasyonu enerji analizör bilgileri	100
Tablo 6. 3: Bahçelievler istasyonu Y. merdiven güç-yolcu tablosu	101
Tablo 6. 4: Bahçelievler istasyonu Y.M. aşağı-yukarı güç-zaman tablosu.....	102
Tablo 6. 5: Bahçelievler istasyonu giren yolcu sayısı.....	104
Tablo 6. 6: Bahçelievler ve Merter istasyonları çıkan yolcu sayısı	105
Tablo 8. 1: Cer odası maliyet tablosu.....	109

ŞEKİLLER

Şekil 2. 1: Üsküdar-Ümraniye-Çekmeköy metrosu hat haritası	5
Şekil 2. 2: Kartal-Kaynarca arası metro hat haritası	5
Şekil 3. 1: İstanbul Ulaşım AŞ'nin organizasyon şeması	10
Şekil 3. 2: Elektrik ve elektronik iş kapsamında yapılan çalışmalar.....	14
Şekil 3. 3: Yerli tren üretimi (RTE 2000/RTE 2009).....	15
Şekil 3. 4: Yeni nesil yerli tramvay.....	16
Şekil 3. 5: Yıllara göre yolcu sayıları (1989-2011).....	18
Şekil 3. 6: Hat açılışlarına göre yolcu sayıları (1988-2011)	18
Şekil 3. 7: Hatların yıllara göre yolcu dağılımları (1989-2011).....	19
Şekil 3. 8: Yıllara göre yolcu sayıları (M1 hattı)	19
Şekil 3. 9: Yıllara göre yolcu sayıları (M2 hattı)	20
Şekil 3. 10: Yıllara göre yolcu sayıları (T1 hattı)	20
Şekil 3. 11: Yıllara göre yolcu sayıları (T3 hattı)	21
Şekil 3. 12: Yıllara göre yolcu sayıları (T4 hattı)	21
Şekil 3. 13: Yıllara göre yolcu sayıları (F1 hattı)	22
Şekil 3. 14: Teleferik hatları yıllara göre yolcu sayıları (2000-2011).....	22
Şekil 3. 15: Hatlara göre yolcu sayıları (2011)	23
Şekil 4. 1: Orta gerilim kapalı ring dağıtım sistemi.....	24
Şekil 4. 2: Başakşehir metrosu orta gerilim tek hat diyagramı	26
Şekil 4. 3: Elektrik enerjisi dağıtım süreçleri.....	27
Şekil 4. 4: Elektrik sistemleri prensip şeması	28
Şekil 4. 5: İkitelli Sanayi istasyonu orta gerilim pano grubu.....	32
Şekil 4. 6: İstoç istasyonu cer ve iç ihtiyaç transformatörleri	32
Şekil 4. 7: Başakkontları-4 (Metrokent) istasyonu cer gücü pano grubu.....	33
Şekil 4. 8: Metrokent istasyonu motorlu ayırıcı ve cer negatif koruma panoları.....	33
Şekil 4. 9: Rijit ve açık hat (konvansiyonel) katener sistemleri.....	34
Şekil 4. 10: İkitelli Sanayi istasyonu alçak gerilim ana ve tali dağıtım panoları.....	35
Şekil 4. 11: Kesintisiz güç kaynağı (UPS) ve aküsü.....	36
Şekil 4. 12: Ziya Gökalp istasyonu 110 VDC redresör ve aküsü.....	36
Şekil 4. 13: Orta gerilim hücresi (36 kV).....	37

Şekil 4. 14: Orta gerilim hücresinin iç görünümü.....	38
Şekil 4. 15: Orta gerilim hücresinin ark koruma gösterimi.....	38
Şekil 4. 16: Orta gerilim hücresinin erişim bölgeleri.....	39
Şekil 4. 17: Orta gerilim hücresinin açılan/kapanan metalik klapeleri	40
Şekil 4. 18: Orta gerilim hücresinin bara bölmesi.....	40
Şekil 4. 19: Orta gerilim hücresinin kablo bölmesi.....	41
Şekil 4. 20: Orta gerilim kesicisi (SF6 gazlı).....	42
Şekil 4. 21: Orta gerilim kesicisi (Vakumlu)	42
Şekil 4. 22: Hücre topraklama ayırıcısı ve gözetleme penceresi	43
Şekil 4. 23: Akım transformatörleri (farklı tipte).....	43
Şekil 4. 24: Gerilim transformatörü (çekmeceli tip)	44
Şekil 4. 25: REF 542 rölesi	44
Şekil 4. 26: Hat diferansiyel röle ve bağlantı şekli	45
Şekil 4. 27: SEL-387L Durum-trip ledleri, ön panel LCD ekranı ve butonları	46
Şekil 4. 28: Orta gerilim hücrelerinin ark koruma sensörleri.....	47
Şekil 4. 29: Kuru tip transformatörün görünüşü.....	47
Şekil 4. 30: Transformatörde gerilim indüklenmesi	48
Şekil 4. 31: Transformatörün prensibi	48
Şekil 4. 32: Yağlı tip transformatörlerde ısının açığa çıkış biçimi	48
Şekil 4. 33: Kuru tip transformatörlerde ısının açığa çıkış biçimi	49
Şekil 4. 34: Her iki tip transformatörün nüve mesafeleri.....	50
Şekil 4. 35: Transformatör kademe değiştiricileri.....	51
Şekil 4. 36: Yağlı tip transformatörün görünüşü.....	52
Şekil 4. 37: Yağlı tip transformatörün çalışma prensibi	53
Şekil 4. 38: Transformatör sargı tipleri	53
Şekil 4. 39: Yağlı tip transformatör yalıtım ve yağ sirkülasyonu	54
Şekil 4. 40: Diskler arası yalıtım ve yağ sirkülasyonu.....	54
Şekil 4. 41: Transformatör nüve saçı	55
Şekil 4. 42: Transformatör giriş/çıkış değerleri	55
Şekil 4. 43: Transformatör buşingleri	56
Şekil 4. 44: Transformatör yıldız ve üçgen sargı bağlantısı	56
Şekil 4. 45: Kademe değiştirici şalterler	57

Şekil 4. 46: Soğutma ekipmanları	58
Şekil 4. 47: Nem alıcı/kurutucu	58
Şekil 4. 48: Yağ seviye göstergesi	59
Şekil 4. 49: Bucholz rölesi	59
Şekil 4. 50: Yağ sargı sıcaklık göstergesi	60
Şekil 4. 51: Basınç emniyet valfi	60
Şekil 4. 52: Yağ akış rölesi	61
Şekil 4. 53: Transformator sıcaklık kontrol rölesi	62
Şekil 4. 54: Transformator fan kontrol rölesi	62
Şekil 4. 55: Soğutma fanları	62
Şekil 4. 56: Doğrultucu ve Negatif geri dönüş hücresi	63
Şekil 4. 57: Giriş ve Hat besleme hücresi	63
Şekil 4. 58: Doğrultucu hücre (ön ve yan görünüş)	64
Şekil 4. 59: Güç bloğu devre şeması ve teknik çizimleri	65
Şekil 4. 60: Güç bloğunun ayrıntıları	66
Şekil 4. 61: Güç bloğunda kullanılan diyotlar	66
Şekil 4. 62: Doğrultucu filtre devresi	67
Şekil 4. 63: Negatif geri dönüş hücresi (ön ve yan görünüm)	68
Şekil 4. 64: Giriş hücresi (ön ve sağ yandan görünüm)	69
Şekil 4. 65: Hat besleme hücresi (ön ve yandan görünüm)	70
Şekil 4. 66: Gerapid tipi DC devre kesici	71
Şekil 4. 67: DC devre kesicinin iç görünümü	72
Şekil 4. 68: DC Kesici Mekanizması cebri açtırması	72
Şekil 4. 69: Mekanizmanın yandan görünümü	73
Şekil 4. 70: Açtırma tipleri	73
Şekil 4. 71: OCT elemanı	74
Şekil 4. 72: ED açtırma elemanı	74
Şekil 4. 73: a-,r- açtırma cihazı	74
Şekil 4. 74: ArTu ve SR serisi alçak gerilim panoları	75
Şekil 4. 75: Alçak gerilim panosu bara bağlantı şekli	75
Şekil 4. 76: Açık tip şalterin iç görünümü	78
Şekil 4. 77: Açık tip şalterin ön görünümü	78

Şekil 4. 78: Açtırma ünitesi dip switchleri.....	79
Şekil 4. 79: Koruma fonksiyon ve parametreleri	80
Şekil 4. 80: Alçak gerilim ana dağıtım tek hat diyagramı.....	83
Şekil 5. 1: Aylık metro-füniküler yolcu sayısı (2012)	85
Şekil 5. 2: Aylık metro-füniküler enerji tüketimi (2012).....	85
Şekil 5. 3: Aylık ortalama yolcu başına elektrik enerjisi tüketimi (2012)	86
Şekil 5. 4: 2012 Aylık ortalama yolcu başına elektrik enerjisi tüketimi (MATLAB)	87
Şekil 5. 5: Yıllara Göre Aylık yolcu sayısındaki değişim (2001-2012).....	88
Şekil 5. 6: Yıllara göre Aylık ortalama enerji tüketimindeki değişim (2001-2012)	89
Şekil 5. 7: Yıllık bazda Yolcu başına ortalama enerji tüketimi (2001-2012)	89
Şekil 5. 8: 2001-2012 Yolcu başına ortalama enerji tüketimi (MATLAB)	90
Şekil 5. 9: Yolcu sayısı değişimi/Enerji tüketimi (kıyaslamalı)	91
Şekil 6. 1: Osiris projesi genel organizasyon yapısı	96
Şekil 6. 2: Bahçelievler istasyonu yukarı yönlü Y.M-4'ün güç-yolcu grafiği.....	103
Şekil 7. 1: Klasik tip OG ring sisteminin kapalı gösterimi	106
Şekil 7. 2: Klasik tip OG ring sisteminin açık gösterimi (İstoç istasyonu).....	107
Şekil 7. 3: Yeni tasarım orta gerilim dağıtım tesisi (Üsküdar-Ümraniye hattı).....	108

KISALTMALAR

AC	:	Alternatif Akım
ADP	:	Ana Dağıtım Panosu
AF	:	Cebri Soğutma
AG	:	Alçak Gerilim
AN	:	Doğal Soğutma
AP	:	Aydınlatma/Priz Panosu
BBR	:	Balfour Beatty Rail
BEDAŞ	:	Boğaziçi Elektrik Dağıtım A.Ş.
CCTV	:	Kapalı Devre Televizyon Sistemi
DC	:	Doğru Akım
ECS	:	Environment Control System
IP	:	Uluslararası Koruma Derecesi
İBB	:	İstanbul Büyükşehir Belediyesi
İUAŞ	:	İstanbul Ulaşım Sanayi ve Ticaret A.Ş.
KGKDT	:	Acil Dağıtım Panosu
LRT	:	Hafif Raylı Sistem
OFF	:	Devre Dışı Bırakma
OG	:	Orta Gerilim
ON	:	Devreye Alma
RTE	:	Railway Transport Edition
RTU	:	Remote Terminal Unit
SCADA	:	Uzaktan Kontrol ve İzleme Sistemi
TAP-E	:	Tünel Acil Aydınlatma Panosu
TBM	:	Tünel Açma Makinası
TEDAŞ	:	Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş.
TEİAŞ	:	Türkiye Elektrik İletim A.Ş.
TMA	:	Termik Manyetik Açtırma
UPS	:	Kesintisiz Güç Kaynağı
YG	:	Yüksek Gerilim
WP	:	Work Package

1. GİRİŞ

Dünya politikalarını belirleyen temel konulardan birisi enerjidir. Ülkelerin gelişmişlik düzeyi, kişi başına düşen yıllık enerji tüketim miktarı ile belirlenmektedir. Geçtiğimiz yüzyıl (20. yy) içerisinde dünya nüfusu dört kat artarken enerji tüketimi ise dokuz kat artmıştır. Elektrik enerjisi ise toplumların ekonomik, sosyal ve kültürel yönlerden kalkınmasını sağlayan önemli araçlardan biridir. Gün geçtikçe artan elektrik enerjisi ihtiyacının sağlıklı bir şekilde karşılanması; enerjinin üretilmesi, iletilmesi, dağıtılması ve bunlarla ilgili tesislerde kaliteli ve teknolojik cihazların kullanılmasına, doğru planlanma ve projelendirme yapılmasına ve söz konusu tesislerin güvenilir bir şekilde işletilmesine bağlıdır. Kent içi raylı sistemlerde de alt yapı dikkate alındığında ekonomik sarfiyat analizi için elektrik tesisleri, büyük önem arz etmektedir. Buna istinaden bu tezde elektrik sistemler uygulaması ve ekonomik analize dair tespitler yapılmıştır. Enerji takibi, enerji tüketimini azaltmak için yapılan çalışmalar ve hesaplar dikkat çekmektedir.

İkinci bölümde, Kent içi raylı sistemlerin İstanbul'daki gelişimde İstanbul Büyükşehir Belediyesi Raylı Sistemler Daire Başkanlığı'nın rolü ve katkısı vurgulanmaktadır. Bu bölümde, müdürlüğün İstanbul'un her iki yakasındaki projelerinden söz edilmiştir. Üçüncü bölümde, Kent içi raylı sistemlerin İstanbul'daki işletiminde, İstanbul Ulaşım AŞ'nin rolü ve katkısı vurgulanmaktadır. Bu bölümde, bir belediye iştiraki olan şirketin kapsamından söz edilmiştir. Dördüncü bölümde, elektrik sistemlerin incelemesi yapılmıştır. Tüm raylı sistem etaplarının içinde Başakşehir metrosu, örnekleme amacıyla seçilmiştir. Önce hattın genel bileşenleri sonra da özel bileşenlerine indirgenmek suretiyle en ince ayrıntısına kadar inceleme fırsatı bulunmuştur.

Beşinci bölümde, yolcu sayıları ve buna bağlı elektrik enerjisi sarfiyat değerleri ile geçmiş yıllarla karşılaştırmalı değerler, grafiklerde verilmiştir. Tüm raylı sistem etaplarının içinde Taksim Metrosu ve *Füniküler* örnekleme amacıyla seçilmiştir. Altıncı bölümde, söz konusu enerji odaklı uluslararası projeden bahsedilmiştir. Raylı sistemlerde enerjinin optimum kullanımına yönelik enerji odaklı uluslararası bir projeden ve bunun İstanbul metrosundaki uygulamalarından bahsedilmektedir. Kent içi raylı sistemlerde enerji tüketiminin azaltılması ve yenilik getirilmesi için optimum stratejilerin önemli olduğu dikkate alınırsa bu konuyla ilgili uluslararası projelere katılmanın öneminden bahsedilmiştir.

Sonuç olarak, raylı sistemlerin enerji beslemesinde kullanılan klasik tip kapalı ring sistem ile bu tez çalışmasında tasarlanan sistem, teknik özellikler, ekonomik özellikler ve hizmet özellikleri bakımından karşılaştırılmıştır.

2. KENT İÇİ RAYLI SİSTEMLERİN GELİŞİMİ (İSTANBUL)

Dünyanın en kalabalık şehirleri arasında yer alan İstanbul'da ulaşım probleminin çözümü için toplu taşımaya ağırlık verilmesi gerektiği ve raylı sistemlerin yaygınlaştırılması hususu, İBB tarafından temel amaç edinilmiştir.

Kent içi raylı sistemlerin İstanbul'daki gelişimde İstanbul Büyükşehir Belediyesi Raylı Sistemler Daire Başkanlığı ön plana çıkmakta olup bu bölümde, başkanlığın İstanbul'un her iki yakasındaki planladığı ve uyguladığı projelerinden söz edilmektedir.

Raylı Sistem Müdürlüğü, İstanbul Büyükşehir Belediyesinin 13.01.2012 tarih ve 183 sayılı Belediye Meclis kararıyla; Avrupa Yakası ve Anadolu Yakası Raylı Sistem Müdürlüğü olarak ayrılmıştır. Müdürlük; görev, yetki ve sorumluluk alanlarında metro ulaşım faaliyetlerini yürütmektedir.

2.1 AVRUPA YAKASI RAYLI SİSTEMLER MÜDÜRLÜĞÜ (İBB)

2.1.1 Çalışmaları

Hizmet vermeye devam eden 102,7 km (tek yön) olan raylı sistem hattının uzunluğunu artırmak amacıyla yeni projelere ağırlık verilmiş olup Kadıköy-Kartal hattının da devreye girmesi ile beraber bu uzunluk 120 km'yi (Ağustos 2012) bulmuştur. Hâlihazırda banliyö hattı (72 km) ile birlikte İstanbul'da toplam 192 km raylı sistem mevcuttur.

İstanbul Büyükşehir Belediyesi, İstanbul'daki raylı sistem ağını, Raylı Sistemler Daire Başkanlığı Master Planı 2023'e göre 640 km'nin üzerine çıkarmayı hedeflemektedir. Bu amaca yönelik olarak çalışmalar tüm hızıyla sürdürülmektedir.

Bu çalışmalar sonucunda metro hatları ile İstanbul, 320 km'ye yaklaşan bir raylı sistem ağına sahip olacaktır. Bu ağ, sistemin ana omurgası anlamına gelmektedir. (2023 yılına kadar). İkinci 320 km ise ana raylı sistem hatlarını daha etkin hale getirecek, ana sistemle bütünleşmiş ilave tali sistemler olacaktır. Bunlar; daha düşük kapasiteli metrolar, hafif metrolar, tramvaylar, monoray, hava raylar, *füniküler* ve diğer basit sistemlerdir. Ana gövde olan 320 km'nin tamamının hizmete girmesi, nispeten daha

düşük yatırım bütçesi gerektiren ve tali hatlardan oluşan ikinci 320 km'yi finanse edilebilir hale getirecektir.

2.1.2 Tamamlanmış Projeler

Avrupa Yakası Raylı Sistemler Müdürlüğü tarafından 1989'dan 2011 yılına kadar hizmete alınan hatların toplam uzunluğu 49,9 km'dir.

- a. 20,3 km'lik Aksaray-Havalimanı hafif metro hattı, (18.03.1989)
 - b. 3,9 km'lik Topkapı-Zeytinburnu cadde tramvayı, (13.06.1992)
 - c. 8,5 km'lik Taksim-4.Levent metro hattı, (16.09.2000)
 - d. 0,64 km'lik Taksim-Kabataş *füniküler* sistemi, (29.06.2006)
 - e. 5,12 km'lik Zeytinburnu-Güngören-Bağcılar cadde tramvayı, (14.09.2006)
 - f. 6,77 km'lik 4.Levent-Darüşşafaka metro hattı, (02.09.2010)
 - g. 1,65 km'lik Taksim-Şişhane metro hattı, (31.01.2009)
 - h. 1,67 km'lik Sanayi-Seyrantepe metro hattı, (11.11.2010)
 - i. 1,35 km'lik Darüşşafaka-Hacı Osman metro hattı, (09.07.2011)
- 4.Levent – Hacı Osman metro güzergahı: En son Hacı Osman istasyonu 23.05.2011 tarihinde yolculu işletmeye alınmış olup, 09.07.2011 tarihinde resmi açılışı yapılmıştır.

2.1.3 Devam Eden Projeler

Halen inşaatı devam eden hatların toplam uzunluğu ise 25,85 km'dir.

- a. 21,6 km'lik Otogar-Bağcılar-Kirazlı-Başakşehir-Olimpiyatköyü metro hattı.
- b. 3,55 km'lik Şişhane-Yenikapı metro hattı, (İnşaatı devam ediyor)
- c. 0,7 km'lik Aksaray-Yenikapı hafif metro bağlantı hattı, (İnşaatı devam ediyor)

a. Otogar- Bağcılar-Kirazlı-Başakşehir-Olimpiyatköyü metro hattı:

2013 yılı Haziran ayı sonunda Bağcılar İstasyonu dâhil tüm hat, tamamlanıp güvenlik testleri sonucuna göre duyurulacak tarihte hattın hizmete açılması planlanmaktadır.

b. Şişhane-Yenikapı arası metro hattı:

Bu kısım da 2005 yılı Mayıs ayından beri Yenikapı istasyon alanında başlatılan arkeolojik kazıların tamamlanması kritik aktivite durumundadır. Bu alandaki kazı, İstanbul Arkeoloji ve Müzeleri Müdürlüğü yönetiminde, kültür tabakasının biteceği

derinliğe kadar sürdürülmüştür. Haliç metro geçiş köprüsü (936 metre) inşaatı da devam etmektedir. (Azap kapı viyadüğü + çelik köprü + mobil köprü + Unkapanı viyadüğü)

250 metre genişliğe sahip istasyon kazı alanının 90. metresinde arkeolojik kazı tamamlanmıştır. Unkapanı'ndan Yenikapı'ya kadar tünelleri tamamlanmış olan bu hattın en büyük istasyonu olan Yenikapı istasyonunda tüm arkeolojik kazıların tamamlanması durumunda hattın 2014 yılında hizmete alınması öngörülebilecektir.

c. Aksaray-Yenikapı arası metro hattı:

Hafif metro bağlantısı Yenikapı'daki arkeolojik kazının durumuna endeksli olduğundan, yukarıdaki şartlar ve öngörüler bu iş kısmı için de geçerlidir.

2.2 ANADOLU YAKASI RAYLI SİSTEMLER MÜDÜRLÜĞÜ (İBB)

2.2.1 Çalışmaları

İnşaatı devam eden 20 km raylı sistem ile birlikte, halen ihale aşamasında olan toplam uzunluğu 4,5 km'lik yeni Metro hattı mevcuttur.

Müdürlük tarafından yapılmakta olan raylı sistem hattı toplam uzunluğu 24,5 km.

a. İnşaatı devam eden raylı sistem hattı,

20 km'lik Üsküdar-Ümraniye-Çekmeköy metro hattı inşaatının işleri yürütülmektedir.

b. İhale aşamasında olan raylı sistem hattı,

4,5 km'lik Kartal-Kaynarca metro hattı inşaat işleri

2.2.2 Tamamlanmış Projeler

21,7 km'lik Kadıköy-Kartal metro hattı, (17.08.2012)

2.2.3 Devam Eden Projeler

Üsküdar-Ümraniye-Çekme köy metrosu inşaat ve elektromekanik işleri:

Bu etabın tüm bilgileri aşağıda verilmiştir. Hat haritası, Şekil 2.1'de verilmiştir.

Şekil 2. 1: Üsküdar-Ümraniye-Çekmeköy metrosu hat haritası



Kaynak: İBB Raylı Sistemler Müdürlüğü internet sitesi, Ocak 2013.

Öngörülen İş Bitim Tarihi: 30.05.2015

2.2.4 İhale Aşamasında Olan Projeler

Kartal-Kaynarca arası metro inşaatı: Kadıköy-Kartal metro hattı, Kaynarca istikametine doğru uzatılması kararı alınmıştır. Kartal-Kaynarca arası yaklaşık 4,5 km'dir. Bu hat üzerinde Yakacık istasyonu, Pendik istasyonu ve Kaynarca istasyonu yer almaktadır. Kaynarca istasyonu ile Sabiha Gökçen Havalimanı arası bağlantı hattı, Ulaştırma Bakanlığı DLH Genel Müdürlüğü tarafından projelendirilmektedir. Metro hattı, DLH Genel Müdürlüğüne projelendirilen hatla Kaynarca istasyonunda yolcu geçişi entegrasyonu sağlanacak şekilde planlanmıştır. İstasyon yapıları, D-100 karayolu güzergâhında yaklaşık 1,5 km aralıklı mesafelerde ve D-100 karayolunun paralelinde inşa edilecektir. Hat haritası, Şekil 2.2'de verilmiştir.

Şekil 2. 2: Kartal-Kaynarca arası metro hat haritası



Kaynak: İBB Raylı Sistemler Müdürlüğü internet sitesi, Ocak 2013.

Bu hattın tünellerini açmak için Kartal'dan 2 adet TBM makinesi ile kazı başlatılmış tünellere alınmış, bu TBM'lerle Kartal-Kaynarca arası tünel kısmının yaklaşık yüzde 95'i açılmıştır. Geri kalan kısmın klasik kazı yöntemi ile ve ihale aşamasında olan Kartal-Kaynarca Metrosu İnşaatı ve Elektromekanik Sistemler temin, montaj ve işletmeye alma işleri kapsamında açılması planlanmaktadır.

Üsküdar-Ümraniye-Çekmeköy raylı ulaşım toplu taşıma sistemi 126 adet metro aracı temini ve işletmeye alma işi ihale aşamasındadır.

3. RAYLI SİSTEMLERDE ULAŞIMIN İŞLETİLMESİ (İSTANBUL)

Kent içi raylı sistemlerin İstanbul'daki işletiminden, İBB'nin iştirak şirketlerinden olan İstanbul Ulaşım A.Ş. sorumludur. Bu bölümde, İstanbul Ulaşım A.Ş'nin kapsamından söz edilmektedir.

3.1 TANITIM

İstanbul Ulaşım A.Ş. İstanbul'daki mevcut tramvay, metro, hafif metro, *füniküler* ve teleferik hatlarının işletmeciliğini yapan, İstanbul Büyükşehir Belediyesi'ne ait bir şirkettir.

İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından İstanbul'da kent içi raylı sistemlerin işletmeciliğini yapmak üzere kurulan İstanbul Ulaşım A.Ş. toplam 121,7 km uzunluğundaki 7 kent içi raylı sistem hattının işletmeciliğini yapmaktadır. İşletmeciliğini yaptığı Zeytinburnu-Kabataş tramvay hattı Uluslararası Toplu Taşımacılar Birliği tarafından yüksek yolcu talebini karşılama alanında, dünyada en iyi uygulama olarak seçilmiştir ve bu hatta her gün 1.100.000'in üzerinde yolcuya hizmet vermektedir.

İstanbul'da giderek ivme kazanan raylı sistem yatırımlarının tamamlanmasıyla birlikte kısa zamanda çok daha fazla sayıda yolcuya hizmet verecek olan Ulaşım A.Ş. 2005 yılında imzaladığı Uluslararası Toplu Taşımacılar Birliği Sürdürülebilir Gelişme Beyannamesi ile sürdürülebilir gelişme alanındaki taahhüdünü de ortaya koymuştur.

3.2 TARİHÇE

İstanbul Ulaşım AŞ'nin gelişimi, Tablo 3.1'de verilmiştir.

Tablo 3. 1: İstanbul Ulaşım AŞ'nin tarihçesi

16.08.1988	İstanbul Ulaşım A.Ş. kuruldu.
18.03.1989	Aksaray-Atatürk Havalimanı hafif metro hattının ilk aşaması hizmete açıldı.

13.06.1992	Zeytinburnu-Kabataş tramvay hattının ilk aşaması olan Topkapı-Sirkeci arası tamamlandı.
11.04.1993	Maçka-Taşkışla teleferik hattı hizmete açıldı.
10.03.1994	Zeytinburnu-Kabataş tramvay hattının ikinci aşaması olan Topkapı-Zeytinburnu arası hizmete alındı.
20.04.1996	Tramvay Sirkeci-Eminönü bağlantısı yapıldı.
16.09.2000	Taksim-4.Levent metrosu hizmete açıldı.
20.12.2002	Aksaray-Atatürk Havalimanı hafif metro hattı havalimanı bağlantısı açıldı.
01.11.2003	Kadıköy-Moda tramvay hattı hizmete açıldı.
30.01.2005	Eminönü-Fındıklı tramvay hattı hizmete açıldı.
29.05.2005	Otogar-Bağcılar hafif metro hattının temeli atıldı.
31.11.2005	Eyüp-Pierre Loti teleferiği hizmete açıldı.
29.06.2006	Taksim - Kabataş <i>füniküleri</i> hizmete açıldı.
29.06.2006	Zeytinburnu - Fındıklı tramvay hattı Kabataş bağlantısı açıldı.
14.09.2006	Güngören - Bağcılar tramvay hattı açıldı.
17.09.2007	Sultançiftliği-Edirnekapı tramvay hattı açıldı.
31.01.2009	M2 hattının kuzeyinde Atatürk Oto Sanayi ve güneyinde Şişhane uzantıları, hizmet vermeye başladı.
18.03.2009	T4 hattı Edirnekapı-Topkapı uzantısı hizmete açıldı.
02.09.2010	M2 hattı Darüşşafaka istasyonu hizmete açıldı.
11.11.2010	M2 hattı Seyrantepe istasyonu hizmete açıldı.
03.02.2011	T1 ve T2 hatları birleştirildi.
09.07.2011	M2 hattı Hacı Osman istasyonu hizmete açıldı.
17.08.2012	Kadıköy-Kartal metro hattı hizmete açıldı.

Kaynak: İstanbul Ulaşım A.Ş. internet sitesi, Ocak 2013.

3.3 ORTAKLIK YAPISI

İstanbul Ulaşım Sanayi ve Ticaret A.Ş. 1988 yılında Türkiye'de kurulmuştur. Şirket'in ana faaliyet konusu; raylı sistemler şehir içi yolcu taşımacılığı yapmaktır. 31 Aralık 2011 tarihi itibarıyla şirketin hissedarları ve hisse dağılımı Tablo 3.2'deki gibidir:

Tablo 3. 2: İstanbul Ulaşım AŞ'nin hissedarları ve hisse dağılımı

Ortaklar	Değer (TL)	%
İstanbul Büyükşehir Belediyesi	224.525.025	99,7889
İETT Genel Müdürlüğü	395.192	0,1756
İspark İstanbul Otopark İşletmeleri Tic. A.Ş	70.756	0,0314
İsbak A.Ş	8.831	0,0039
İSTEK Servis Eğitim Ticaret Anonim Şirketi	196	0,0001
TOPLAM	225.000.000	100,00

Kaynak: İstanbul Ulaşım A.Ş. internet sitesi, Ocak 2013.

Tablo 3.3'de görüldüğü gibi şirketin 31.12.2011 tarihi itibariye İştirakler ve Bağlı Menkul Kıymetleri gösterilmiştir:

Tablo 3. 3: İBB iştirakleri ve bağlı menkul kıymetleri durumu

İştirak Adı	Sermaye (TL)	İştirak Payımız (TL)	İştirak Oranı%
İstaç A.Ş	58.000.000	751.854	1,30
Ağaç A.Ş	8.838.750	294.626	3,33
İstanbul Enerji A.Ş	4.350.000	565.738	13,01
Sağlık A.Ş	41.500.000	8.300.000	20,00
İstanbul Otobüs İşletmeciliği A.Ş	10.000.000	500.000	5,00
İstanbul Şehir Hatları Turizm San. Ve Tic. A.Ş	25.000.000	500.000	2,00
TOPLAM	147.688.750	10.912.218	

Kaynak: İstanbul Ulaşım A.Ş. internet sitesi, Ocak 2013.

3.5 FAALİYETLER

İstanbul Ulaşım, İstanbul'daki kent içi raylı sistemlerin işletmeciliğinin yanı sıra metro ve tramvay araçlarının bakım ve onarımını, istasyon ve hatların bakım ve onarımı ve elektrik ve elektronik sistemlerin bakım ve onarımlarını yapmaktadır.

Bu faaliyetlerinin yanında İstanbul Ulaşım, gerek İstanbul'un gelecek metro projeleri, gerekse yurt içi ve yurtdışındaki toplu taşıma projeleri için mühendislik ve müşavirlik hizmetleri vermektedir.

3.5.1 İşletme

Ulaşım A.Ş bünyesindeki işletmelerde, yolcu taşımak, gün içindeki yolcu yoğunluğuna uygun olarak sefer tarifelerini hazırlamak, modernizasyon çalışmalarını tespit ederek ilgili birimlere iletmek, yolcunun turnikelerden ücretli alana girişinden ücretli alanı terk edişine kadar tüm süreçleri düzenlemek, işletme sahiplerinin görevidir. Bu kapsamda;

M1 Aksaray-Atatürk Havalimanı hafif metro hattı,

M2 Şişhane-Hacı Osman metro hattı,

T1 Kabataş-Bağcılar tramvay hattı,

T3 Kadıköy Moda Nostaljik tramvay hattı,

T4 Habibler-Topkapı tramvay hattı,

F1 *Füniküler* hattı (Taksim-Kabataş),

Maçka-Taşkışla teleferik,

Eyüp-Piyer loti teleferik hatlarında işletme faaliyetleri İstanbul Ulaşım A.Ş tarafından yürütülmektedir.

3.5.2 Araç Bakım

İstanbul Ulaşım, araçların bakımı ile ilgili olarak; koruyucu bakım faaliyetleri, düzeltici bakım faaliyetleri, yenileme faaliyetleri, kazalı araçların onarım faaliyetleri, tadilat proje faaliyetleri, tekerlek tornalama ve yenileme faaliyetleri, araç kurtarma faaliyetleri,

atölye içi donanım bakım-onarım faaliyetleri, elektronik kartların onarım işlemleri başlıkları altında sıralanabilir.

Raylı ve telli toplu taşıma araçlarında arıza belirtisi beklemeyen, olası arızaların kaynaklarını önceden yok etmek ve arızaların önüne geçmek için sürekli olarak koruyucu bakım faaliyetleri yapılmaktadır. Hatlarda faaliyet gösteren tüm Metro, tramvay, fönüküler ve teleferik araçlarının koruyucu bakım hizmetleri ilgili hatların bakım onarım merkezlerinde, kilometre esaslı olarak gerçekleştirilmektedir.

Araçların genellikle, her 400.000 kilometrede bir kapsamlı ağır bakım faaliyetleri yapılmaktadır. Ağır bakım kapsamında araç üzerindeki donanım sökölümekte, sökölülen ekipmanlar ilgili donanım bakım - onarım atölyelerine götürölülerek kapsamlı bakım altına alınmakta ve gerekirse yenilenmektedirler. Çok sayıda ayrı çalışma grubunun ortak çalışmaları neticesinde tamamlanan bir aracın ağır bakımı, bant usulü çalışma sistemi ile yaklaşık 10 iş gününde tamamlanmakta olup ilgili araçta statik ve dinamik test ve ölçümler yapıldıktan sonra araç yolculu servise verilmektedir.

Düzeltilici Bakım faaliyetleri ise beklenmeyen arızalar olduktan sonra yapılan onarım ve tashihleri içerir. Düzeltilici Bakımlarda arızanın kök nedeninin bulunarak giderilmesi ve sistemin eski duruma veya arzu edilen duruma en kısa sürede getirilmesi hedeflenir. Araçların bakım ve onarım faaliyetlerinin aksamaması için yıl içerisinde sürekli olarak atölye içi ekipmanlara koruyucu ve düzeltilici bakım faaliyetleri uygulanmaktadır.

Çeşitli sebepler ile meydana gelebilen kazalardan dolayı araçlarda hafif, orta ve ağır boyutlu hasarlar oluşabilmekte olup; araçların tamir - onarım işlemleri kurum tarafından yapılmaktadır. Ayrıca raylı sistem araçlarında gelişen teknolojilere bağılı olarak; araçlarda büyük ya da orta çaplı tadilat projeleri gerekebilmektedir. Bu tarz projelerin geliştirilmesi ve araçlara uygulanması da, diğler faaliyetler ile beraber kurum atölyelerinde yürütölümektedir.

3.5.3 Hat Bakım

Raylı sistemlerde güvenli ve konforlu bir işletmecilik için en önemli hususlardan biri, araçların üzerinden gittiğı demiryolu üstyapısının düzgünlüğü ve sağlamlığıdır. Ray, makas, bağılantı elemanları, taşıyıcı tabakaların periyodik olarak kontrol ve ölçümlerle takip edilmesi ve tespit edilen kusurların öncelik sırasına göre bir plan dâhilinde

giderilmesi önemli bir husustur. Bakım, onarım ve yenileme çalışmaları ulusal/uluslararası standartlara göre yürütülmektedir.

Tüm yolcu grupları için istasyonların tam erişilebilir ve konforlu olması önemlidir. Bunun için istasyonlardaki yapının ve elektromekanik sistemlerin (yürüyen merdiven, asansör, havalandırma, drenaj sistemleri vs.) planlı olarak bakım, onarım ve yenileme faaliyetleri yürütülmektedir. Artan yolculuk taleplerini karşılamak ve konforu artırmak için istasyonlarımızda yenileme çalışmaları yapılmaktadır.

Bununla birlikte, işletme ve bakım faaliyetleri için gerekli olan araç park sahaları, atölye, ofis, depo binalarının yapımı gerçekleştirilmektedir. Araçların ve sistemlerin düzenli çalışabilmesi için uygun lokasyonlarda yeterli kapasitede bakım tesislerinin bulunması önemli bir husustur.

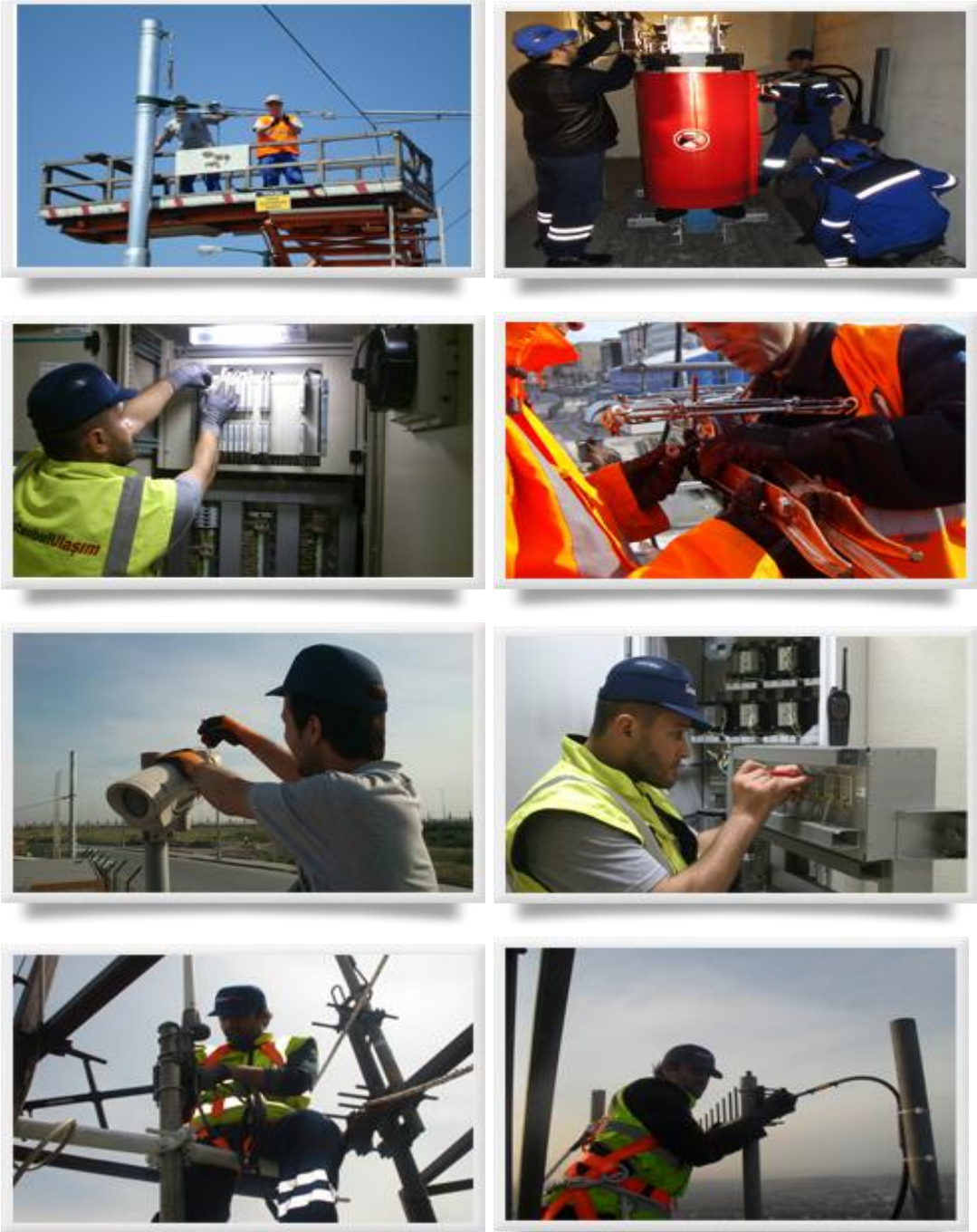
Bu konuda bilgi ve tecrübe birikimini kullanılarak; ülkemizdeki diğer raylı sistem işletmelerine bakım, onarım, ölçüm, eğitim, danışmanlık, proje hizmetleri sunulmaktadır.

3.5.4 Elektrik ve Elektronik Tesisler

İstanbul Ulaşım A.Ş, işletmeciliğini yaptığı Metro, Hafif Metro, tramvay, füniküler ve teleferik hatlarına ait elektrik ve elektronik tesisleri, istenilen çalışma şartlarına uygun olarak sürekli çalışır vaziyette tutmaktan sorumludur. Firma, elektrik ve elektronik sistemlerin sürekli çalışmasının “hizmet kalitesi” ve “müşteri memnuniyet seviyesi” için önemli oranda belirleyici olduğunun bilincindedir. Bu nedenle bu sistemlere yönelik yapılan tüm bakım-onarım faaliyetlerini deneyimli teknik personeli ile sorunları kaynağında ve büyümeden çözüme anlayışı içinde ve son derece titiz bir çalışma ile yürütmektedir.

Güvenli, hızlı ve konforlu bir seyahat için, telsiz sistemi, transmisyon ve telefon sistemleri, elektronik güvenlik sistemleri, saat sistemi, SCADA sistemi, CCTV ve anons sistemi, yangın algılama ve ihbar sistemi, tren hareketlerinin emniyetli olmasını sağlayan sinyalizasyon sistemi ile araçlara enerji sağlayan katener sistemi, yardımcı güç dağıtım sistemleri, kesintisiz güç kaynakları ve trafolar gibi enerji sistemlerine ilişkin arızaların giderilmesi ve koruyucu bakımlarının yapılması bu kapsamda yapılan en önemli çalışmalar arasındadır. Yapılan çalışmalar, Şekil 3.2’de verilmiştir.

Şekil 3. 2: Elektrik ve elektronik iş kapsamında yapılan çalışmalar



Kaynak: İstanbul Ulaşım A.Ş., Elektrik ve Elektronik Tesisler Müdürlüğü, Ocak 2013.

3.5.5 Arge ve Teknoloji

Tecrübe ve tasarım gücüyle yeni ve yerli teknoloji geliştirme anlayışını benimseyen İstanbul Ulaşım araştırma geliştirme, tasarım ve yenilikçi çalışmalarına ayrı bir önem ve değer vermektedir.

Bu doğrultuda yeni ürün, araç ve parça üretmek; yeni süreç ve sistemler ortaya koymak ve var olan sistemleri daha da geliştirmek amacıyla mevcut bilgi ve birikimle sistematik olarak çalışmalar ve yatırımlar devam etmektedir.

3.5.5.1 Yerlileştirme projeleri

Raylı sistemlere ve taşıtlara ait donanım ve parçaların yerlileştirme projeleriyle başlayan ve gelişen ARGE faaliyetleri Türkiye'nin ilk tramvay projesi olan RTE 2000 projesi ile devam etmiştir. ARGE tasarım kapasitesini, bilgi-birikimini ve teknolojik altyapısını gerçekleştirdiği “Yerli Tramvay” projeleri ve sürekli geliştirme konsepti ile daha ileri bir düzeye taşımıştır.

3.5.5.2 Yerli raylı araç üretimi

Yerli araç tasarlama ve üretme fikri çerçevesinde insan ve altyapı yatırımlarını arttıran İstanbul Ulaşım, bu süreç içerisinde ürettiği *prototip* veya araçlar ile bu sahada yapabilirlik konusunda güven kazanmıştır. Şekil 3.3’de her iki tren de gösterilmiştir.

Şekil 3. 3: Yerli tren üretimi (RTE 2000/RTE 2009)



Kaynak: İstanbul Ulaşım A.Ş., Atölyeler Müdürlüğü, Ocak 2013.

Türkiye'nin ilk yerli tramvay aracı olma özelliği taşıyan RTE2000 modelinin üretimi ile başlayan yerli tramvay projeleri, bugüne kadar gelişerek ve büyüyerek devam etmiş ve bu süreçte yetişen uzman ve yetkin insan kaynağı ile işletmenin, bakım birimlerinin ve yolcuların ihtiyaç ve beklentileri de analiz edilerek araç tasarımlarına aktarılmış, RTE2004 ve RTE2009 tramvay *prototip* modelleri üretilmiştir.

Hem işletme hizmeti hem de teknik hizmet veren İstanbul Ulaşım tarafından elde edilen bu geniş tecrübe, yeni ürün tasarımlarında kendisine büyük bir avantaj sağlamaktadır.

3.5.5.3 Yeni nesil yerli tramvaylar

Yerli tramvay üretim projesinin temel hedefleri aşağıdaki şekilde tanımlanmaktadır:

- a. Raylı sistemlerde teknolojik yetkinlik kazanarak yurtdışına bağımlılığı azaltmak
- b. İstanbul kendi araç ihtiyacını karşılamak
- c. Daha ekonomik araç sağlamak
- d. İstanbul'un taleplerine ve profiline en uygun aracın üretmek
- e. Demiryolu sektörünün ihtiyacı olan nitelikli ve uzman insan kaynağını yetiştirmek
- f. Akademik ve bilimsel çalışmalar ile demiryolu teknolojilerinde bilgi ve tecrübeyi geliştirmek
- g. Güçlü bir yerli demiryolu yan sanayi ve tedarikçi zinciri oluşturmak
- h. Araç üretici kimliğine sahip bir firma olarak yüksek marka değeri kazanmak

Yeni nesil yerli tramvay, Şekil 3.4'de gösterilmiştir.

Şekil 3. 4: Yeni nesil yerli tramvay



Kaynak: İstanbul Ulaşım A.Ş., Atölyeler Müdürlüğü, Ocak 2013.

3.5.6 Tesis Bakım Hizmetleri

İstanbul Ulaşım, farklı teknolojiler ile inşa edilmiş olan raylı sistem hatları ve yardımcı tesisleri için donanım ve sistem seviyesinde bakım hizmetleri sunabilmektedir.

Sahip olduğu tam teşekküllü makine parkı, teknolojik ölçüm cihazları, vasıflı mühendislik ve bakım iş gücü ile İstanbul Ulaşımın yürütmüş olduğu bakım hizmet konuları ve sistem bilgileri aşağıda sunulmuştur.

3.5.6.1 Hat ve tesis bakımları

Hat bakım ve onarım hizmetleri, Hat iyileştirme çalışmaları, Ray ve makas kaynakları, Hat geometri bakımları, Hat kontrol ve ölçümleri, Geometrik ölçümler, *Geo* radar ve *Ultrasonik* muayene olarak hizmet verilmektedir.

3.5.6.2 Elektromekanik ve kontrol sistemleri bakım hizmetleri

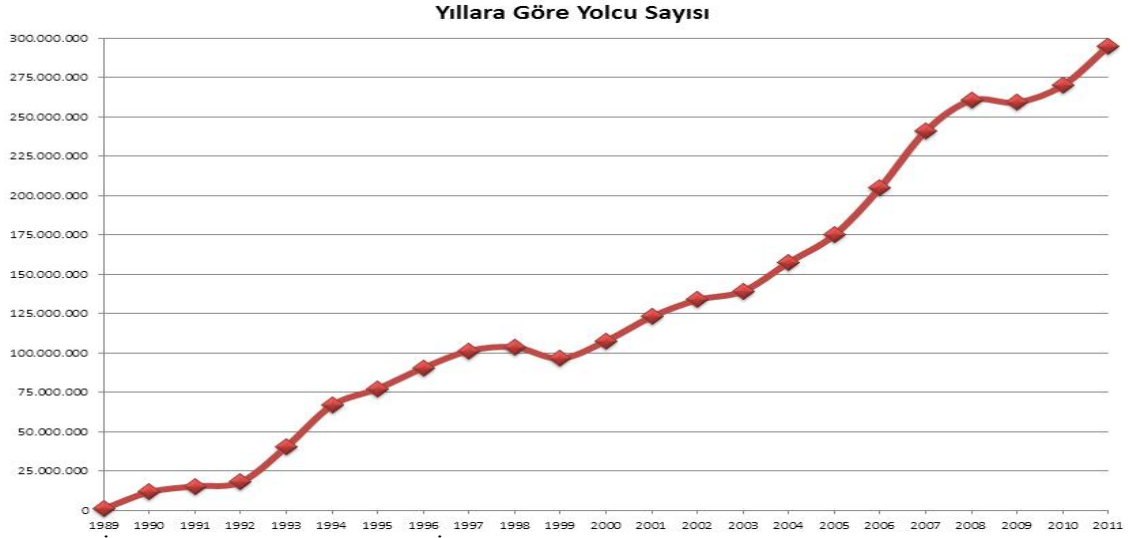
Orta gerilim besleme ve dağıtım sistemleri bakım hizmetleri, Cer gücü ve dağıtım sistemleri, Yardımcı güç besleme ve dağıtım sistemleri, Katener/3. ray sistemleri, Sinyalizasyon sistemleri, Scada/Ecs sistemleri, Haberleşme/iletişim sistemleri, Kamera sistemleri, Yolcu bilgilendirme sistemleri, Yangın algılama ve söndürme sistemleri, Havalandırma sistemleri, Asansör/yürüyen merdiven sistemleri ve Drenaj sistemleri olarak hizmet verilmektedir.

3.6 YOLCU İSTATİSTİKLERİ

3.6.1 Yıllara Göre Yolcu Sayıları

Yıllara göre yolcu sayıları, Şekil 3.5’de verilmiştir.

Şekil 3. 5: Yıllara göre yolcu sayıları (1989-2011)



Kaynak: İstanbul Ulaşım A.Ş., Kalite ve İstatistik Şefliği, Ocak 2013.

3.6.2 Hat Açılışlarına Göre Yolcu Sayıları

Hat açılışlarına göre yolcu sayıları, Şekil 3.6’da verilmiştir.

Şekil 3. 6: Hat açılışlarına göre yolcu sayıları (1988-2011)

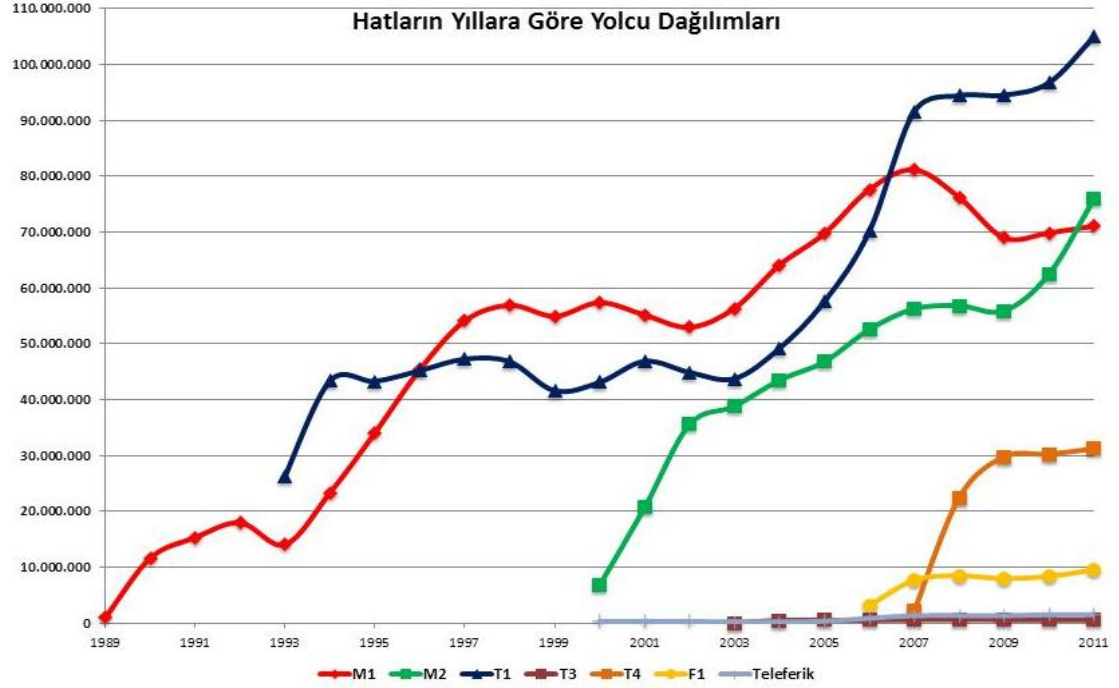


Kaynak: İstanbul Ulaşım A.Ş., Kalite ve İstatistik Şefliği, Ocak 2013.

3.6.3 Hatların Yıllara Göre Yolcu Dağılımları

Hatların yıllara göre yolcu dağılımları, Şekil 3.7’de verilmiştir.

Şekil 3. 7: Hatların yıllara göre yolcu dağılımları (1989-2011)

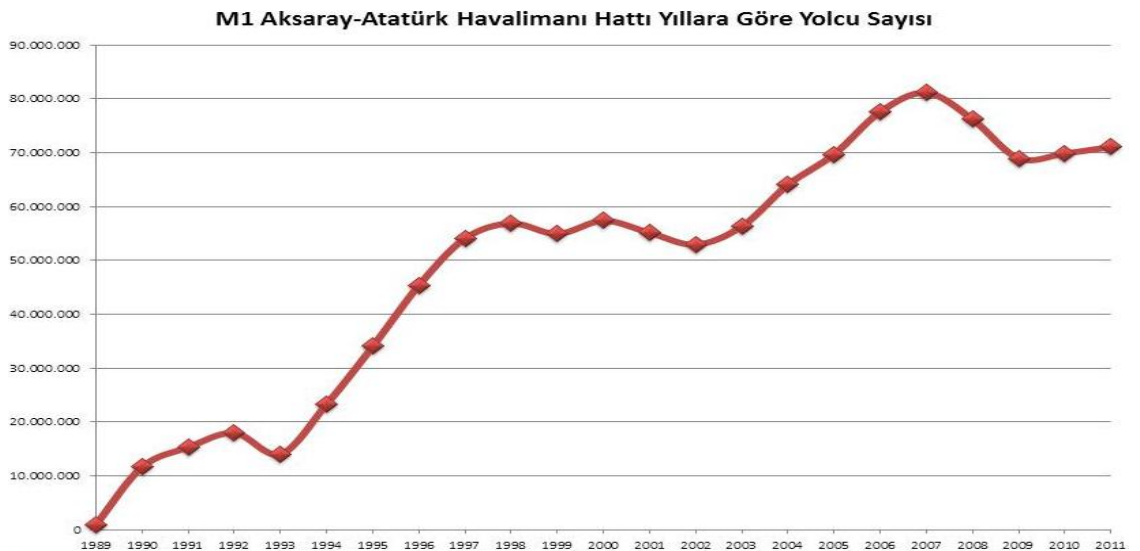


Kaynak: İstanbul Ulaşım A.Ş., Kalite ve İstatistik Şefliği, Ocak 2013.

3.6.4 Yıllara Göre Yolcu Sayıları (M1 Hattı)

M1 hattının yıllara göre yolcu sayıları, Şekil 3.8’de verilmiştir.

Şekil 3. 8: Yıllara göre yolcu sayıları (M1 hattı)

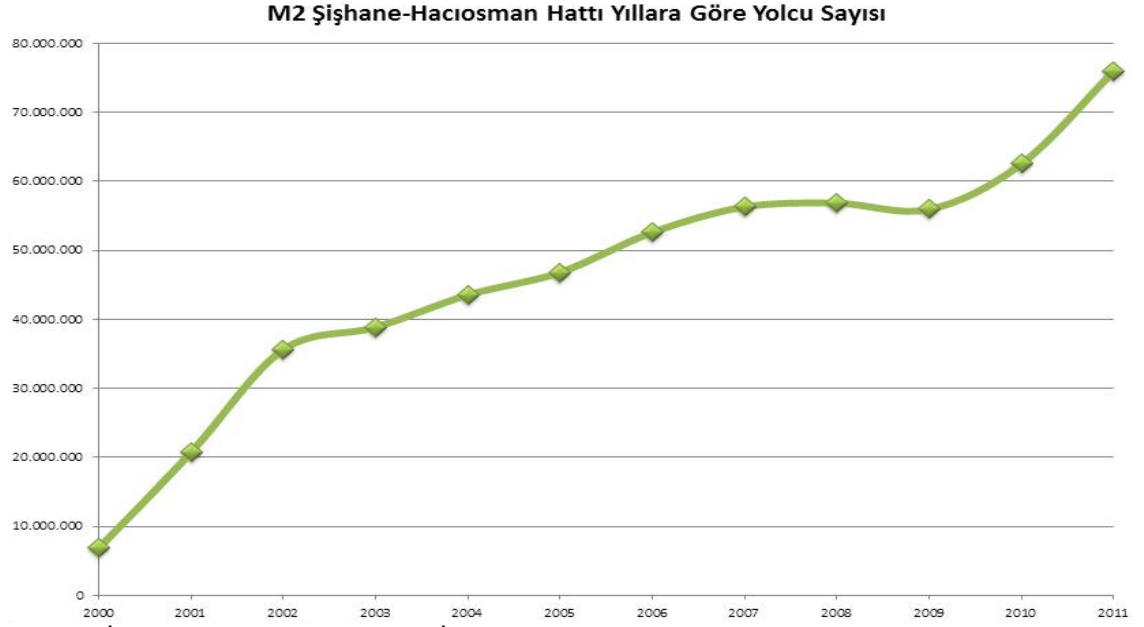


Kaynak: İstanbul Ulaşım A.Ş., Kalite ve İstatistik Şefliği, Ocak 2013.

3.6.5 Yıllara Göre Yolcu Sayıları (M2 Hattı)

M2 hattının yıllara göre yolcu sayıları, Şekil 3.9’da verilmiştir.

Şekil 3. 9: Yıllara göre yolcu sayıları (M2 hattı)



Kaynak: İstanbul Ulaşım A.Ş., Kalite ve İstatistik Şefliği, Ocak 2013.

3.6.6 Yıllara Göre Yolcu Sayıları (T1 Hattı)

T1 hattının yıllara göre yolcu sayıları, Şekil 3.10’da verilmiştir.

Şekil 3. 10: Yıllara göre yolcu sayıları (T1 hattı)

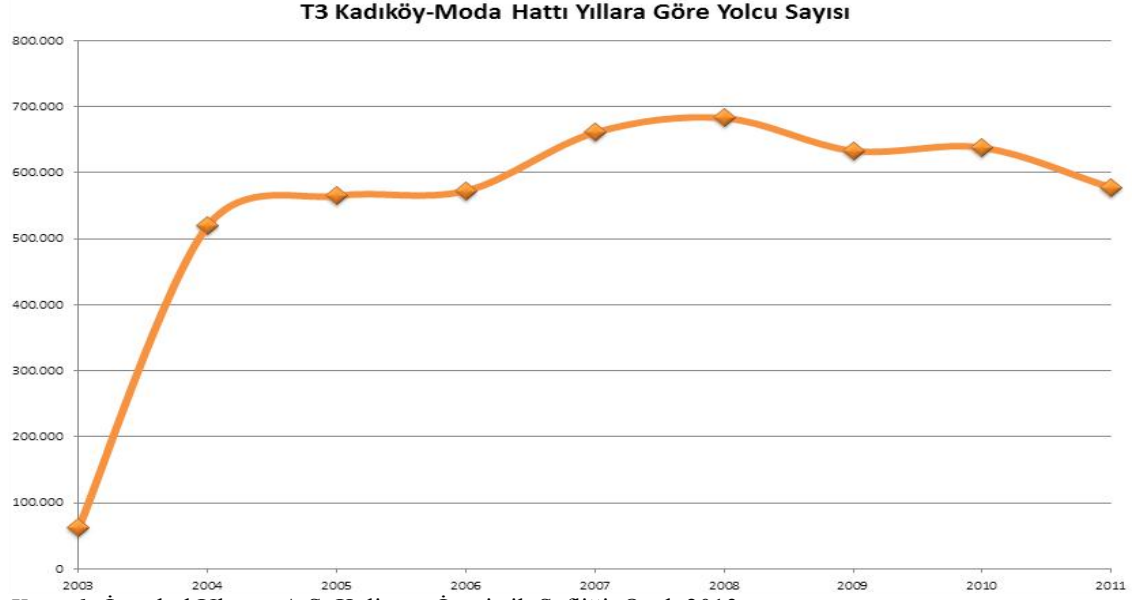


Kaynak: İstanbul Ulaşım A.Ş., Kalite ve İstatistik Şefliği, Ocak 2013.

3.6.7 Yıllara Göre Yolcu Sayıları (T3 Hattı)

T3 hattının yıllara göre yolcu sayıları, Şekil 3.11’de verilmiştir.

Şekil 3. 11: Yıllara göre yolcu sayıları (T3 hattı)

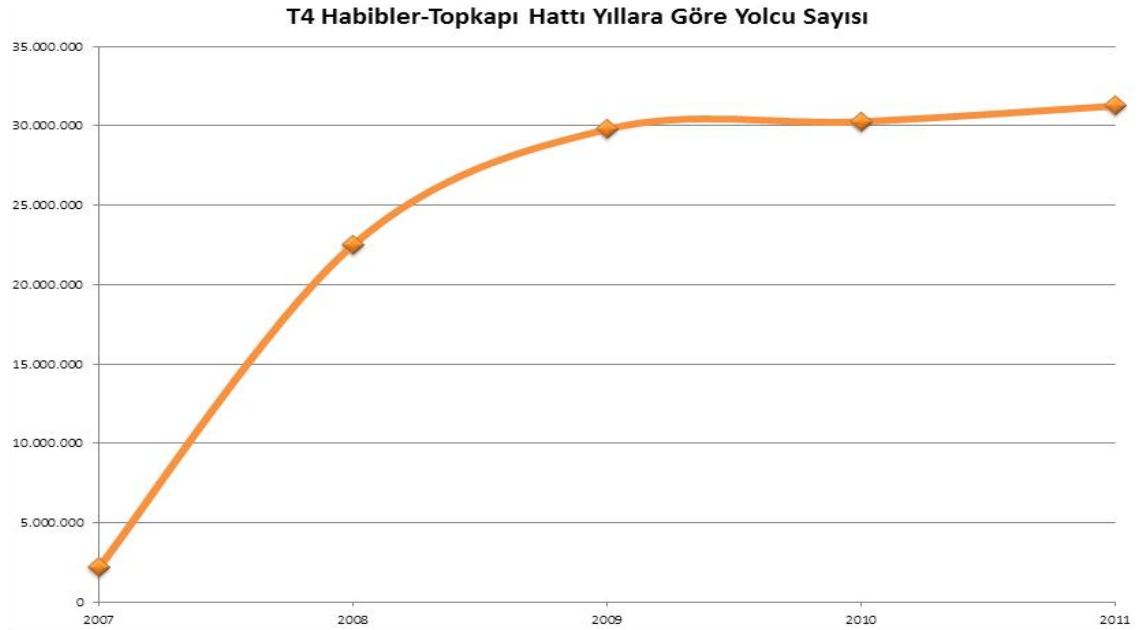


Kaynak: İstanbul Ulaşım A.Ş, Kalite ve İstatistik Şefliği, Ocak 2013.

3.6.8 Yıllara Göre Yolcu Sayıları (T4 Hattı)

T4 hattının yıllara göre yolcu sayıları, Şekil 3.12’de verilmiştir.

Şekil 3. 12: Yıllara göre yolcu sayıları (T4 hattı)

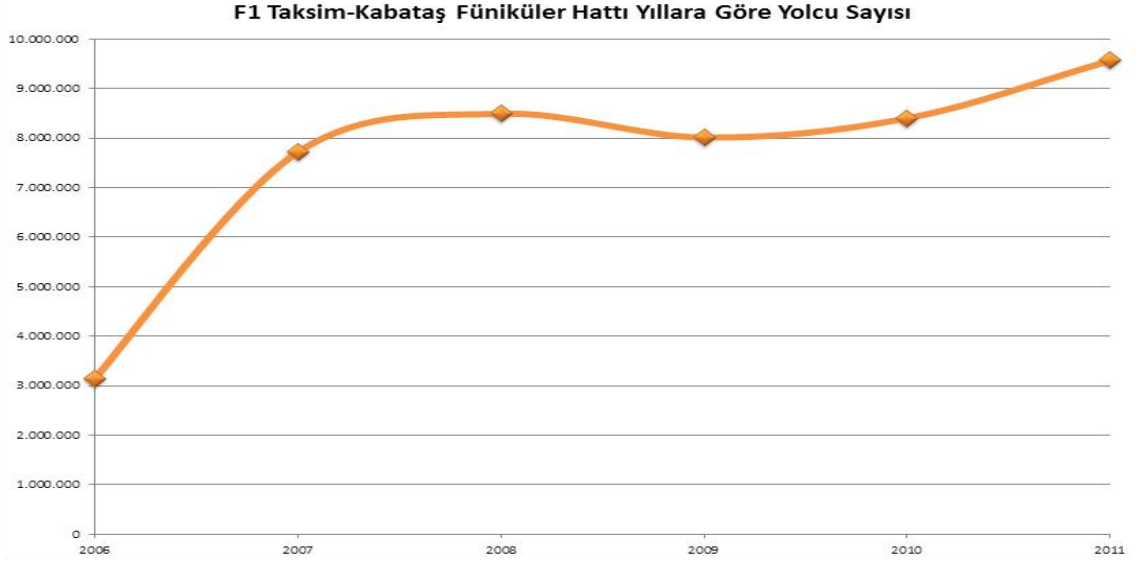


Kaynak: İstanbul Ulaşım A.Ş, Kalite ve İstatistik Şefliği, Ocak 2013.

3.6.9 Yıllara Göre Yolcu Sayıları (F1 Hattı)

F1 hattının yıllara göre yolcu sayıları, Şekil 3.13’de verilmiştir.

Şekil 3. 13: Yıllara göre yolcu sayıları (F1 hattı)

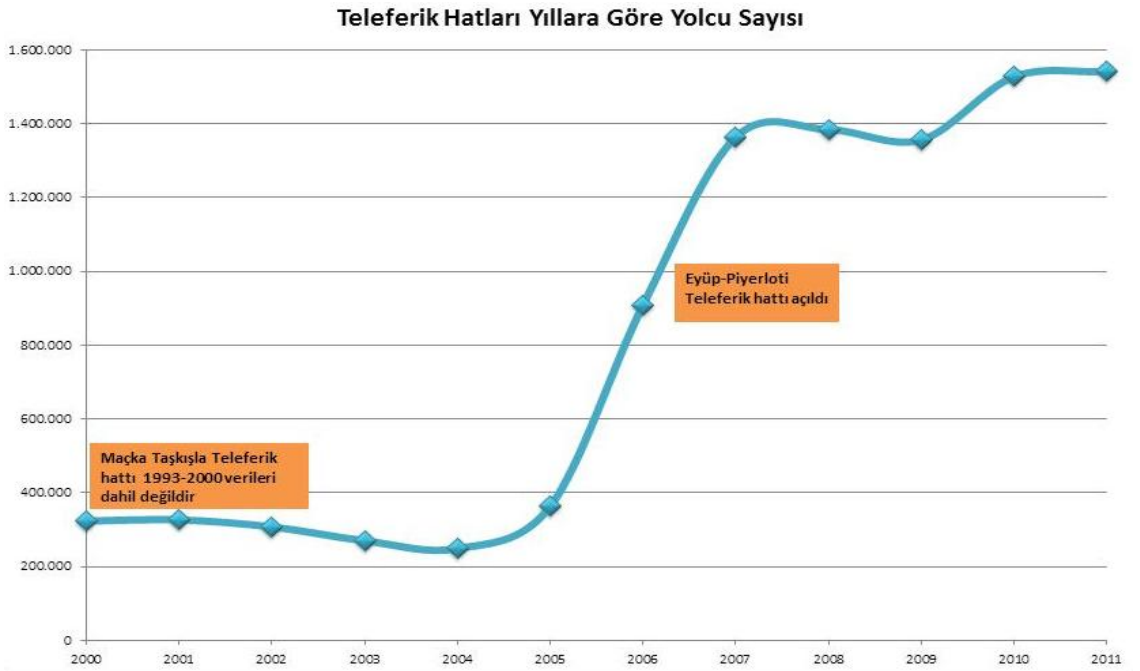


Kaynak: İstanbul Ulaşım A.Ş, Kalite ve İstatistik Şefliği, Ocak 2013.

3.6.10 Teleferik Hatları Yıllara Göre Yolcu Sayıları

Teleferik hatlarının yıllara göre yolcu sayıları, Şekil 3.14’de verilmiştir.

Şekil 3. 14: Teleferik hatları yıllara göre yolcu sayıları (2000-2011)

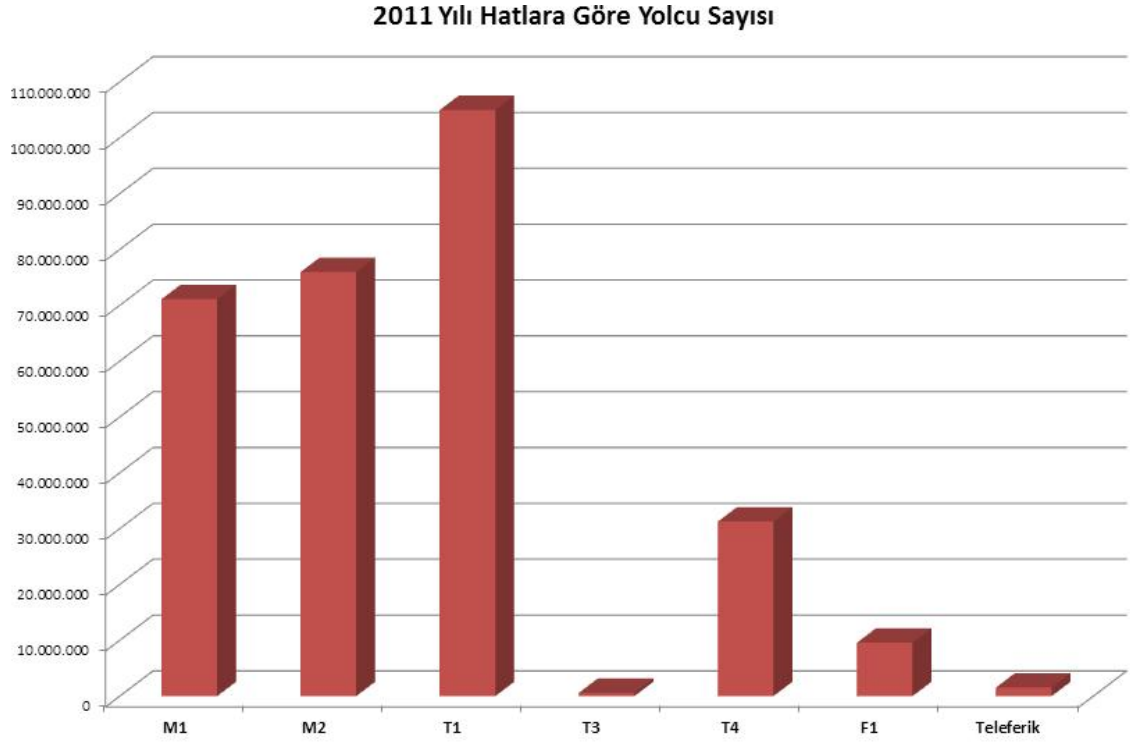


Kaynak: İstanbul Ulaşım A.Ş, Kalite ve İstatistik Şefliği, Ocak 2013.

3.6.11 Hatlara Göre Yolcu Sayıları (2011 Yılı)

2011 yılı hatlara göre yolcu sayıları, Şekil 3.15’de verilmiştir.

Şekil 3. 15: Hatlara göre yolcu sayıları (2011)



Kaynak: İstanbul Ulaşım A.Ş., Kalite ve İstatistik Şefliği, Ocak 2013.

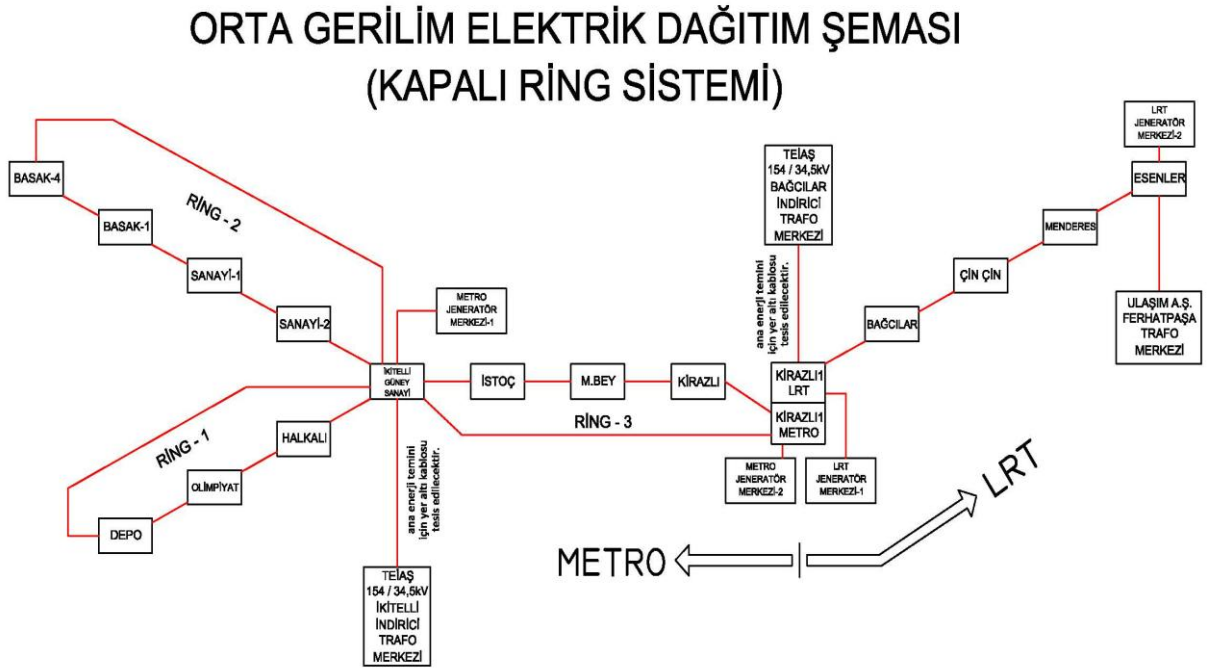
4. ELEKTRİK TESİSLERİN İNCELENMESİ (BAŞAKŞEHİR METRO)

Yapılmakta olan hattın elektromekanik işleri kapsamında yer alan elektrik sistemleri; elektrik enerjisinin sistem bileşenlerine kesintisiz olarak ulaştırılmasını sağlamak için kurulmaktadır.

Elektrik enerjisi; yerel elektrik sağlayıcısı kurumdan ana beslemenin alınmasından başlayarak, yolcu istasyonlarımızdaki son kullanıcılara/tüketicilere ulaşıncaya kadar belli belli sürelerden geçer.

Bu süreçlerin sorunsuz gerçekleşebilmesi için iyi bir dağıtım sisteminin tasarlanması gereklidir. Hattımızın elektrik dağıtım sistemi, Şekil 4.1’de görüldüğü gibi 34500 volt (OG) gerilim seviyesi kullanılarak kapalı ring şebeke mantığıyla tasarlanmıştır.

Şekil 4. 1: Orta gerilim kapalı ring dağıtım sistemi



Kaynak: İstanbul Ulaşım A.Ş., M3 Elektrik Tesisler Şefliği, Ocak 2011.

4.1 ANA ENERJİ TEMİNİ

Tüm hattın elektrik enerjisi ihtiyacı yerel elektrik sağlayıcısı kuruma (TEİAŞ) ait 2 farklı kaynaktan 34500 volt gerilim seviyesinde, yer altı kablolarının tesis edilmesi suretiyle karşılanacaktır.

Bu kaynaklar:

1. İkitelli, TEİAŞ 154 / 34,5 kV indirici trafo merkezi
2. Bağcılar, TEİAŞ 154 / 34,5 kV indirici trafo merkezi

Etap, 151,5 MVA'lık bir kurulu güce sahiptir. (123 MVA-Metro, 28,5 MVA-Lrt)

İkitelli (30 MVA+30 MVA-Metro), Bağcılar (30 MVA+30 MVA- Metro) ve Bağcılar (26 MVA-LRT) GIS merkezlerinden enerji ihtiyacını temin etmektedir.

Ring şebeke Ana girişleri (BEDAŞ) iki ayrı hat olarak devam etmekte olup, Ana girişlerdeki kuplaj ile birbirlerine bağlanabilirler. Sistem, bu merkezlerden birisinde enerjinin kesilmesi durumunda diğerinden beslenebilecek şekilde yedekli dizayn edilmiştir.

Bu 2 bağımsız enerji kaynağından;

METRO hattı için İkitelli TEİAŞ trafo merkezinden İkitelli Güney Sanayi istasyonuna 2 fider hattı ve Bağcılar TEİAŞ trafo merkezinden Kirazlı-1 Metro istasyonuna 2 fider hattı olmak üzere toplamda 4 adet fider hattı ile

LRT hattı için Bağcılar TEİAŞ trafo merkezinden Kirazlı-1 LRT istasyonuna 1 adet fider hattı ile besleme yapılacaktır. Bu 2 kaynağın haricinde LRT hattına Ulaşım AŞ'ye ait Ferhat paşa Trafo Merkezi'nden Esenler istasyonu üzerinden besleme yapılabilecektir.

4.2 ORTA GERİLİM RİNG ŞEBEKE DAĞITIM SİSTEMİ

2 bağımsız kaynaktan gelen enerji ilk istasyonlara (İkitelli Güney Sanayi ve Kirazlı-1) ulaştıktan sonra orta gerilim panoları üzerinden dağıtım yapılarak tüneller içinden 34500 voltluk kablolar vasıtasıyla her bir istasyondaki trafo merkezlerine girdi-çıkı yapar ve yukarıdaki dağıtım şemasında gösterilen kapalı ringleri oluşturur.

Ring şebeke dağıtım ile enerji kaynaklarından herhangi birinin kaybedilmesi gibi olağandışı durumlarda mevcut yükün diğer kaynaklar tarafından beslenebilmesi sağlandığı için enerji kesintilerinin önüne geçilmektedir.

METRO hattında;

İkitelli Güney Sanayi – Depo Sahası (RING-1)

İkitelli Güney Sanayi – Başak Konutları-4 (RING-2)

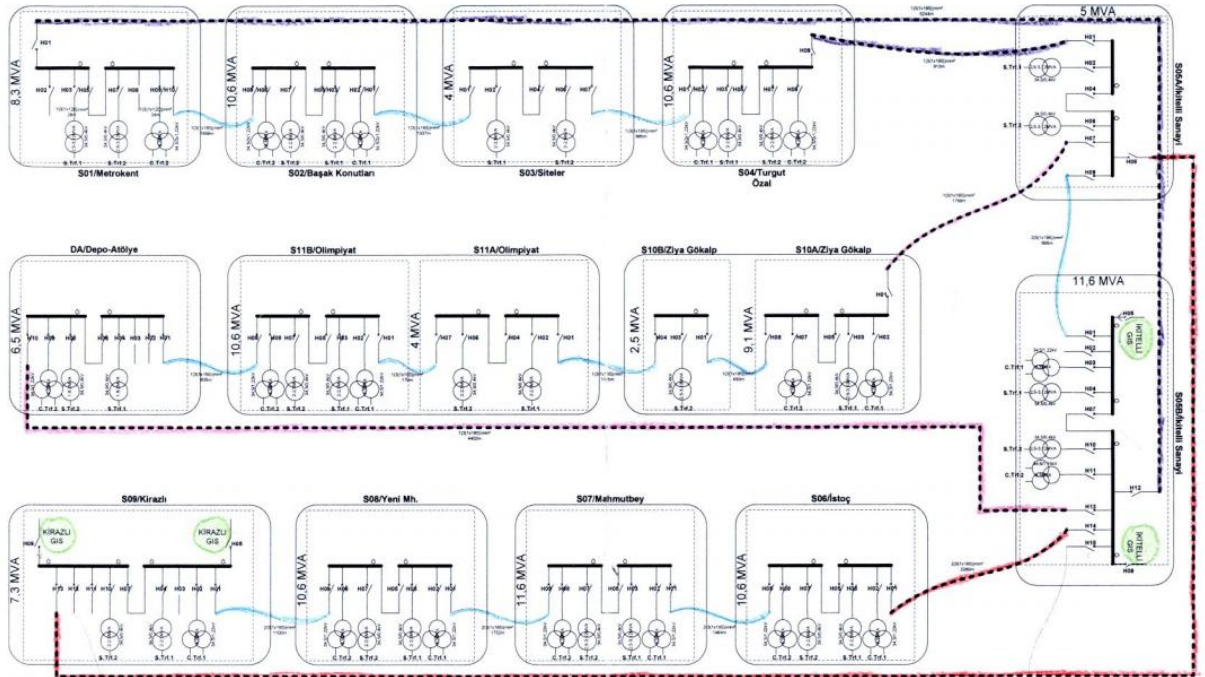
İkitelli Güney Sanayi – Kirazlı-1 Metro (RING-3)

Olmak üzere 3 adet kapalı ring şebeke tesis edilmektedir.

LRT hattında;

Ferhat paşa Trafo Merkezi'nden alınan ikinci besleme hattı ile kapalı ring tesis edilmesine gerek kalmamıştır. Metro tek hat diyagramı, Şekil 4.2'de gösterilmiştir.

Şekil 4. 2: Başakşehir metrosu orta gerilim tek hat diyagramı



Kaynak: İstanbul Ulaşım A.Ş, M3 Elektrik Tesisler Şefliği, Ocak 2011.

4.3 JENERATÖRDEN BESLENME

Ana enerji kaynaklarının tamamının devre dışı kalması durumlarında orta gerilim ring sistemine 34500 volt enerjiyi sağlamak için jeneratör merkezleri dizayn edilmiştir. Bu merkezlerden sağlanacak enerji ile tünellerdeki trenlerin peronlara çekilmesi ve yolcu tahliyesi için faal olması için gereken ekipmanların çalışması sağlanacaktır.

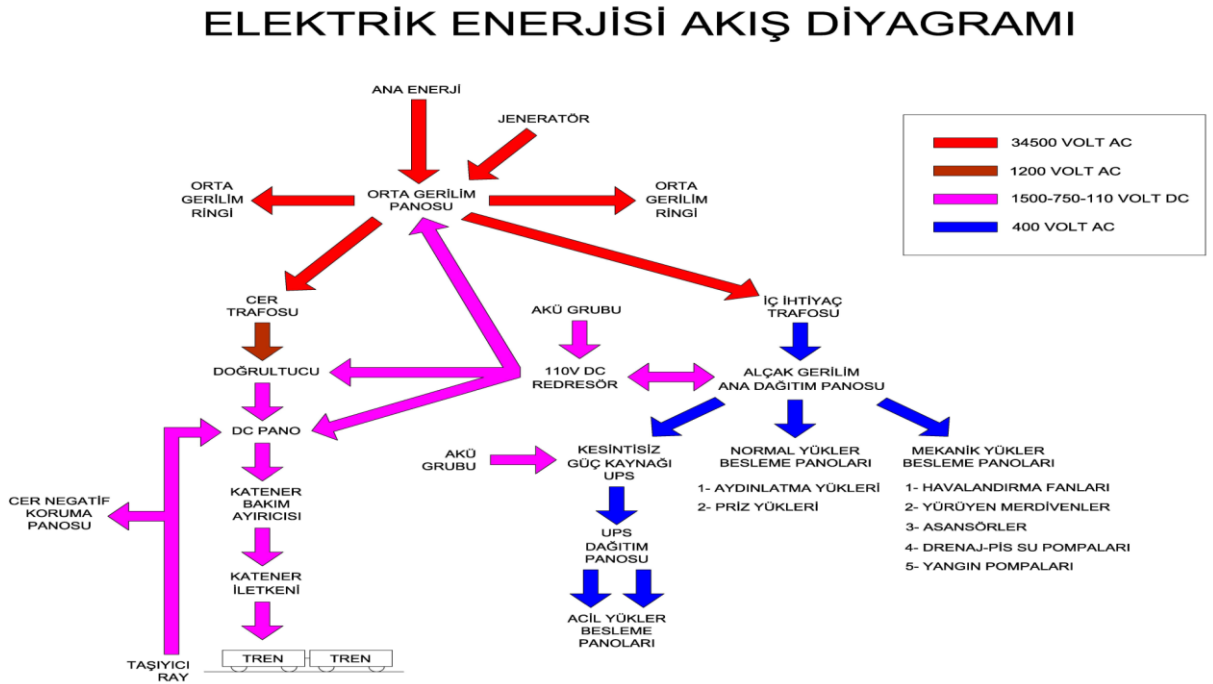
METRO hattı için 2 adet, LRT hattı için 2 adet olmak üzere tüm hat için 4 adet jeneratör merkezi kurulacaktır.

METRO jeneratör merkezleri İkitelli Güney Sanayi ve Kirazlı-1 Metro istasyonlarında, LRT jeneratör merkezleri ise Esenler ve Kirazlı-1 LRT istasyonlarında tesis edilecektir.

4.4 İSTASYON ELEKTRİK DAĞITIM SİSTEMİ

İstasyonlar arası dağıtım sisteminde her bir istasyona 34500 volt gerilim seviyesindeki enerji, ring şebeke sistemi ile getiriliyor. Bu kısımda, Şekil 4.3'de görüldüğü gibi istasyon bazındaki elektrik enerjisinin dağıtım süreçlerine yer verilecektir.

Şekil 4. 3: Elektrik enerjisi dağıtım süreçleri



Kaynak: İstanbul Ulaşım A.Ş., M3 Elektrik Tesisler Şefliği, Ocak 2011.

İstasyon bazındaki dağıtım sisteminde elektrik enerjisinin farklı gerilim seviyelerinde dağıtım yapılmaktadır:

34500 volt AC (alternatif akım)

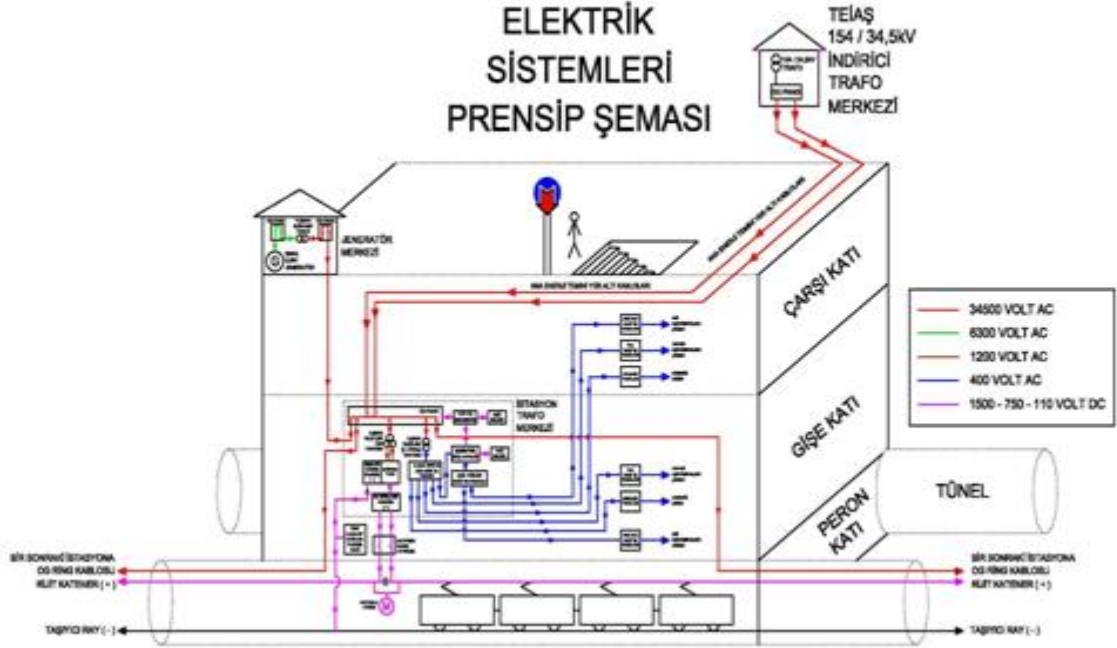
6300 volt AC (jeneratör-jeneratör trafosu arası)

1200 – 600 volt AC (orta gerilim panosu-cer trafosu arası)

400 volt AC (alçak gerilim dağıtım)

1500 – 750 – 110 volt DC (doğru akım)

Şekil 4. 4: Elektrik sistemleri prensip şeması



Kaynak: İstanbul Ulaşım A.Ş, M3 Elektrik Tesisler Şefliği, Ocak 2011.

Orta gerilim ring dağıtım sistemiyle her bir istasyona 34500 voltluk enerji ring kabloları vasıtasıyla getirilir. Getirilen bu enerjinin ilk dağıtım, Şekil 4.4’de görüldüğü gibi orta gerilim panoları vasıtasıyla yapılır.

Orta gerilim panolarında ortak bir barada toplanan enerji, açma-kapama-koruma elemanları olan kesiciler üzerinden geçerek istasyon iç ihtiyaç ve cer gücü transformatörlerine gider. Enerji, bu transformatörlerde ilgili sistemde kullanılabileceği gerilim seviyesine dönüştürülür.

4.5 CER GÜCÜ DAĞITIMI

Cer transformatöründe 34500 volt gerilim değerinden METRO da 1200 volt, LRT de ise 600 volt gerilim seviyesine düşürülen ve sinüs eğrisi şeklinde olan enerji, trenlerin kullanabilmesi için doğrultulmak üzere doğrultucu grubuna girer. Burada diyotlar

vasıtasıyla sinüs eğrisi yerine lineer dalga şekline çevrilerek METRO için 1500 volt DC, LRT hattı için 750 volt DC gerilim şekline dönüştürülür.

Doğrultucu grubundan çıktıktan sonra artık lineer bir dalga şekline çevrilmiş enerji pozitif kutup, DC panolardaki ortak bir barada toplanır ve DC kesiciler üzerinden geçerek katener bakım ayırıcılarına gider. DC panolarda enerjinin anahtarlaması ve hattın korunması yapılmaktadır.

Katener bakım ayırıcıları, ancak enerjisiz durumda manuel olarak açma-kapama yapabilir. Katener hattında bakım yapabilmek amacıyla istasyonlarda peron başlarına konulacak olan basit anahtarlama elemanlarıdır.

Katener bakım ayırıcılarından geçtikten sonra enerji katener iletkenine ulaşır ve tren pantografının alabileceği duruma gelir.

Trende kullanılan pozitif kutuplu enerji, trenin frenleme yapmasıyla taşıyıcı ray üzerinden sisteme geri kazandırılabilir. Böylece kayıp enerjiden de faydalanılabilmektedir.

Negatif kutuplu enerji taşıyıcı ray üzerinden DC panolara geri dönerken, Negatif Koruma Panosu aracılığıyla toprak ile arasındaki gerilim miktarı sürekli kontrol edilir ve bu gerilimin insan hayatını tehlikeye sokacak limitlerin üzerine çıkması engellenir.

4.6 İSTASYON İÇ İHTİYAÇ YÜKLERİ DAĞITIMI

Enerji, her bir istasyona ait trafo merkezlerinde ki orta gerilim panosundan istasyon iç ihtiyaç yüklerini beslemek amacıyla iç ihtiyaç transformatörlerine gelir.

İç ihtiyaç transformatörleri enerji sürekliliğini sağlamak amacıyla yedekli olarak dizayn edilmiş olup, her bir trafo merkezinde 2'şer adet olarak tasarlanmıştır. Trafolardan birisinde arıza çıkarsa, arızalı trafonun beslediği yükler, diğer trafo üzerinden beslenebilmektedir.

İç ihtiyaç transformatörlerinde 34500 volt gerilim seviyesinden 400 volt seviyesine indirilen enerji, ilk olarak alçak gerilim ana dağıtım panosunun barasında toplanır. Bu ortak baradan istasyondaki muhtelif tüketicilere ait panolara, açma-kapama-koruma elemanları olan kesiciler üzerinden geçerek ulaşır.

Alçak gerilim ana dağıtım panosunda 2 farklı yük grubu dizayn edilmiştir:

a. Şebeke acil yükleri

b. Şebeke acil olmayan yükleri

Enerjisinin kesilmesiyle işletmede ve güvenlikte sıkıntılar çıkarabilecek yürüyen merdivenler, asansörler, tünel havalandırma fanları gibi önemli yükler şebeke acil yükleridir.

Enerjisinin kesilmesiyle işletmede ve güvenlikte sıkıntılar çıkarmayacak şebeke aydınlatma-priz panoları gibi 2.derece önemli yükler şebeke acil olmayan yükleridir.

Acil ve acil olmayan yükler ayrımının yapılmasıyla arızalı besleme koşullarında acil yüklerin öncelikli olarak beslenmesi ve trafoların acil olmayan yükler nedeniyle aşırı yüklenmesinin önüne geçilmektedir.

Alçak gerilim ana dağıtım panosundan sonra enerji tüketicilere ait tali panolar vasıtasıyla ilgili yüklere ulaştırılır.

Bazı kritik yükler için enerjinin hiçbir zaman kesilmemesi, şebekeden gelebilecek problemlerin filtrelenmesi, gerilimin sabit kalması gerekir. Bunu sağlayabilmek için bu yükler kesintisiz güç kaynağı (UPS) tarafından beslenir.

SCADA, sinyalizasyon ekipmanları, acil çıkış-yolcu alanları-tünel aydınlatması gibi şebeke kesintisinin ciddi sıkıntılara yol açacağı yükler bu gruba girer.

Şebekede meydana gelebilecek kesintilerde, gerilim düşmelerinde bu kritik yükler UPS'e ait akü grupları tarafından sağlanan enerjiyle beslenecektir.

İstasyon enerji dağıtımında kullanılan ekipmanlar enerji dağıtımını yapmalarının yanı sıra besledikleri hatları ve yükleri arıza durumlarında arızanın yıkıcı etkilerine karşı korurlar. Bu koruma, kesicilerin otomatik olarak açma-kapama yapmasıyla sağlanır. Devasa büyüklükteki sistemde kesicilerin otomatik olarak açma-kapama yapabilmesi için sürekli olarak 110 volt DC kumanda geriliminin kesicilere sağlanması gerekir. Bu nedenle redresörler kullanılır.

Redresörlerde AC gerilim doğrultucular vasıtasıyla 110 volt DC gerilime çevrilerek;

Orta gerilim panolarına, DC panolara, Alçak gerilim panolarına koruma elemanları kumanda gerilimi olarak verilir.

Redresörler şebeke kesintilerinde, sistemin koruması için acil olan koruma elemanları kumanda geriliminin kesilmemesi için aynen UPS'lerde olduğu gibi akü grubu tarafından beslenir.

Şebeke kesintilerinde redresörler 12 saat gibi uzun bir süre koruma kumanda gerilimini temin edebilecek kapasitede dizayn edilmişlerdir.

4.7 TOPRAKLAMA SİSTEMLERİ:

İnsan, donanım ve tesis güvenliğini sağlamak amacıyla sistemde oluşabilecek kaçak akımların en kısa sürede toprağa aktarılmaları gerekir. Bu nedenle topraklama sistemleri kurulur. Sistemdeki topraklama uygulamaları;

Temel altı topraklama sistemi ve istasyon ve tünel topraklama sistemi olarak gruplandırılabilir.

Her iki topraklama sisteminde de amaç; en iyi iletkenlikle, insan, ekipman ve tesis güvenliğini tehlikeye sokmadan kaçak akımların en kısa yoldan toprağa iletilerek bertaraf edilmesidir.

4.8 ELEKTRİK SİSTEMLERİ GENEL BİLEŞENLERİ

4.8.1 Orta Gerilim Sistemi (34500 Volt AC)

Orta Gerilim Panoları; Metro'da 139 adet, LRT'de ise 47 adet vardır.

Orta Gerilim Kabloları; Metro'da 185 mm² kesitli, LRT'de 240 mm² kesitli ring kabloları mevcuttur. Orta gerilim pano grubu, Şekil 4.5'de gösterilmiştir.

4.8.2 Jeneratör Sistemi

METRO'da 5'er adet 2MVA gücünde, 6300V geriliminde 2 jeneratör grubu (İkitelli Güney Sanayi ve Kirazlı-1 Metro istasyonlarında)

LRT'de 3'er adet 1,7MVA gücünde, 6300V geriliminde 2 adet jeneratör grubu (Kirazlı-1 LRT ve Esenler istasyonlarında)

Şekil 4. 5: İkitelli Sanayi istasyonu orta gerilim pano grubu



Kaynak: İstanbul Ulaşım A.Ş, M3 Elektrik Tesisler Şefliği, Haziran 2012.

4.8.3 Transformatörler

Cer Transformatörleri: Metro’da 3300 kVA gücünde 19 adet (34500 / 1200 volt AC) mevcuttur. LRT’de 2400 kVA gücünde 5 adet (34500 / 600 volt AC) mevcuttur.

İç İhtiyaç Transformatörleri (34500 / 400 volt AC): METRO’ da 1600, 2000 ve 2500 kVA güçlerinde toplam 28 adet mevcuttur. LRT’de 630, 2000 kVA gücünde toplam 9 adet mevcuttur. Şekil 4.6’da cer ve iç ihtiyaç transformatörleri gösterilmiştir.

Jeneratör Transformatörleri (6300 / 34500 volt AC) : METRO’da 12500 kVA gücünde toplam 2 adet mevcuttur. LRT’de 5500 kVA gücünde toplam 2 adet mevcuttur.

Şekil 4. 6: İstoç istasyonu cer ve iç ihtiyaç transformatörleri



Kaynak: İstanbul Ulaşım A.Ş, M3 Elektrik Tesisler Şefliği, Mart 2012.

4.8.4 Cer Gücü (DC) Dağıtım Sistemi

DC Panoları (Doğrultucular + Incoming Panoları +Line Feeder Panoları+ Negatif Dönüş Panoları): Metro’da 126 adet vardır. (1500 V), LRT’de 25 adet vardır. (750 V) Şekil 4.7’de cer gücü pano grubu gösterilmiştir. Şekil 4.8’de ise motorlu ayırıcı ve cer negatif koruma panoları gösterilmiştir.

Şekil 4. 7: Başakkontları-4 (Metrokent) istasyonu cer gücü pano grubu



Kaynak: İstanbul Ulaşım A.Ş, M3 Elektrik Tesisler Şefliği, Mart 2012.

Şekil 4. 8: Metrokent istasyonu motorlu ayırıcı ve cer negatif koruma panoları



Kaynak: İstanbul Ulaşım A.Ş, M3 Elektrik Tesisler Şefliği, Mart 2012.

4.8.5 Katener Sistemi (İletken ve Taşıyıcılar)

Rijit Katener: Metro’da hat uzunluğu 29033 metre, taşıyıcı bara 480 mm², kontak teli 120 mm² kesitindedir. LRT’de hat uzunluğu 9434 metre, taşıyıcı bara 480 mm², kontak teli 120 mm² kesitindedir. Her iki sistem de Şekil 4.9’da gösterilmiştir.

Açık Hat Katener: Metro’da hat uzunluğu 1124 metre, taşıyıcı katener iletkeni 240 mm², kontak teli 120 mm² kesitindedir. LRT’de hat uzunluğu 1069 metre, taşıyıcı katener iletkeni 240 mm², kontak teli 120 mm² kesitindedir.

Şekil 4. 9: Rijit ve açık hat (konvansiyonel) katener sistemleri



Kaynak: İstanbul Ulaşım A.Ş., M3 Elektrik Tesisler Şefliği, Mart 2011.

4.8.6 Alçak Gerilim Dağıtım Sistemi (400 Volt AC)

Ana Dağıtım Panoları: Metro’da 15 adet vardır. LRT’de 5 adet vardır.

Tali Dağıtım Panoları: Mekanik Panolar (yürüyen merdivenler, havalandırma fanları, pompalar, asansörler vb.), Aydınlatma Sistemi (armatürler, anahtarlar), Kuvvet Dağıtım Sistemi (prizler, klimalar, vs.) ve Alçak Gerilim Kabloları sisteme dâhildir. Ana ve tali dağıtım panoları Şekil 4.10’da gösterilmiştir.

Şekil 4. 10: İkitelli Sanayi istasyonu alçak gerilim ana ve tali dağıtım panoları



Kaynak: İstanbul Ulaşım A.Ş., M3 Elektrik Tesisler Şefliği, Haziran 2012.

4.8.7 UPS Sistemi

Güç UPS'leri (kesintisiz güç kaynağı ve akü grubu-kuru tip, kurşun-asit) ve Sinyal UPS'leri (kesintisiz güç kaynağı ve akü grubu-kuru tip, kurşun-asit) olarak 2'ye ayrılır. UPS, Şekil 4.11'de gösterilmiştir.

Şekil 4. 11: Kesintisiz güç kaynağı (UPS) ve aküsü



Kaynak: İstanbul Ulaşım A.Ş, M3 Elektrik Tesisler Şefliği, Nisan 2012.

4.8.8 110V DC Redresörler

Redresör (400 volt AC / 110 volt DC) : Redresör dağıtım panosu ve akü grubu (sulu tip, Nikel-Kadmiyum aküler) olarak Şekil 4.12'deki gibi iki parçalı bir ekipmandır.

Şekil 4. 12: Ziya Gökalp istasyonu 110 VDC redresör ve aküsü



Kaynak: İstanbul Ulaşım A.Ş, M3 Elektrik Tesisler Şefliği, Nisan 2012.

4.8.9 Topraklama Sistemi

Temel topraklama tesisatı ve istasyon-tünel topraklama tesisatı olarak ikiye ayrılır.

4.9 ORTA GERİLİM TESİSLERİNİN ÖZEL BİLEŞENLERİ

4.9.1 Orta Gerilim Hücreleri (36 kV)

4.9.1.1 Ana özellikler

IEC standardına göre test edilmiş, dâhili ark arızası testi mevcuttur. Dâhili ark arızasına karşı önden, arkadan ve alttan maksimum koruma sağlamaktadır. Çok kompakt boyutlar, duvara yaslanabilme özelliği (önden erişim imkânı) sağlar. Tip testleri (dâhili ark arızası testi) yapılmıştır. Tüm baralar izolelidir, kablo bağlantı noktaları hariçtir. Kaset tipi çekmeceli kesici HD4'dir. Maksimum bara anma akımı:2500A, maksimum kısa devre dayanma akımı 31.5kA, 3s'dir. İki standart tip: 1000mm - 1600A'e kadar ve 1200mm - 2000A ve 2500A'e kadar uygulama mevcuttur. Kesiciler: 20kA, 25kA, 31.5kA de mevcuttur. Akım ve Gerilim Trafoları DIN standardına uygundur, standart kablo başlıkları kullanılmaktadır.

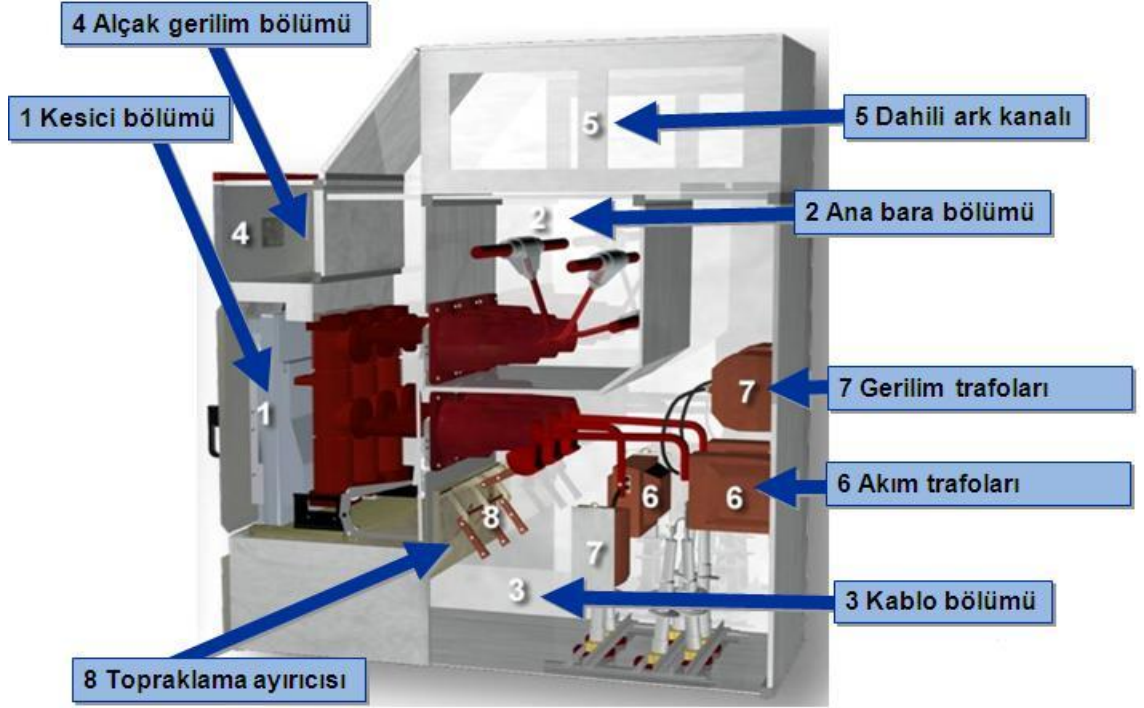
İşletme güvenliği sağlar. İç ark arızasına karşı test edilmiştir. Kesici hareketi pano kapısı kapalı iken gerçekleştirilir. Duvara yaslanabilme özelliği ile yer tasarrufu sağlar. Kablo kompartımanına önden erişim imkânı bulunur. Alüminyum-Çinko malzemeden imal edilmiştir. Cıvatalı yapıya sahiptir. Korozyona dayanıklıdır. Hücre bütünleşik halde Şekil 4.13'de gösterilmiştir. Şekil 4.14 ve 4.15'de ise iç görünüm verilmiştir.

Şekil 4. 13: Orta gerilim hücresi (36 kV)



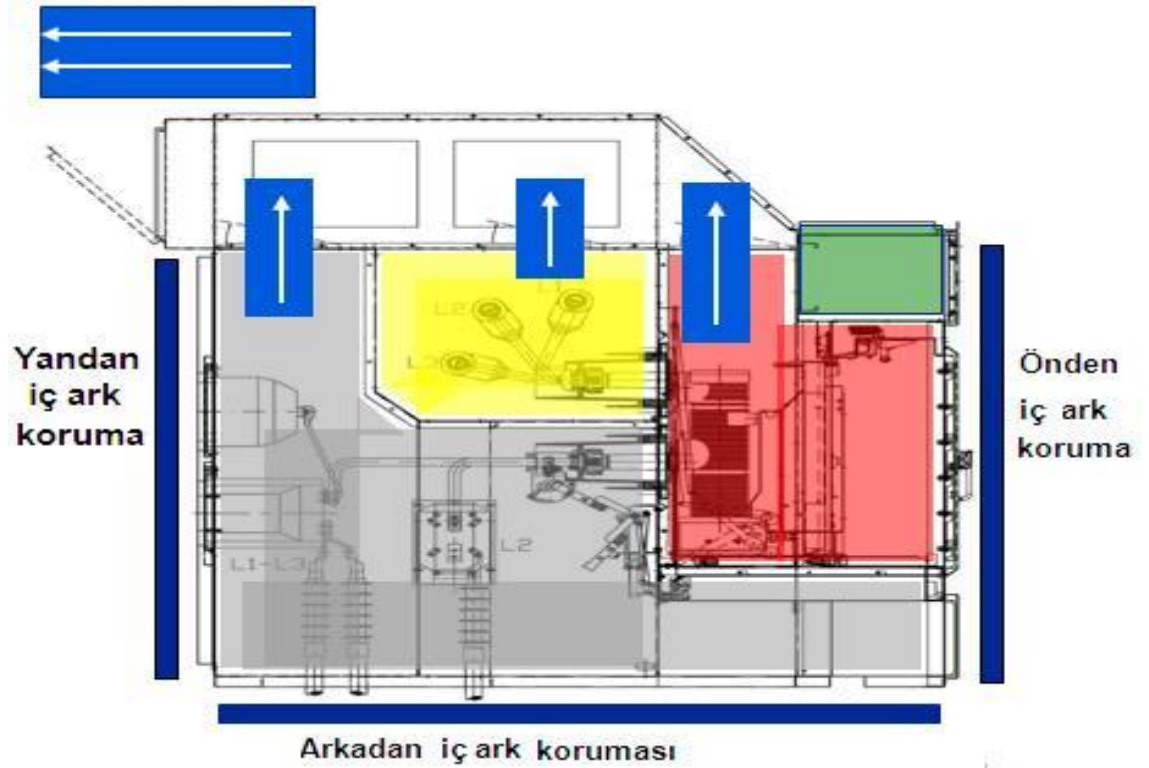
Kaynak: ABB Eğitim dokümanları, Ağustos 2012.

Şekil 4. 14: Orta gerilim hücresinin iç görünümü



Kaynak: ABB Eğitim dokümanları, Ağustos 2012.

Şekil 4. 15: Orta gerilim hücresinin ark koruma gösterimi

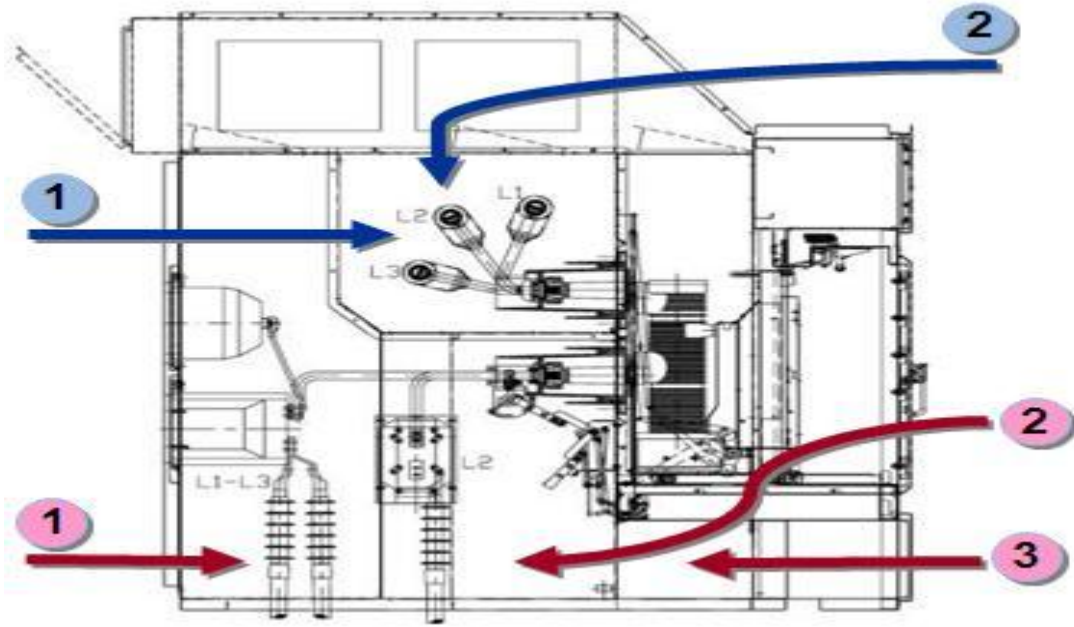


Kaynak: ABB Eğitim dokümanları, Ağustos 2012.

4.9.1.2 Montaj ve bakım

Çekmeceli kesici sayesinde kolay montaj ve bakım sağlar. Tüm bölmelere, Şekil 4.16'da görülebildiği gibi çok kolay erişim imkânı vardır.

Şekil 4. 16: Orta gerilim hücresinin erişim bölgeleri



Kaynak: ABB Eğitim dokümanları, Ağustos 2012.

Bara bölmesine erişim (Mavi); arkadan (1) ve üstten (2) sağlanır.

Kablo bölmesine erişim (Pembe); arkadan (1), önden-kesici bölmesinden (2) ve önden-alt bölmeden (3) sağlanır.

4.9.1.3 Pano yapısı

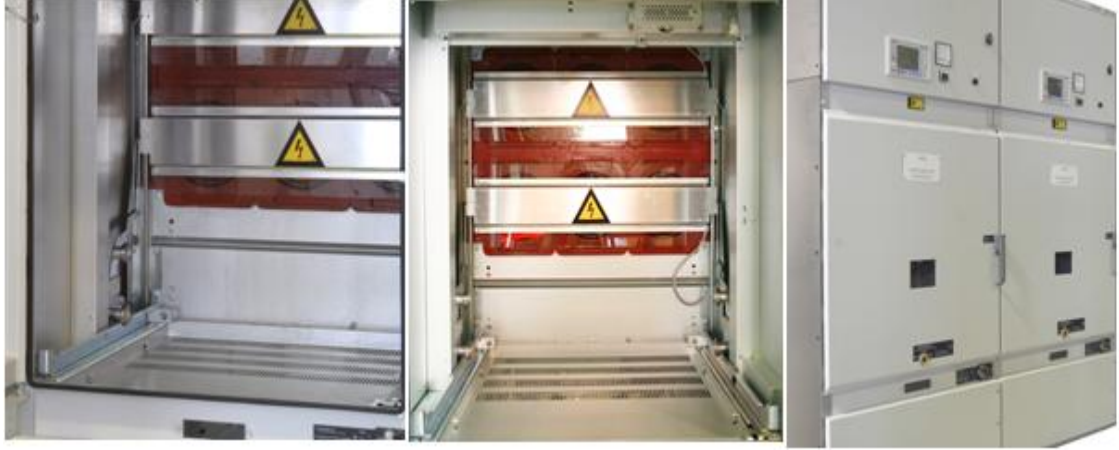
Aluzink - yüzde 55 alüminyum, yüzde 43 çinko ve yüzde 1,6 silikon içeren alaşımdan üretilmiştir. *Aluzink* kaplı çelik sac sayesinde korozyona karşı maksimum koruma sağlanır. *Aluzink* çelik sacın özelliği sayesinde montaj veya işletme esnasında oluşan çizikler kendi kendine kapanmaktadır. Çizikleri tekrar boyamaya gerek yoktur. Böylece çiziklerden dolayı paslanmaz.

4.9.2 Orta Gerilim Kesici Bölmesi

Çekmeceli SF6 veya Vakum kesici kullanılabilir. Kesici hareketi pano kapısı kapalı iken gerçekleştirilir (kesici hareketi ile kilitleme). Kapıda kesiciyi gözetleme penceresi mevcuttur. Mekanik çok sağlam kesici bölmesi (pano, kesici içinde iken taşınabilir)

vardır. Ergonomik kapı kolu, asma kilit takılabilir. Kapı ayarı gerekmez. Kesici/Çekmeceli gerilim trafosunun hareketi ile Şekil 4.17’de görüldüğü gibi otomatik açılan/kapanan metalik klapeler, opsiyonlu olarak klapeler asma kilit ile kilitlenebilir.

Şekil 4. 17: Orta gerilim hücresinin açılan/kapanan metalik klapeleri



Kaynak: ABB Eğitim dokümanları, Ağustos 2012.

4.9.3 Orta Gerilim Bara Bölmesi

Tüm baralar izoleli bakırdan imal edilir. Bara sistemi kendi kendini destekler. İlave mesnet izolatörü gerektirmez. Ana bara-düşey Bara bağlantısı tek noktadan yapılır ve kolayca takılabilen, polikarbonattan yapılmış bağlantı kapakları ile izole edilir. Bara bölmesine üstten ve arkadan ulaşım sağlanır. Bara bölmesi, Şekil 4.18’de gösterilmiştir.

Şekil 4. 18: Orta gerilim hücresinin bara bölmesi



Kaynak: ABB Eğitim dokümanları, Ağustos 2012.

4.9.4 Orta Gerilim Kablo Bölmesi

İzoleli yuvarlak baralara sahiptir. Kablo bağlantı noktaları yalıtım gerektirmez. Özel aletler gerektirmez. Maksimum 4x630 mm² tek ya da üç damarlı güç kabloları kullanılabilir. Kablo bölümü, Şekil 4.19'da gösterilmiştir.

Önden, arkadan ve yanlardan erişim/müdahale yapılabilir.

Şekil 4. 19: Orta gerilim hücresinin kablo bölümü



Kaynak: ABB Eğitim dokümanları, Ağustos 2012.

4.9.5 Orta Gerilim Kesicileri (SF₆ Gazlı)

HD4 tipi SF₆ gazlı kesicidir. Bakımsız kesicilerdir. Kutuplar ömür boyu mühürlü, bakımsız sisteme sahiptir. Gaz seviye göstergesi mevcuttur. Açma zamanı 40-45 ms'dir. Vakum kesici ile aynı açma zamanına sahiptir. (ABB)

SF₆ gazlı orta gerilim kesicisi, Şekil 4.20'de gösterilmiştir.

Şekil 4. 20: Orta gerilim kesicisi (SF6 gazlı)



Kaynak: ABB Eğitim dokümanları, Ağustos 2012.

4.9.6 Orta Gerilim Kesicileri (Vakumlu)

Vakum kesme tekniği mevcuttur. Epoksi reçine içine alınmış ve bakım gerektirmeyen vakum tüpleri vardır. Açma zamanı 35-60 ms'dir. Vakumlu orta gerilim kesicisi, Şekil 4.21'de gösterilmiştir.

Şekil 4. 21: Orta gerilim kesicisi (Vakumlu)

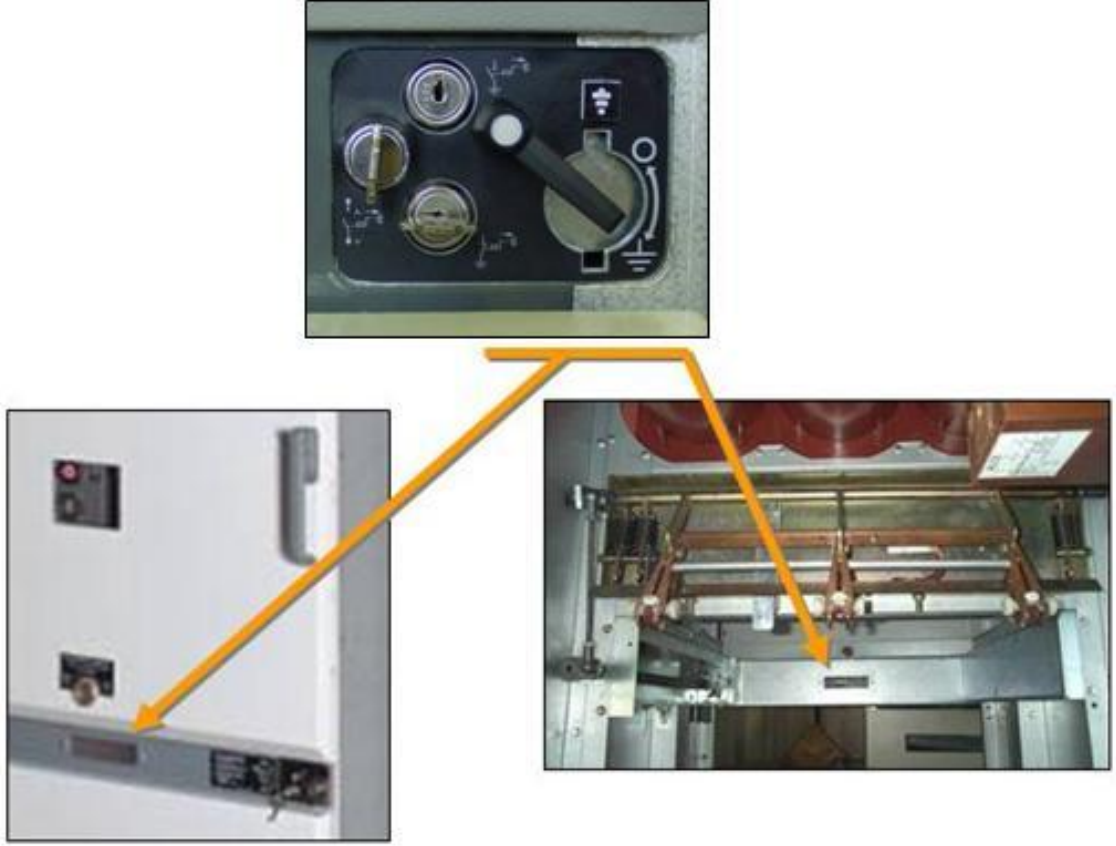


Kaynak: ABB Eğitim dokümanları, Ağustos 2012.

4.9.7 Topraklama Ayırıcısı

Arıza üzerine hızlı kapama özelliği vardır. Opsiyonlu kilit ve asma kilitler takılabilir. Topraklama ayırıcısı pozisyonu, ön paneldeki pencereden izlenebilir. Sınıfı, E1'dir. Şekil 4.22'de topraklama ayırıcısı ve gözetleme penceresi gösterilmiştir.

Şekil 4. 22: Hücre topraklama ayırıcısı ve gözetleme penceresi



Kaynak: ABB Eğitim dokümanları, Ağustos 2012.

4.9.8 Akım ve Gerilim Transformatörleri

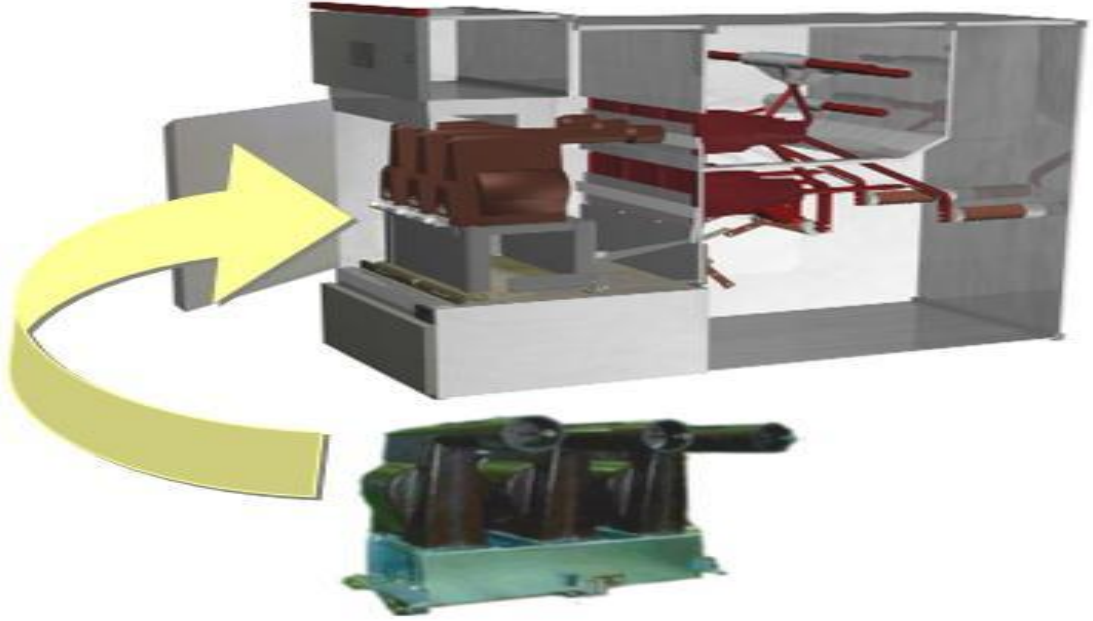
Akım trafoları blok tipi, boyutları DIN standartlarına uygundur. Kablo tipi akım trafolarına sahiptir. Çekmeceli ya da sabit tip gerilim trafoları (primer sigortalı ya da sigortasız) vardır. Şekil 4.23 ve 4.24’de akım ve gerilim transformatörleri gösterilmiştir.

Şekil 4. 23: Akım transformatörleri (farklı tipte)



Kaynak: ABB Eğitim dokümanları, Ağustos 2012.

Şekil 4. 24: Gerilim transformatörü (çekmeceli tip)



Kaynak: ABB Eğitim dokümanları, Ağustos 2012.

4.9.9 Koruma, Kontrol ve Ölçü (REF 542 Röle)

Her çeşit uygulamaların gerektirdiği ihtiyaçları karşılayabilecek kontrol ve koruma ünitesine sahiptir. Çok fonksiyonludur. Yazılım konfigürasyon ünitesi vardır. Kolayca takılıp çıkarılabilir kartlara sahip modüler kasalıdır. Uzaktan kontrole uygun grafik ekranlı arabirime sahiptir. Kolayca donanım ve yazılım versiyonlarının değiştirilmesi sağlanabilir. Proses ve elektrik dağıtım kontrol sistemleri (SCADA) için bilgi sağlayıcı araç olarak kullanılabilir. Röle, Şekil 4.25’de gösterilmiştir.

Şekil 4. 25: REF 542 rölesi



Kaynak: ABB Eğitim dokümanları, Ağustos 2012.

Genel Özellikler: Koruma, Ölçü, Kontrol, Sinyal göstergeleri, Kilitleme, Otomasyon ve Haberleşme sağlar.

4.9.10 Hat Diferansiyel Rölesi (SEL 387L)

Röleyi monte edip haberleşme adreslerini ayarladığınızda SEL387L, iletim hattını veya kabloyu nominal gerilim değeri ne olursa olsun korumaya hazırdır. Hat diferansiyel röle, Şekil 4.26'da gösterilmiştir.

Şekil 4. 26: Hat diferansiyel röle ve bağlantı şekli



Kaynak: SEL-387L röle teknik kataloğu, Şubat 2013.

4.9.10.1 Özellikleri

Sıfır koruma ayarlı: Kanıtlanmış olan diferansiyel koruma, komple faz ve toprak arızası koruması için hiç bir ayar gerektirmez.

Hız: Akım trafolarının doymasına karşı da önlem alınarak bir periyoddan daha kısa sürede işlem sağlar.

Hassas: Negatif ve sıfır bileşen diferansiyel elemanlar, yüksek dirençli toprak arızalarını tespit ederken diğerleri dış arızalara karşı güvenlik sağlar.

Güvenli: Sınırlama ilkesi akım trafosu doymasına ve kanal asimetrisine karşı güvenlik sağlar.

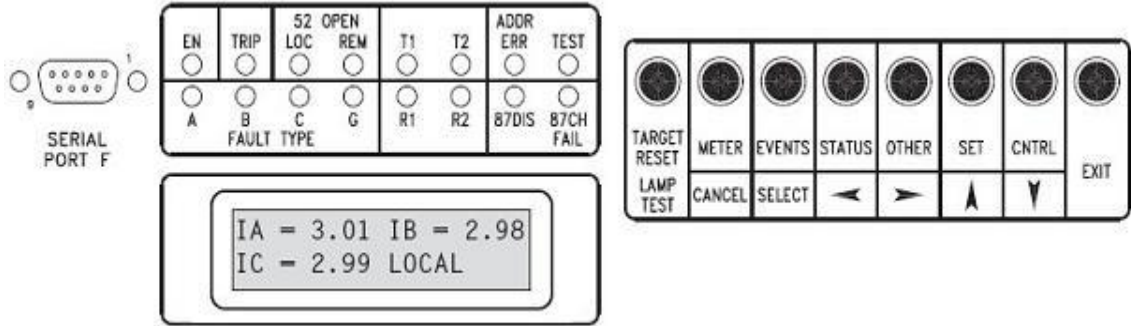
Eksiksiz: Doğrudan fiber ara birimli veya senkron optik ara birimli modelleri seçilebilir. Kanal izleme özelliği, haberleşme kalitesinin ölçümünü sağlar ve kanal arızası nedeniyle yanlış açmaları engeller. Fonksiyon ve butonlar, Tablo 4.1 ve Şekil 4.27’de gösterilmiştir.

Tablo 4. 1: Hat diferansiyel röle ön panel LCD ekran ledlerinin tanımları

LED	Fonksiyon
EN	Rölenin beslemesi normal ve öz sınıma başarılı
TRIP	Rölenin trip ettiğini gösterir
52OPEN / LOC	Yerel kesici açık
52OPEN / REM	Uzak kesici açık
T1, T2	Transfer kontak girişleri T1, T2 enerjili
ADDR ERR	Akım diferansiyel alıcı adresi hatalı
TEST	Akım diferansiyel test modu aktifleştirildi
FAULT TYPE / A,B,C	Arızayla ilintili fazlar
FAULT TYPE / G	Arıza toprakla ilintili
R1, R2	R1, R2 transfer kontak çıkışları enerjili
87DIS	Akım diferansiyel koruması pasifleştirildi
87CH FAIL	Akım diferansiyel kanal problemi

Kaynak: SEL-387L röle teknik kataloğu, Şubat 2013.

Şekil 4. 27: SEL-387L Durum-trip ledleri, ön panel LCD ekranı ve butonları



Kaynak: SEL-387L röle teknik kataloğu, Şubat 2013.

4.9.11 Aktif Ark Koruma Sistemleri

ITH Sınırlayıcı: *Mikroswitch*’lerden oluşan sensörler, Şekil 4.28’de görüldüğü gibi panonun üzerinde bulunan ve iç ark esnasında açılan klapeler üzerine yerleştirilirler ve iç ark esnasında pozisyon değiştirerek yardımcı kontaklarının bağlı olduğu üst taraftaki kesiciyi açtırırlar. Böylece iç ark tam oluşmadan meydana getirebileceği zararları azaltır.

20 ms aktivasyon zamanı bulunmaktadır.

Şekil 4. 28: Orta gerilim hücrelerinin ark koruma sensörleri



Kaynak: ABB Eğitim dokümanları, Ağustos 2012.

4.9.12 Standart Güvenlik Kilitlemeleri

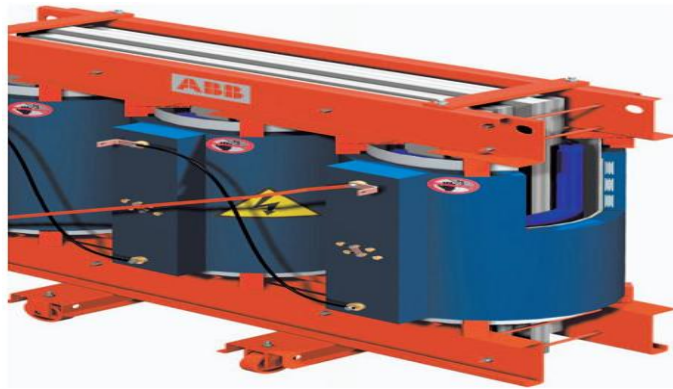
Mekanik kilitlemeler: Devre kesicisi kapalıyken sürme/çekme yapılamaz. Kesici arabası, belirsiz pozisyonda iken devre kesicisi kapatılamaz. Kesici arabası, servis veya belirsiz pozisyonda iken devre kesici çok pinli fişi çekilemez. Kesici arabası, servis veya belirsiz pozisyonda iken topraklama şalteri kapatılamaz. Topraklama şalteri kapalı iken devre kesicisi sürülemez. Elektriksel kilitlemeler: Devre kesicisinin çok pinli fişi çekili veya takılmamış iken devre kesicisi sürülemez.

4.9.13 Transformatörler

4.9.13.1 Kuru tip transformatörler

Elektrik enerjisini her hangi bir gerilim seviyesinden başka bir gerilim seviyesine (aynı frekans) endüksiyon yoluyla, minimum kayıpla aktaran statik makinadır. Kuru tip transformatör, Şekil 4.29'da gösterilmiştir.

Şekil 4. 29: Kuru tip transformatörün görünüşü

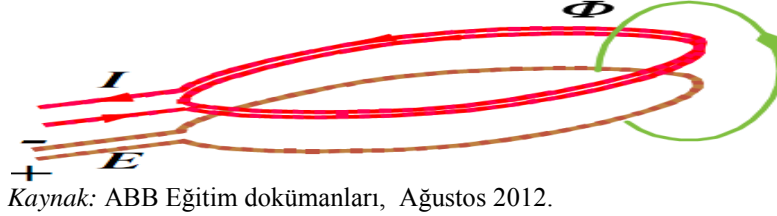


Kaynak: ABB Eğitim dokümanları, Ağustos 2012.

4.9.13.1.1 Transformator temel çalışma prensibi

Alternatif akım geçen bir sargının oluşturduğu manyetik alanı kesen diğer bir iletkende, manyetik alanın değişimi ile orantılı Şekil 4.30'da görüldüğü gibi bir gerilim indüklenir.

Şekil 4. 30: Transformörde gerilim indüklenmesi



Kaynak: ABB Eğitim dokümanları, Ağustos 2012.

4.9.13.1.2 Prensip

Kuru tip trafo tanımı: Soğutma sistemi ve izolasyon malzemesi olarak yağ kullanılmayan trafolardır. Trafonun çalıştığı esnada ısı açığa çıkmaktadır ve bu ısı bobinlerden dışarı atılmaktadır. Prensibi, Şekil 4.31'de gösterilmiştir.

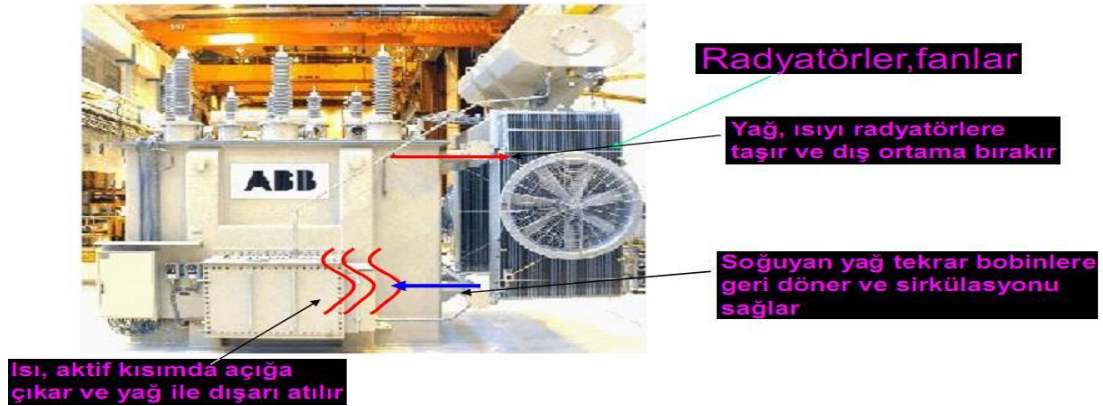
Şekil 4. 31: Transformörün prensibi



Kaynak: ABB Eğitim dokümanları, Ağustos 2012.

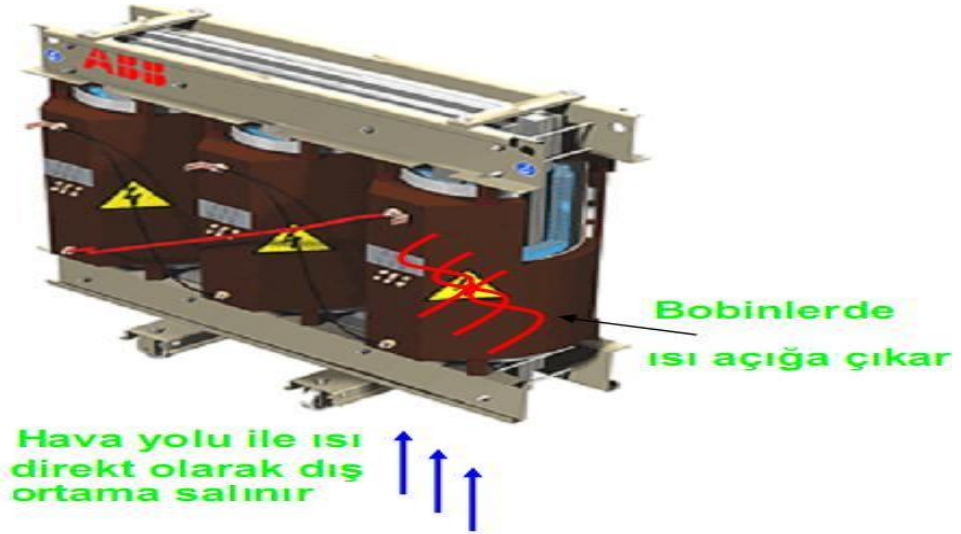
Yağlı tip trafolarda, Şekil 4.32'de görüldüğü gibi ısının, radyatörler ve ana gövde üzerinden dışarı atılması için izolasyon yağı kullanılmaktadır. Kuru tip trafolar, Şekil 4.33'de görüldüğü gibi ısıyı direkt olarak dış ortama bırakır.

Şekil 4. 32: Yağlı tip transformatorlerde ısının açığa çıkış biçimi



Kaynak: ABB Eğitim dokümanları, Ağustos 2012.

Şekil 4. 33: Kuru tip transformatörlerde ısının açığa çıkış biçimi



Kaynak: ABB Eğitim dokümanları, Ağustos 2012.

4.9.13.1.3 Üretim detayları

Kuru tip transformatör, metal muhafazalı veya muhafazasız sağlanabilir. Soğutma sistemi, doğal hava (AN) veya fanlar (ANAF) aracılığıyla sağlanabilir.

4.9.13.1.4 İzolasyon sistemi

Termal sınıflandırma: Sıcaklık yükseldiğinde bobinlerin zarar görmemesi, kullanılan izolasyon malzemesinin Tablo 4.2’de görüldüğü gibi termal sınıfı ile ilgilidir.

Tablo 4. 2: Transformatör termal sınıflandırması

Termal Sınıf	Max. Sıcaklık Değeri (°C)
(A)	105
(B)	130
(F)	155
(H)	180
(C)	220

Kaynak: ABB Eğitim dokümanları, Ağustos 2012.

4.9.13.1.5 Kayıplar

Yük (Bakır) Kayıpları: Yük kayıpları hesaplanırken mutlaka aynı sıcaklıkta hesaplanmalıdır. Yağlı trafolarında yük kayıpları 75 °C’de, kuru trafolarında 120 °C’de hesaplanır. Yük kayıplarını istenilen sıcaklığa indirmek için aşağıdaki formül kullanılır.

$$P_{120^{\circ}\text{C}} = P_{75^{\circ}\text{C}} \frac{234,5+120}{234,5+75} \quad (4.1)$$

Örnek: 1000 kVA (120 °C)

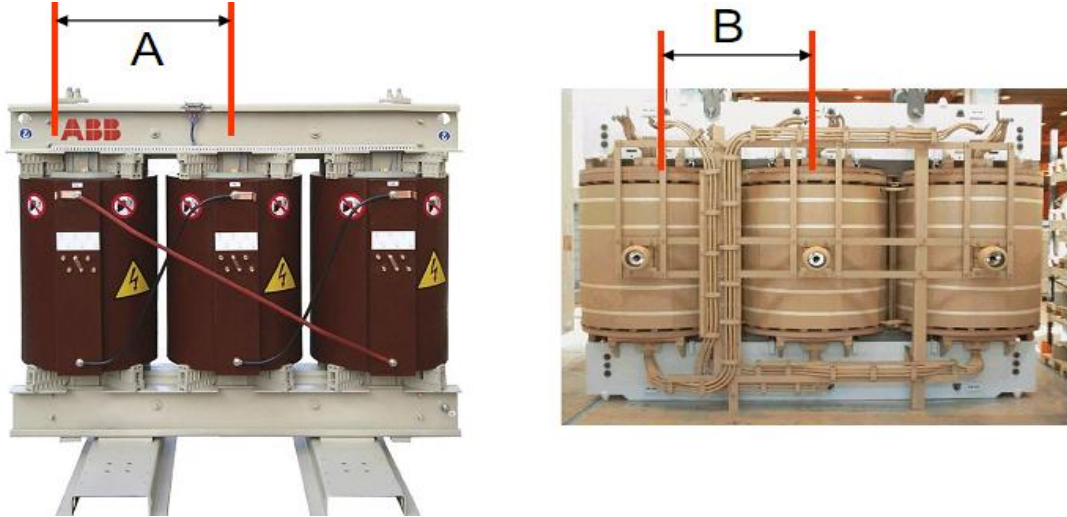
Yağlı tip trafo yük kayıpları: 12.027 W

Kuru tip trafo yük kayıpları: 11.200 W

Yağlı tip trafoların yük kayıpları, kuru tip trafolarla göre daha yüksektir.

Boşta (Demir) Kayıpları: Boşta kayıplar direkt olarak sıcaklık ile ilgili değildir. Yağlı tip trafoların boşta kayıpları kuru tip trafolarla göre daha düşüktür çünkü nüve daha küçüktür. Kuru tip trafolarla, nüve içerisinde yer alan hava delikleri daha çoktur. Her iki transformatörün nüve mesafeleri, Şekil 4.34’de gösterilmiştir.

Şekil 4. 34: Her iki tip transformatörün nüve mesafeleri



Kaynak: ABB Eğitim dokümanları, Ağustos 2012.

Örnek: 1000 kVA

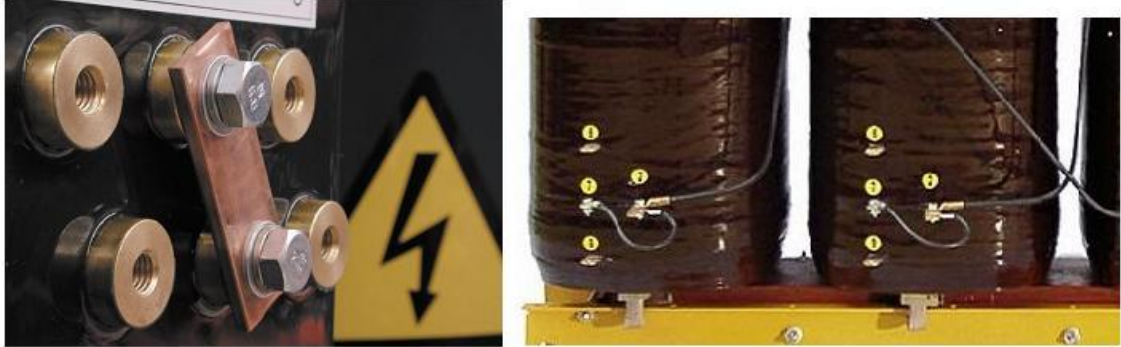
Yağlı tip trafo boşta kayıp: 1.700 W

Kuru tip trafo boşta kayıp: 2.300 W

4.9.13.1.6 Kademe değiştirici

Kuru tip trafolar genellikle boşta kademe değiştirici ekipmanı ile donatılırlar. Genel olarak dizayn sebebi ile maksimum 5 kademelendirme yapılır. 7 kademeye kadar özel tasarım ile çıkabilmektedir. Kademeler arasına irtibat barası monte edilerek geçişler sağlanır. Kademe değiştirici, Şekil 4.35’de gösterilmiştir.

Şekil 4. 35: Transformatör kademe değiştiricileri



Kaynak: ABB Eğitim dokümanları, Ağustos 2012.

4.9.13.1.7 zellikler

Yangın tehlikesi: Yangına karşı yüksek dayanıklılığı vardır. Kendi kendini söndürme ve düşük alev alma kapasitesine sahiptir. Reçine yanma sıcaklığı: 300 C’dir. 350 C’den sonra çok düşük alev alma özelliğine sahiptir. Herhangi bir harici yangın esnasında; yanma olasılığı Yağlı tip = 5 x Kuru tip.

Bakım ihtiyacı olmaması: Düz ve pürüzsüz yüzeyi sayesinde toz tutma ve kirlenme olasılığı düşüktür. Yağ olmadığı için yağ kaçağı ve yağ seviyesinde düşme gibi problemler ile karşılaşılmaz. Yağ analizi gerekmez.

Tablo 4. 3: Transformatörlerin bakım periyotları

BAKIM	PERİYOD	YAğLI TİP	KURU TİP
Yağ kaçağı	Aylık	Evet	Hayır
Yağ seviyesi kontrolü	Aylık	Evet	Hayır
Porselen izolatör kontrolü	yıllık	Evet	Hayır
Yüzey temizliği	yıllık	Evet	Evet
Bağlantı sıklık kontrolü	yıllık	Evet	Evet
Boyama	yıllık	Evet	Hayır
Yağ analizi	yıllık	Evet	Hayır
Silikajel değişimi	yıllık	Evet	Hayır
Aksesuar kontrolü			
Bucholz rölesi	yıllık	Evet	Hayır
Basınç rölesi		Evet	Hayır
Yağ seviye rölesi		Evet	Hayır
Sıcaklık rölesi		Evet	Evet

Kaynak: ABB Eğitim dokümanları, Ağustos 2012.

Her bakım işlemi, trafonun enerjisiz bırakılması demektir. Daha fazla bakım ihtiyacı, daha fazla zaman ve yedek parça ihtiyacı anlamına gelmektedir. Bu da daha fazla arıza olasılığı demektir. Her iki transformatörün bakım süreçleri, Tablo 4.3’de verilmiştir.

4.9.13.1.8 Kuru tip transformatör avantajları

İnsanlar ve çevre için daha güvenlidir. Yangın riski daha azdır. Daha az bakım gerektirir. Kısa devre akımlarına karşı daha dayanıklıdır. Aşırı yüklenmelere karşı daha verimlidir. Montajının daha kolaydır. Daha az AG bara ve kablo bağlantılarına sahip olması sebebi ile daha düşük bara maliyetine sahiptir.

4.9.13.1.9 Transformatörlerin karşılaştırılması

Kuru tip trafolar, yağlı tip trafolarla oranla daha iyi bir izolasyon sistemine sahiptir. Kuru tip trafolarla ait sargılar, yağlı trafolarla oranla daha yüksek sıcaklıklarda çalışabilecek şekilde üretilirler. Kuru tip trafo yanma sınıfı 1’dir. Kuru tip trafolar, yağlı tiplere göre daha yüksek boştaki kayıplara ve daha düşük yükte kayıp değerlerine sahiptirler. Kuru tip trafolar metal muhafazalı veya muhafazasız olarak ve hem harici hem de dâhili çalışma koşulları için üretilirler.

4.9.13.2 Yağlı tip transformatörler

Elektrik enerjisini her hangi bir gerilim seviyesinden başka bir gerilim seviyesine (aynı frekans) endüksiyon yoluyla, minimum kayıpla aktaran statik makinedir. Yağlı tip transformatör, Şekil 4.36’da gösterilmiştir.

Şekil 4. 36: Yağlı tip transformatörün görünüşü

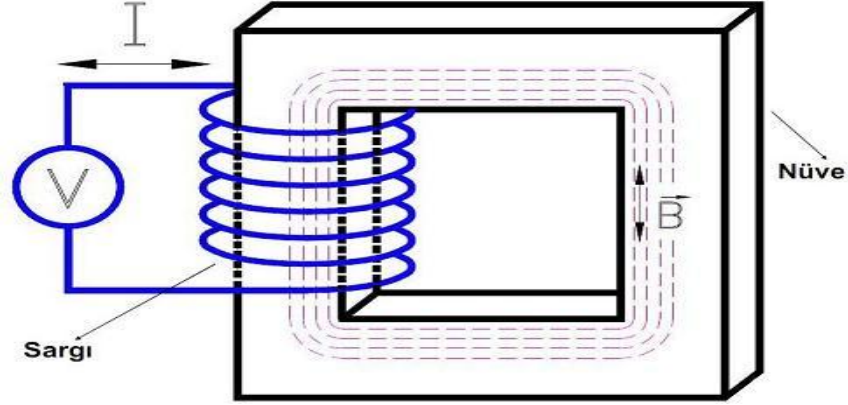


Kaynak: ABB Eğitim dokümanları, Ağustos 2012.

4.9.13.2.1 Temel çalışma prensibi

Trafolar değişken manyetik alanı kesen bir iletkende gerilim oluşması (indüklenmesi) prensibiyle çalışır. Çalışma prensibi, Şekil 4.37’de gösterilmiştir.

Şekil 4. 37: Yağlı tip transformatörün çalışma prensibi

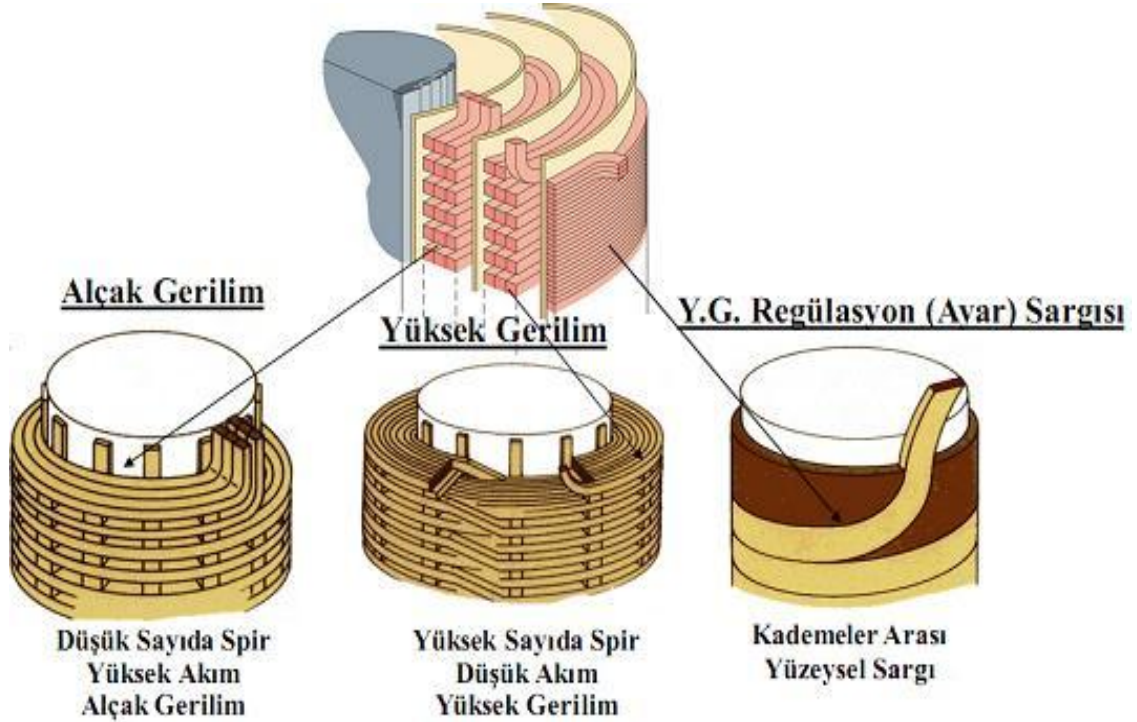


Kaynak: ABB Eğitim dokümanları, Ağustos 2012.

4.9.13.2.2 Sargılar

Transformatör sargısı, Şekil 4.38’de görüldüğü gibi yüksek gerilim sargısı ve Alçak gerilim sargısı olarak ikiye ayrılır.

Şekil 4. 38: Transformatör sargı tipleri

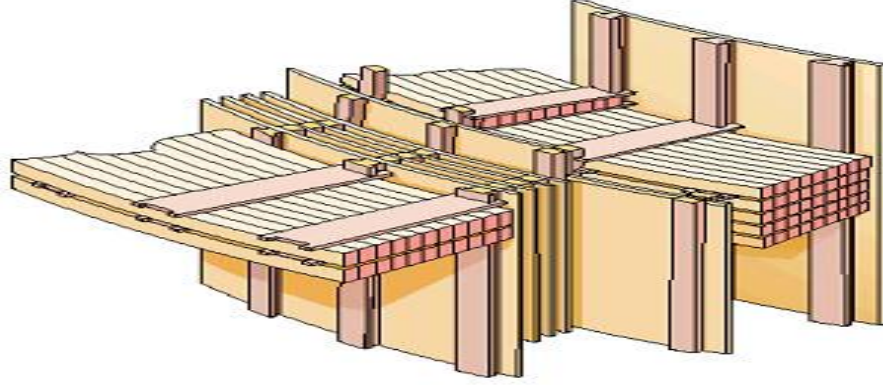


Kaynak: ABB Eğitim dokümanları, Ağustos 2012.

4.9.13.2.3 Yalıtım ve yağ sirkülasyonu

Sargılar arasında yağ geçişine izin veren ve sargıları birbirinden yalıtan soğutma kanalları vardır. Tasarım, Şekil 4.39'da gösterilmiştir.

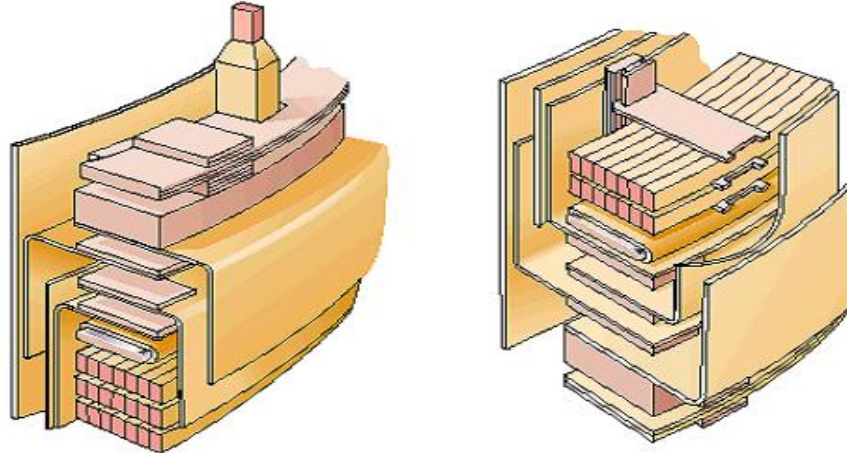
Şekil 4. 39: Yağlı tip transformatör yalıtım ve yağ sirkülasyonu



Kaynak: ABB Eğitim dokümanları, Ağustos 2012.

Sargıyı oluşturan diskler arasında da soğutma ve izolasyon için yalıtım vardır. Tasarım, Şekil 4.40'da gösterilmiştir.

Şekil 4. 40: Diskler arası yalıtım ve yağ sirkülasyonu

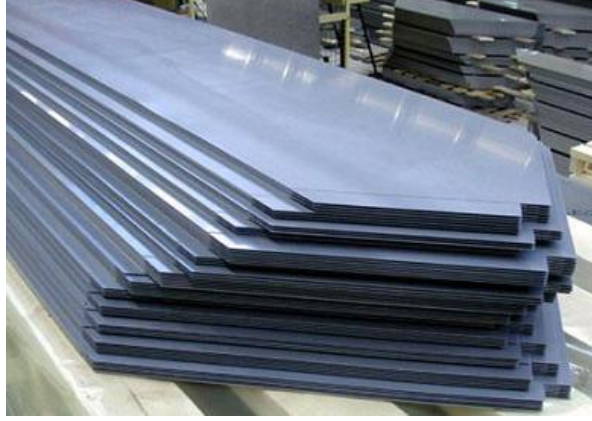


Kaynak: ABB Eğitim dokümanları, Ağustos 2012.

4.9.13.2.4 Çekirdek (nüve)

İnce saç (0,27-0,33 mm) paketlerinden oluşur. Yüksek manyetik özellik-düşük kaçak manyetik akıya sahiptir. Silisyum kaplı yönlendirilmiş saçlardan oluşur. Demir kristalleri manyetik akı yönüne göre yönlendirilir. Kaliteli saç *fuko* (boşta) kayıplarının seviyesini düşürür. Nüve saç yerleşiminde kademeli ve 45°'lik birleşim, düşük manyetik direnci sağlar. Nüve saçı, Şekil 4.41'de gösterilmiştir.

Şekil 4. 41: Transformatör nüve saçı



Kaynak: ABB Eğitim dokümanları, Ağustos 2012.

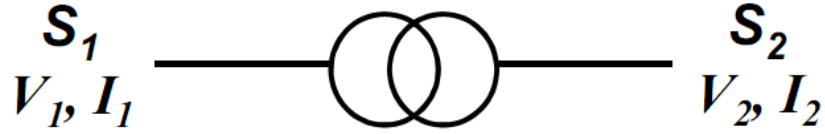
Transformatörün temel elektriksel parametreleri: Gerilim(V), Akım (I) ve Güç (S)'dir.

İki sistem arasında (değişik gerilim seviyelerinde) güç iletimi sağlayan ideal bir transformatör için Şekil 4.42'de görüldüğü gibi:

$$S_1=S_2$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{I_2}{I_1} \quad (4.2)$$

Şekil 4. 42: Transformatör giriş/çıkış değerleri



Pratikte ise;

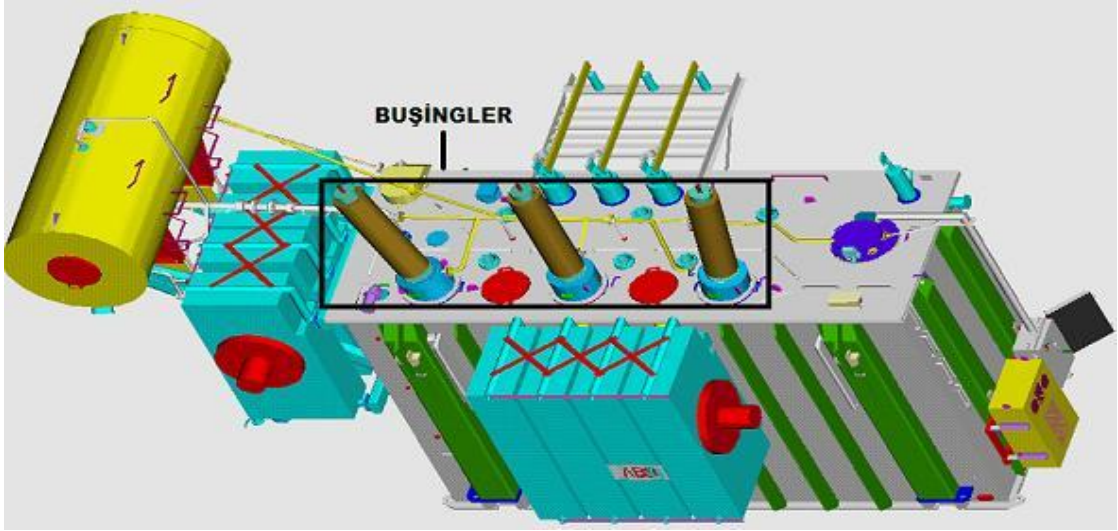
$$S_1=S_2+S_{\text{kayıp}} \quad (4.3)$$

$$S_{\text{kayıp}}=\text{Boşta kayıplar} + \text{Yükte Kayıplar} \quad (4.4)$$

4.9.13.2.5 Buşingler

Şekil 4.43'de görüldüğü gibi gücün, transformatöre ilk giriş noktasıdır. O.G. seviyesinde dağıtım trafolarında porselen izolatörler kullanılmaktadır. Daha yüksek gerilim seviyeleri için yağ izolasyonlu, yalıtkan-iletken katmanlı ve silikon *buşingler* üretilmektedir.

Şekil 4. 43: Transformator buşingleri

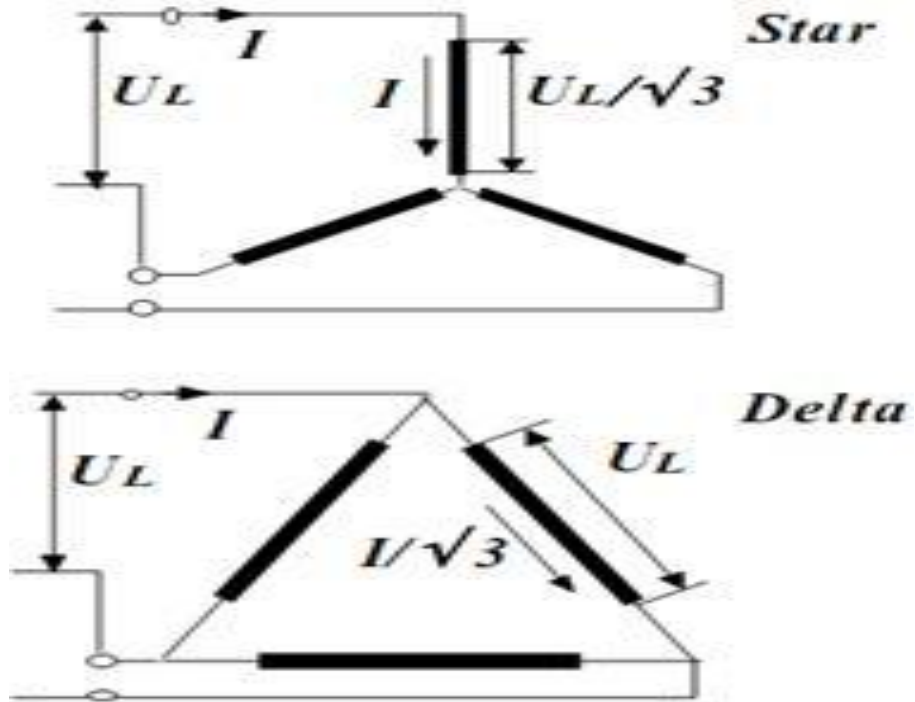


Kaynak: ABB Eğitim dokümanları, Ağustos 2012.

4.9.13.2.6 Sargı bağlantı çeşitleri

YG Transformatörlerinde yıldız bağlantı izolasyon avantajı sağladığından tercih edilmektedir. Akım kapasitesi ön plana çıktığında üçgen bağlı sargılar avantajlıdır. Yıldız ve üçgen bağlantı, Şekil 4.44'de verilmiştir.

Şekil 4. 44: Transformator yıldız ve üçgen sargı bağlantısı



Kaynak: ABB Eğitim dokümanları, Ağustos 2012.

4.9.13.2.7 Trafo kademe değiştirici şalterleri

Trafoalarda gerilim regülasyonu: Boşta kademe şalterleri ve yük altında kademe şalteri ile yapılmaktadır. şalterler, şekil 4.45'de gösterilmiştir.

Yük altında kademe şalteriyle yapılan regülasyon işlemlerinde gerilim ayar regülatörleri kullanılmaktadır.

Trafo kademe şalterleri trafonun YG sargısında yer alır. Trafo kademe sargısından çıkan uçlar, kademe şalterine bağlanır. şalter, devreye sargı aldığında gerilim seviyesi artar, sargı çıkardığında gerilim seviyesi düşer.

şekil 4. 45: Kademe değiştirici şalterler



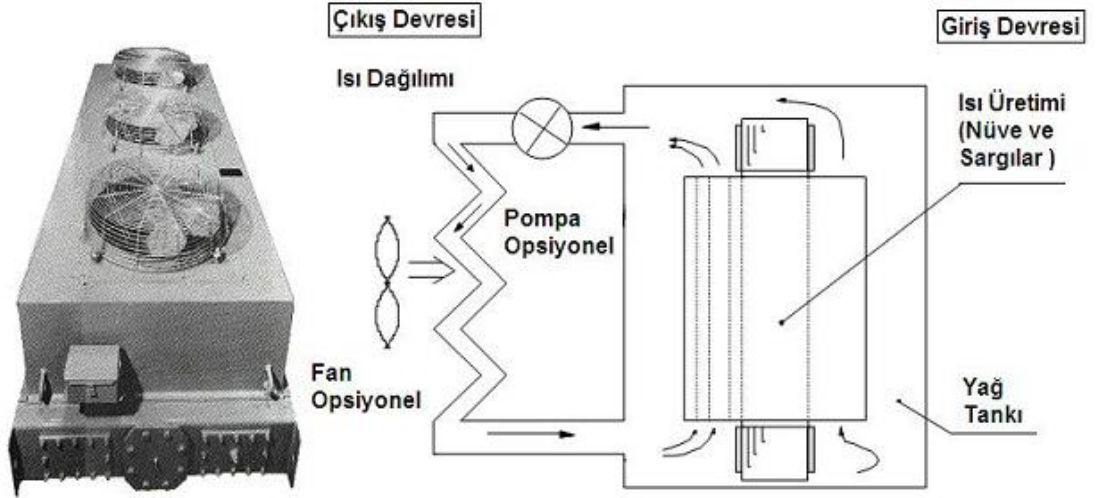
Kaynak: ABB Eğitim dokümanları, Ağustos 2012.

Boşta kademe değiştirici ekipmanları, minimum yılda bir kez trafo enerjisiz bırakılarak kademe değişimi yapılmalıdır. Aksi halde aynı kademe üzerinde kalan kontaklarda aşırı ısınma ve gaz oluşumu başlamaktadır.

4.9.13.2.8 Soğutma ekipmanları

Sargıdaki akımın oluşturduğu ısı transformatör yağına transfer olur. Yağın sirkülasyonu ve soğutulmasıyla sargılardaki ısının trafo dışına transferi mümkün olmaktadır. Soğutma ekipmanları, şekil 4.46'da gösterilmiştir.

Şekil 4. 46: Soğutma ekipmanları



Kaynak: ABB Eğitim dokümanları, Ağustos 2012.

4.9.13.2.9 Nem alıcı/kurutucu

Nem alıcılar trafuyu dış ortamdan koruyan en önemli ekipmanlardır. İçerisindeki *slikajel* maddesi vasıtasıyla nemi ve dip kısmında bulunan kabın içerisindeki yağ ile toz ve parçacıkların emilme özelliğine sahiptir. Nem alıcı, Şekil 4.47’de gösterilmiştir.

Kullanılmakta olan beyaz renkli *slikajel*, nem alması durumunda üreticisine bağlı olarak kahverengi veya turuncu renk alarak kullanıcıyı uyarmaktadır.

Şekil 4. 47: Nem alıcı/kurutucu



Kaynak: ABB Eğitim dokümanları, Ağustos 2012.

4.9.13.2.10 Yağ seviye göstergesi

Yağ seviye göstergesi alarm veya açma sinyali vermek üzere tasarlanmıştır. Yağ sıcaklığına bağlı olarak uygun seviyeye kadar yağ doldurulmalıdır. Maksimum ve minimum değerler trafo açısından sakıncalıdır. Gösterge, Şekil 4.48’de gösterilmiştir.

Şekil 4. 48: Yağ seviye göstergesi



Kaynak: ABB Eğitim dokümanları, Ağustos 2012.

4.9.13.2.11 Buchholz rölesi

Transformatör kazanı ile genişleme deposu arasına monte edilir. Bakım esnasında kontakların işlevi kontrol edilmelidir. Röle, Şekil 4.49’da gösterilmiştir.

Aşağıdaki durumlarda açma (trip) ve alarm veren bir aksesuardır:

- a. Sınırlı gaz birikiminde (Alarm)
- b. Sürekli gaz birikiminde (Trip)
- c. Yağ seviyesi düştüğünde (Trip)
- d. Yağ akış darbesinde (Trip)

Şekil 4. 49: Buchholz rölesi



Kaynak: ABB Eğitim dokümanları, Ağustos 2012.

4.9.13.2.12 Yağ sargı sıcaklık göstergesi

Yağ üst sıcaklığını gösterir. Alarm ve açma olarak iki sıcaklık değeri için kontaktları mevcuttur. Alarm 85 °C, açma 95 °C'ye ayarlanır. Bakım esnasında kontaktların işlevi kontrol edilmelidir. Gösterge, Şekil 4.50'de gösterilmiştir.

Şekil 4. 50: Yağ sargı sıcaklık göstergesi

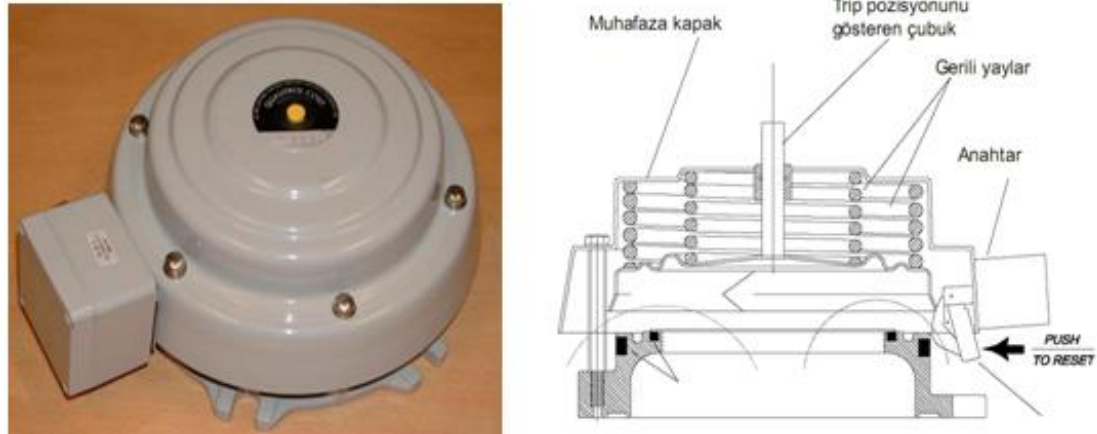


Kaynak: ABB Eğitim dokümanları, Ağustos 2012.

4.9.13.2.13 Basınç emniyet valfi

Ani ve hızlı basınç yükselmesini tespit eder. Basınç normal seviyeye düşünce otomatik olarak kapanır. Çalışma basıncı 0,4 - 1,2 bar arasında değişmektedir. Bakım esnasında kontaktların işlevi kontrol edilmelidir. Valf, Şekil 4.51'de gösterilmiştir.

Şekil 4. 51: Basınç emniyet valfi



Kaynak: ABB Eğitim dokümanları, Ağustos 2012.

4.9.13.2.14 Yağ akış rölesi (surge relay)

Bucholz rölesi gibi çalışır. Arıza sebebi ile oluşan basınç ile birlikte sistemi devre dışı bırakır. Röle, Valf, Şekil 4.52’de gösterilmiştir.

Şekil 4. 52: Yağ akış rölesi



Kaynak: ABB Eğitim dokümanları, Ağustos 2012.

4.9.13.2.15 Transformatör izolasyon yağı

Trafonun soğutulması ve elektriksel izolasyon özelliklerinden dolayı trafo yağı kullanılmaktadır. Her sene periyodik olarak; yağ, kimyasal analiz test işlemlerinin yapılması tavsiye edilmektedir.

En büyük pazar payına sahip olan markalar Shell ve Nynas’dır.

4.9.14 Sıcaklık Kontrol Rölesi (TMD-T4)

Dijital göstergelidir. PT 100 sensörleri (her faz için 1 adet) vardır. Röle, Şekil 4.53’de gösterilmiştir.

Ayar Sahası: 145 °C *alarm*-165 °C *trip* sinyali ayarına sahiptir. (cer trafoları için)

Ayar Sahası: 125 °C *alarm*-145 °C *trip* sinyali ayarına sahiptir. (iç ihtiyaç trafoları için)

Şekil 4. 53: Transformatör sıcaklık kontrol rölesi



Kaynak: ABB Eğitim dokümanları, Ağustos 2012.

4.9.15 Fan Kontrol Rölesi (VRT-200)

Transformatör fanlarının devreye girişini kontrol eder. Röle, Şekil 4.54'de gösterilmiştir. Fan devreye girme sıcaklığı: 90 °C, Fan devreden çıkma sıcaklığı: 70 °C

Şekil 4. 54: Transformatör fan kontrol rölesi



Kaynak: ABB Eğitim dokümanları, Ağustos 2012.

4.9.16 Soğutma Fanları

Transformatör kapasitesi, yüzde 25-40 arttırılabilir. Besleme değerleri:230 VAC, 5 A

Şekil 4. 55: Soğutma fanları



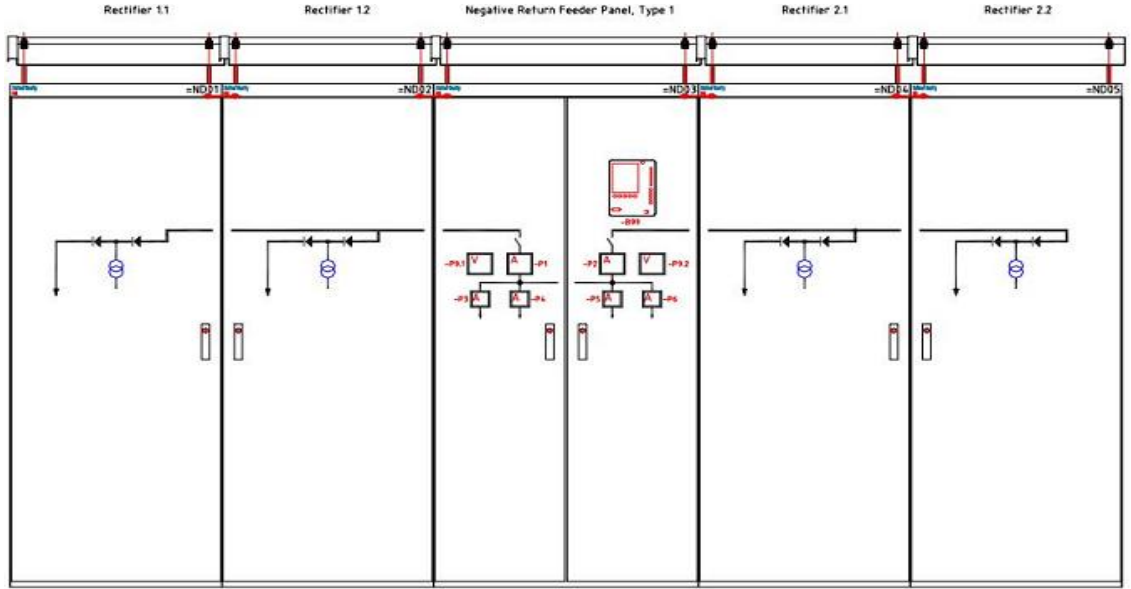
Kaynak: ABB Eğitim dokümanları, Ağustos 2012.

4.10 DC TREN CER GÜCÜ TESİSLERİNİN ÖZEL BİLEŞENLERİ

4.10.1 Genel Prensip

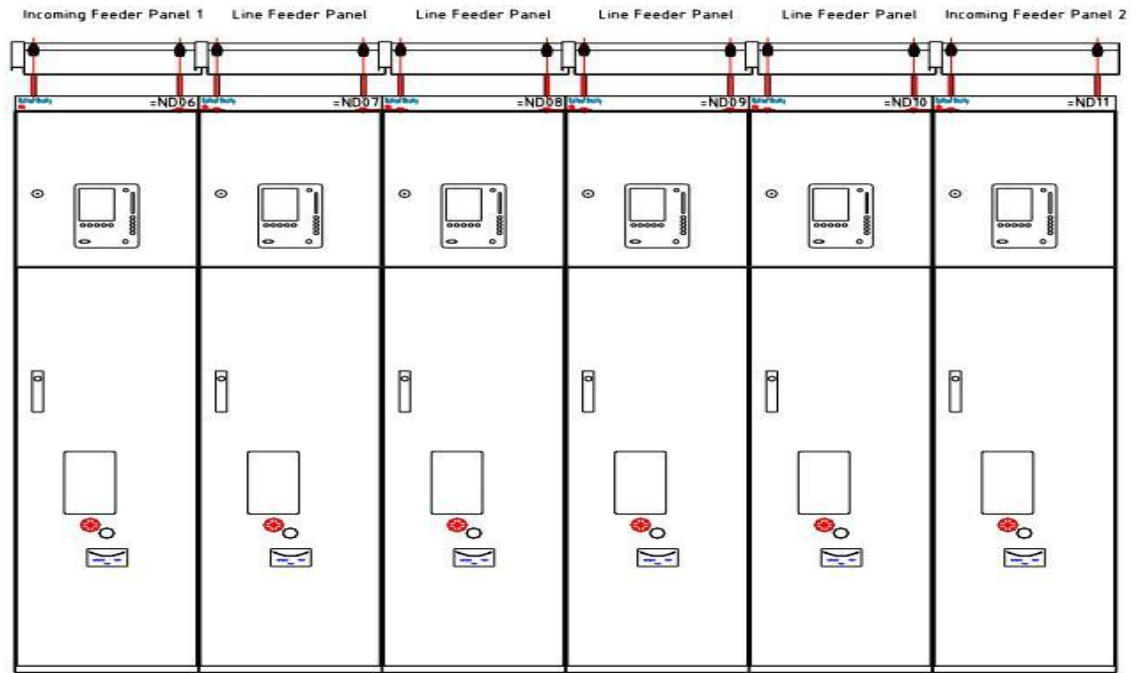
Genel görünüm, Şekil 4.56 ve 4.57’de gösterilmiştir.

Şekil 4. 56: Doğrultucu ve Negatif geri dönüş hücresi



Kaynak: Balfour Beatty Rail eğitim dokümanları, Ocak 2012.

Şekil 4. 57: Giriş ve Hat besleme hücresi

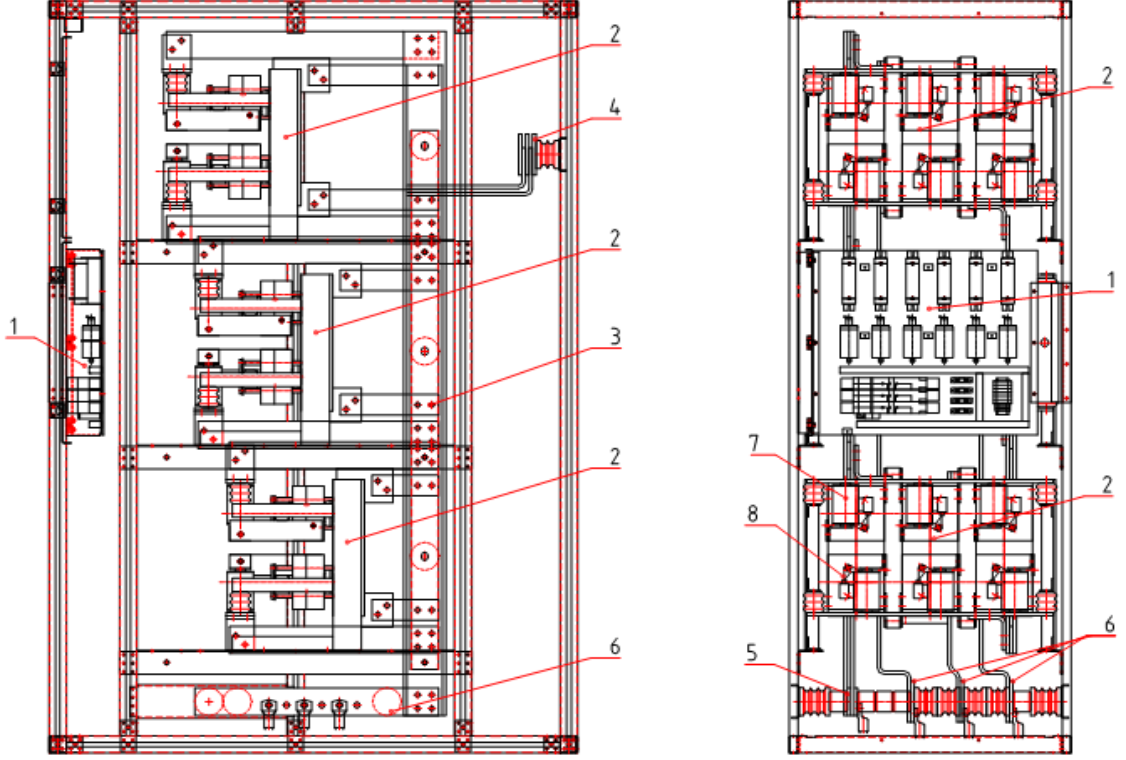


Kaynak: Balfour Beatty Rail eğitim dokümanları, Ocak 2012.

4.10.2 Doğrultucu Hücresi

Doğrultucu hücre, önden ve sol yandan Şekil 4.58’de gösterilmiştir.

Şekil 4. 58: Doğrultucu hücre (ön ve yan görünüş)



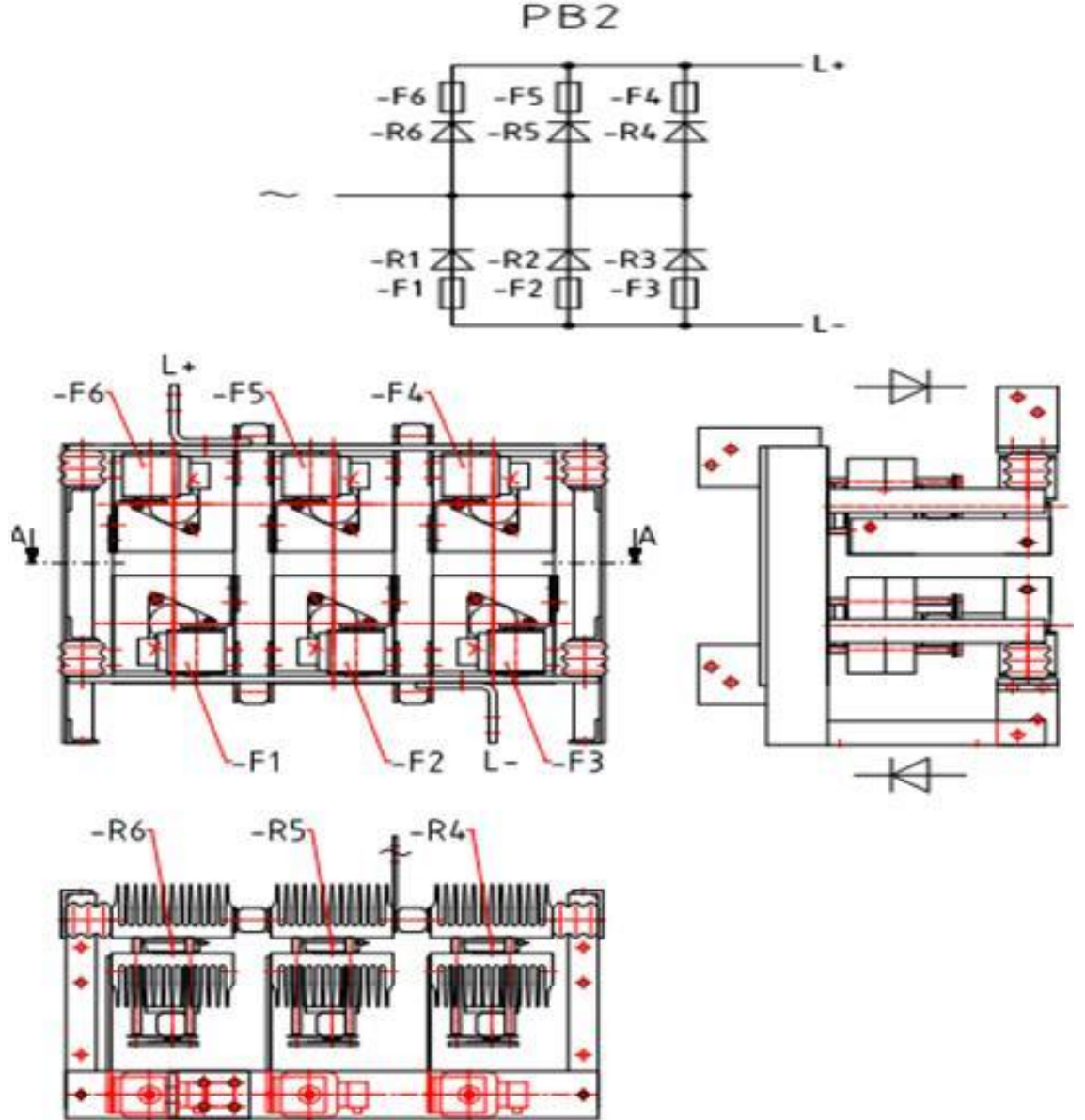
Kaynak: Balfour Beatty Rail eğitim dokümanları, Ocak 2012.

1. Sönümlleme cihazı
2. Güç blokları
3. İç bara
4. Giden bara DC L-
5. Giden bara DC L+
6. Giden bara AC
7. Diyot sigorta
8. Diyot kelepçeleme cihazı

4.10.3 Güç Devresi

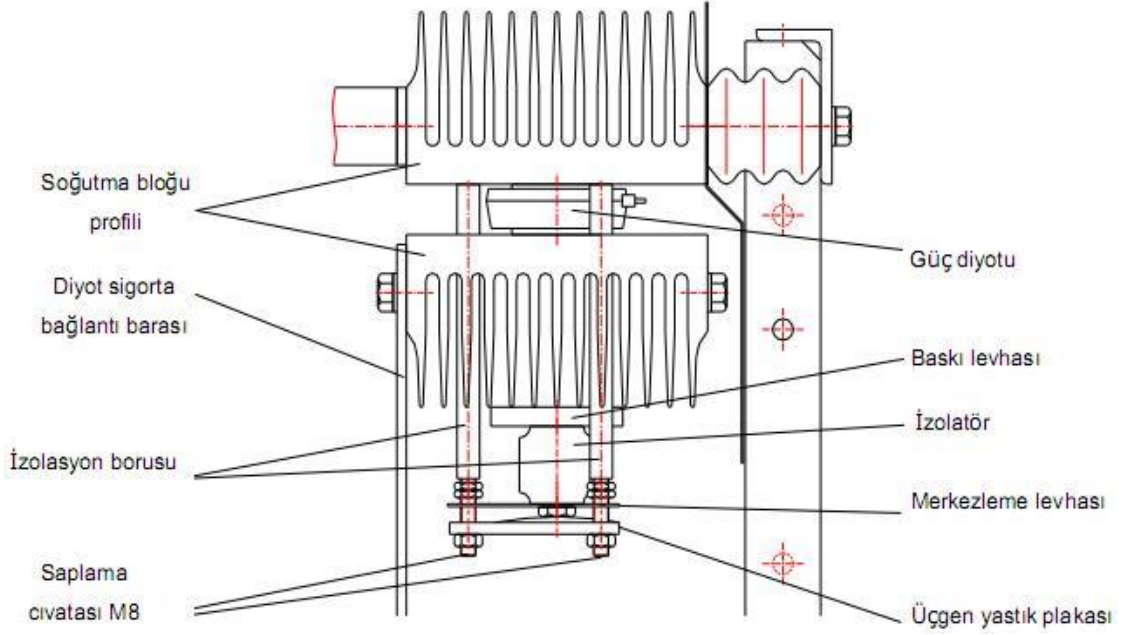
Şebeke gücünü ger güçüne dönüştüren unsurlardır. Güç devresi, Şekil 4.59'da gösterilmiştir. Güç bloğunun ayrıntıları ise Şekil 4.60'da gösterilmiştir.

Şekil 4. 59: Güç bloğu devre şeması ve teknik çizimleri



Kaynak: Balfour Beatty Rail eğitim dokümanları, Ocak 2012.

Şekil 4. 60: Güç bloğunun ayrıntıları

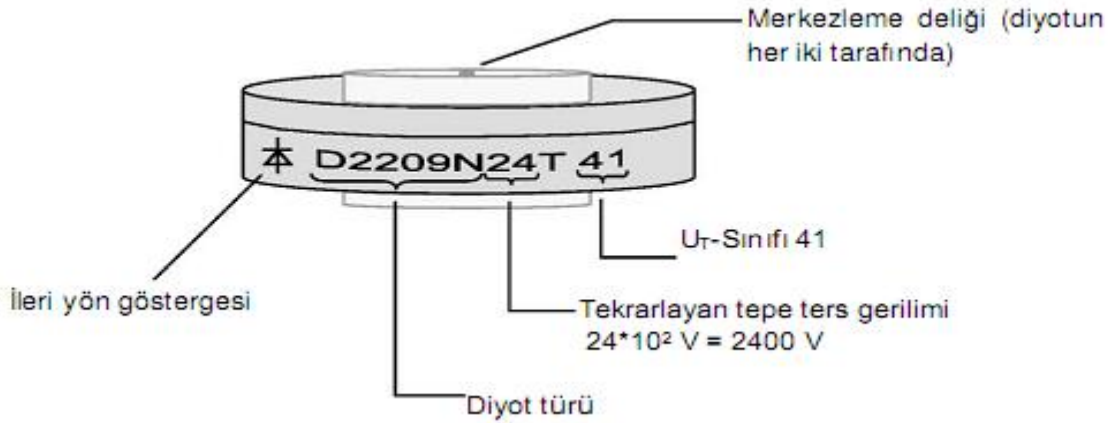


Kaynak: Balfour Beatty Rail eğitim dokümanları, Ocak 2012.

4.10.4 Diyotlar

Şebeke gücünü cer gücüne dönüştüren güç bloğu içindeki temel unsurlardır. Diyot, Şekil 4.61’da gösterilmiştir.

Şekil 4. 61: Güç bloğunda kullanılan diyotlar



Kaynak: Balfour Beatty Rail eğitim dokümanları, Ocak 2012.

Kullanılan diyot türleri:

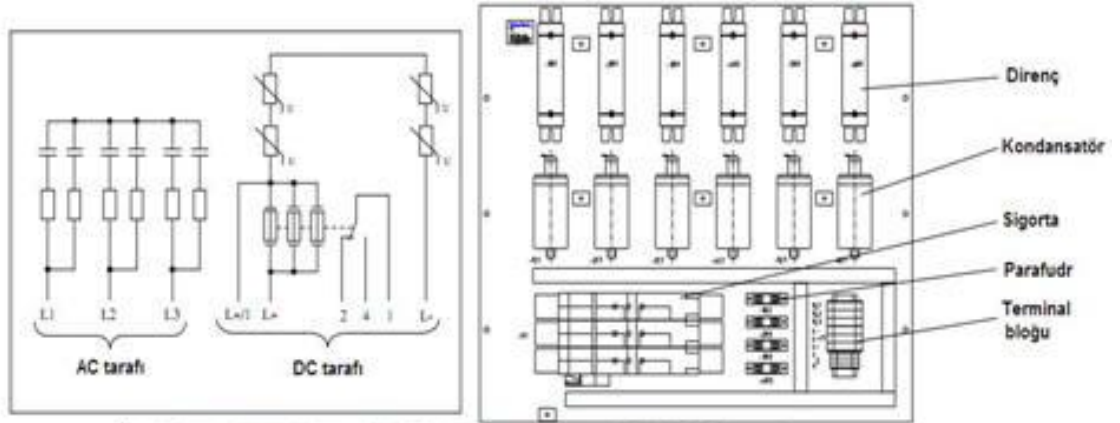
750V DC/ D2209N24T

1500V DC/ D1809N44T

4.10.5 Doğrultucu Sönümlenme (Filtre) Devresi

Doğrultucu filtre devresi, 1500V DC 6-pulse değerindedir. Güç bloğunda doğrultulan güç, kondansatör ve dirençli filtre devresi ile ideal formuna getirilir. Devre, Şekil 4.62'de gösterilmiştir.

Şekil 4. 62: Doğrultucu filtre devresi

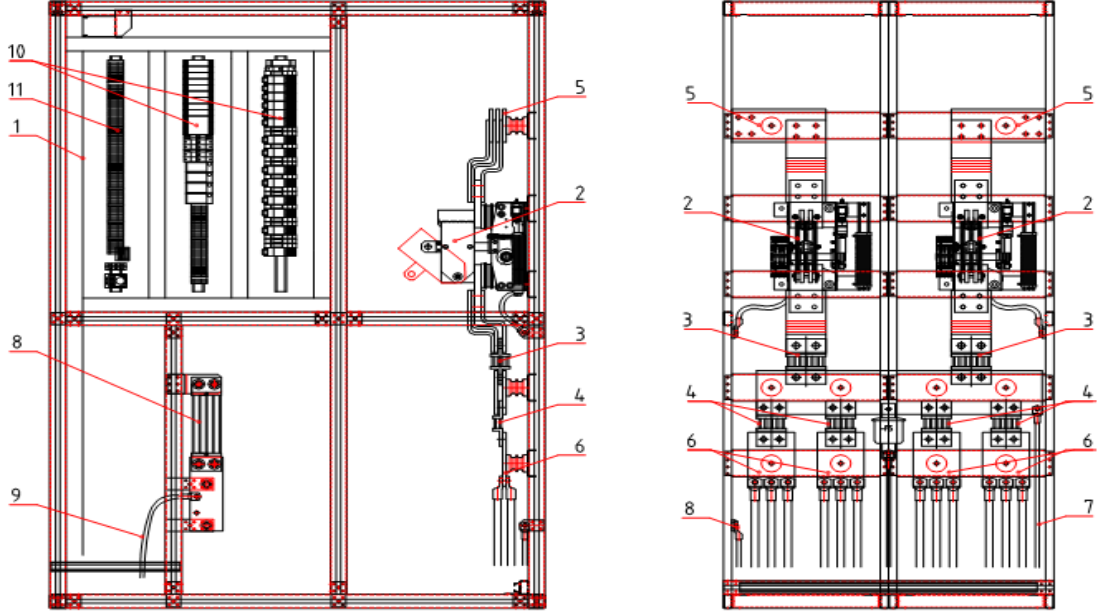


Kaynak: Balfour Beatty Rail eğitim dokümanları, Ocak 2012.

4.10.6 Negatif Geri Dönüş Hücresi

Akımın kaynağına geri dönebilmesi için geri dönüş hücresi kullanılır. Hattan gelen negatif geri dönüş kabloları bu hücreye bağlanır. Hücre, Şekil 4.63’de gösterilmiştir.

Şekil 4. 63: Negatif geri dönüş hücresi (ön ve yan görünüm)



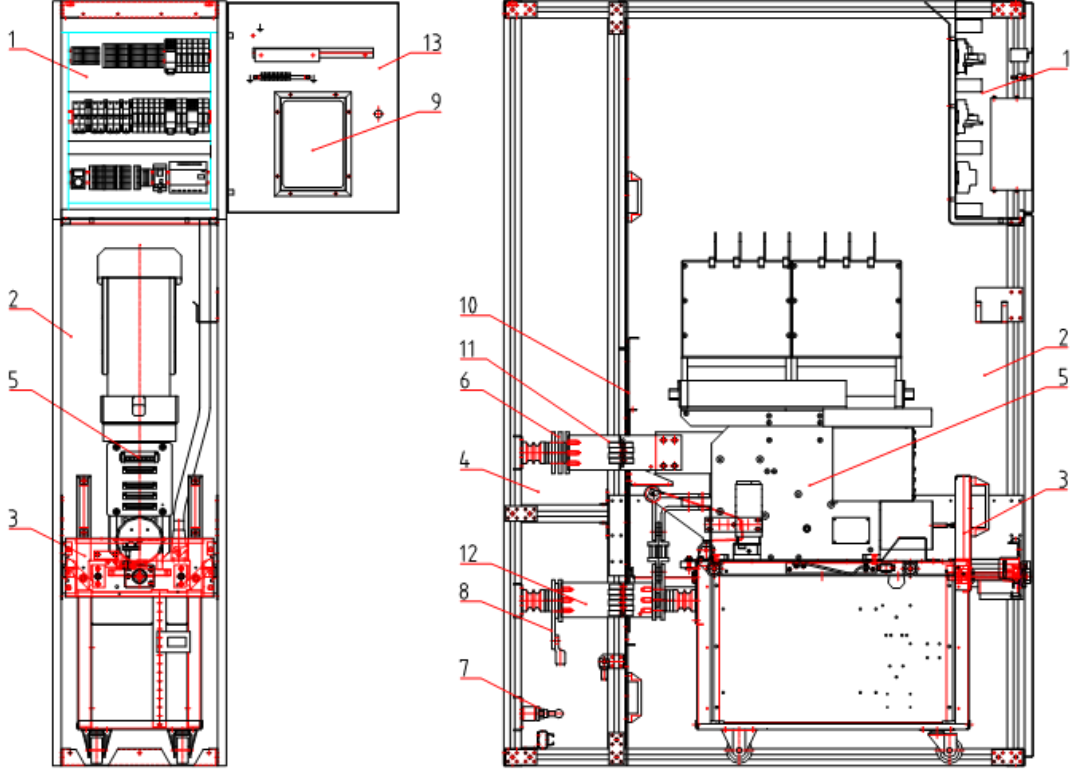
Kaynak: Balfour Beatty Rail eğitim dokümanları, Ocak 2012.

1. Montaj levhası
2. Ayırma şalterlerine sahip ana bölme
3. Redresör akımı şöntü
4. Kesim akımı şöntü
5. Redresöre giden bara L-
6. Negatif dönüş kabloları için giden bara L-
7. Pozitif DC şalt donanımı hücrelerine giden L-
8. Çerçeve sızıntısı denetimi için şönt
9. Topraklama bağlantısı
10. Kontrol bileşenleri
11. Terminal bloğu

4.10.7 Giriş Hücresi

Hücre, Şekil 4.64’de gösterilmiştir.

Şekil 4. 64: Giriş hücresi (ön ve sağ yandan görünüm)



Kaynak: Balfour Beatty Rail eğitim dokümanları, Ocak 2012.

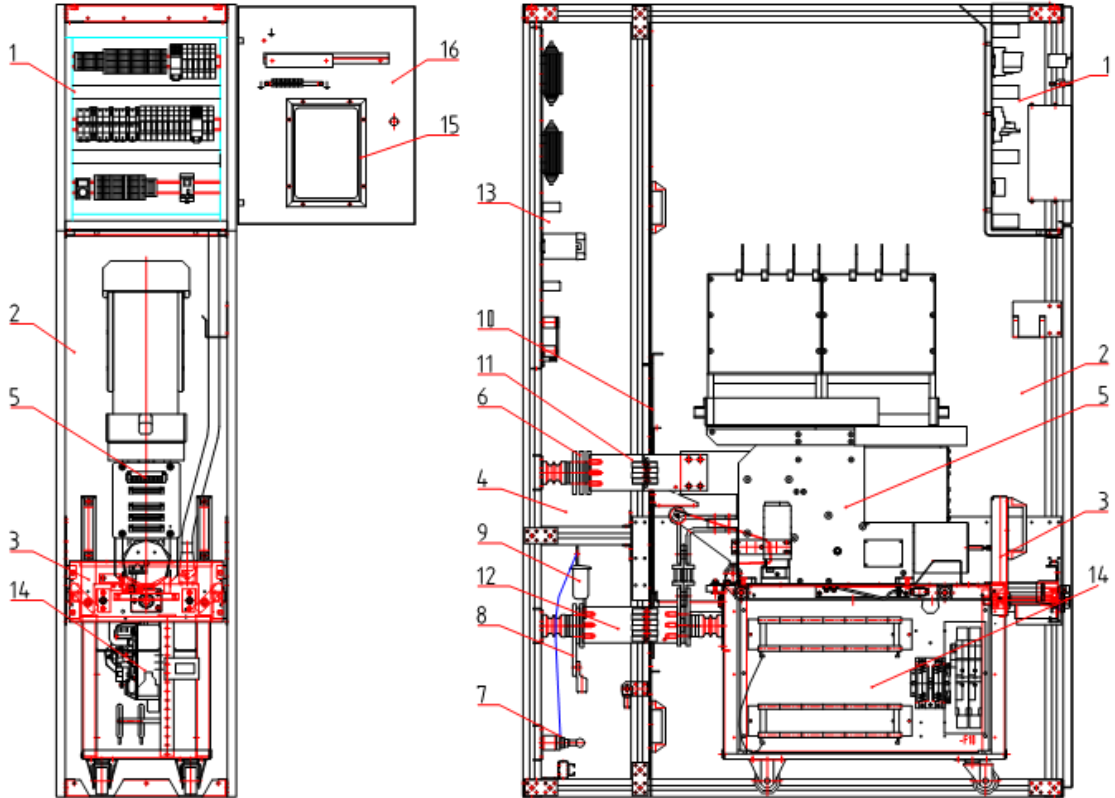
1. Kontrol bölmesi
2. Güç kısmı
3. Yüksek hızlı devre kesici arabası
4. Bara odası
5. DC yüksek hızlı devre kesici
6. Ana bara
7. Negatif bara
8. Giden bara
9. Kontrol ve Koruma Cihazı (DCP2)
10. Kepenk

11. Üst çekme kontağı
12. Alt çekme kontağı
13. Ön kapı kontrol bölmesi

4.10.8 Hat Besleme Hücresi

Hücre, Şekil 4.65’de gösterilmiştir.

Şekil 4. 65: Hat besleme hücresi (ön ve yandan görünüm)



Kaynak: Balfour Beatty Rail eğitim dokümanları, Ocak 2012.

1. Kontrol bölmesi
2. Güç kısmı
3. Yüksek hızlı devre kesici arabası
4. Bara odası
5. DC yüksek hızlı devre kesici
6. Ana bara
7. Negatif bara

8. Giden bara
9. Parafudr
10. Kepenk
11. Üst çekme kontağı
12. Alt çekme kontağı
13. Kablo denetleme devresi
14. Hat testi devresi
15. Kontrol ve Koruma Cihazı (DCP)
16. Ön kapı kontrol bölmesi

4.10.9 DC Yüksek Hızlı Devre Kesici (Gerapid Tipi)

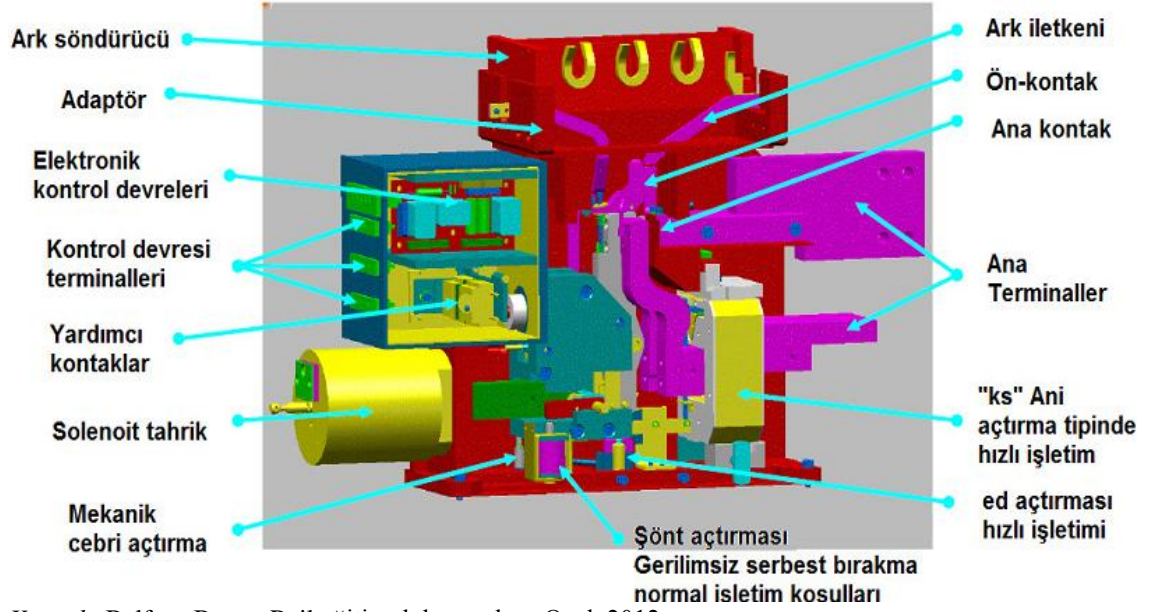
Yük altında devreyi açabilen (akımı kesebilen) elektrik ekipmanlarıdır. Boşaltıcı ark söndürücüsüyle 750 V DC 'den 4000 V DC 'ye kadar işletim gerilimi sağlar. İşletim akımlarına dayanabilir. (8000 Ampere kadar) Kesici tipleri 2600, 4207, 6007, 8007'dir. Kesici, Şekil 4.66'da, iç görünüm olarak da Şekil 4.67'de gösterilmiştir.

Şekil 4. 66: Gerapid tipi DC devre kesici



Kaynak: Balfour Beatty Rail eğitim dokümanları, Ocak 2012.

Şekil 4. 67: DC devre kesicinin iç görünümü

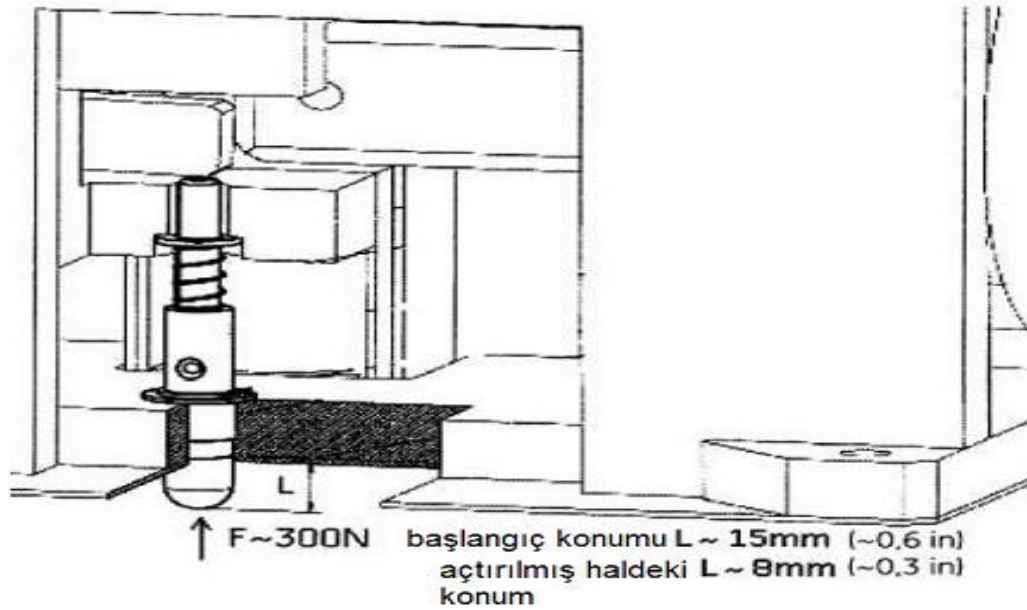


Kaynak: Balfour Beatty Rail eğitim dokümanları, Ocak 2012.

4.10.9.1 Cebri açtırma serbest bırakması

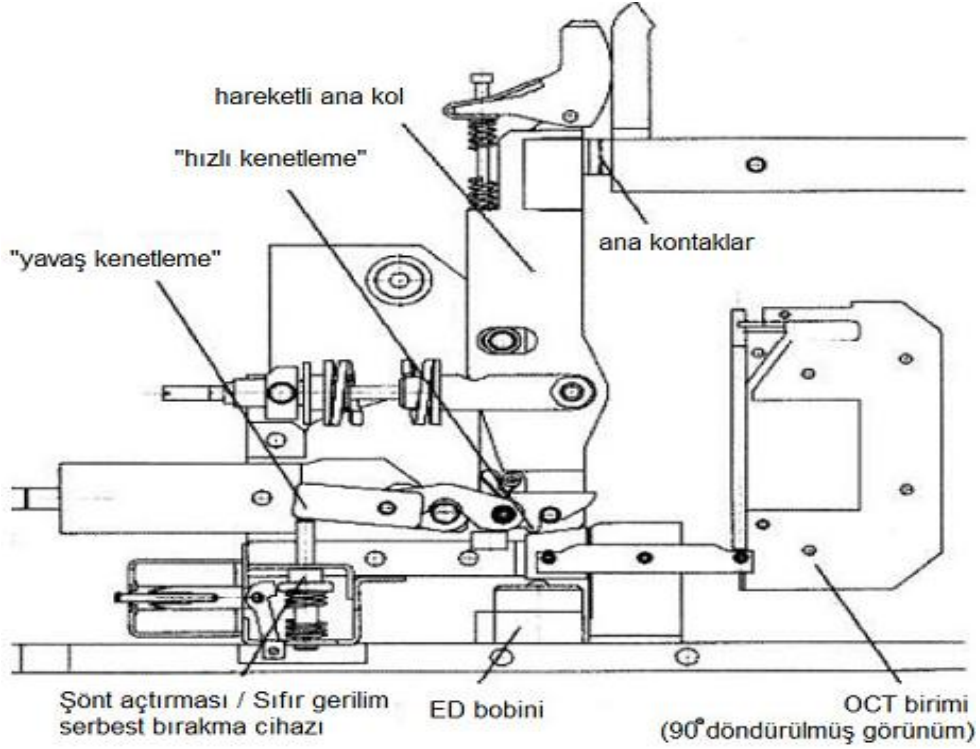
Bu birim, Şekil 4.68'de görüldüğü gibi alt levhadaki pime bastırılarak kesicinin mekanik olarak açtırılması için kullanılır. Kesici, arabanın geri çekilme işlemi sırasında, terminallerinin şebekeyle bağlantısı kesilmeden önce açtırılır. Mekanizmanın yandan görünümü ise Şekil 4.69'da görülebilir.

Şekil 4. 68: DC Kesici Mekanizması cebri açtırması



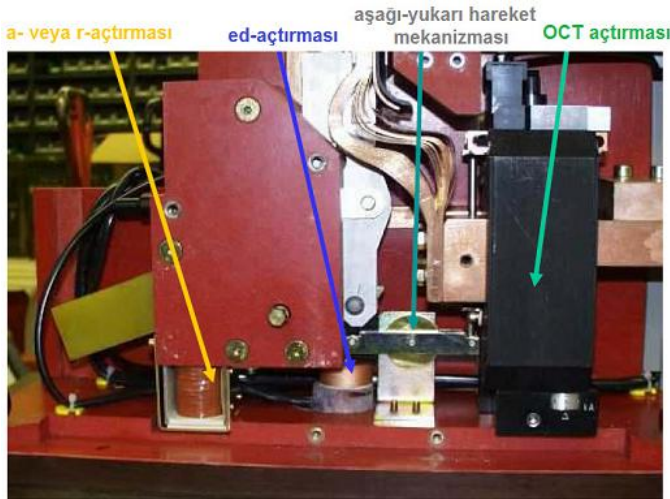
Kaynak: Balfour Beatty Rail eğitim dokümanları, Ocak 2012.

Şekil 4. 69: Mekanizmanın yandan görünümü



Kaynak: Balfour Beatty Rail eğitim dokümanları, Ocak 2012.

Şekil 4. 70: Açtırma tipleri



OCT açtırması	Ani açtırma, elektromanyetik açtırma
ed-açtırması	elektrodinamik açtırma
a-açtırması	şönt açtırması
r-açtırması	gerilimsiz serbest bırakma

Kaynak: Balfour Beatty Rail eğitim dokümanları, Ocak 2012.

4.10.9.2 OCT Serbest bırakması

Çift mıknatıslı devre sağlar. Her iki akım yönünde açtırma yapabilir. Yardımcı gerilim gerektirmez. Sistem; tutucu devreden, hareketli armatürden ve açtırma devresinden oluşur. Tam olarak ayarlanabilir. Yüksek hızlı açtırma yapar. Açtırma süresi en fazla 10 msn'dir. OCT elemanı, Şekil 4.71'de gösterilmiştir.

Şekil 4. 71: OCT elemanı



Kaynak: Balfour Beatty Rail eğitim dokümanları, Ocak 2012.

4.10.9.3 ED Açırma cihazı

Harici koruma rölesi gerektirir. Kondansatör (2.000 microF, 300 V) enerjisini ani olarak ED bobinine boşaltır. ED bobini, kesicinin hızlı mandalını açtırır ve 3 msn'den kısa bir süre içinde açılmaya neden olur. ED açırma cihazı, Şekil 4.72'de gösterilmiştir.

Şekil 4. 72: ED açırma elemanı



Kaynak: Balfour Beatty Rail eğitim dokümanları, Ocak 2012.

4.10.9.4 Açırma cihazı (a-, r-)

Şönt açırması veya sıfır gerilim serbest bırakması sağlar. Dâhili 24 V kullanılır. Açılma süresi yaklaşık 30 msn'dir. Açırma cihazı, Şekil 4.73'de gösterilmiştir.

Şekil 4. 73: a-,r- açırma cihazı



Kaynak: Balfour Beatty Rail eğitim dokümanları, Ocak 2012.

4.11 ALÇAK GERİLİM TESİSLERİNİN ÖZEL BİLEŞENLERİ

4.11.1 Uygulanan Pano Tiplerinin Tanıtılması

4.11.1.1 ArTu ve SR serilerine bakış (ABB)

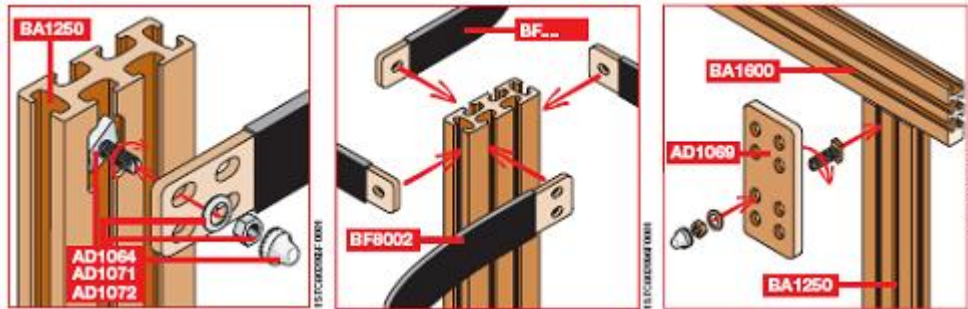
Şekil 4. 74: ArTu ve SR serisi alçak gerilim panoları



Kaynak: ART pano eğitim dokümanları, Ekim 2012.

ABB marka ArTu ürün ailesi, anma akımı 4000 A'e, kısa devre dayanımı da 105 kA'e kadar olabilen IEC60439-1 e göre tip testli bir pano sistemidir. Pano sistemi sabit olup çekmeceli ya da soketli tipte şalterlerin de montajına uygun olarak tasarlanmıştır. Koruma sınıfı derecesinde IP 31'den IP 65'e kadar seçenekler sağlanmıştır. Standart üretim rengi RAL7035'tir. Kullanılan oluklu bara sistemi ABB patentli olup herhangi bir delme işlemi yapmadan özel cıvatalar ile her noktadan enerji almaya olanak sağlar. ArTu pano ailesi ArTu K, ArTu M ve ArTu L olmak üzere 3 seriden oluşur.

Şekil 4. 75: Alçak gerilim panosu bara bağlantı şekli



Kaynak: ART pano eğitim dokümanları, Ekim 2012.

ArTu K serisi kit yapısındaki seridir. Sistem tümüyle modüler yapıda olup cıvatalı montaj tekniği kullanılmaktadır. Yatay ya da dikey şalter montajı ve düşey bara uygulaması ile esnek bir yapı sağlanmıştır. 4000 A anma akımı ve 105 kA kısa devre

dayanımı bu seride sağlanır. Koruma sınıfı derecesi dış kapı takılmadığı zaman IP31, dış kapısız ve özel aksesuar uygulanarak IP 41 veya dış kapı takıldığı zaman IP65 olabilir. Farklı derecelerde form4b ye kadar bölümlendirme yapılabilir. Dış kapı düz ya da camlı olabilir. İç ölçülerde 1600/1800/2000 mm yükseklik,400/600/800 mm genişlik ve 150/225/500/700/900 mm derinlikte uygulanabilir. Modüler yapısı sayesinde hücrelerin yan yana veya sırt sırta montajları mümkündür. İstenirse arka ve yan yüzeylere menteşeli kapı montajı yapılabilir. Köşe dönüş modülü sayesinde L, hatta U şeklinde dizayna olanak sağlanır. Montaj sistemi sadece dikili tip içindir.

ArTu M serisinin belirleyici özelliği, mono blok gövdeli olmasıdır. Mono blok gövdede dikili tip 630 A/35 kA'e, duvar tipinde ise 250 A/25 kA'e uygulanabilir. Koruma sınıfı duvar tipi için standart IP65 derecesindedir. Dikili tipte ise dış kapısız IP31, dış kapı ile birlikte IP65 derecesindedir. Duvar tipinin iç ölçüsü 600 mm sabit genişlikte, 150/200 mm derinlikte ve 600/800/1000/1200 mm yükseklikte olabilmektedir. Dikili tipin iç ölçüleri 250 mm sabit derinlikte, 600 ya da 800 mm genişlikte ve 1400/1600/1800/2000 mm yüksekliklerinde olabilmektedir.

ArTu L serisi, ArTu M serisinin boyutları ve elektriksel büyüklüğü ile ArTu K serisinin modüler gövde yapısının bir sentezi olarak karşımıza çıkar. Koruma sınıfı duvar tipi ve dikili tip için ortak olarak dış kapısız IP31, dış kapı ile birlikte IP43 derecesindedir.

SR serisi ABB'nin otomasyon amaçlı ürettiği pano ailesi yelpazesi içinde yer alır. Standart renk RAL 7035tir. Yekpare montaj sacı uygulanabileceği gibi DIN rayı montaj kiti ile modüler cihaz montajına uygun yapıdadır. Koruma sınıfı derecesi IP65'tir. Standart olarak duvar tipi montajlıdır. Aksesuar kullanılarak döşemeye montaja uygun hale getirilebilir. Pano ölçüleri 150/200/250/300 mm derinlikte, 200/300/400/500/600/800 mm genişlikte ve 300/400/500/600/700/800/1000/1200 mm yükseklikte olabilmektedir.

4.11.1.2 Uygulanmış AG ana ve tali dağıtım panolarının genel bilgileri

Metro Projesi kapsamındaki dikili tipteki tüm panolar ArTu K serisi, duvar tipi montajlı tüm panolar ise SR serisidir.

ArTu K serisinde dış kapak uygulanmış olup bu şekilde proje kapsamındaki tüm panolarda IP65 koruma sınıfı sağlanmıştır. Özel olarak ADP ve KGKDT rumuzlu AG

ana dağıtım panolarında cam kapı uygulanmıştır. Diğer dikili ve duvar tipi panolar ise düz kapaklı olarak uygulanmıştır.

Ana dağıtım panolarındaki ana ve tali baraların kısa devre dayanım değeri 50 kA olacak şekilde mesnetlenmiştir. Dikili tipteki tali dağıtım panoları ise 35 kA kısa devre dayanım değerinde olacak şekilde mesnetlenmiş orijinal ABB ürünü oluklu bara kullanılmıştır. Duvar tipi panolardaki enerji dağıtımını içinse orijinal ABB ürünü modüler dağıtıcılar kullanılmıştır.

ADP ve KGKDT panoları form 4b, diğer panolar ise form 1 bölümlendirme sınıfına sahiptirler. Ancak form 1 panolarda örtü sacı kullanılarak, dış kapı açıkken dahi baralara doğrudan erişim engellenmiştir.

4.11.2 Uygulanan Şalterlerin Tanıtılması

4.11.2.1 Kullanılan açık tip şalterlerin genel özellikleri

ADP rumuzlu ana dağıtım panolarındaki transformatör girişi, kuplaj ve zorunlu olmayan yüklerini ayırma şalterleri 4P ve çekmeceli olup açık tiptedirler. Çekmeceli şalterlerde, standart aksesuar olarak sağlanmış kol kullanılarak şalterin elektriksel bağlantı manevrası yapılabilir. Manevra kolu şalter üzerindeki yuvanın koruma kapağı açılıp kullanılabilir. (Resimdeki 12 numaralı yerde gösterilmiştir) 3 ayrı çekmece pozisyonu tanımlıdır. Devrede pozisyonunda; şalterin baraya güç ve kumanda elemanlarının elektriksel bağlantısı yapılmıştır. Test pozisyonunda güç kontakları ayrılmıştır ama motor, açma/kapama/düşük gerilim bobini, yardımcı kontaklar gibi aksesuar malzemelerin elektriksel bağlantıları devam etmektedir. Ayrılmış pozisyonunda hem güç hem de kumanda bağlantıları ayrılmış durumdadır. Şalterin fiziksel olarak dışarıya alınması sadece bu pozisyonda mümkündür. Açık tip şalterin iç görünümü, Şekil 4.76'da gösterilmiştir.

Şekil 4. 76: Açık tip şalterin iç görünümü



Kaynak: ART pano eğitim dokümanları, Ekim 2012.

Şalterin üzerinden manevra yapmayı sağlayan açma-kapama butonları (resimdeki 3-4 numaralar) asma kilit takılabilir özel manevra engelleyici kapak ile donatılmıştır. Bu önlem, kumanda sistemi seçici anahtarı, scada pozisyonundayken hatalı manevra yapılması riskine karşı alınmıştır. Ancak anahtara sahip yetkili kişiler, bu manevra engelleyici kapağı devre dışı bırakıp el ile manevra yapabilirler. Şalter pozisyonu, üzerindeki mekanik göstergelerden takip edilebilir. (resimdeki 7-8 numaralar) Şalterin trip etmesi durumunda mekanik gösterge (resimde 9 numara) dışarı çıkar ve resetlenmeden tekrar kapama hiçbir şekilde mümkün değildir. Resetleme ise dışarı çıkan pime hafifçe bastırarak yapılır.

Her üç açık tip şalter yardımcı kontaklar, çekmece pozisyon kontakları, motor bobini, açma bobini, kapama bobini, düşük gerilim bobini gibi aksesuarlarla donatılmıştır. İlgili cihaz gerilimleri, 110 VDC değerdedir. Çekmeceli şalterin yenisi ile değiştirilmesinin söz konusu olması halinde yeni şalterde de projedeki tüm aksesuarların montajlı olması gereği vardır. Açık tip şalterin ön görünümü, Şekil 4.77’de gösterilmiştir.

Şekil 4. 77: Açık tip şalterin ön görünümü



Kaynak: ART pano eğitim dokümanları, Ekim 2012.

1. Kesicinin marka ve boyut etiketi
2. Açtırma ünitesi
3. Açma butonu (OFF)
4. Kapama butonu (ON)
5. Yay kurma kolu
6. Etiket plakası
7. Şalter konum göstergesi
8. Yay konum göstergesi
9. Reset butonu
10. Kilitleme anahtarı (Cihaz, OFF durumunda kalır.)
11. Manevra kolu kilitleme anahtarı
12. Manevra kolu açma-kapama
14. Kumanda giriş terminalleri
15. Çekmece pozisyon göstergesi (Servis-Test-Dışarıda)

Kullanılan açık tip şalterlerin açtırma üniteleri PR121 L-S-I tipindedir. L-S-I eğrilerinin kaydırılması, Şekil 4.78’de görüldüğü gibi açtırma ünitesi üzerindeki dip switchler aracılığıyla yapılabilir.

Şekil 4. 78: Açtırma ünitesi dip switchleri



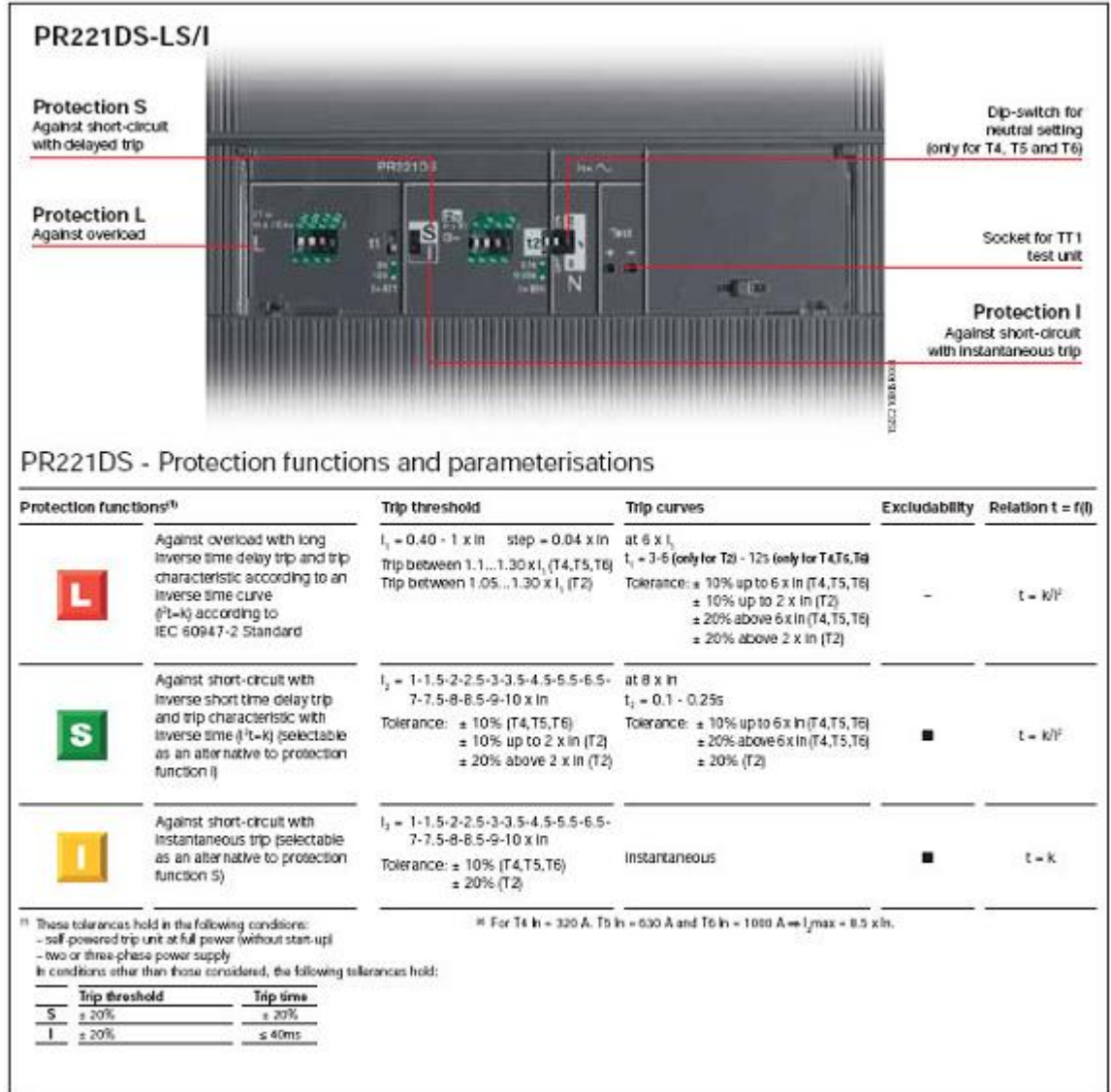
Kaynak: ART pano eğitim dokümanları, Ekim 2012.

4.11.2.2 Kullanılan kompakt tip şalterlerin genel özellikleri

Projede kullanılan tüm kompakt şalterler sabit tipte, 4 kutuplu ve ABB Tmax serisidirler. Ana dağıtım panolarında 50 kA dayanımlı, tali panolarda 36 kA dayanımlı şalter kullanılmıştır. Tali panolarda kullanılan şalterler termik manyetik açtırma ünitelidir. Ana dağıtım panolarında kullanılan şalterler ise PR221 tipinde LS/I

eğrilerine sahip elektronik açtırma ünitelidir. Yangın pompa motorları beslemelerinde termik koruma yapılmamış, sadece kısa devre koruması yapmaya yönelik DS tipinde I eğrili sadece manyetik açtırma üniteli şalterler kullanılmıştır. Şalterler projeye uygun olarak yardımcı kontak ve açma bobini gibi aksesuarlarla donatılmıştır. Açık tip şalterlerin koruma fonksiyon ve parametreleri, Şekil 4.79'da gösterilmiştir.

Şekil 4. 79: Koruma fonksiyon ve parametreleri



Kaynak: ART pano eğitim dokümanları, Ekim 2012.

4.11.2.3 Koruma fonksiyonları ve açtırma eğrileri

Termo manyetik açtırma üniteli şalterler, sabit ya da ayarlanabilir aşırı yük ile kısa devre akım koruma fonksiyonlarında, TMD ya da TMA açtırma üniteli olabilmektedirler. Elektronik açtırma üniteli şalterlerin sahip oldukları temel eğrilerinin

adları ve ilgili oldukları koruma fonksiyonları L (*overload*&aşırı yük) , S (*selective short circuit* – ters zamanlı aşırı akım) , I (*instantaneous short-circuit*&ani aşırı akım) ve G (*earth fault*&toprak kaçak akım hatası) şeklindedir. Ürün bazında ayarlanabilir olarak bu koruma fonksiyonlarına sahip şalterler, genel olarak LI, LSI, I ya da LSIG eğrilerinde üretilmektedirler.

ADP panolarında kullanılan giriş ve çıkış şalterleri seçiciliğin sağlanabilmesi amacıyla LS/I eğrilerine sahip açtırma üniteli olarak seçilmişlerdir. Diğer tüm şalterler ise TMD açtırma ünitelidirler. Şalterlerin koruma fonksiyonlarını yerine getirebilmeleri için devreye alma esnasında ayarlanmalarının gerekliliği açıktır. TMD açtırma üniteli şalterlerin termik ayar sahası (0,7-1)In aralığında ayarlanabilir, manyetik koruma ise sabittir. Elektronik açtırma üniteli şalterlerin termik ayar sahası ise (0,4-1)In aralığındadır. Şalterlerin termik ayarlarını üzerindeki dip *switchlerle* açık tipler için 0.025In'lik adımlarla, kompakt şalterlerde ise 0.04In'lik adımlarla yapmak mümkündür.

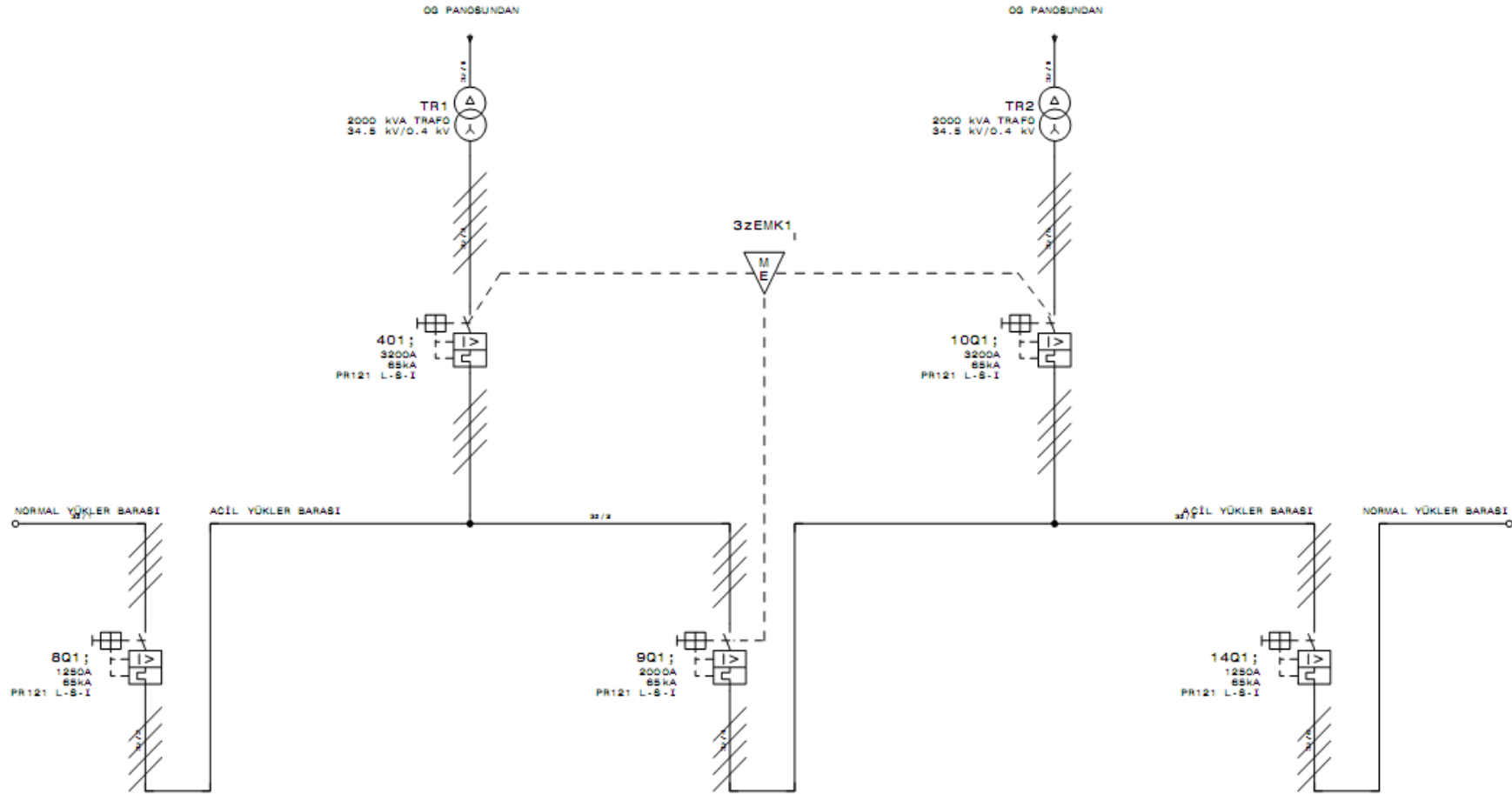
4.11.3 Uygulama Projelerinin Tanıtılması

4.11.3.1 Ana dağıtım panoların kumanda mantığı

Ana dağıtım panoları, temel olarak kuplaj şalteri ile birbirine bağlı iki ayrı trafo girişinden beslenmektedir. Her trafo şalteri için ihtiyaca göre değişen akımda, açık tip şalterler ile normal yükler barası tesis edilmiştir. Bu şekilde ADP panolarında acil yükler ile normal yükler için iki ayrı bara düşünülmüştür. Tüm şalterlerin durum bilgileri yeşil (devrede), kırmızı (arıza) ve sarı (devre dışı) renkteki sinyal lambaları ile pano üzerinden görülebilir. Çıkış şalterleri, dört ayrı yük atma sinyaline göre uzaktan “OFF” edilebilecek şekilde tasarlanmıştır. Şalterlerin gruplaması tasarım esnasında bildirilmediği için tüm çıkışlar fabrika çıkışlı olarak 1. yük atma sinyaline göre gruplanmıştır. İşletmede istenirse her şalterin yük atma barasını kolayca değiştirmek için yanında tesis edilmiş kumanda klemensleri kullanılabilir. Acil yükler barası ile normal yükler barasındaki şalterlerin durum ve arıza bilgileri gruplanarak scadaya verilmiştir. Her iki transformatör şalteri, kuplaj ve yük atma şalterleri scadadan ayrı ayrı izlenmekte ve kontrol edilebilmektedir. Açık tip şalterlerin yanında bulunan seçici anahtarlar pozisyonu ile el ya da scada kontrolü sağlanır. El ile kontrol için beş adet açık tip şalterin de yanındaki seçici anahtar “el” konumuna alındıktan sonra ilgili buton ile istenilen manevra yapılmalıdır. Bu manevralar, cihaz üzerinden değil örtü sacına monte

edilmiş açma/kapama butonları ile yapılır. Normal işletme çalışmasında; tüm yükler kendi transformatörlerinden beslenmektedirler. Enerji beslemesinin diğer transformatörden yapılması durumunda, beslenen tarafın normal yüklerini ayıran açık tip şalterin çalışma mantığı, yanında bulunan anahtarlı seçici anahtar ile değiştirilebilir. Bu seçici anahtarın durumuna göre el ya da scada kontrolünde, beslenen tarafın normal yüklerini ayıran şalterin otomatik olarak devreden çıkması veya devrede kalması sağlanabilir. Beslemenin bulunulan taraftaki transformatörden yapılması durumunda bu seçici anahtarın durumundan bağımsız olarak normal yükleri ayıran şaltere kumanda edilebilir. Kumanda gerilimi 110 VDC olup elektriksel kilitlerin etkin olması için kumanda enerjisi mevcut olmalıdır. ADP panoları ana giriş şalterleri, besleme geriliminin belli bir değerin altına düşmesi halinde “OFF” olmasını sağlayan gerilim kontrol röleleriyle donatılmıştır. Şalterlerin tekrar “ON” konumuna alınabilmesi için besleme geriliminin belli bir değere kadar yükselmesi gerekmektedir. FAT esnasında alt gerilim eşiği $0.7U_n$, üst gerilim değeri $0.9U_n$ olacak şekilde ayar yapılmıştır.

Şekil 4. 80: Alçak gerilim ana dağıtım tek hat diyagramı



Kaynak: ART pano eğitim dokümanları, Ekim 2012.

Acil dağıtım panoları, temel olarak dağıtım panosu yapısında olup, normal yükleri atmak için motorlu şalter içermektedir. Motorlu şalteri pano üzerinden seçici anahtar ile lokal olarak pano üzerinden ya da scada sisteminde on-off yapmak mümkündür. Şalterlerin durum ve arıza bilgilerinin scadadan gruplanmış olarak izlenmesi için yardımcı kontaklar monte edilmiştir.

4.11.3.2 Tali panoların kumanda mantığı

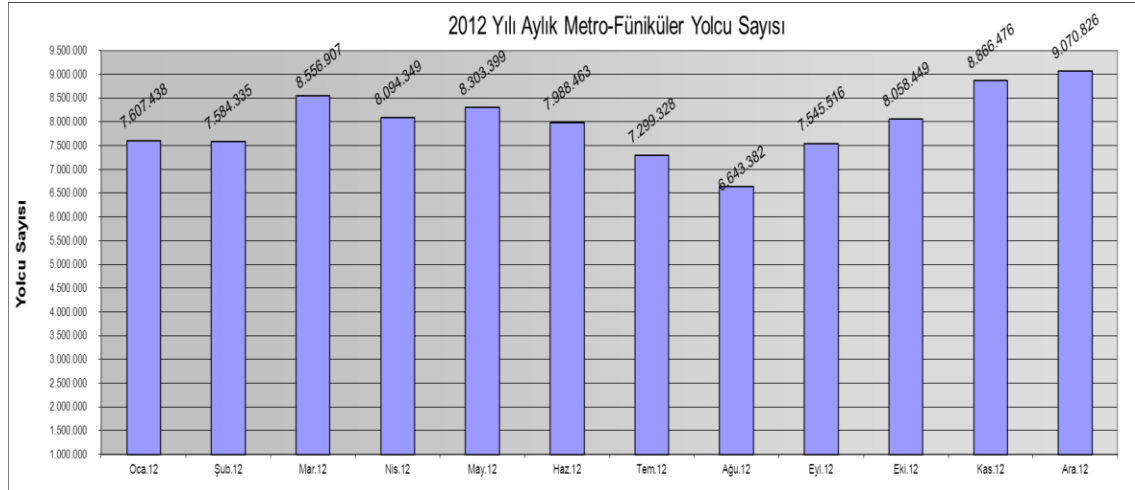
TAP-E rumuzlu tünel aydınlatma panoları, KGKDT panolarının normal yükler barasından beslenmektedir. Tünel aydınlatması scada üzerinden yapılabileceği gibi, pano üzerindeki veya tüneldeki butonlar aracılığıyla da yapılabilir. Aydınlatmanın scadadan da “ON” yapılması durumunda butonlar ile “OFF” kumandası verilmesi engellenmiştir. Benzer şekilde kumandanın pano ya da tüneldeki butonlardan herhangi birisinden “ON” yapılması durumunda da scadanın “OFF” kumandası vermesi engellenmiştir.

AP rumuzlu aydınlatma/priz panolarının ana giriş şalteri altında aydınlatma ve priz linyelerinin beslendiği iki ayrı alt bara tesis edilmiştir. Aydınlatma ve priz çıkışları pano içinde fiziksel olarak ayrılarak yerleştirilmiştir. Yolcu mahallerinin aydınlatması, darbe akım anahtarları ile büyük güçlü linyelerde ise darbe akım anahtarı üzerinden kontrol edilen kontaktörler ile yapılmıştır. Darbe akım anahtarlarının kumandasını seçici anahtar ile scadadan ya da el ile pano üzerinden yapmak mümkündür. Aydınlatma beslemelerinin sigorta ve kaçak akım koruma anahtarlarının arıza durumları, yolcu mahalli ve yolcu olmayan mahalleri, ayrı ayrı gruplanıp scadaya bilgi olarak verilmiştir. Giriş şalteri durumu, aydınlatma ve priz grup şalterleri durumu, kumanda transformatörü sigortalarının pozisyon kontakları ile pano girişindeki gerilim kontrol rölesinin kontakları da ilgili grup içinde scadaya taşınmıştır.

5. ENERJİ MALİYETLERİNİN ANALİZİ (TAKSİM METROSU)

İstanbul Metrosu ve Füniküler 2012 (güncel) yılı, yolcu sayıları ve buna bağlı elektrik enerjisi sarfiyat değerleri ile geçmiş yıllarla karşılaştırmalı değerler aşağıdaki grafiklerde verilmiştir.

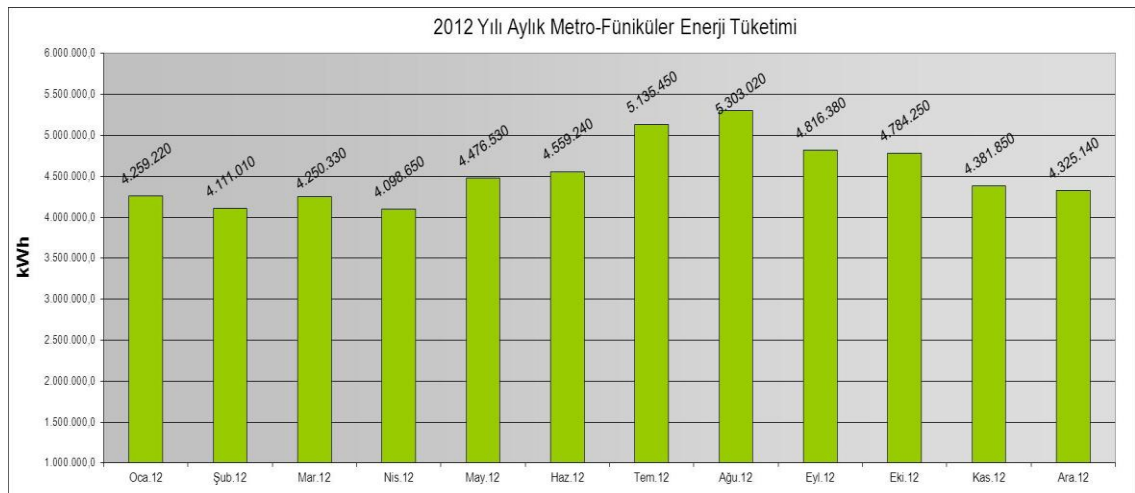
Şekil 5. 1: Aylık metro-füniküler yolcu sayısı (2012)



Kaynak: İstanbul Ulaşım A.Ş, M2 Elektrik Tesisler Şefliği, Şubat 2013.

Şekil 5.1’de görüldüğü gibi 2012 yılı dikkate alındığında; aylık olarak yolcu değişimleri gösterilmiştir. Yolcu sayısı, yıl içinde yaklaşık olarak 7,5 - 9 milyon kişi arasında değişim göstermiştir. Yaz aylarında, yolcu sayısında düşme olmuştur. Ağustos ayında en düşük değerini bulmuştur. Tepe değerini, Aralık ayında yapmıştır.

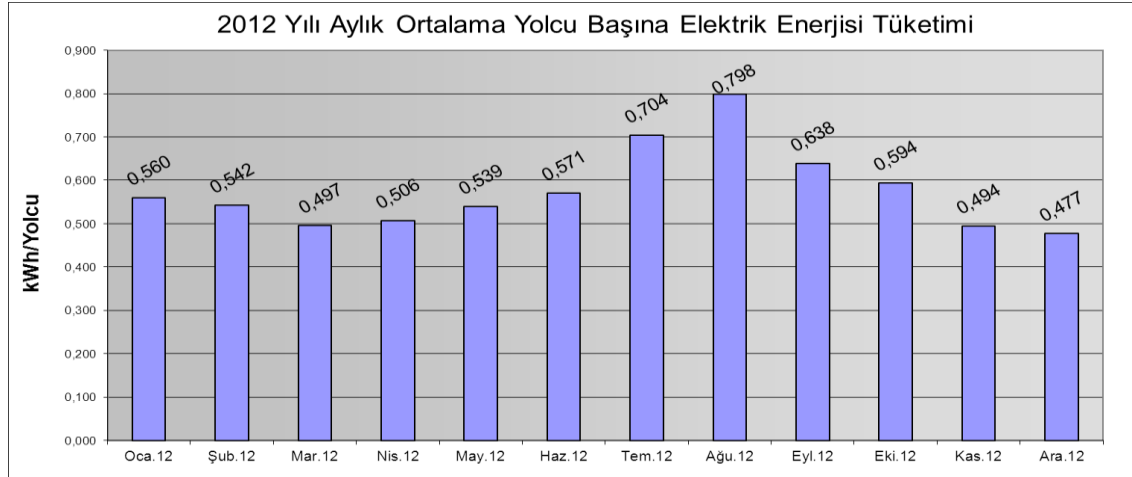
Şekil 5. 2: Aylık metro-füniküler enerji tüketimi (2012)



Kaynak: İstanbul Ulaşım A.Ş, M2 Elektrik Tesisler Şefliği, Şubat 2013.

Şekil 5.2’de görüldüğü gibi 2012 yılı dikkate alındığında; aylık olarak enerji tüketimleri gösterilmiştir. Enerji tüketimi, yıl içinde yaklaşık olarak 4 – 5,3 milyon kWh arasında değişim göstermiştir. Yaz aylarında, enerji tüketiminde yükselme olmuştur. Ağustos ayında en yüksek değerini yapmıştır. En düşük değerini, Nisan ayında bulmuştur.

Şekil 5. 3: Aylık ortalama yolcu başına elektrik enerjisi tüketimi (2012)



Kaynak: İstanbul Ulaşım A.Ş, M2 Elektrik Tesisler Şefliği, Şubat 2013.

Şekil 5.3’de görüldüğü gibi 2012 yılı dikkate alındığında; aylık olarak Elektrik enerjisi tüketimi/yolcu sayısı değişimleri gösterilmiştir. Elektrik enerjisi tüketimi/yolcu sayısı, yıl içinde yaklaşık olarak 0,48 – 0,8 değerleri arasında değişim göstermiştir. Yaz aylarında, değerlerde yükselme olmuştur. Ağustos ayında en yüksek değerini yapmıştır.

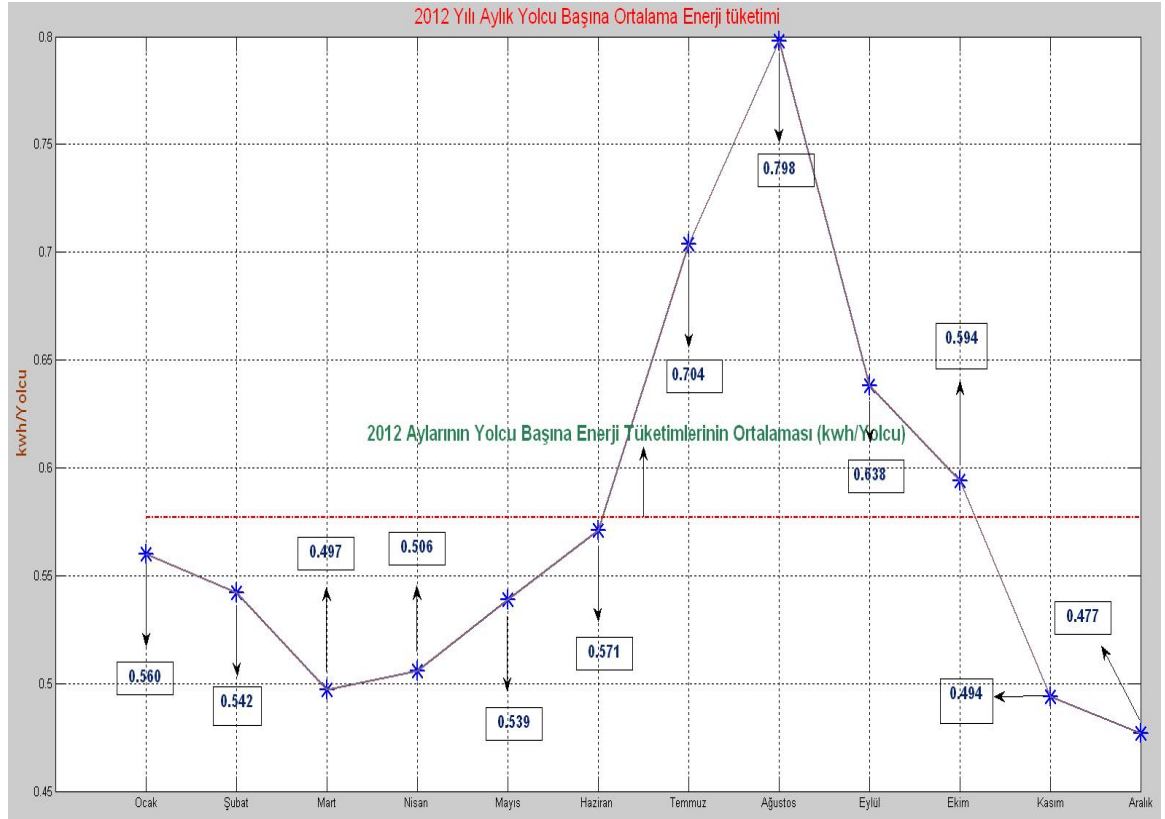
MATLAB UYGULAMASI:

```

a1=[1:1:12];
b1=[0.560 0.542 0.497 0.506 0.539 0.571 0.704 0.798 0.638 0.594 0.494
0.477];
o=[0.577 0.577 0.577 0.577 0.577 0.577 0.577 0.577 0.577 0.577 0.577
0.577];
plot(a1,b1,'*',a1,b1,a1,o);
grid;
title('2012 Yılı Aylara Göre Yolcu Başına Ortalama Enerji tüketimi');
ylabel('kwh/Yolcu');
text(5,0.625,'2012 Yılı Aylık Yolcu Başına Ortalama Enerji Tüketimi');

```

Şekil 5. 4: 2012 Aylık ortalama yolcu başına elektrik enerjisi tüketimi (MATLAB)



Kaynak: İstanbul Ulaşım A.Ş., M2 Elektrik Tesisler Şefliği, Matlab Uygulama, Haziran 2013.

Ocak 2012: Yolcu sayısı, ortalamanın altındadır. Enerji tüketimi de diğer aylara göre hemen hemen daha azdır. Şekil 5.4'de görüldüğü gibi referans çizgisinin (0,577) altında kalmıştır.

Şubat 2012: Yolcu sayısı, ortalamanın altındadır. Enerji tüketimi de Ocak ayına göre daha azdır. Bu sebeple referans çizgisinin (0,577) altında kalmıştır.

Mart 2012: Yolcu sayısı, Şubat ayına göre daha fazladır. Enerji tüketimi de Şubat ayına yakın değerdedir. Kişi başına düşen enerji tüketimi daha da düşmüştür. Bu sebeple referans çizgisinin (0,577) altında kalmıştır.(e. tüketimi: az, yolcu sayısı: daha fazla)

Nisan 2012: Mart ayına göre yolcu sayısı ve enerji tüketimi biraz daha düşüktür. Kişi başına düşen enerji tüketimi Mart ayı ile yakın değerdedir. Bu sebeple referans çizgisinin (0,577) altında kalmıştır.

Mayıs 2012: Nisan ayına göre yolcu sayısı, çok az artmakla beraber aylık enerji tüketimi daha çok olmuştur. Bu yüzden kişi başı enerji tüketimi, Nisan ayına göre biraz daha artmıştır.

Haziran 2012: Mayıs ayı gibi ortalama düzeyde seyir etmiştir. Enerji tüketimi, Mayıs'a göre hemen hemen aynı kalıp yolcu sayısı biraz düşünce kişi başı enerji tüketimi Mayıs'a göre biraz daha yükselmiş ve referans çizgisine yakın kalmıştır.

Temmuz/Ağustos/Eylül/Ekim 2012: Toplam yolcu sayısı, dengeli seviyede kalmakla beraber YAZ ayları sebebiyle Tünel Havalandırma Fanları (TVF) devreye alınmıştır. Bu da aylık enerji tüketimlerine tepe değer yaptırmıştır. Akabinde kişi başı enerji tüketimleri de referans çizgisinin üzerinde kalmıştır.

Kasım/Aralık 2012: Yolcu sayısı, diğer aylara göre çok daha fazladır. Enerji tüketimi ise ortalama düzeydedir. Bu sebeple; kişi başı enerji tüketimi, referans çizgisinin (0,577) altında kalmıştır.

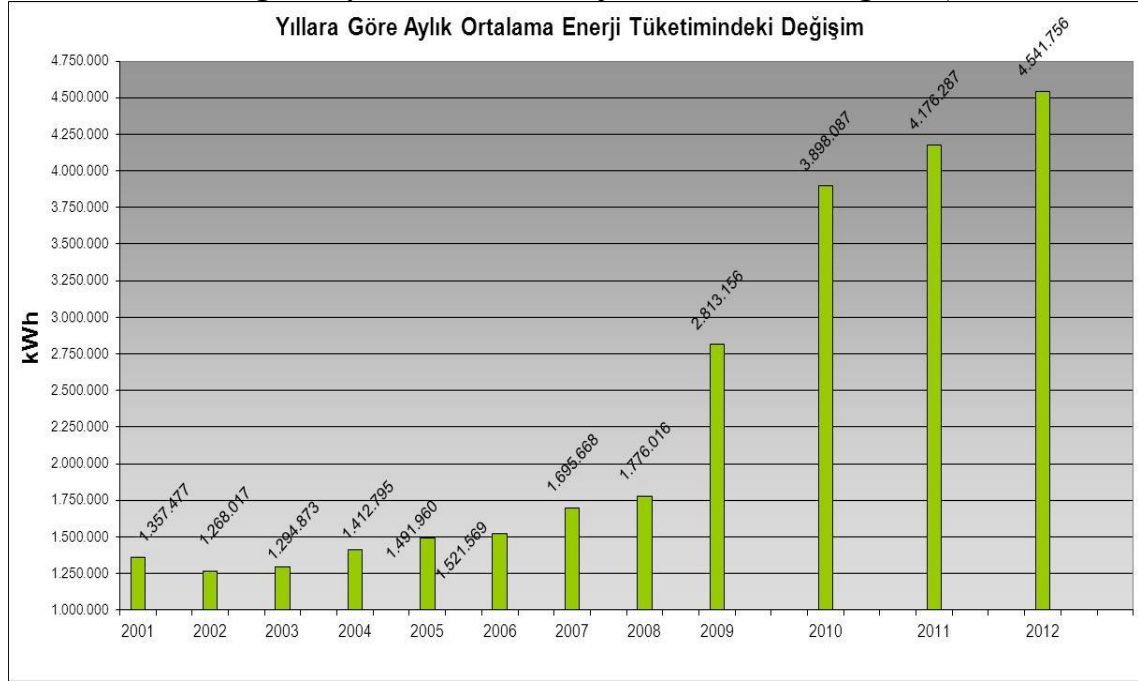
Şekil 5. 5: Yıllara Göre Aylık yolcu sayısındaki değişim (2001-2012)



Kaynak: İstanbul Ulaşım A.Ş, M2 Elektrik Tesisler Şefliği, Şubat 2013.

Şekil 5.5’de görüldüğü gibi 2001-2012 yılları arası dikkate alındığında; yıllık olarak ay bazında; yolcu sayısı değişimleri gösterilmiştir. Yolcu sayısı, yıllar içinde yaklaşık olarak 1,7 – 8 milyon kişi arasında değişim göstermiştir. Yıllar geçtikçe; orantılı artışlar görülmüştür. İstanbul Metrosu, ilk hizmete açıldığı yıllarda 6 istasyona sahip olduğu için daha az yolcu taşımıştır. Günümüzde ise istasyon sayısı 12 olduğundan tepe değerini yapmıştır.

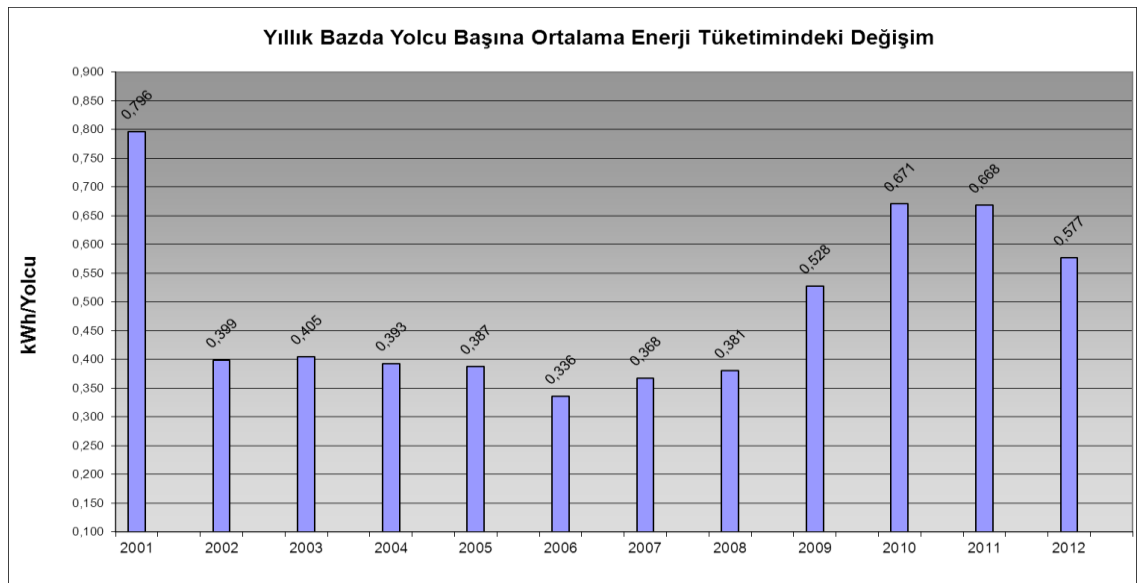
Şekil 5. 6: Yıllara göre Aylık ortalama enerji tüketimindeki değişim (2001-2012)



Kaynak: İstanbul Ulaşım A.Ş., M2 Elektrik Tesisler Şefliği, Şubat 2013.

Şekil 5.6’da görüldüğü gibi 2001-2012 yılları arası dikkate alındığında; yıllık olarak ay bazında; enerji tüketimi değişimleri gösterilmiştir. Enerji tüketimi, yıllar içinde yaklaşık olarak 1,25 – 4,5 milyon kWh arasında değişim göstermiştir. Yıllar geçtikçe; orantılı artışlar görülmüştür. İstanbul Metrosu, ilk hizmete açıldığı yıllarda 6 istasyona sahip olduğu için daha az enerji tüketimi sağlanmıştır. Günümüzde ise istasyon sayısı 12 olduğundan tepe değerini yapmıştır.

Şekil 5. 7: Yıllık bazda Yolcu başına ortalama enerji tüketimi (2001-2012)



Kaynak: İstanbul Ulaşım A.Ş., M2 Elektrik Tesisler Şefliği, Şubat 2013.

Şekil 5.7’de görüldüğü gibi 2001-2012 yılları arası dikkate alındığında; yıllık olarak ay bazında; Elektrik enerjisi tüketimi/yolcu sayısı değişimleri gösterilmiştir. Enerji tüketimi, yıllar içinde yaklaşık olarak 0,35 – 0,8 kWh/yolcu oranında değişim göstermiştir. İstanbul Metro’su, ilk hizmete açıldığı yıllarda yüksek değer oluşmuştur.

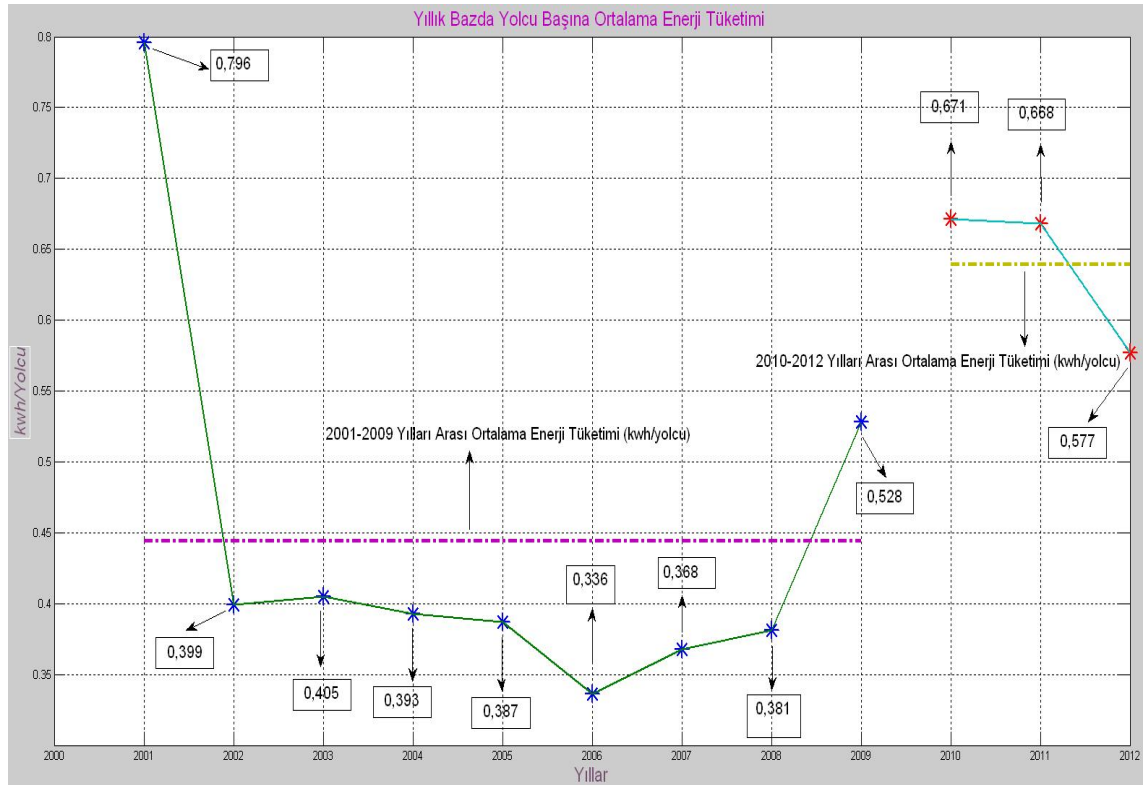
MATLAB UYGULAMASI:

```

a1=(2001:1:2009);
b1=[0.796 0.399 0.405 0.393 0.387 0.336 0.368 0.381 0.528];
a2=[2010 2011 2012];
b2=[0.671 0.668 0.577];
o1=[0.444 0.444 0.444 0.444 0.444 0.444 0.444 0.444 0.444];
o2=[0.639 0.639 0.639];
plot(a1,b1,'*',a1,b1,a2,b2,'*',a2,b2,a1,o1,a2,o2);
grid;
title('Yıllık Bazda Yolcu Başına Ortalama Enerji tüketimi ');
ylabel('kwh/Yolcu');
text(2003,0.475,'2001-2009 yılları arası ortalama enerji
tüktimi(kwh/yolcu)');
text(2009,0.63,'2010-2012 yılları arası ortalama enerji
tüktimi(kwh/yolcu)');
xlabel('yıllar');

```

Şekil 5. 8: 2001-2012 Yolcu başına ortalama enerji tüketimi (MATLAB)



Kaynak: İstanbul Ulaşım A.Ş., M2 Elektrik Tesisler Şefliği, Matlab Uygulama, Haziran 2013.

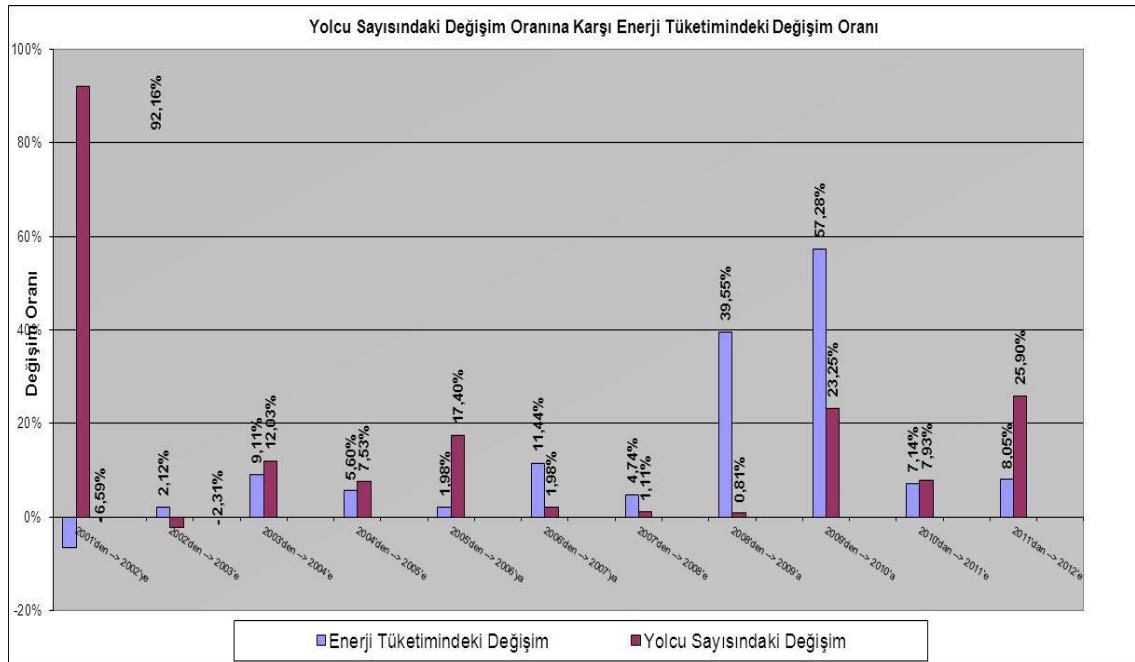
Yıl 2001: Yolcu sayısı, işletmenin ilk yıllarına tekabül ettiği için henüz çok düşüktür. 2009 yılı sonuna kadar 6 istasyon ile hizmet verilmiştir. Enerji tüketimi, 2002-2008 arası ile kıyaslandığında dengelidir. Yolcunun az olması kişi başı enerji tüketimini artırmıştır. Şekil 5.8’de görüldüğü gibi referans çizgisinin (0,444) yüksek oranda üzerinde kalmasına sebep olmuştur.

Yıl 2002-2008: Yolcu sayısı, ilk yıla oranla 2-3 kat artış göstermiştir. Enerji tüketimi, dengelidir. Bu sebeple kişi başı enerji tüketimi, ilk yıla kıyasla dengeli bir şekilde referans çizgisinin (0,444) altında kalmıştır.

Yıl 2009: Geçiş yılıdır. Bu yılsonunda istasyon sayısı 6’dan 12’ye çıkmıştır. Yılsonundan dolayı yolcu sayısı, artış göstermemiştir. Fakat enerji tüketimi, orantılı olarak 1,5-2 kat arası artmıştır. Doğal olarak; kişi başı enerji tüketimi, referans çizgisinin (0,444) üstüne çıkmıştır.

Yıl 2010-2012: Bu yıllar arasında 12 istasyon nedeniyle ortalama yükselmiştir. Yolcu sayısı ve enerji tüketiminde artan fakat dengeli durum gösterimi vardır. Sadece 2012 senesinde yolcu sayısı, diğer iki yıla oranla biraz daha artmış olduğundan referans çizgisinin (0,639) altında kalmıştır. 2010 ve 2011 yılları ise referans üzeridir.

Şekil 5. 9: Yolcu sayısı değişimi/Enerji tüketimi (kıyaslamalı)



Kaynak: İstanbul Ulaşım A.Ş., M2 Elektrik Tesisler Şefliği, Şubat 2013.

Şekil 5.9'da görüldüğü gibi 2001-2012 yılları arası dikkate alındığında; yıllık bazda; Yolcu sayısındaki değişim/Enerji tüketimindeki değişim oranlamasında, bir önceki sene, bir sonraki sene ile kıyaslandığında aradaki farklar yüzdesel olarak gösterilmiştir. Yolcu sayısındaki yüzdesel fark, en fazla 2001-2002 yılları arasında yüzde 92,16 olarak artış göstermiştir. Enerji tüketimindeki yüzdesel fark, en fazla 2009-2010 yılları arasında yüzde 57,28 olarak artış göstermiştir. Yolcu sayısı oranı ile enerji tüketiminin arasındaki farkın yüzdesel gösterimi ise yine 2001-2002 yılları arasındaki en fazla olmuştur. Aradaki farkın en düşük olduğu süreç ise 2010-2011 yılları arasındadır.

6. KENT İÇİ RAYLI SİSTEMLERDE OSIRIS UYGULAMALARI

Kent içi raylı sistemlerde enerji tüketiminin çok önemli olduğu dikkate alınırsa bu konuyla ilgili uluslararası projelere katılmak önem arz etmektedir. Bu bölümde, söz konusu enerji odaklı uluslararası projeden bahsedilmiştir.

6.1 GENEL

Proje Numarası : 284868

Proje Adı : OSIRIS

Projenin Adı : *Optimal Strategy to Innovate and Reduce Energy Consumption In Urban Rail Systems* (Kent içi raylı sistemlerde enerji tüketiminin azaltılması ve yenilik getirilmesi için Optimum Strateji)

Başlama Tarihi : 1 Ocak 2012

Proje Süresi : 36 Ay

Toplam Bütçe : 7,4 milyon Avro (4,3 milyon Avro Avrupa Birliği desteği)

OSIRIS projesi, bir Avrupa Birliği projesi olup 7. Çerçeve programları kapsamında yürütülmektedir. Projenin ana amacı, kentsel raylı sistemlerde enerji tüketiminin azaltılması için optimal yenilikçi stratejilerin geliştirilmesini sağlamak olup toplam 9 ülkeden 17 adet katılımcı yer almaktadır. Proje lideri *UNIFE*'dir (Avrupa demiryolu endüstrisi birliği, merkezi Belçika'da). Projenin toplam bütçesi 7.408.302,40 Avro olup bunun 4.299.951,00 Avroluk kısmı Avrupa birliği tarafından desteklemektedir.

7. Çerçeve programı kapsamında Türkiye Cumhuriyeti toplam 361 milyon Avro tutarında bedel ödeyerek katkı sağlamaktayken, bu projelere sağladığı düşük katılım oranı nedeniyle bu tutarın ancak 121,1 milyon Avro miktarı, ülkeye geri kazandırılmaktadır.

6.2 PROJEDEN FAYDALANACAK OLAN KATILIMCILAR

Katılımcı tablosu, Tablo 6.1’de gösterilmiştir.

Tablo 6. 1: Osiris katılımcıları

No	İsim	Kısa Ad	Ülke	Proje Giriş Ayı	Proje Çıkış Ayı
1	UNION DES INDUSTRIES FERROVIAIRES EUROPEENNES - UNIFE	UNIFE	Belgium	1	36
2	ALSTOM TRANSPORT S.A.	ALSTOM	France	1	36
3	ANSALDO STS S.p.A.	ANSALDO	Italy	1	36
4	SOCIÉTÉ TECHNIQUE POUR 'ENERGIE	AREVA	France	1	36
5	CONSTRUCCIONES Y AUXILIAR DE	CAF	Spain	1	36
6	SIEMENS AG	SIEMENS	Germany	1	36
7	AZIENDA TRASPORTI MILANESI	ATM	Italy	1	36
8	REGIE AUTONOME DES TRANSPORTS PARISIENS	RATP	France	1	36
9	İSTANBUL ULASIM SANAYI VE TICARET	ULASIM	Turkey	1	36
10	UNION INTERNATIONALE DES TRANSPORTS PUBLICS - UITP	UITP	Belgium	1	36
11	D'APPOLONIA SPA	DAPP	Italy	1	36
12	SAFT SAS	SAFT	France	1	36
13	AZIENDA PER LA MOBILITA DEL COMUNE DI ROMA SPA	ATAC	Italy	1	36
14	UNIVERSIDAD DE CHILE	CMM	Chile	1	36
15	TECHNISCHE UNIVERSITAET WIEN	VUT	Austria	1	36
16	INSTITUTO TECNOLOGICO DE ARAGON	ITA	Spain	1	36
17	UNIVERSITY OF NEWCASTLE UPON TYNE	UNEW	United Kingdom	1	36

Kaynak: İstanbul Ulaşım A.Ş., Elektrik ve Elektronik Tesisler Müdürlüğü, Şubat 2013.

6.3 HEDEFLER

- Avrupa'nın şehir içi raylı sistemlerinde toplam enerji tüketiminin, bugünkü seviyesi göz önüne alındığında 2020 yılına kadar yüzde 10 azaltılması
- Enerji yönetimi için veri tabanı oluşturulması
- Raylı sistemlerde altyapı, istasyonlar ve araçlarda enerjinin etkin kullanımının sağlanması

- d. Araç, altyapı ve işletmeyi de içine alacak şekilde şehir içi raylı sistemlerde (AC ve DC) enerji tüketimi için ölçüm ve karşılaştırma kriteri ile geniş bir ölçekte yer alan bir sistematığın oluşturulması
- e. Sistem seçimi ve işletmeye yönelik karar destek araçları ve enerji tüketimi için anahtar göstergelerin oluşturulması
- f. Sadece araç üstü sistemlerden değil fakat aynı zamanda güzergâh boyunca yer alan durağan istasyonlarda elde edilen kazanılmış enerjinin depolanması veya tekrar kullanımının sağlanması
- g. Enerji depolamayla ilgili teknolojiler için personel ve yolcular için güvenlik risklerinin tanımlanması
- h. Araçlarda, tünellerde ve istasyonlarda ısı yayılımının önlenmesi hedeflenmektedir.

6.4 FAYDALAR

İşletmeci yönüyle:

- a. Enerji kazanımı hakkında üreticiler ile ilgili yenilikçi teknolojiler arasında ortak bir anlayışın oluşturulması
- b. Teknik ve işletmesel çözümlerden oluşan uygun değerli kombinasyonların seçilmesi, karar destek araçlarının oluşturulması
- c. Enerji kazanımı için yenilikçi teknolojilerin uygulanmasına yönelik sahadan gerçek deneysel sonuçların elde edilmesi

Üretici yönüyle:

- a. İşletmecilerden gelen ihtiyaçların harmanlanması ve açıkça tanımlanması
- b. Yeni termal simülasyon araçlarının ve akıllı şebeke kavramını entegre edecek olan genişletilmiş elektrik sistem simülasyon araçlarının oluşturulması

Toplum yönüyle:

- a. Gerçek test edilmiş teknolojiler ve çözümler sayesinde enerji ve CO2 kazanımının elde edilmesi

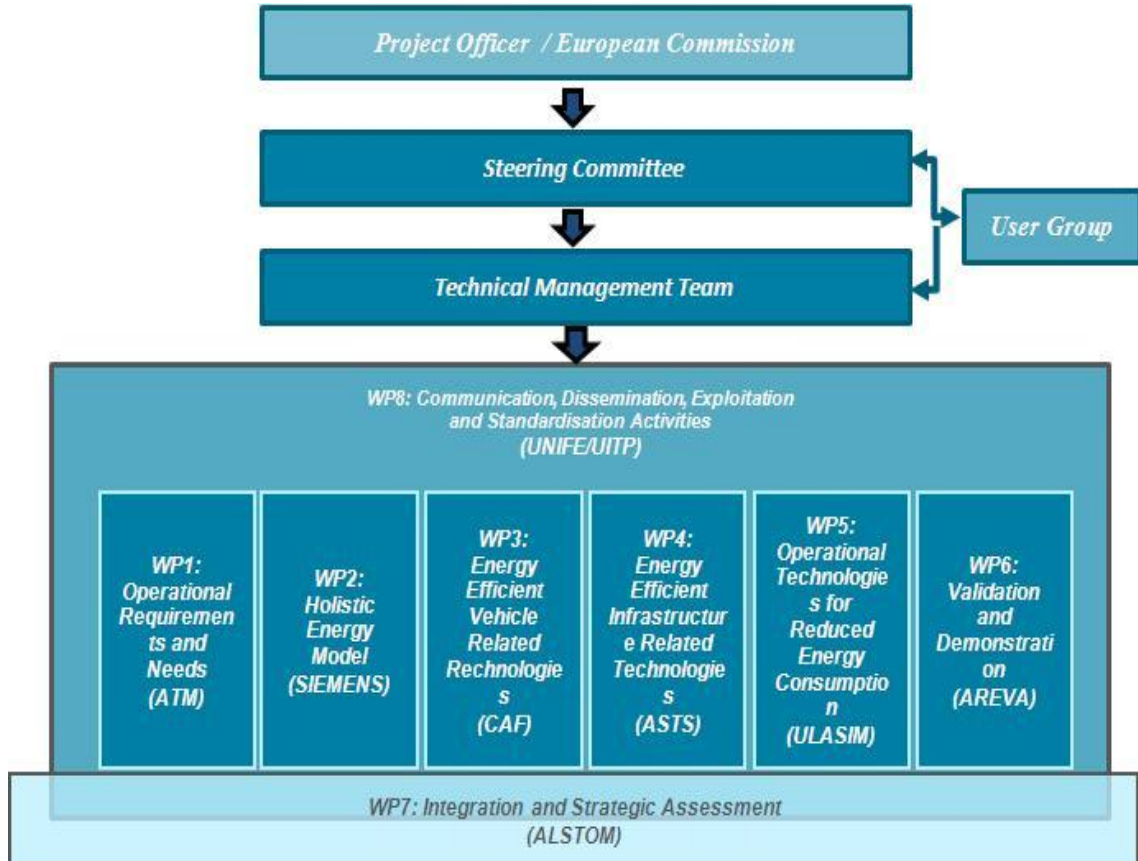
6.5 BEKLENEN SONUÇLAR

- Şehir içi raylı sistemlerde standart hizmet çevrimlerinin tanımlanması
- İşletmeci firmaların çoklu tren simülasyon araçlarıyla ara yüz oluşturan, içinde yenilikçi termal bir bakış da getiren bütüncül bir çerçeve modeli sunmak
- Araç üstü enerji depolama sistemlerinde güvenlik risk değerlendirmesi
- Araç üstü enerji depolama sistemlerinin kullanımında teknik tavsiyeler
- Gerçek durum uygulamaları üzerine dayandırılmış kanıtlama ve doğrulama

6.6 PROJENİN GENEL YAPISI

Projenin genel organizasyon yapısı Şekil 6.1’de gösterilmiştir.

Şekil 6. 1: Osiris projesi genel organizasyon yapısı



Kaynak: İstanbul Ulaşım A.Ş, Elektrik ve Elektronik Tesisler Müdürlüğü, Şubat 2013.

Proje lideri tarafından hazırlanan ve Avrupa Birliği'nin hazırladığı proje planına göre projede yapılacak tüm işler aşağıda belirtilen 10 adet iş paketine bölünmüştür:

1. İş Paketi: Operasyonel gereklilikler ve ihtiyaçlar
2. İş Paketi: Enerji simülasyon ve optimizasyon aracı ve termal analize etkisi
3. İş Paketi: Enerji verimli araçlarla ilgili teknolojiler
4. İş Paketi: Enerji verimli altyapı ile ilgili teknolojiler
5. İş Paketi: Enerji tüketiminin azaltılmasına yönelik operasyonel teknolojiler
6. İş Paketi: Uygulama ve değerlendirme
7. İş Paketi: Entegrasyon ve stratejik değerlendirme
8. İş Paketi: İletişim, uygulama, yayma ve diğer standart aktiviteler
9. İş Paketi: Teknik koordinasyon
10. İş Paketi: Proje yönetimi

6.7 İSTANBUL ULAşIM SORUMLULUĞUNDAKİ İş PAKETİ (WP5)

Temsilciler:

Dr. Metin CANCI - BİMTAş

Prof. Dr. Metin TURKAY - Koç Üniversitesi

Selçuk TUNA - İstanbul Ulaşım - Elektrik Elektronik Tesisler Müdürü

6.7.1 Amaç

İşletmeciler genellikle, cer gücü ve alt yapı seviyesinde alttan yukarıya doğru gelen ölçümlerden yola çıkarak yukarıdan aşağıya yönde giden enerji tasarruf hedeflerine ulaşmayı isterler. WP5 iş paketinde optimize edilmiş tren sefer planları, etkin sürüş tekniklerini de içine alan mevcut ekipmanların işletmesinde enerji kazanım fırsatlarını amaçlamaktadır.

Burada tanımlanan yaklaşımlar, kontrol ve kumanda sistemleriyle ve bunların algoritmaları ile ilgili olduğundan yatırım maliyetleri nispeten düşüktür. İşletmelerin doğal yapısı nedeniyle bu tür yaklaşımların uygulanması, işletmecilerin ihtiyaçlarının optimizasyonunu gerektirmektedir.

6.7.2 İş Paketinin Tanımı ve Katılımcıların Rollerini

Trafik ve güç modellemesi ve yönetimi (RATP: Lider, ALSTOM, ASTS, SIE, ATM, AREVA, ULASIM, ATAC)

Yolcu trafiğinin yoğunluğu ve dolayısıyla enerji tüketimi, sadece hareket halindeki tren dizililerinin sayısına değil fakat aynı zamanda kütlelerini, havalandırma yüklerine, yürüyen merdivenlere ve benzeri diğer yüklerle doğrudan bağlıdır.

Bu yüzden enerji talebi ve yolcu trafiği arasında hassas bir ilişki kurulabilir ve yolcu trafiğinin tahminlendirilmesi yapılabilir. Bu da bazı operatörlerin özel dağıtım şebekesinin yönetimi ve ileride akıllı şebekenin tasarımı için kullanışlı bir girdi sağlar.

Yolcu trafiğini ve güç talebini etkileyen unsurlar, mevsimsel değişimler, sosyal olaylar ve hava şartlarıdır. Önceden yolcu trafiğinin ve güç talebinin bilinmesi, işletmecilere yolcu talebi karşılandığında enerji tüketimini azaltan ya da en azından güç eğrisini düzelterek işletme senaryolarının optimize edilmesini sağlayan araç sefer yönetimi ve adaptasyonu imkânını sağlar. Bunun için bir talep yönetim sistemi, yüklerin önceliklendirilme (cer, aydınlatma...) veya ertelenebilme / sınıflandırılabilme (yürüyen merdivenler, havalandırma, hava sıkıştırma, pompalama...) durumunu dikkate alacaktır.

Çoğu sosyal ve meteorolojik değişkenler, haftanın günleri, hafta sonu, ulusal tatiller, okul tatilleri, mevsimler ve bunların kombinasyonları önemli ölçüde yolcu trafiğini etkilemektedir.

Benzer şekilde, sıcaklığın HVAC yükleri üzerindeki doğrudan etkisi, tekerlek/ray adezyonunu azaltan yağmur ve yaya ile iki tekerlekli ulaşım modundan yapılan mod değişimleri gibi sebepler, meteorolojik değişkenlerdir.

Matematiksel olarak tahminlendirme metodunun, sürekli değişkenler (yolcu trafiği, hava indisleri) ile ayırık değişkenlerin (sosyal olaylar) her ikisini de ele almaya ihtiyacı olacaktır ve bunların trafik ve güç talepleri açık bir şekilde doğrusal olmayan bir ilişkiye sahip olacaktır.

6.7.3 Wp5 Kapsamında Verilecek Olan Teslimatlar

Yolcu trafik modeli ve güç talep modeli ile raporlaması (24 ay),

İşletmeye özgü akıllı şebeke oluşturulmasına yönelik tavsiyeler (24 ay),

Kavramsal yaklaşımın öngörülmesi, seçilen katılımcılarda yolcu trafiği/güç talebi öngörüsü (34 ay)

Güç talep model grafikleri ve yolcu trafik model grafikleri, Şekil 6.1-6.2 ile Tablo 6.2-6.6'da gösterilmiştir.

6.8 ENERJİ TAHMİN MODELİ

Tablo 6. 2: Bahçelievler istasyonu enerji analizör bilgileri

RECORDING ID	ANALIZOR ID	NAME	LOCATION	STATION	V_L1	V_L2	V_L3	I_L1	I_L2	I_L3	T_I	P_L1	P_L2	P_L3
9492129	1	Bahçelievler	Enerji Odası-2 Besleme	Enerji Odası-2 / BAHCELIEVLER	227,5	228,4	228,7	119,64	123,84	135,24	81	26280	8160	20160
9492130	2	Bahçelievler	UPS	Enerji Odası-2 / BAHCELIEVLER	227,5	228,5	228,8	15,22	14,16	14,86	7,96	2760	420	2040
9492131	3	Bahçelievler	Peron Aydınlatma	Enerji Odası-2 / BAHCELIEVLER	226,7	228,9	228,3	49,42	65,4	79,46	39,84	10720	4260	11980
9492132	1	Bahçelievler2	Yürüyen Merdiven Asansör Toplam	Enerji Odası-3 / BAHCELIEVLER	227,7	228,6	228,5	105	101,9	98,2	101,8	8300	7300	7300
9492133	2	Bahçelievler2	Yürüyen Merdiven-1 Besleme	Enerji Odası-3 / BAHCELIEVLER	228,9	228,1	227,6	13,08	12,18	11,94	12,34	1060	780	840
9492134	3	Bahçelievler2	Yürüyen Merdiven-2 Besleme	Enerji Odası-3 / BAHCELIEVLER	228,6	227,2	228,1	13,5	13	12,32	12,92	1140	840	960
9492135	4	Bahçelievler2	Yürüyen Merdiven-3 Besleme	Enerji Odası-3 / BAHCELIEVLER	228,2	227,8	228,1	12,84	12,22	12,58	12,6	1040	1020	1220
9492136	5	Bahçelievler2	Yürüyen Merdiven-4 Besleme	Enerji Odası-3 / BAHCELIEVLER	228,4	227,5	227,8	12,3	12,86	12,3	12,48	1060	1080	1000
9492137	6	Bahçelievler2	Yürüyen Merdiven-5 Besleme	Enerji Odası-3 / BAHCELIEVLER	227,7	227,5	227,6	24,68	23,68	23,02	23,8	2420	1940	2020
9492138	7	Bahçelievler2	Yürüyen Merdiven-6 Besleme	Enerji Odası-3 / BAHCELIEVLER	228,0	228,1	227,3	24,92	23,98	22,98	23,78	2180	1680	1740
9492139	8	Bahçelievler2	Asansör Besleme-1	Enerji Odası-3 / BAHCELIEVLER	228,2	227,2	227,8	0,7	1,5	0,78	0,86	0	200	160
9492140	9	Bahçelievler2	Asansör Besleme-2	Enerji Odası-3 / BAHCELIEVLER	227,8	228,5	227,2	0,62	0,5	0	0,28	120	40	0
9492141	1	Bahçelievler3	Şebeke	Enerji Odası-1 / BAHCELIEVLER	226,0	228,4	226,8	58	42,1	46	48,15	8650	6250	6950
9492142	2	Bahçelievler3	Kiralık Alan	Enerji Odası-1 / BAHCELIEVLER	226,3	228,6	226,5	0	0	0	0	0	0	0
9492143	3	Bahçelievler3	Priz	Enerji Odası-1 / BAHCELIEVLER	226,5	227,8	226,3	3,04	0,76	5,34	2,86	560	140	800
9492144	4	Bahçelievler3	Aydınlatma	Enerji Odası-1 / BAHCELIEVLER	226,0	228,1	225,8	53,12	41,8	40,28	44,52	7320	6080	5880
9492145	5	Bahçelievler3	Belbim	Enerji Odası-1 / BAHCELIEVLER	226,8	228,1	225,8	0,1	0,14	1,54	0,36	20	20	220
9492146	7	Bahçelievler3	UPS	Enerji Odası-1 / BAHCELIEVLER	212,0	0	0	3,072	0	0	2,394	474	0	0
9492147	9	Bahçelievler3	ATM	Enerji Odası-1 / BAHCELIEVLER	226,3	0	0	0,642	0	0	0,408	90	0	0
9492148	1	Bahçelievler4	Havalandırma Toplam	Trafo Odası / BAHCELIEVLER	229,5	229,3	230,2	3,52	5,76	12,48	6,72	320	320	1280
9492149	2	Bahçelievler4	Bakırköy Yönü Tünel Hava	Trafo Odası / BAHCELIEVLER	228,9	230	230,4	3,6	5,76	12,48	6,96	240	480	1200
9492150	3	Bahçelievler4	Ataköy Yönü Tünel Hava	Trafo Odası / BAHCELIEVLER	229,1	230,3	229,9	0	0	0	0	0	0	0

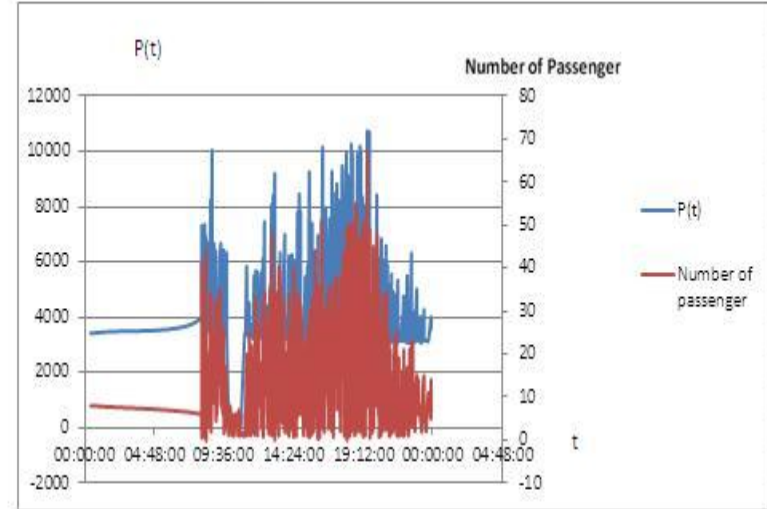
Kaynak: İstanbul Ulaşım A.Ş., Elektrik ve Elektronik Tesisler Müdürlüğü, Şubat 2013.

Tablo 6. 3: Bahçelievler istasyonu Y. merdiven güç-yolcu tablosu

RECORDING ID	ANALIZOR ID	CAM NAME	LOCATION	DATA_NOW	DATE_TIME	P(t)	Number of passenger
9046181	4	Bahcelievler2	Yürüyen Merdiven-3 Besleme	08.11.2012	00:24:40	3420	8
9070812	4	Bahcelievler2	Yürüyen Merdiven-3 Besleme	08.11.2012	08:00:20	3960	6
9071080	4	Bahcelievler2	Yürüyen Merdiven-3 Besleme	08.11.2012	08:03:41	7280	1
9071147	4	Bahcelievler2	Yürüyen Merdiven-3 Besleme	08.11.2012	08:04:32	5500	41
9071214	4	Bahcelievler2	Yürüyen Merdiven-3 Besleme	08.11.2012	08:05:22	3860	2
9071482	4	Bahcelievler2	Yürüyen Merdiven-3 Besleme	08.11.2012	08:08:43	4080	27
9071549	4	Bahcelievler2	Yürüyen Merdiven-3 Besleme	08.11.2012	08:09:33	3960	5
9072018	4	Bahcelievler2	Yürüyen Merdiven-3 Besleme	08.11.2012	08:15:25	4660	5
9072085	4	Bahcelievler2	Yürüyen Merdiven-3 Besleme	08.11.2012	08:16:15	7360	35
9072420	4	Bahcelievler2	Yürüyen Merdiven-3 Besleme	08.11.2012	08:20:28	5320	5
9072487	4	Bahcelievler2	Yürüyen Merdiven-3 Besleme	08.11.2012	08:21:19	6880	44
9072554	4	Bahcelievler2	Yürüyen Merdiven-3 Besleme	08.11.2012	08:22:09	3620	1
9072822	4	Bahcelievler2	Yürüyen Merdiven-3 Besleme	08.11.2012	08:25:30	6720	12
9072889	4	Bahcelievler2	Yürüyen Merdiven-3 Besleme	08.11.2012	08:26:20	3580	17
9073023	4	Bahcelievler2	Yürüyen Merdiven-3 Besleme	08.11.2012	08:28:00	3600	3
9073157	4	Bahcelievler2	Yürüyen Merdiven-3 Besleme	08.11.2012	08:29:46	3880	20
9073224	4	Bahcelievler2	Yürüyen Merdiven-3 Besleme	08.11.2012	08:30:36	3520	3
9073425	4	Bahcelievler2	Yürüyen Merdiven-3 Besleme	08.11.2012	08:33:07	6480	20
9073559	4	Bahcelievler2	Yürüyen Merdiven-3 Besleme	08.11.2012	08:34:48	3520	12
9074095	4	Bahcelievler2	Yürüyen Merdiven-3 Besleme	08.11.2012	08:41:30	8260	34
9074162	4	Bahcelievler2	Yürüyen Merdiven-3 Besleme	08.11.2012	08:42:20	3820	13
9074229	4	Bahcelievler2	Yürüyen Merdiven-3 Besleme	08.11.2012	08:43:10	3480	2
9074564	4	Bahcelievler2	Yürüyen Merdiven-3 Besleme	08.11.2012	08:47:21	10040	19
9074631	4	Bahcelievler2	Yürüyen Merdiven-3 Besleme	08.11.2012	08:48:11	3480	24
9074899	4	Bahcelievler2	Yürüyen Merdiven-3 Besleme	08.11.2012	08:51:32	6380	9
9074966	4	Bahcelievler2	Yürüyen Merdiven-3 Besleme	08.11.2012	08:52:22	3660	13
9075234	4	Bahcelievler2	Yürüyen Merdiven-3 Besleme	08.11.2012	08:55:43	6660	13
9075301	4	Bahcelievler2	Yürüyen Merdiven-3 Besleme	08.11.2012	08:56:34	3460	18

Kaynak: İstanbul Ulaşım A.Ş, Elektrik ve Elektronik Tesisler Müdürlüğü, Şubat 2013.

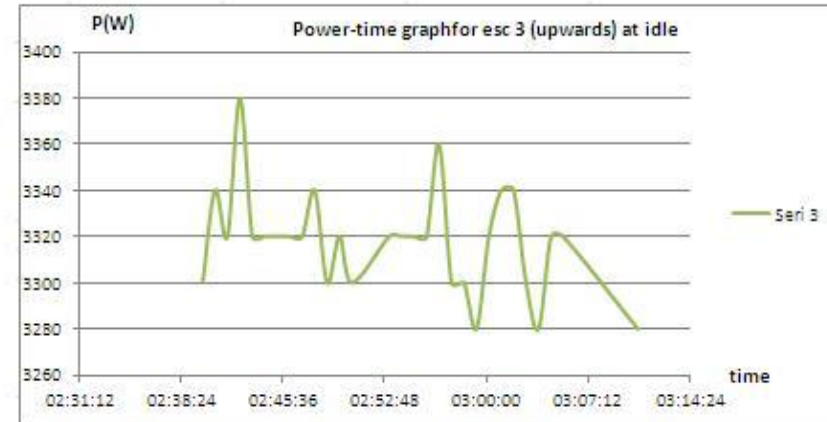
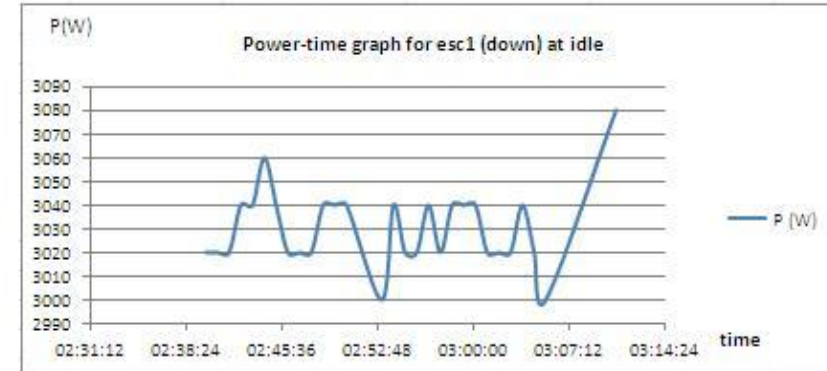
Power(t)-Passenger_Time graph where passengers counted with camera ym3(esc3) running upwards on 08.11.2012
Camera is at the passenger exit side of escalators



Tablo 6. 4: Bahçelievler istasyonu Y.M. aşağı-yukarı güç-zaman tablosu

Escalators energy consumption at idle running

DATA_NOW	DATE_TIME	down	down	up	up	up	down
		esc1	esc2	esc3	esc4	esc5	esc6
30.08.2012	02:39:55	3020	2980	3300	3140	6960	5840
30.08.2012	02:40:47	3020	2940	3340	3160	6920	5760
30.08.2012	02:41:40	3020	2980	3320	3140	7000	5580
30.08.2012	02:42:33	3040	2980	3380	3120	6980	5780
30.08.2012	02:43:26	3040	2900	3320	3160	6940	5840
30.08.2012	02:44:19	3060	2940	3320	3120	6920	5680
30.08.2012	02:45:12	3040	2920	3320	3140	6900	5560
30.08.2012	02:46:05	3020	2960	3320	3160	6860	5680
30.08.2012	02:46:58	3020	2920	3320	3120	6900	5740
30.08.2012	02:47:51	3020	2920	3340	3180	6860	5820
30.08.2012	02:48:44	3040	2940	3300	3140	6900	5780
30.08.2012	02:49:37	3040	2940	3320	3160	6920	5600
30.08.2012	02:50:30	3040	2900	3300	3120	6900	5560
30.08.2012	02:53:08	3000	2920	3320	3120	6860	5640
30.08.2012	02:54:01	3040	2960	3320	3140	6920	5540
30.08.2012	02:54:54	3020	2960	3320	3120	6920	5620
30.08.2012	02:55:47	3020	2940	3320	3120	6820	5780
30.08.2012	02:56:40	3040	2920	3360	3140	6820	5740
30.08.2012	02:57:33	3020	2920	3300	3140	6820	5700
30.08.2012	02:58:26	3040	2960	3300	3120	6860	5520
30.08.2012	02:59:19	3040	2980	3280	3120	6900	5520
30.08.2012	03:00:12	3040	2880	3320	3160	6840	5540
30.08.2012	03:01:04	3020	2960	3340	3100	6900	5520
30.08.2012	03:01:57	3020	2960	3340	3160	6840	5740
30.08.2012	03:02:50	3020	2900	3300	3120	6780	5760
30.08.2012	03:03:43	3040	2940	3280	3140	6820	5760
30.08.2012	03:04:36	3020	2960	3320	3120	6840	5740
30.08.2012	03:05:28	3000	2980	3320	3180	6780	5560
30.08.2012	03:10:46	3080	2940	3280	3140	6840	5540
average power	consumption(W)	3048,99	2958,84	3343,77	3142,32	6966,09	5760,58

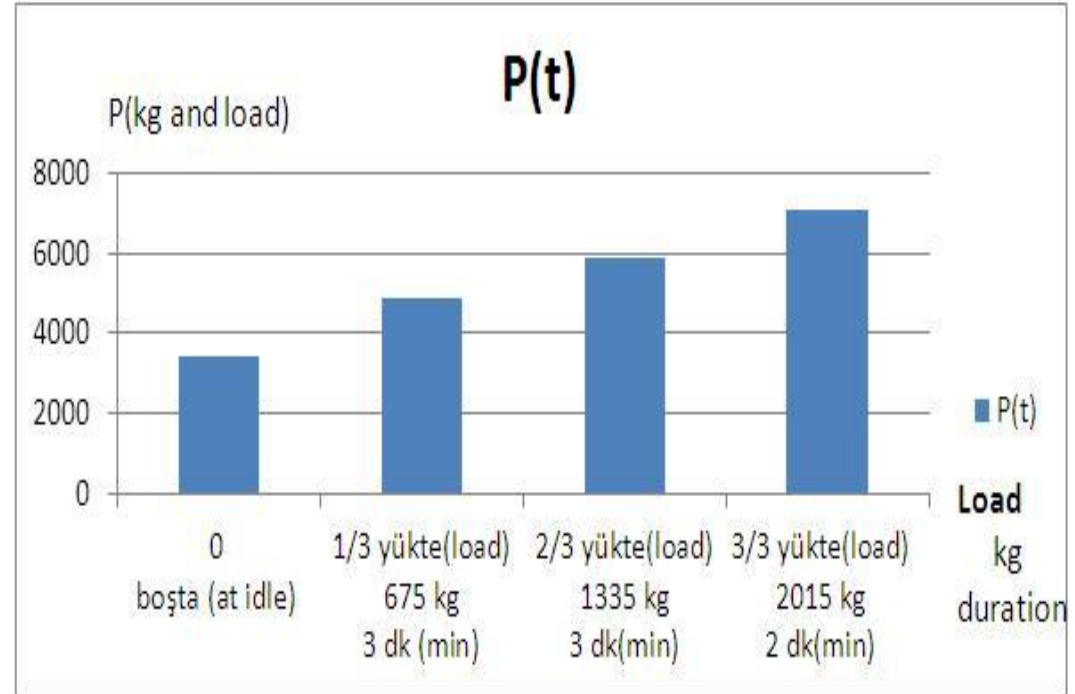


Kaynak: İstanbul Ulaşım A.Ş, Elektrik ve Elektronik Tesisler Müdürlüğü, Şubat 2013.

Şekil 6. 2: Bahçelievler istasyonu yukarı yönlü Y.M-4'ün güç-yolcu grafiği

Weight(kg or number of persons and duration)	P(t)
0 boşta (at idle)	3400
1/3 yükte(load) 675 kg 3 dk (min)	4900
2/3 yükte(load) 1335 kg 3 dk(min)	5900
3/3 yükte(load) 2015 kg 2 dk(min)	7100

The Power-Passenger(weight and/or duration)- Graph for the upwards running escalator number 4 in Bahçelievler Station



Kaynak: İstanbul Ulaşım A.Ş, Elektrik ve Elektronik Tesisler Müdürlüğü, Şubat 2013.

6.9 YOLCU TAHMİN MODELİ

Tablo 6. 5: Bahçelievler istasyonu giren yolcu sayısı

Tarih	Operator	Kapi No	Turnike No	Medya Tipi	Gecis Turu
01.07.2012 00:00	M1 Aksaray-Havalimanı	BAH-BAH	1	Jeton	Jeton
01.07.2012 00:01	M1 Aksaray-Havalimanı	BAH-BAH	2	İstanbul Kart	Ücretsiz
01.07.2012 00:01	M1 Aksaray-Havalimanı	BAH-BAH	2	İstanbul Kart	Ücretsiz
01.07.2012 00:03	M1 Aksaray-Havalimanı	BAH-BAH	2	İstanbul Kart	İndirimli Kontür
01.07.2012 00:03	M1 Aksaray-Havalimanı	BAH-BAH	2	İstanbul Kart	İndirimli Kontür
01.07.2012 00:24	M1 Aksaray-Havalimanı	BAH-BAH	3	İstanbul Kart	Tam Kontür
01.07.2012 05:43	M1 Aksaray-Havalimanı	BAH-BAH	1	Jeton	Jeton
01.07.2012 05:44	M1 Aksaray-Havalimanı	BAH-BAH	1	İstanbul Kart	Tam Kontür
01.07.2012 05:48	M1 Aksaray-Havalimanı	BAH-BAH	1	Akbil	Tam Kontür
01.07.2012 05:48	M1 Aksaray-Havalimanı	BAH-BAH	1	Akbil	Tam Kontür
01.07.2012 05:48	M1 Aksaray-Havalimanı	BAH-BAH	3	İstanbul Kart	İndirimli Kontür
01.07.2012 05:50	M1 Aksaray-Havalimanı	BAH-BAH	1	İstanbul Kart	Tam Kontür
01.07.2012 05:50	M1 Aksaray-Havalimanı	BAH-BAH	3	Jeton	Jeton
01.07.2012 05:51	M1 Aksaray-Havalimanı	BAH-BAH	2	Jeton	Jeton
01.07.2012 05:51	M1 Aksaray-Havalimanı	BAH-BAH	1	İstanbul Kart	Tam Kontür
01.07.2012 05:53	M1 Aksaray-Havalimanı	BAH-BAH	3	Akbil	Tam Kontür
01.07.2012 05:58	M1 Aksaray-Havalimanı	BAH-BAH	1	İstanbul Kart	İndirimli Kontür
01.07.2012 05:59	M1 Aksaray-Havalimanı	BAH-BAH	3	İstanbul Kart	İndirimli Kontür
01.07.2012 05:59	M1 Aksaray-Havalimanı	BAH-BAH	2	İstanbul Kart	İndirimli Abonman
01.07.2012 06:00	M1 Aksaray-Havalimanı	BAH-BAH	1	Jeton	Jeton
01.07.2012 06:02	M1 Aksaray-Havalimanı	BAH-BAH	2	İstanbul Kart	Tam Abonman
01.07.2012 06:04	M1 Aksaray-Havalimanı	BAH-BAH	1	Akbil	Tam Kontür

In this file, each row refers to a passenger who enter the station of "Bahçelievler" in a certain time (which is pointed out with "Tarih")

The column of "KapiNo" refer to the Station and the column of "TurnikeNo" refer to the Turnstile's Id.

You can ignore the other columns.

Kaynak: İstanbul Ulaşım A.Ş, Elektrik ve Elektronik Tesisler Müdürlüğü, Şubat 2013.

Tablo 6. 6: Bahçelievler ve Merter istasyonları çıkan yolcu sayısı

Veri ID	Turnike ID	Yolcu Sayısı	Zaman
1	MRT_A0	7	25.06.2012 15:06
2	MRT_A1	14	25.06.2012 15:06
3	MRT_A2	7	25.06.2012 15:06
4	MRT_B1	5	25.06.2012 15:06
5	MRT_B2	7	25.06.2012 15:06
6	BHC_A0	9	25.06.2012 15:06
7	BHC_A1	2	25.06.2012 15:06
8	BHC_A2	11	25.06.2012 15:06
9	BHC_A3	4	25.06.2012 15:06
10	BHC_A4	11	25.06.2012 15:06
11	BHC_B1	1	25.06.2012 15:06
12	MRT_A0	3	25.06.2012 15:11
13	MRT_A1	5	25.06.2012 15:11
14	MRT_A2	7	25.06.2012 15:11
15	MRT_B0	1	25.06.2012 15:11
16	MRT_B1	3	25.06.2012 15:11
17	MRT_B2	2	25.06.2012 15:11
18	MRT_A1	1	25.06.2012 15:16
19	MRT_B2	1	25.06.2012 15:16
20	MRT_A0	7	25.06.2012 15:21
21	MRT_A1	12	25.06.2012 15:21
22	MRT_A2	5	25.06.2012 15:21
23	MRT_B0	2	25.06.2012 15:21
24	MRT_B1	5	25.06.2012 15:21
25	MRT_B2	3	25.06.2012 15:21

Veri_ID: Data_ID, it is just a record number.

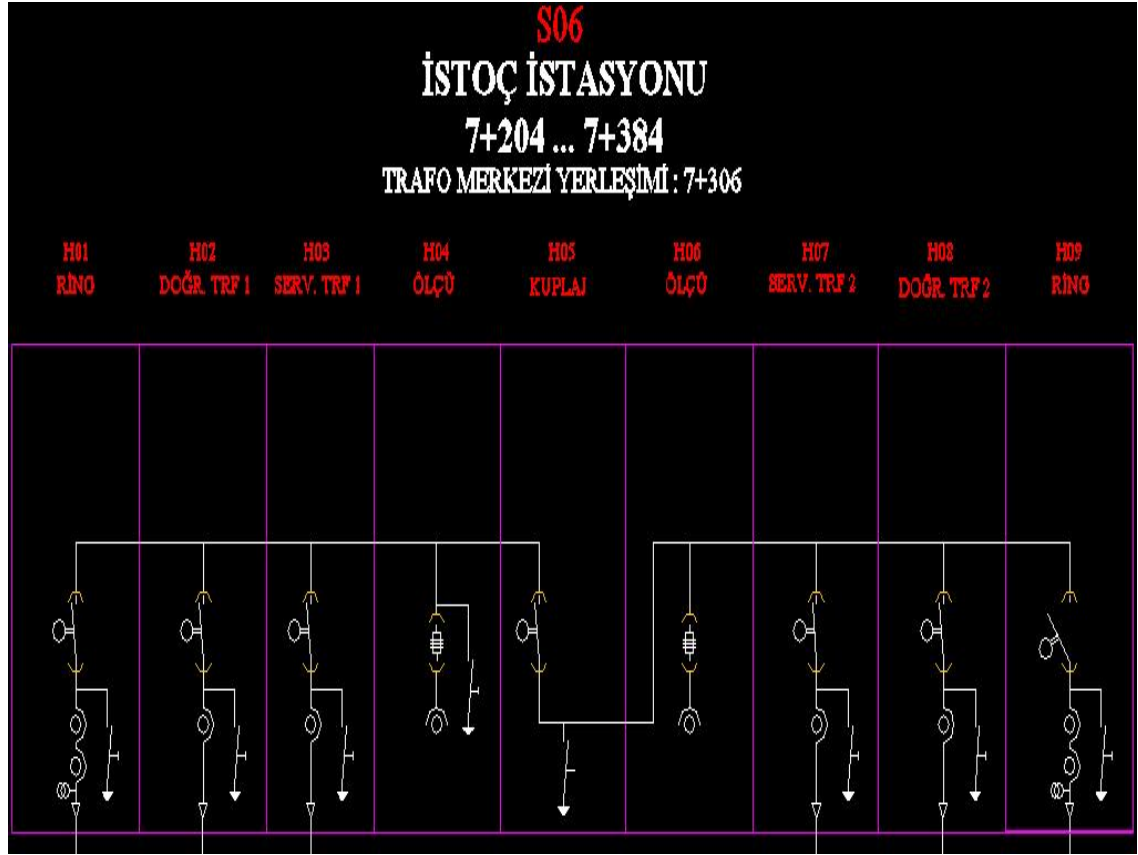
Turnike_ID: Turnstile_ID, "MRT" means "Merter Station", "BHC" means "Bahçelievler Station", and the other part (like A0, A1) refer to the turnstile's id which you can ignore

Yolcu Sayısı: The numbers of passangers, refer to the number(s) of passangers who leave the station (which is pointed out with "Turnike_ID") in a certain time interval (which is pointed out with "Zaman")

Zaman: Time, the seconds values should be ignored.

Kaynak: İstanbul Ulaşım A.Ş, Elektrik ve Elektronik Tesisler Müdürlüğü, Şubat 2013.

Şekil 7. 2: Klasik tip OG ring sisteminin açık gösterimi (İstoç istasyonu)



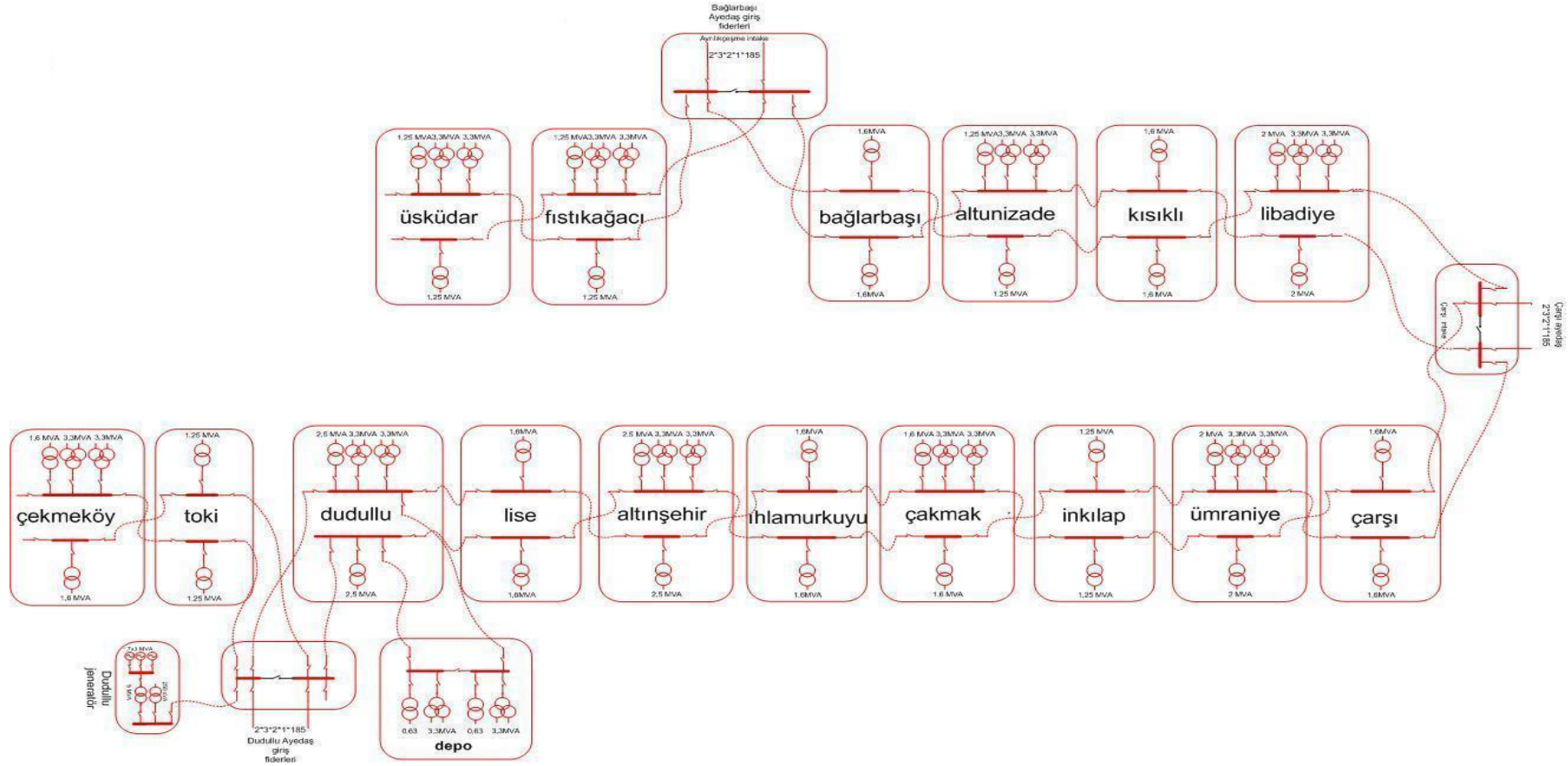
Kaynak: İstanbul Ulaşım A.Ş, M3 Elektrik Tesisler Şefliği, Ocak 2011.

Bu tip sistemlerde yukarıda görüldüğü üzere toplam 9 hücre bulunur. 2 adet Ring giriş-çıkış hücresi, 2 adet ölçü hücresi, 2 adet İç ihtiyaç hücresi, 2 adet cer hücresi ve 1 adet kuplaj hücresi vardır. Hücreler, Şekil 7.2'de gösterilmiştir.

Yeni tasarım orta gerilim sistemi, Şekil 7.3'de gösterilmiştir.

7.2 YENİ TASARIM ORTA GERİLİM SİSTEMİ

Şekil 7. 3: Yeni tasarım orta gerilim dağıtım tesisi (Üsküdar-Ümraniye hattı)



Kaynak: İstanbul Ulaşım A.Ş, M3 Elektrik Tesisler Şefliği, Ocak 2013.

8. SONUÇ

Klasik tip Orta Gerilim sistemleri ile yeni tasarlanmış çift baralı orta gerilim sistemleri kıyaslandığında, yeni sistemin birçok açıdan daha avantajlı olduğunu aşağıdaki başlıklar ve maddeler ortaya çıkarmaktadır:

Ekonomik Analiz:

1. Klasik tip Orta gerilim sistemlerinde 2 adet Ring giriş-çıkış hücresi, 2 adet Cer gücü hücresi, 2 adet İç ihtiyaç (Yardımcı servis) hücresi, 2 adet ölçü hücresi ve 1 adet kuplaj bağlantı hücresi bulunmaktadır. Yeni tasarım çift baralı orta gerilim sisteminde ise; 4 adet Ring giriş-çıkış hücresi, 2 adet Cer gücü hücresi, 2 adet İç ihtiyaç (Yardımcı servis) hücresi ve 6 adet 34,5/0,1 kV gerilim trafosu bulunmaktadır. Bir cer odasına ait olan birim fiyatlar, Tablo 8.1’de gösterilmiştir.

Tablo 8. 1: Cer odası maliyet tablosu

Ekipman Adı	Birim Fiyat (\$)	Miktar	Toplam
Cer Trafoları 3300 kVA	350.045	2	700.090
İç ihtiyaç trafoları 2500 kVA	182.119	2	364.238
Ring giriş çıkış hücreleri	94.511	2	189.022
Cer Trafoları hücresi	63.923	2	127.846
İç ihtiyaç trafoları hücresi	87.672	2	175.344
Kuplaj hücresi	94.079	1	94.079
Ölçü hücresi	63.120	2	126.240
Redresör 110 VDC (set)	64.591	1	64.591

UPS	123.315	1	123.315
Doğrultucu grubu	110.069	2	220.138
DC giriş hücresi	72.944	2	145.888
DC çıkış hücresi	91.027	4	364.108
Negatif geri dönüş hücresi	67.302	2	134.604
Ana dağıtım panosu	321.277	1	321.277
ADP besleme	8.185	1	8.185
Acil dağıtım panosu	33.000	1	33.000
RTU Scada Panosu	45.000	1	45.000
GENEL TOPLAM			3.236.965

Kaynak: İBB, Teklif Birim Fiyatları, Sözleşme kitapçığı, Ağustos 2010.

İki sistem kıyaslandığında; yeni sistemde fazladan 2 adet Ring giriş-çıkış hücresi ve 6 adet 34,5/0,1 kV gerilim trafosu kullanılmaktadır. Bu yeni sistem adına kayıp demektir. Fakat 2 adet ölçü hücresi ve 1 adet kuplaj bağlantı hücresi daha az kullanılmaktadır. Bu da yeni sistem adına kazanç demektir. Yukarıdaki tabloya bakarak toplam sistem kârı bulunabilmektedir. (189.022+3843: 192.865 Dolar kayıp - 220.319 Dolar kazanç)

2012 Yılı TEDAŞ Birim fiyatlarına göre;

Poz. No. 31.2.1 – 005: 30-36/0,1 kV Gerilim Trafosu:1152,82 Lira/ 640,45 Dolar

6 adet 34,5/0,1 kV gerilim trafosu: 3843 Dolar

Her bir trafo merkezi başına Sistem Kârı: 27.454 Dolar'dır.

Kazanç/Kayıp oranlanması yapıldığında sistem kendi içinde yüzde 12,46'lık bir kazanç sağlamaktadır.

Ortalama olarak bir etabın 12 istasyonlu olduğu kabul edilirse;

Toplam Sistem Kârı: 12 x 27.454 Dolar = 329.448 Dolar'dır.

2. Alçak Gerilim tarafı dikkate alındığında ise; yeni sisteme göre elektrik ekipmanları, istasyonların her iki tarafında da bulunacağından AG besleme kablolarının hem metrajı hem de metraja bağlı olarak (gerilim düşümü hesapları) kesitleri küçülecektir. OG sistemleri, istasyonun her iki tarafına da yerleştirileceği için besleme kaynakları, nihai tüketicilere daha yakın konumda olacaktır.

“Elektrik İç Tesisat Yönetmeliği” “VI.D. İletkenler ve yer altı kabloları bölümünde yer alan, Madde 57 – Yalıtılmış iletkenler ve kablolar – a.3 – Gerilim Düşümü” bölümünde “yapının ve yapı kümesinin beslenmesi için bir transformatör kullanılmışsa, bu transformatörün çıkış uçları ile yapı bağlantı kutusu arasındaki gerilim düşümü yüzde 5’i geçmemelidir” ifadesi yer almaktadır.

Örnek:

İstasyon Adı: Mahmutbey

Nereden: AG Ana Dağıtım Panelinden, Nereye: Yangın Pompa Paneline (YPP-3)

Güç Değeri: 55 kW, Besleme Gerilimi: 380 Volt,

Mesafe: 410 metre (eski sistem), en fazla 100 metre (yeni sistem)

Gerilim düşümü (%e) = 5 kabul edildiğinde;

410 metre için 70 mm² kesitli kablo

100 metre için 16 mm² kesitli kablo kullanılır.

2012 Yılı TEDAŞ Birim fiyatlarına göre;

Poz. No. 32.12.2 – 006 / 3x16 mm² kablo: 18,50 Lira

Poz. No. 32.12.2 – 010 / 3x70 mm² kablo: 51,18 Lira

Bu örneklemede; yeni sistem kurulduğunda 70 mm² lik kablo yerine mesafenin azalması nedeniyle 16 mm² lik kablo kullanılacaktır. Buna göre de; yukarıda belirtildiği gibi birim fiyatlarda ciddi azalmalar olabilecektir.

Enerji Sürekliliği Analizi:

1. TEİAŞ Intake girişlerini besleyen iki ana fiderin ayrı ayrı 154 kV luk transformatörlerden beslenmesi yeni tasarımda önem arz eder.

2. İstasyonlar, ayrı iki fiderden beslendikleri için bakım ya da arıza sebebiyle bir besleme kolu kaybedilse bile hem alçak gerilim tarafında hem de DC cer gücü tarafında bir etkilenme olmayacaktır. Bu sebeple, tren tahrik cer gücü sistemi, bir önceki istasyonda bir besleme kolundan, bir sonraki istasyonda ise diğer besleme kolundan enerjiyi alacak şekilde tasarlanmıştır.

3. AG sistemleri, her iki koldan ayrı ayrı beslendiğinden enerji transfer sistemleri Scada yazılımı sayesinde otomatik olarak devreye girerek enerjili taraftan enerjili olmayan tarafa doğru akış sağlanacaktır.

4. DC sistemlerde de aradaki motorlu ayırıcılar sayesinde enerjili taraftan enerjili olmayan tarafa doğru akış olacaktır.

Yolcu Konforu Analizi:

1. Enerji sürekliliği sebebiyle yolcu konforunda da bir artış gözlenir. Yeni tasarlanan sistemde yolcu, enerji kesintisinden etkilenmeyecek, yolculuk süresi uzamayacaktır.

a. Havalandırma sistemleri

b. Yürüyen merdivenler

c. Asansörler

d. Aydınlatma

e. Yangın algılama ve söndürme sistemlerinde sadece anlık etkiler oluşabilir.

Kompanzasyon Analizi:

Yeni tasarlanan sistemde kapasitif yüklenmeyi oluşturan besleme kabloları, sürekli enerji altında olacağından fazlaca değişkenlik göstermeyecek bir yapıya sahip olacaktır.

Klasik tip OG ring sisteminde ise uzun ring kablolarının devrede olup olmamasına göre kompanzasyon ihtiyacı büyük değişiklikler gösterecektir.

Risk Analizi:

Sistemde daha az metrajlı AG kablolar kullanılacağından yangın güvenliği açısından yangın yükü kritik katsayıları değerleri düşecektir. Kablo ekleri de daha az kullanılacağından mekanik zorlamalara ve kablo ısınması düşük seviyede kalacaktır.

KAYNAKÇA

Kitaplar

Kaşıkcı, İ. 2008. *Elektrik tesisleri temel el kitabı*. İstanbul: Birsen yayınevi.

Diğer Yayınlar

- ABB, E. 2012, Temmuz. *Orta gerilim sistemi ekipmanları ve koruma sistemleri eğitim kitabı*. İstanbul.
- ABB, E. 2012, Haziran. *Transformatörler ve koruma sistemleri eğitim kitabı*. İstanbul.
- Amper, E. 2013, Ocak. *Topraklama ve yıldırımdan korunma sistemleri eğitim kitabı*. İstanbul.
- Art, P. 2012, Haziran. *Ana ve tali alçak gerilim panoları işletme ve bakım eğitim kitabı*. İstanbul.
- Bayındırlık. 2010. İnşaat, makine, elektrik genel teknik şartnamesi.
- BBR, R. 2012, Ocak. *DC sistem ekipmanları ve koruma sistemi eğitim kitabı*. Stuttgart.
- E+M, E. 2012, Haziran. *Bakım ve motorlu hat ayırıcıları eğitim kitabı*. İstanbul.
- E+M, E. 2012, Haziran. *Katener sistemi işletme ve bakım eğitimi kitabı*. İstanbul.
- E+M, E. 2013, Ocak. *Manuel ayırıcılar eğitim kitabı*. İstanbul.
- Emerson , M. 2012, Temmuz. *Redresör sistemi ve bataryalar eğitim kitabı*. İstanbul.
- Emerson, M. 2012, Temmuz. *UPS sistemi ve bataryalar eğitim kitabı*. İstanbul.
- Gülermak, D. 2010. KBO Metro enerji temini ve ger gücü tek hat diyagramı. *Pafta No: KBO-GD-GZR-UY-06-001*.
- İBB . 2013. *İnteraktif uygulama*. Ocak 12, 2013 tarihinde Raylı sistemler daire başkanlığı: <http://www.ibb.gov.tr/tr-tr/kurumsal/birimler/raylisistemlerdb/Pages/Anasayfa.aspx> adresinden alındı
- İBB. 2000. *Otogar-Bağcılar metrosu inşaat ve elektromeknik işler teknik şartnamesi*.
- İBB. 2000. Otogar-Bağcılar sistemi teklif birim fiyatlar ve sözleşme tutarı.
- İBB. 2001. Kirazlı-Başakşehir-Olimpiyat metrosu inşaat ve elektromeknik işler teknik şartnamesi.

İBB. 2005. İstanbul metrosu inşaat ve elektromeknik işler teknik şartnamesi.

İUAŞ. 2013. *İnteraktif uygulama*. Şubat 12, 2013 tarihinde İstanbul Ulaşım A.Ş.:
<http://www.istanbul-ulasim.com.tr/> adresinden alındı

San-el, M. 2012, Aralık. *Kompanzasyon sistemi eğitim kitabı*. İstanbul.

Schweitzer, E. 2012. SEL-387 L Hat diferansiyel röle teknik katalog. ABD.

Tedaş. 2012. Birim fiyat tarifleri kitabı.

ÖZGEÇMİŞ

- Adı Soyadı** : Güray Mutlu
- Sürekli Adresi** : İskenderpaşa Mahallesi Havlucu Sokak No:30/1 Fatih/İstanbul
- Doğum Yeri ve Yılı** : Sackingen - (D) / 20.04.1978
- Yabancı Dili** : İngilizce
- İlk Öğretim** : Sakarya İlkokulu - 1989
- Orta Öğretim** : Oruçgazi İlköğretim Okulu / Pertevniyal Lisesi – 1992 / 1995
- Lisans** : Kocaeli Üniversitesi / Elektrik Mühendisliği - 2001
- Yüksek Lisans** : Bahçeşehir Üniversitesi - 2013
- Enstitü Adı** : Fen Bilimleri Enstitüsü
- Program Adı** : Kentsel Sistemler ve Ulaştırma Yönetimi
- Çalışma Hayatı** : İstanbul Ulaşım A.Ş, Elektrik Sistem Mühendisliği, 2009
Dentaş Kağıt Sanayi A.Ş, Bakım Mühendisliği, 2005-2008